Pierre Feillet

La nourriture des Français

De la maîtrise du feu... aux années 2030

éditions Quæ

La nourriture des Français

De la maîtrise du feu…
aux années 2030

La nourriture des Français

De la maîtrise du feu… aux années 2030

Pierre Feillet

Préface d'Axel Kahn

Éditions Quæ

DU MÊME AUTEUR

Éditions Inra

Aliments et industries alimentaires, les priorités de la recherche publique (1997)

Le grain de blé, composition et utilisation (2000)

Le bon vivant, une alimentation sans peur et sans reproche (2002)

Éditions Le Pommier

Peut-on encore manger sans peur ? (2003)

Éditions Quæ
RD 10
F-78026 Versailles Cedex

© Éditions Quæ, 2007
ISBN : 978-2-7592-0100-6

Le code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation des éditeurs ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

Sommaire

Préface 09
Introduction 13

Première partie
De la maîtrise du feu à l'invention des organismes génétiquement modifiés 17
L'agriculture change la vie des hommes 19
Les premiers pas de l'humanité 19
L'agriculture à ses débuts 21
Les paysans font vivre les Français 26
De nouvelles espèces végétales franchissent les océans 32
Naissance de l'agriculture moderne 35
La saga du sel, du sucre et des épices 38

Sept hommes marquent l'histoire de l'alimentation 45
Olivier de Serres, père de l'agriculture moderne 46
Louis de Vilmorin, créateur de nouvelles variétés végétales 47
Gregor Mendel, généticien de génie 49
Nicolas Appert, inventeur de la conserve 51
Louis Pasteur, microbiologiste et biotechnologue 53
Justus von Liebig, chimiste de l'agriculture et des aliments 55
Claude Bernard, premier des nutritionnistes 57

L'ère agro-industrielle 61
Les agriculteurs font entrer les Français dans l'ère de l'abondance 61
Les industries alimentaires, passage obligé de notre alimentation 65
Pétroliers et microbiologistes s'unissent pour nourrir le monde : une histoire de Pou 73
Le temps de la grande distribution 77
La restauration hors foyer prend de l'importance 80
Un nouvel ordre international 82

Les organismes génétiquement modifiés, objets d'espoirs et d'inquiétudes 85
Les fondements techniques de la fabrication des OGM 86

Produits issus de la transgénèse 90
Des consommateurs inquiets 93

Deuxième partie
LES MÉDECINS, LES HYGIÉNISTES ET LES CUISINIERS S'INVITENT À NOTRE TABLE 97

De l'obscurantisme à la nutrition raisonnée 99
Le poids des religions 99
À l'écoute des philosophes et des thérapeutes 102
La diététique devient une science 106
L'obésité, un phénomène de société 113
Mieux manger pour bien vieillir 117

Manger et boire sans risques, une conquête récente des Français 125
Le châtiment de Dieu est un champignon parasite du seigle ! 126
Les animaux malades de la peste… 128
L'hygiène, cette inconnue 132
Principe de précaution, principe de protection 134

Depuis quatre mille ans, les cuisiniers renouvellent l'art de bien manger 137
Les premiers pas 137
L'Antiquité 138
Du Moyen Âge à la Renaissance 142
La grande cuisine à la française 143
Les Français découvrent de nouvelles saveurs 145

Troisième partie
CINQ SCÉNARIOS POUR LES TRENTE PROCHAINES ANNÉES 149

La science bâtit le meilleur des mondes 153
Les biologistes façonnent notre alimentation à leurs façons 155
Des aliments fabriqués au millionième de millimètre 164
Les incroyables progrès des techniques d'information et de communication 169
La vie des familles est transformée 172

Les pouvoirs publics prescrivent une alimentation qui protège la santé 177

Se nourrir au génome près 182
Des molécules alimentaires contrôlent notre métabolisme et notre comportement 185
Les produits animaux sont commercialisés après leur sécurisation 188

L'impérialisme agro-industriel impose ses produits 195
Les publicistes nous font tout avaler 197
Des odeurs qui font vendre 199
Une offre croissante en aliments-santé 201

Avant tout, protéger le cadre de vie 205
L'utilisation des pesticides est rejetée par la société 209
Les quantités d'eau pour l'irrigation sont réduites 211
L'agriculture biologique généralisée à l'agriculture française, un rêve impossible 215
Les économies d'énergie imposent une mutation des habitudes alimentaires 219

Les Français ne s'en laissent pas conter 225
Le mouvement consumériste impose ses points de vue 227
Les Français en veulent pour leur argent 230
Les Français redécouvrent la cuisine traditionnelle 235

Conclusion 241

Préface

Nourrir le monde, réjouir l'homme

L'alimentation constitue sans aucun doute l'une des grandes affaires de la vie humaine. Bien sûr, nos semblables partagent avec tous les êtres vivants le besoin d'avoir accès à l'eau, aux minéraux et à l'ensemble des nutriments nécessaires à la croissance et à la reproduction. Ne jouissant pas, comme les plantes, du privilège de capter l'énergie solaire ou, comme certaines bactéries, de capter celle produite par l'oxydation de molécules minérales, les animaux, et par conséquent l'homme, doivent récupérer l'énergie stockée dans des molécules organiques, elles-mêmes synthétisées directement (les végétaux) ou indirectement (les herbivores et leurs prédateurs) sous l'action des photons solaires (photosynthèse). Par un juste retour des choses, le gaz carbonique, les déjections et les débris issus des organismes vivants seront source d'éléments recyclés par la croissance végétale.

Cependant, cette dimension énergétique de l'alimentation n'est que l'un de ses aspects, dont l'importance relative décroît lorsque les besoins élémentaires sont satisfaits. Tel n'est, hélas, pas encore le cas sur terre. Fin 2006, la FAO, agence de l'Organisation des Nations unies spécialisée dans l'agriculture et l'alimentation, indiquait que le nombre de personnes dénutries dans le monde était d'environ 865 millions ; il avait augmenté de quelques dizaines de millions ces deux dernières décennies, alors même que les richesses créées avaient, elles, progressé dans des proportions considérables. On évalue, au total, à un peu plus de deux milliards le nombre d'habitants souffrant de malnutrition, c'est-à-dire de dénutrition ou de carences multiples. Par conséquent, couvrir de façon satisfaisante les besoins nutritionnels des 6,5 milliards de terriens, qui seront 8 à 9 milliards en 2030, est un objectif qui reste loin d'être réalisé.

Pourtant, cet aspect quantitatif de l'alimentation ne masque jamais, en dehors des situations de famine aiguë, ses autres visages. Bien manger est considéré, sans doute depuis des dizaines de millénaires, comme l'un des plaisirs essentiels de la vie et comme source de bien-être et de joie. Le festin marque tous les événements mémorables d'une existence : la naissance, le baptême et autres formes d'initiation, le mariage, les succès de tous ordres et même la

mort. Une amitié lumineuse, un amour ardent ne se satisfont pas bien de la frugalité. Le repas partagé, entre amis, entre amants, en famille, est consubstantiel au bonheur de ces instants.

Le plaisir de la table est aussi manifestation de puissance et de richesse. Peu d'affaires importantes, politiques ou financières, se règlent sans un bon repas. Le banquet républicain aussi bien que les fastes des dîners officiels ont joué dans l'histoire un rôle qui ne le cède en rien aux secrets d'alcôve.

Enfin, les coutumes alimentaires sont partie intégrante de la diversité culturelle et des constituants essentiels des « racines » que la plupart de nos semblables aiment à évoquer, base stabilisée d'une existence incertaine et source de réconfort et de courage. Les contenus des assiettes et des verres disent autant d'un peuple que les habitudes vestimentaires et les mythes fondateurs. Beaucoup de ces derniers intègrent, d'ailleurs, l'alimentation ; Cronos dévorant ses enfants, l'ivresse de Noé, la manne céleste qui subvient aux besoins du peuple juif conduit par Moïse, la multiplication des pains par Jésus, la Cène et l'eucharistie. Dans l'Antiquité, des mets étaient réservés aux Dieux lors des sacrifices, et les tombeaux contenaient des victuailles destinées à soutenir le défunt durant son grand voyage.

Depuis Hippocrate, les aliments ont été perçus par l'homme comme des facteurs essentiels de sa bonne santé. « Nous sommes ce que nous mangeons » est une affirmation maintes fois répétée, si bien que nous en sommes tous plus ou moins convaincus. Par ailleurs, l'alimentation a été liée au cours de l'histoire à de nombreux fléaux sanitaires. Les avitaminoses (scorbut, béribéri, cécité par carence en vitamine A…), le « mal des ardents » par intoxication à l'ergot de seigle, le botulisme, la tuberculose, la brucellose, sans parler de l'alcoolisme, ont fait des ravages. Les toxi-infections alimentaires restent très présentes de nos jours (passage à l'homme de l'encéphalopathie spongiforme bovine, salmonellose, listériose, contamination par le staphylocoque) et la consommation de produits carnés a sans doute joué un rôle essentiel dans le déclenchement des grandes épidémies des temps modernes (grippe, sida, syndrome respiratoire aigu sévère, virus d'Ébola…). Enfin, le régime d'abondance et le marketing commercial qui prévalent là où ne règne pas la faim ont induit une « épidémie » d'obésité dont les conséquences sanitaires sont et seront redoutables.

Ces multiples contours de l'alimentation expliquent la place prépondérante et ambivalente que conservent toutes les questions s'y rattachant, ainsi que toutes les crises l'impliquant dans le monde moderne : maladie de la vache folle, poulet à la dioxine, fromage ou

charcuterie contaminés par *Listeria,* plantes transgéniques. Les attentes des consommateurs sont diverses et souvent contradictoires. Il existe une nostalgie très répandue, quoique variable selon les pays, de l'alimentation traditionnelle, celle des campagnes et des grands-parents. Nombreuses sont les personnes regardant avec antipathie le phénomène d'artificialisation des aliments associé à l'industrie agroalimentaire moderne. Dans l'inconscient de nombreuses personnes, l'aliment est ce qui nous attache à la tradition, à la culture et à la mère Nature. D'où l'indignation lorsque les techniques modernes, basées sur la biologie et la chimie, sont suspectées d'être en cause dans des crises sanitaires alimentaires.

En parallèle, une tendance forte existe pour diminuer la part des revenus réservée à l'alimentation et se fournir dans les grandes surfaces où l'un des produits les plus consommés, entre autres, est une boisson brune, gazeuse, sucrée et acide dont le caractère « naturel » ne constitue pas l'aspect principal.

Confrontés à ces spécificités multiples de la nourriture, à la fois quantitative (vaincre la faim dans le monde), qualitative (accéder à des produits sains, à court terme et à long terme) et hédonique (jouir du plaisir de la bonne chère dans le respect de ses traditions), quelle sera l'attitude des terriens en 2030 ?

Dans cet ouvrage, Pierre Feillet nous relate la préhistoire et l'histoire de l'alimentation humaine, dans ses dimensions diverses. Il rappelle le bouleversement anthropologique et civilisationnel provoqué par l'adoption de l'agriculture, il y a dix à onze millénaires de cela. Après avoir tracé les différentes étapes de l'amélioration du savoir-faire humain en la matière, en avoir présenté en termes clairs la dimension scientifique et technique, Pierre Feillet se projette dans l'avenir. Pleinement conscient de l'ambivalence du regard posé par les êtres humains sur ce qu'ils mangent et doivent manger, il élabore plusieurs scénarios, les uns dominés par la perspective du pouvoir d'un *big brother* hygiéniste, d'autres par la prééminence des logiques de marketing. Enfin, il envisage un avenir vraiment humain, celui d'une maîtrise responsable par des citoyens soucieux de préserver à la fois leur santé, leur indépendance et l'accès raisonnable aux plaisirs de la chère.

Axel Kahn

Introduction

La première activité de l'homme est de satisfaire ses besoins alimentaires. Pendant des millénaires, il mobilise son énergie et son imagination pour simplement survivre. Il maîtrise le feu, chasse les animaux sauvages, cultive les céréales. L'invention de l'agriculture assure la sédentarisation des tribus nomades qui partaient à la recherche d'autres territoires sitôt épuisées les ressources naturelles environnantes. Les intellectuels, déchargés de la quête du pain quotidien grâce au labeur des paysans, ont dorénavant le temps de jeter les bases de nouvelles civilisations. Les États et les villes se développent. Très tôt, des hommes comprennent que le contrôle des ressources alimentaires leur permet d'entretenir des guerriers, des fonctionnaires, des prêtres et d'asseoir leur pouvoir ; la civilisation de l'Égypte antique repose sur la mainmise des pharaons sur les céréales produites par les fellahs.

Pour ces nations naissantes, la priorité est d'éviter les famines en produisant suffisamment de nourriture et en assurant leur bonne répartition. Préoccupation toujours d'actualité à l'échelle de la planète, où 865 millions de personnes souffrent de dénutrition et où chaque jour près de 15 000 enfants meurent de faim. Mais préoccupation moins prégnante dans les esprits des habitants des pays développés où les grandes famines font partie d'une histoire désormais révolue.

Au cours du xx^{e} siècle, dans la suite des découvertes de Claude Bernard sur le rôle du foie dans l'assimilation des sucres et de celles de Louis Pasteur sur les microbes, médecins, biochimistes, microbiologistes et toxicologues unissent leurs efforts pour définir les bases d'une alimentation qui préserve notre santé, identifier les dangers qui nous guettent au détour de nos assiettes et minimiser les risques d'intoxications provoquées par des aliments corrompus et contaminés.

Aujourd'hui, avec plus d'un million d'entreprises, le système alimentaire français – celui qui organise la manière dont les Français se nourrissent – cumule 4,6 millions d'emplois et génère un chiffre d'affaires cumulé de 420 milliards d'euros pour assurer nos besoins quotidiens en aliments. C'est de ce fait, et de loin, le premier secteur économique. En particulier, les industries alimentaires forment le plus gros secteur industriel national avec un chiffre d'affaires de

140 milliards d'euros en 2005. Le prix de revient des produits agricoles – qui constituent l'essentiel de notre alimentation – tient une part de plus en plus faible (20 %) dans le prix final des aliments achetés par les familles. Les coûts engendrés par les activités des acteurs situés en aval de l'agriculture (transport, transformation, conditionnement et distribution) sont devenus prépondérants (40 % pour l'industrie, 40 % pour les services).

Nous consacrons en moyenne 15 % de nos dépenses et 20 % du temps éveillé à nous nourrir. Nous ingérons au cours de notre vie trente tonnes d'aliments et 50 mètres cubes de liquide, dont plus de 95 % sont digérés et absorbés. Les repas sont dans notre pays prétexte à nous retrouver en famille et entre amis et les plaisirs de la table sont une composante essentielle de notre culture.

Et pourtant la peur de mal manger s'est substituée à celle de manquer. Les Français s'inquiètent car ils ne savent plus comment travaillent les agriculteurs et les industriels pour produire des aliments qu'ils sont de plus en plus nombreux à acheter dans les grandes surfaces. L'étroite relation nouée par la France paysanne avec son alimentation s'est progressivement estompée. La peur de la « malbouffe » fait son chemin. La *junk food* ou « alimentation poubelle » envahit l'Europe après avoir fait des ravages aux États-Unis. En réaction, le mouvement Slow Food, créé par les Italiens en 1986, pourfendeur d'une alimentation aseptisée, répond aux adeptes des fast-foods, sinon des « néfastes foods », et se bat pour défendre les plaisirs de la table et la diversité des cuisines. Les aliments issus des progrès les plus récents de la science, notamment les organismes génétiquement modifiés, sont affublés du quolibet *Frankenstein Foods* par leurs détracteurs.

La recherche malsaine du profit prend parfois le pas sur le bien-être des consommateurs. À contre-courant des efforts des pouvoirs publics pour une alimentation saine et sûre, les potions magiques, élixirs de bonne santé et de remise en forme, enrichissent les charlatans sur le dos des naïfs. Le régime de Robert C. Atkins, décédé en 2003 après avoir fait fortune, préconise d'éliminer les produits céréaliers de l'alimentation sans restreindre la consommation des matières grasses, allant à l'encontre des recommandations des médecins qui prônent les bienfaits d'une alimentation équilibrée où pains, pâtes alimentaires et riz ont une place de choix. Cela n'empêche pas sa *New Diet Revolution* de devenir l'un des best-sellers dans le monde.

Le présent fait peur, l'avenir également. Que nous préparent donc les savants, les agriculteurs et les industriels dans leurs laboratoires,

leurs champs et leurs usines ? L'avancée des connaissances, en biologie notamment, est si rapide et les innovations si nombreuses que les consommateurs s'attendent à tout, au meilleur comme au pire. Verrons-nous pousser des plantes chimères produisant des tomates sur les tiges et des pommes de terre dans le sol ? Ou encore des orangers dont les fruits se pèleront comme des bananes ? Les vaches produiront-elles du lait aromatisé, coloré et enrichi en vitamines, utilisé pour fabriquer des yaourts diététiques à goût de vanille ou de fraise sans apport d'additifs alimentaires ? Les généticiens vont-ils doubler la taille des gigots de mouton, aux dépens des épaules moins prisées ? Fabriquera-t-on du foie gras à partir de cellules souches d'embryon de canard placées dans des incubateurs ? Est-il vrai que le *Big Mac* sera bientôt remplacé par des pilules à très haut pouvoir nutritionnel ? Les réfrigérateurs seront-ils équipés d'un système automatique de suivi des prélèvements de nourriture au jour le jour et de réapprovisionnement auprès des fournisseurs ? Et si l'exigence excessive des consommateurs pour une alimentation qu'ils voudraient garantie à 100 % sans danger, accompagnée par une législation de plus en plus drastique, se traduisait par des repas aseptisés et sans goût ! À moins que la prédiction de certains futurologues ne se réalise, celle de voir le végétarisme en vedette en 2025 « car pour des raisons hygiéniques, environnementales et éthiques, nettement moins de protéines animales figureront dans l'alimentation des nations avancées »[1].

Après avoir parcouru 500 000 ans d'histoire, de la conquête du feu à la révolution génétique, et montré l'omniprésence dans notre assiette des nutritionnistes, des hygiénistes et, encore pour le moment, heureusement, des cuisiniers, l'ambition de cet essai, dans sa troisième partie, est d'entraîner le lecteur vers le rêve et l'utopie en lui proposant plusieurs scénarios de ce que pourrait être notre alimentation dans une trentaine d'années, en forçant volontairement le trait, et en lui donnant des éléments qui lui permettent de se forger sa propre opinion. Pour éclairer les hypothèses qui ont servi à les bâtir, nous tenterons d'identifier les facteurs qui vont modeler nos pratiques alimentaires.

1. J. Coates, 1996. L'avenir hautement probable, Futuribles, 208, 4, 19-31.

Première partie

De la maîtrise du feu à l'invention des organismes génétiquement modifiés

L'agriculture change la vie des hommes

Les premiers pas de l'humanité

La maîtrise du feu, l'invention de l'arc et la culture des céréales marquent les premiers pas de l'humanité et l'histoire de notre alimentation. Il faut près d'un demi-million d'années à l'homme pour franchir ces trois étapes.

Cinq cent mille ans av. J.-C., nous sommes au début du Paléolithique, l'âge de la pierre taillée. *Homo erectus,* quelques centaines d'individus disséminés en petits groupes, vit difficilement de cueillette et de chasse. C'est un prédateur. Sa vie est bien loin de celle de « la race des premiers hommes » que décrit le poète grec Hésiode : « Tous les biens étaient à eux : le sol fécond produisait de lui-même une abondante et généreuse récolte, et eux, dans la joie et la paix, vivaient de leurs champs, au milieu de biens sans nombre »[1]. Dans nos contrées, il se nourrit de baies sauvages (fraises, framboises, myrtilles…), de glands et de faines (fruits du chêne et du hêtre), de noix et de noisettes (bien moins remplies qu'aujourd'hui), de champignons et de racines. Les jeunes pousses d'ortie et de pissenlit sont ses légumes verts, les insectes (chenilles, sauterelles), les lézards et les escargots, sa viande. Les techniques de

1. Hésiode, Travaux et Jours, VIII[e] siècle av. J.-C.

chasse sont en effet si rudimentaires que le rare petit gibier qu'il attrape ne satisfait pas ses besoins. Dépourvu d'outils, il pêche les poissons à la main, mais avec peu de réussite. Aussi, est-il bien heureux quand il découvre les restes d'une proie abandonnée par des animaux carnivores. Il mange chaque fois que l'occasion se présente et ne fait pas de réserves. On dirait aujourd'hui que ses repas sont déstructurés (il grignote du matin au soir) et que son alimentation n'est pas bien équilibrée. Cependant, et contrairement aux idées reçues, ses dents ne sont pas en si mauvais état[1]. C'est un nomade et un charognard dont la principale activité est de trouver les nutriments qui assurent sa survie. Son espérance de vie ne dépasse pas vingt-cinq ans. Sa grande découverte est d'apprendre à maîtriser le feu : grâce à lui, il fait cuire les viandes, se chauffe, éloigne les animaux sauvages et s'éclaire. La vie s'organise progressivement autour du foyer collectif, les membres de la tribu se rassemblent au moment des repas, la vie sociale commence à prendre forme.

L'homme ne s'attaque aux gros animaux qu'à partir du Paléolithique moyen, il y a environ 270 000 ans ; ses proies sont des ours, des rhinocéros, des chevaux, des aurochs, des bisons, des cervidés et aussi des carnivores. Devenu un chasseur de plus en plus expérimenté, disposant d'armes efficaces (les silex sont mieux taillés, de manière fine et acérée), il se procure du gibier frais. Les aliments sont grillés ou rôtis (à la broche) sur les braises, cuits dans les cendres à l'étouffée ou à l'aide de pierres chauffées. L'être primitif devient un homme, nous enseigne Lévi-Strauss, car « c'est en cuisant devant le feu son morceau de venaison qu'il cesse d'être une bête féroce ». Ce que Brillat-Savarin redira à sa façon en 1825 dans sa « Physiologie du goût » : « les animaux se repaissent, l'homme mange, l'homme d'esprit seul sait manger ». Le goût sucré lui est familier car il a découvert le miel, sans doute dès le Paléolithique inférieur. Mais il n'élève pas encore les abeilles.

Nous voici en l'an 160 000 av. J.-C. Une trentaine d'ancêtres de l'homme de Neandertal, des *Homo erectus* européens, s'installent dans la grotte du Lazaret, à une centaine de mètres au-dessus de la mer, près de Nice. En provenance de la Ligurie, distante d'une soixantaine de kilomètres, en Italie, ils viennent passer quelques mois dans une région particulièrement giboyeuse pour faire provision de

1. La carie dentaire ne serait apparue qu'au Néolithique avec la consommation des farines produites à partir des céréales domestiquées. Selon le professeur B. Eaton, de l'université Emory à Atlanta (États-Unis), le pourcentage de dents cariées s'élevait à 2 % au Paléolithique, à 10 % au Moyen Âge, à 60-70 % en 1900 et à 15-20 % en 2000.

viande. Les cerfs, les bouquetins, les aurochs y abondent. La chasse est bonne. Mais comment vont-ils conserver la viande avant de retourner chez eux pour passer l'hiver et nourrir leurs familles ? Les hommes ramassent des algues, y mettent le feu et placent les morceaux de viande fraîche plusieurs jours dans la fumée qui se dégage. La viande ainsi traitée va se conserver plusieurs mois sans s'altérer. Et les voilà qui repartent vers la Ligurie, chargés de quelques tonnes de viande séchée et fumée. Comment ont-ils découvert que le fumage conserve la viande ? Les paléontologues[1] ne nous l'apprennent pas. Par contre, ils nous racontent que cette tribu est peut-être la première dans l'histoire de l'humanité à conserver des denrées périssables avant de les transporter vers les zones de consommation. Les prémices de la chaîne alimentaire contemporaine sont rassemblées : approvisionnement, conservation, transport, distribution !

Faisons un saut dans le temps de 140 000 ans. La pêche se fait rentable après l'invention du harpon et de l'hameçon par l'homme de Cro-Magnon. Les poissons sont plus souvent au menu. C'est la période du Magdalénien (17 000 à 10 000 ans av. J.-C.), à la fin du Paléolithique supérieur. Les habitants de la grotte de Lascaux ornent les murs de dessins et gravures. Le propulseur vient d'être inventé : taillé dans les bois du renne ou dans les os, c'est un levier, muni d'un crochet, qui accroît la distance et la précision des lancers d'une sagaie placée à son extrémité. Les hommes l'utilisent pour chasser le gros gibier, avant de devenir, quelques millénaires plus tard et grâce à l'invention de l'arc (et de sa flèche parfois empoisonnée), d'implacables chasseurs qui assurent définitivement leur supériorité sur les autres espèces animales.

L'agriculture à ses débuts

La dernière phase glaciaire prend fin. Avec l'avènement d'un climat tempéré, les mammouths et les rhinocéros laineux disparaissent, les rennes migrent vers le nord, les forêts gagnent du terrain. Dix mille ans av. J.-C., nos ancêtres – ils seraient 10 000 à vivre sur le territoire de la France d'aujourd'hui – migrent souvent car les ressources naturelles s'épuisent rapidement et ne suffisent pas à nourrir leurs familles.

1. Source : Henri de Lumley, 2004. Le sol d'occupation acheuléen de l'unité archéostratigraphique UA 25 de la grotte du Lazaret, 480 pages, Édisud, Aix-en-Provence.

Il faut attendre que l'homme devienne agriculteur pour que ses habitudes alimentaires se modifient significativement. Cette évolution s'étale sur plusieurs milliers d'années. *Homo sapiens,* notre aïeul en ligne directe, s'est installé en Mésopotamie. Au cours du IXe millénaire av. J.-C., sacrifiant les collectes du moment pour améliorer son avenir, il sème une partie des céréales sauvages qu'il a collectées avant de récolter plus de grains qu'il n'en a remis en terre (trois à quatre grains récoltés pour un semé). Pour la grande chance de l'humanité, ces grains ont la double propriété de se récolter facilement (ils restent sur la tige après maturité, au sein d'épis, au lieu de tomber sur le sol) et d'être comestibles, riches en énergie, faciles à conserver et à transporter. Envers du décor, l'accroissement de la part des céréales dans la ration alimentaire provoque une baisse de la consommation en fruits et légumes sauvages et donc un apport moindre en vitamines, minéraux et molécules anti-oxydantes. Le foyer est devenu le centre de la vie domestique. La chasse est maintenant une activité collective, ce qui en accroît l'efficacité. Le temps ainsi libéré est dédié aux loisirs et, peut-être, à la spiritualité. Les premiers dessins apparaissent dans les grottes.

Avec la domestication d'espèces animales sauvages (mouflon, sanglier, aurochs), environ 8 000 ans av. J.-C., l'élevage des chèvres, des moutons et des porcs (noirs et velus), puis des vaches, assure aux hommes une meilleure maîtrise de leurs ressources en viande, en lait, en peaux et en laine. Les canards et les oies remplissent les basses-cours, mais pas encore les poules qui n'arriveront d'Asie que vers le VIIIe siècle. Quant aux lapins, les Français ne les élèveront qu'au Moyen Âge. Au cours des millénaires qui suivent, les animaux domestiques deviennent plus petits que leurs ancêtres sauvages, probablement parce que leur régime alimentaire, assuré par les hommes, leur est moins favorable. Les éleveurs contrôlent la reproduction de leur bétail et commencent à sélectionner les animaux les plus performants, les races se diversifient. Prolongeant les liens symboliques et magiques qui unissent hommes et animaux sauvages, un minimum de relations sociales s'établit entre les premiers et les animaux domestiques.

Les cultivateurs du Moyen-Orient se déplacent vers l'ouest avec leurs animaux et leurs pratiques culturales. L'agriculture et l'élevage gagnent très lentement l'Europe (la Grèce, la Méditerranée, les rives du Danube et du Rhin) entre le Ve millénaire et le IIe millénaire av. J.-C. Le passage d'une économie reposant sur la collecte des graines et des baies sauvages et sur la chasse à celle d'une société d'agriculteurs se fait très progressivement, de manière imperceptible dans

le temps et dans l'espace. La chasse et la cueillette n'en disparaissent pas pour autant. Elles subsistent d'ailleurs encore de nos jours, pas toujours de manière marginale avec les compléments de revenus que génère la vente de cèpes, de truffes, de baies sauvages et de gibier.

Les zones de domestication des animaux dans le monde

Amérique du Sud	Lama, alpaga, cochon d'Inde et canard de Barbarie
Amérique du Nord	Dindon
Extrême-Orient	Porc, chèvre, buffle et coq
Moyen-Orient	Chèvre, mouton et zébu
Proche-Orient	Porc, chèvre, mouton, bœuf, dromadaire et peut-être âne
Afrique	Âne et peut-être bœuf
Asie centrale	Cheval et chameau
Europe occidentale	Lapin

Source : Jean-Denis Vigne, directeur de recherche au CNRS, conférence de l'université de tous les savoirs, mardi 16 juillet 2002.

C'est le début de la grande révolution du Néolithique. L'homme se sédentarise, laboure la terre, plante des céréales et élève des animaux. Il cultive l'orge (principalement), le blé et, plus tard, l'avoine et le seigle, ainsi que le pois, la lentille et la vesce. Par un accès plus systématique à des produits riches en amidon (les céréales), le cerveau trouve en abondance le glucose dont il a besoin, ce qui contribue peut-être au développement intellectuel de nos ancêtres. Grâce au labeur des paysans, du temps est libéré pour les autres hommes, ce qui permet leur regroupement dans les villes. L'agriculture favorise ainsi la naissance des civilisations.

En contrepartie, la domestication des animaux sauvages va exposer l'homme à des infections nouvelles par des virus pathogènes. Ceux-ci vont en effet s'affranchir des barrières placées entre les espèces. L'adaptation de ces virus à l'homme est très vraisemblablement à l'origine de la rougeole (à partir de virus portés par les chiens et les bovins), de la grippe (à partir du porc) et de la variole (à partir des bovins et des camélidés). Les biologistes qualifient aujourd'hui de zoonoses ces maladies qui touchent l'homme et dont l'origine est à rechercher chez les animaux. Ces contaminations sont toujours d'actualité avec le syndrome d'immunodéficience acquise (sida), le syndrome respiratoire aigu sévère (Sras) ou encore le virus de la

grippe aviaire. Le pastorien Charles Nicolle l'avait prévu, lui qui écrivait en 1930 : « Ce qui s'est passé aux époques anciennes… se répétera de même toujours ».

Le bâton fouisseur, utilisé pour préparer le sol et sarcler les plantes, est remplacé vers l'an 2000 av. J.-C., par l'araire en bois. C'est une « charrue » primitive, dépourvue de roues, qui permet de creuser des sillons dans des sols meubles, sans retourner la terre. Le travail du fer une fois maîtrisé (l'an 800 av. J.-C.), la houe est inventée. Elle est composée d'un manche de bois au bout duquel est fixé un large fer recourbé qui pénètre dans la terre et la rend plus meuble. Les gestes n'ont pas changé, le dos courbé, le laboureur fouit le sol en ramenant la terre entre ses jambes. La traction est humaine ou animale, principalement assurée par des bœufs. Le cheval, domestiqué vers l'an 2500 av. J.-C., étouffé par le collier de poitrine, ne vaut, au travail, que quatre esclaves ! Et il faut attendre l'invention du collier d'épaule, vers l'an 1000 après J.-C., pour multiplier par cinq son efficacité.

En France, les premiers agriculteurs s'installent au cours du Vᵉ millénaire av. J.-C. La France compte alors 50 000 habitants répartis sur l'ensemble du territoire (ils seront deux fois plus nombreux deux mille ans plus tard et un million en l'an 2000 av. J.-C.). La vie en société est bouleversée, l'émergence d'un peuple paysan, et donc sédentaire, change la donne. La capacité de produire sur place et de conserver les céréales d'une année à l'autre permet de construire des villages et d'y demeurer de nombreuses années. Ces villages comportent des maisons en terre et en bois de différentes formes pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres de longueur. L'errance n'est plus nécessaire pour survivre. Le partage des tâches entre les hommes et les femmes, et entre les hommes eux-mêmes au sein d'un même village, ainsi que les modes d'alimentation, subissent une très profonde transformation. Les paysans inventent l'irrigation. Pour faire les moissons, ils disposent de faucilles (la faux voit le jour au XVᵉ siècle seulement). Pour écraser le grain et isoler la farine, ils utilisent des meules de pierre. Et la vie devient d'autant plus facile que les périodes des grandes glaciations sont terminées et que le climat se réchauffe depuis quelques milliers d'années. Vers l'an 1000 av. J.-C., le climat est identique à celui que nous connaissons aujourd'hui. La faune sauvage évolue. Les troupeaux de rennes qui fournissent viande, peau, bois et os, c'est-à-dire nourriture, vêtements, couverture de tente et matériaux de base pour la fabrication de petits outils, remontent vers le nord de l'Europe.

La chasse – dorénavant du cerf et du sanglier – et la cueillette subsistent, mais l'essentiel de la nourriture provient de l'élevage et

de l'agriculture. On assiste au développement de l'apiculture (pour le miel et la cire). Ainsi, le Néolithique représente le passage progressif d'une économie de prédation fondée sur la chasse et la cueillette à une économie de production. Cette transition s'accompagne de la maîtrise de la poterie, initialement dédiée à la préparation des repas, et de celle du tissage et du polissage des outils. Les populations qui habitent au bord de la mer consomment des coquillages, particulièrement des huîtres. La cueillette se fait à même le sol ou en décollant les coquillages des rochers dans les zones découvertes par les marées[1].

L'humanité qui quitte la préhistoire pour entrer dans l'histoire, recherche l'appui des dieux auxquels elle demande de protéger les récoltes et d'assurer la fertilité des terres. Dans le panthéon sumérien, Ninurta, seigneur de la terre, est le dieu de l'agriculture. Son attribut est la charrue. Pour les Égyptiens, la nourriture est un don d'Osiris qui a conçu le blé pour l'homme. Comme Osiris, ressuscité après avoir été tué et jeté dans le Nil, le blé est enfoui dans la terre avant de revivre dans les terres libérées par la décrue du fleuve. Si l'on en croit la légende d'un hymne homérique, la déesse Déméter, mère des céréales et de l'agriculture, accorde aux Athéniens la connaissance des bienfaisants mystères d'Éleusis qui offrent les charmes de la fertilité. À Rome, Cérès la latine est fêtée à chaque étape de la végétation du blé. En Occident, le blé est le symbole de la terre nourricière.

Passe-t-on alors de l'ère de la disette à l'ère de l'abondance ? Rien n'est moins sûr. Les savants ne sont pas d'accord entre eux. Pour l'Américain Marshall Sahlins[2], les premières sociétés humaines de l'âge de pierre peuvent être considérées comme des sociétés d'abondance et non de subsistance. Même si leur niveau de vie est très bas, les hommes de cette époque ne sont pas pauvres car leurs besoins sont peu nombreux et faciles à satisfaire. Après quelques heures passées à la recherche de la nourriture, le reste du temps est consacré à manger, digérer et dormir. Des tribus du sud du Brésil seraient les témoins contemporains de ce paradis perdu, elles qui vivent, en petit nombre, dans une nature peu avare en gibiers et en manioc et qui passent leurs journées en danses, jeux et fêtes à caractère profane ou

1. Les Romains seront les précurseurs de l'ostréiculture moderne. Ils inventeront le captage des larves sur des fascines de bois et stockeront les huîtres plates dans des réserves d'eau.
2. Marshall Sahlins, 1976. Âge de pierre, âge d'abondance, Éditions Gallimard, Paris.

religieux. Nous ne sommes pas loin du « bon sauvage », symbole – cher à Rousseau – d'une humanité en quête de bonheur et d'une vie harmonieuse.

Nombreux sont ceux qui pensent, au contraire, que les hommes du Paléolithique forment des hordes faméliques en quête permanente, et rarement satisfaite, d'une nourriture insuffisante en quantité et en qualité. Pour les tenants de cette thèse, de longues périodes de disette succèdent à quelques rares moments de vaches grasses. Les hommes mettent à profit ces instants pour stocker des réserves dans leur propre organisme, sous forme de graisse, ce qui leur permet de passer les temps difficiles. Ainsi en témoignent des peintures rupestres où ils se représentent parfois gras et obèses.

Les paysans font vivre les Français

Les pratiques agricoles évoluent, lentement. Pline l'Ancien rapporte que cinq siècles av. J.-C., « il y a une méthode que la Gaule et la Grande-Bretagne ont inventée, et qui consiste à engraisser la terre par la terre. Celle-ci se nomme marne. Elle passe pour renfermer nombre de principes fécondants. C'est une espèce de graisse terrestre comparable aux glandes dans le corps et qui se condensent en noyaux… »[1]. Avec la civilisation gréco-romaine, les premiers agronomes prodiguent leurs conseils aux agriculteurs. Dans son ouvrage « De re rustica » publié vers l'an 65 après J.-C., Lucius Columelle, agronome romain né à Cadix, contemporain de Sénèque, explique que « plus le labour est profond, plus le produit des semailles et des arbres se développe avec force ». Il observe, dans une première approche de l'économie rurale, que « celui qui redoute d'acheter cher des bœufs solides et forts ne se rend pas compte que les revenus provenant de riches récoltes seront largement supérieurs aux dépenses générées par l'achat d'animaux puissants ». Entrant dans un cercle vertueux qui pérennise la fertilité des sols, les paysans apprennent à cultiver leurs terres avec un maximum d'efficacité. Strabon, qui vécut au temps de l'empereur Auguste, décrit une Gaule agricole, riche et prospère : « Quittant la région de Narbonne et montant vers le nord et les Cévennes, l'olivier, le figuier et la vigne s'effacent. Le pays produit du blé en abondance, du millet, des glands et toute sorte de bétail. Les porcs vivent en plein air : ils sont

1. Cité par J. Marseille, 2002. Nouvelle histoire de la France. I. De la préhistoire à la fin de l'ancien Régime, Éditions Perrin, Paris.

d'une taille, d'une force et d'une rapidité remarquables qui les rendent aussi dangereux que le loup. Les troupeaux de moutons et de porcs sont si nombreux qu'une quantité extraordinaire de salaisons est envoyée en Italie […]. Les Gaulois se nourrissent de lait, de viandes de diverses sortes, mais surtout de viande de porc, fraîche ou salée ». Le développement de l'agriculture assure la croissance démographique de la France qui abrite 8 millions d'habitants au temps du Christ.

Au cours des siècles qui suivent, la plupart des habitants naissent, vivent et meurent dans des villages. Le travail de la terre repose sur l'énergie humaine et animale. Il profite aux notables (seigneurs, bourgeois, dignitaires de l'Église) et aux usuriers. Il faut épierrer les champs et casser les mottes de terre. Faute de bras et en absence d'engrais, les champs ne sont pas tous cultivés. De nouvelles forêts sont défrichées et de nombreux domaines couvrent une centaine d'hectares cultivés par une trentaine de personnes. On y trouve de la vigne, des céréales, des pâtures et des forêts. Dans les vergers et les potagers, la liste des fruits et légumes est vite dressée, moins d'une vingtaine : citrons, pêches, poires, pommes et prunes dans les vergers ; ail, asperge, carotte, chou, chou-fleur, concombre, laitue, légumes secs, mâche, oignon, poireau et radis dans les potagers. S'y ajoutent le cassis, la châtaigne, la framboise, la noix, la mûre et la myrtille, tous récoltés à l'état sauvage. La tomate, la pomme de terre et le haricot sont les grands absents[1].

À la fin de l'époque carolingienne, « les jours de fêtes, dont le nombre a pu grimper à 156 par an, les rations alimentaires oscillaient entre 9 000 et 5 000 calories. Au Mans, par exemple, chaque convive disposait de 1,6 kilo de pain, d'une ration de viande dépassant un kilo et d'un morceau de fromage de plus de 250 grammes »[2]. Les Français mangeraient-ils enfin suffisamment ? Ils en sont loin. Vers l'an mil, la faim est toujours la compagne des paysans. Georges Duby[3] décrit une Europe sous-peuplée et affamée,

1. À notre époque, les légumes sont des graines (pois), des gousses (haricots), des fruits charnus (aubergines, tomates, piments, courges), des feuilles (laitues, épinards, choux), des tiges (asperges), des inflorescences (artichaut), des racines (carottes, radis), des tubercules (pommes de terre) et des bulbes (oignons, poireaux, aulx).
2. J. Marseille, 2002. Nouvelle histoire de la France. I. De la préhistoire à la fin de l'ancien Régime, Éditions Perrin, Paris.
3. Georges Duby, 1976. Le temps des cathédrales, l'art et la société (840-1420), Éditions Gallimard, Paris.

Origine des fruits et légumes

Originaire des contreforts du Cachemire, le citron est arrivé en Chine il y a trois millénaires avant d'atteindre la Grèce. Au Xe siècle, les Arabes favorisent son extension dans tout le Bassin méditerranéen, notamment en Espagne. La pêche a gagné l'Occident depuis l'Asie, où on la trouve cinq cents ans avant notre ère. Elle est connue des Égyptiens et des Romains avant d'être cultivée dans nos contrées. Les pommes (qui viendraient du Caucase et dont les Grecs et les Romains connaissent de nombreuses variétés) et les prunes sont consommées dès le Néolithique. Au Moyen Âge, l'Espagne puis la France font de la prune l'un de leurs fruits de prédilection. Originaire, comme beaucoup de fruits, de l'Asie centrale, le poirier s'est répandu dès l'époque néolithique dans toute l'Europe occidentale. Les Romains créent de nouvelles variétés en pratiquant systématiquement la greffe.

Probablement originaire du Bassin méditerranéen, l'asperge est consommée chez les Égyptiens et les Grecs, puis oubliée, avant de réapparaître à la Renaissance sur les tables des amateurs fortunés et de se démocratiser au cours du XIXe siècle. Les carottes, arrivées d'Asie mineure, sont blanchâtres et fibreuses. Ce n'est qu'au XVIe siècle qu'elles acquièrent, aux Pays-Bas, leur couleur orangée. Il faut attendre le milieu du XIXe siècle pour qu'elles deviennent le légume que nous connaissons. Poussant à l'état sauvage sur le littoral océanique, le chou a gagné peu à peu le Bassin méditerranéen. Le brocoli est un chou sauvage des rivages de la Méditerranée que Catherine de Médicis fait connaître à la France. Originaire du Proche-Orient, le chou-fleur est connu et apprécié des Grecs et des Romains, il tombe dans l'oubli durant une longue période et réapparaît au XVIe siècle. Né dans le nord de l'Inde, le concombre s'est propagé vers la Chine et le Moyen-Orient. Il est cultivé sur les bords du Nil par les Égyptiens ; les Grecs et les Romains l'apprécient. La laitue a pour ancêtre une petite salade aux feuilles dentelées et à la saveur amère. Les Romains en sont de grands amateurs et la consomment pour « préparer l'estomac aux prouesses gastronomiques ». La mâche est l'un des rares légumes originaires de nos contrées. On la ramasse à l'état sauvage dans les fossés ou sur les rives humides des ruisseaux, avant sa culture en cressonnières au XIIe siècle. Les radis sont probablement connus dans nos régions, dès l'époque néolithique. Charlemagne recommande aux régisseurs de ses terres la culture de cette excellente racine que l'on mange à la croque-au-sel.

Le noyer est depuis toujours un arbre de nos contrées. Le châtaignier ou « arbre à pain » est probablement originaire des zones tempérées d'Asie mineure et d'Europe. Ressource alimentaire importante pour les populations rurales, la châtaigne remplace souvent les céréales. Originaires de l'Asie centrale, l'ail, l'oignon et le poireau sont cultivés depuis des millénaires. Après les Égyptiens, les Grecs et les Romains, les Gaulois en font grand usage ; ils seront très appréciés au cours du Moyen Âge.

avec « des solitudes qui vers l'ouest, vers le nord, vers l'est, s'étendent, deviennent immenses et finissent par tout recouvrir, des friches, des marécages, des fleuves vagabonds et les landes, les taillis, les pacages, toutes les formes dégradées de la forêt…, ici et là des clairières, un sol conquis cette fois, mais qui pourtant n'est qu'à demi dompté ; des sillons légers, dérisoires, ceux qu'ont tracés sur une terre rétive des outils de bois traînés par des bœufs maigres ; dans cet espace nourricier de grandes taches vides encore, tous les champs que l'on laisse en jachère un an, deux ans, trois ans, dix ans parfois, pour que, naturellement, dans le repos, se reconstituent les principes de leur fertilité ».

Puis la productivité de l'agriculture s'améliore avec l'utilisation d'instruments aratoires en métal et l'invention du collier d'épaule qui donne davantage de puissance de traction aux animaux. Les paysans disposent d'outils variés (pics, cognées, fourches, serpes…) pour tirer le meilleur parti de leurs terres ; la charrue lourde remplace l'araire vers le XII^e^ siècle. Tirée par des chevaux ou par des bœufs, elle assure un travail du sol en profondeur et accroît l'efficacité des semailles. C'est un outil compliqué et coûteux, composé d'un coutre qui fend la terre verticalement, d'un soc qui la coupe horizontalement en profondeur et d'un versoir qui la retourne sur le côté. L'apport de fumier, de chaux ou d'argile permet de conserver, voire d'améliorer, la fertilité des sols. De même, la pratique de la jachère tous les trois ans (elle consiste à laisser reposer les sols) et des assolements (les céréales alternent avec les fourrages). Les paysans produisent dix quintaux de blé à l'hectare, ni moins ni plus qu'au début du XX^e^ siècle (il faudra attendre l'année 1950 pour que des progrès significatifs soient enfin réalisés). Après le temps des Barbares, la remise en culture des terres laissées à l'abandon, le défrichement des forêts et l'assèchement des marais libèrent de nouvelles surfaces agricoles. Les paysans portent leur blé aux meuniers installés sur tout le territoire. L'eau et le vent, ce dernier de plus en plus souvent à partir du XII^e^ siècle, sont la force motrice qui fait tourner les meules. Les campagnes connaissent un essor sans précédent. La population estimée à 8 ou 9 millions d'habitants vers l'an mil, à peine supérieure à celle de l'époque gallo-romaine, atteint les 20 millions à la fin du XIII^e^ siècle et 25 millions à la Révolution.

Mais ce n'est pas l'âge d'or et les paysans ont faim. De grandes famines marquent les années 1032, 1124 et 1196. Celles de 1420, 1432 et 1438 font chuter la population de 20 à 10 millions d'habitants. La sécheresse, les guerres et les épidémies en sont responsables. Comment oublier ce que décrit le moine bourguignon Raoul Le Glabre en 1033 : « Les hommes se mirent, sous l'empire d'une faim dévorante, à ramasser pour les manger toutes sortes de charognes et

L'agriculture au XIVe siècle

Les progrès accomplis depuis les temps carolingiens sont considérables. Après les intenses défrichements des trois siècles précédents, les landes, les bois, les friches et les marais reculent. Dans toute l'Europe, de nouvelles terres sont livrées à l'agriculture. Certaines sont très fertiles et peuplées. D'autres, arides, demeurent peu habitées. Dans bien des régions, les hommes vivent encore des produits des « marges », les marais et les forêts. Celles-ci offrent des terrains de parcours à des troupeaux semi-sauvages (bœufs, porcs, moutons et chèvres) et des lieux de chasse et de cueillette. Les ressources des marais sont la pêche et le sel.

Les terres à céréales, le froment surtout, caractérisent la grande agriculture médiévale. La Brie et la Beauce alignent leurs champs de céréales, coupés de vallées riches en vergers et parfois en vignobles. Les rendements s'améliorent, les famines disparaissent. Les paysans utilisent de grosses charrues tirées par des chevaux plutôt que par des bœufs. L'assolement triennal est systématique. L'homme ne se nourrit plus uniquement de bouillies et de mauvais pain. Le froment devient disponible pour tous, les hommes consomment davantage de viande de boucherie, de fèves et de pois. Par contre, les terres à blé du Sud sont beaucoup moins prospères et ne donnent que quatre grains pour une plante.

L'outillage des paysans reste très rudimentaire. L'absence de machines prévaut dans toute la France. La moisson se fait avec des faucilles à manche court. L'homme, debout, ne coupe que les épis. La faux ne sert qu'à la fenaison. La seule opération mécanique est le labour, avec une houe ou une charrue, dans le Nord de la France. La puissance des attelages est renforcée par le collier d'épaule pour les chevaux et le joug frontal pour les bœufs. L'association agriculture – élevage s'étend depuis son apparition au cours du XIIIe siècle.

L'essor des villes a provoqué la spécialisation maraîchère des petits jardins des banlieues. On y cultive des fruits et des légumes. Dans le Midi, cette spécialisation suit le développement de l'irrigation.

Le monde rural, très vulnérable, connaît encore des famines meurtrières, comme celles qui ruinent l'Europe en 1315 et en 1316. Les plantes textiles et tinctoriales peuvent être à l'origine d'une insuffisance de plantes alimentaires. La peste de 1348 gagne tout l'Occident et fait des ravages terrifiants. Elle provoque une cassure dans l'histoire de l'Europe, marquée par un effondrement démographique dont les campagnes auront du mal à se remettre. Les champs ne sont plus ni labourés, ni ensemencés. La forêt et la friche remplacent les champs qui ne sont plus entretenus.

La reconquête paysanne ne commencera qu'au XVe siècle avec le repeuplement des villages et une seconde colonisation des sols.

J. Heers, 1963. L'Occident aux XIVe et XVe siècles, Presses universitaires de France, Paris.

de choses horribles à dire. Certains eurent recours pour échapper à la mort aux racines des forêts et aux herbes des fleuves… Une faim enragée poussa les hommes à dévorer de la chair humaine. Des voyageurs étaient enlevés par de plus robustes qu'eux, leurs membres découpés… Beaucoup en montrant un fruit ou un œuf à des enfants, les attiraient dans des lieux écartés, les massacraient et les dévoraient… Comme si c'était déjà devenu une habitude de manger de la chair humaine, il y eut quelqu'un qui en apporta de toute cuite pour la vendre au marché de Tournus, comme il l'eût fait de la viande de quelque animal ». Dans les campagnes, le pain constitue toujours la base de l'alimentation. Des potages, des bouillies d'avoine ou de seigle permettent également de tromper la faim. La viande est très rare, le poisson plus fréquent pour ceux qui habitent au bord de la mer ou le long de rivières poissonneuses. Les légumes et les fruits viennent du jardin, les baies sauvages des haies et des bois, les champignons sont ramassés en automne. L'eau, souvent polluée, provoque des maladies, comme c'est encore le cas dans de nombreuses régions du monde.

Le Moyen Âge voit l'arrivée de quelques nouveaux fruits et légumes : artichaut, aubergine, bette, betterave, échalote, épinard, fraise cultivée et orange.

Origine des fruits et légumes (suite)

L'artichaut, à l'origine un chardon sauvage, provient probablement du Bassin méditerranéen. On signale sa présence en Italie au milieu du XVI^e^ siècle. L'aubergine est originaire de l'Inde. Introduite par les navigateurs arabes, elle est cultivée en Espagne au Moyen Âge, avant de se répandre dans le reste de l'Europe vers le XV^e^ siècle. La bette et la betterave sont cousines. Toutes deux proviennent de la bette maritime, plante sauvage poussant sur les côtes méditerranéennes et atlantiques. L'épinard est originaire de l'Asie centrale. Inconnu des Grecs et des Romains, il a été introduit en Andalousie par les Arabes, peu avant l'an mil, et en France au temps des Croisés. Probablement originaire de l'Asie centrale, l'échalote n'est signalée en Europe que dans le courant du Moyen Âge. La fraise qui pousse à l'état sauvage en Amérique et en Asie, ainsi que dans les zones submontagneuses d'Europe occidentale, est cultivée à partir de l'année 1300 après acclimatation de la fraise des bois. Il faut attendre la fraise d'origine américaine, vers 1600, pour bénéficier d'un fruit voisin du nôtre. L'orange, sans doute originaire du Sud-Est asiatique, est cultivée en Afrique du Nord depuis le II^e^ ou le III^e^ siècle, avant d'être introduite dans le sud de l'Europe par les Arabes, aux environs de l'an mil. Mais ce n'est qu'au XVI^e^ siècle que l'orange douce que nous consommons fait son apparition dans nos contrées.

De nouvelles espèces végétales franchissent les océans

Avec la Renaissance et les grandes découvertes du XV^e^ siècle, les temps vont changer. Le Portugais Henri le Navigateur décide de lancer de grandes expéditions maritimes. Mais il faut d'abord fabriquer des bateaux capables de franchir les océans. Les seuls navires disponibles à l'époque sont des galères à rames, trop basses pour affronter les hautes vagues de l'océan, et des nefs, très lentes du fait de leur voile unique et de leur poids. En 1442, les Portugais conçoivent un nouveau navire doté de trois mâts et de cinq voiles, plus léger que la nef et suffisamment haut pour résister aux fortes houles. C'est la caravelle. Elle mesure une vingtaine de mètres, navigue à contre-vent avec ses voiles triangulaires et peut transporter des vivres et de l'eau douce en quantité. Ce nouveau bateau léger, rapide, maniable, conçu pour naviguer sur l'océan, permet de faire la traversée de l'Europe vers les Amériques en six à huit semaines. Les Portugais sont prêts pour conquérir la terre.

Les explorateurs européens découvrent de nouveaux mondes et rapportent de leurs voyages des espèces végétales et animales jusque-là inconnues. Deux siècles après Marco Polo (1254-1324) qui fait découvrir la Chine à l'Occident, Vasco de Gama (1469-1524) inaugure la route maritime des Indes en 1497 en doublant le cap de Bonne-Espérance. Cinq ans plus tôt, Christophe Colomb (1451-1506) avait découvert les Amériques au cours de ses voyages vers les Indes. En 1519, l'un des cinq bateaux du Portugais Magellan (1480-1521) revient des îles Maldives chargé d'épices (clou de girofle, cannelle, muscade, safran) après un tour du monde commencé en direction des Amériques.

Les Conquistadors ouvrent de nouvelles voies au commerce des marchandises, par mer ou par terre. Un immense mouvement de redistribution des ressources biologiques commence. Il se poursuivra jusqu'au XXI^e^ siècle. Les gènes franchissent les océans et de nouvelles espèces végétales et animales arrivent sur les tables des Européens. L'invention des caravelles aura mis fin à la ségrégation originelle des gènes provoquée par la dérive et la séparation des continents.

En Europe, les paysans découvrent la tomate, la pomme de terre, le maïs, le haricot, la courge, le piment, le poivron, le potiron, le tabac et le dindon rapportés des Amériques. L'orange douce, découverte en Chine et en Birmanie par les Portugais, devient un fruit très apprécié. L'ananas, l'arachide, le cacao et le manioc s'acclimatent en Afrique. Mais les changements sont lents. Il faut près de cent ans, depuis la première arrivée d'une cargaison de cacao en Espagne en 1524, pour que le chocolat séduise les Français après qu'Anne d'Autriche en a fait

partager sa passion à Louis XIII et à sa cour. Et attendre Parmentier pour convaincre la population que la pomme de terre est comestible.

Originaire de la cordillère des Andes, la pomme de terre est introduite en Galice au XVI^e^ siècle d'où elle gagne l'Italie puis la France. En Ardèche, la « truffole » – ainsi qu'on l'appelle – donne son nom à une spécialité auvergnate, la truffade, à base de fromage cantal et de pomme de terre. Dans notre pays, elle est longtemps réservée à la nourriture des animaux. Et ce n'est qu'au XVIII^e^ siècle, grâce à la ténacité du pharmacien Parmentier, que ses vertus nutritives sont enfin reconnues. En 1785, homme de « marketing », il fait garder pendant la journée les champs qu'il a plantés aux environs de Paris, laissant les habitants dérober pendant la nuit un tubercule jugé d'autant plus précieux qu'il est servi à la table de Louis XVI. La pomme de terre se retrouve alors rapidement sur toutes les tables, des plus populaires aux plus bourgeoises. En France, sa production passe de 1,5 million de tonnes en 1803 à 11,8 millions de tonnes en 1865 et à 16 millions de tonnes avant la seconde guerre mondiale (sur près d'un million d'hectares) avant de s'abaisser à 4,5 millions de nos jours sur 110 000 hectares.

Propagande en faveur de la pomme de terre

(rapport adressé en septembre 1793 au ministre de l'Intérieur par son agent en Normandie)

« … cette culture, l'une des plus précieuses, n'est point encore en usage dans ce département. Les cultivateurs témoignent pour elle d'une sorte de répugnance, quoi qu'ils aient presque sous les yeux des exemples bien propres à faire cesser leur prévention. Il n'est point de culture qui offre autant de ressources et de profit.

La pomme de terre se plante ordinairement sur des jachères. Ainsi, cette culture n'empêche pas de semer la même quantité de blé. Moins assujettie aux vicissitudes qui annuellement moissonnent et détruisent les autres végétaux, elle brave les effets de la grêle, nettoie les champs infectés de mauvaises herbes, détruit le chiendent, donne sans engrais de riches récoltes…

On doit en prescrire la culture comme une mesure de salut public. Il ne faut pas perdre de vue que la campagne est dégarnie de bestiaux, qu'il n'y a que peu de menus grains et de fourrages…

On peut la surnommer la plante de l'homme libre, parce qu'elle n'exige point de soins constants et laisse par conséquent au cultivateur le loisir nécessaire pour s'occuper des grands intérêts de la République… Il conviendrait donc de décréter que les cultivateurs, grands et petits, dans toute l'étendue de la République, seraient tenus d'employer en pomme de terre une certaine fraction des terres à grains qu'ils exploitent ; on pourrait fixer cette fraction à un cinquantième… ».

La tomate est probablement originaire de la cordillère des Andes, du Pérou, où c'est une plante à moitié sauvage. Introduite il y a plus de deux mille ans en Amérique centrale et au Mexique, elle y trouve un terrain fertile à son établissement. Lors de la conquête, les Espagnols découvrent dans la capitale aztèque des fruits, aux couleurs et formes variées, que les Indiens appellent *tomatl*. Si les Espagnols et les Italiens – qui la connaissent de couleur jaune et la dénomment *pomo d'oro* – commencent à l'adopter comme aliment au XVI^e^ siècle, elle n'arrive en France, plus particulièrement en Provence, qu'à partir du XVII^e^ siècle. Dans le Nord, elle reste longtemps une plante ornementale car la forte odeur de ses feuilles et de ses tiges et sa ressemblance avec la belladone – une plante toxique appartenant à la même famille des solanacées – font peur. Les Marseillais la font connaître aux Parisiens lors de la révolution de 1789, mais son usage reste longtemps cantonné dans le Nord de la France à la préparation de sauces et de condiments alors que les Français du Sud la consomment comme légume, cru ou cuit. Sa culture intensive commence au XVIII^e^ siècle en Italie et, à un moindre degré, dans les autres pays d'Europe. Les Italiens effectuent un travail considérable de sélection dans le but d'obtenir des fruits plus gros, plus lisses et à la peau plus épaisse. Au XX^e^ siècle, victime de son succès, elle perd peu à peu ses qualités organoleptiques afin de satisfaire aux exigences de la production industrielle. Toutefois, depuis une dizaine d'années, des jardiniers collectionneurs et des gourmets s'attachent à retrouver et à reproduire les variétés anciennes. La tomate est aujourd'hui le légume le plus consommé au monde. Sa production mondiale dépasse les 100 millions de tonnes (MT). Les trois premiers producteurs sont la Chine (20 MT), les États-Unis (11 MT) et l'Italie (7 MT). La France n'en produit que 750 000 tonnes destinées à la consommation en frais (12 kilos par an et par habitant) ou à la transformation (jus de tomates, tomates entières et pelées, ketchup, sauces, plats cuisinés, coulis, préparations pour pizzas, mélanges de légumes surgelés).

Le maïs arrive en Espagne dans les caravelles de Christophe Colomb, puis gagne la Vénétie où il prend le nom de « blé d'Espagne » et de « blé turc ». Il est consommé par les animaux et, à contrecœur, par des paysans qui doivent vendre leur blé pour survivre. Son histoire commence au sud du Mexique, il y a environ 9 000 ans, avec la domestication de la téosinte, une petite plante fourragère ramifiée, considérée comme une mauvaise herbe par les agriculteurs mexicains. Une série de croisements aboutit à une plante ne possédant qu'une seule tige portant un épi à gros grains protégés

par des glumes devenues plus tendres au fil des siècles. Le maïs constitue alors la base de l'alimentation des Mayas et des Aztèques. Pour ces derniers, « le premier homme était d'argile, il fut détruit par une inondation ; le deuxième homme, de bois, fut dispersé par une grande pluie ; seul le troisième homme a survécu, il était fait de maïs ». Il sert à la préparation de bouillies en Italie (polenta à Venise) et en France (cruchade dans le Sud-Ouest). L'épi de maïs, qui mesurait 2,5 centimètres de long et produisait une dizaine de grains il y a 7 000 ans, mesure 30 centimètres à notre époque et porte quelques centaines de grains. Au tournant du IIIe millénaire, le maïs représente 34 % des 2 milliards de tonnes de céréales produites dans le monde. En France, sa production annuelle s'élève à 16 millions de tonnes, derrière le blé (30 à 40 millions de tonnes).

À l'état sauvage, le haricot est une liane tropicale dont les gousses laissent tomber leurs petites graines sur le sol. Au cours de sa domestication en Amérique centrale et en Amérique du Sud (Pérou), le nombre et la taille des entre-nœuds diminuent, le bourgeon terminal végétatif se transforme en un bourgeon floral, la plante perd de sa hauteur et se transforme en un petit buisson. Les graines grossissent et la gousse s'ouvre plus tardivement. Le nouveau haricot, domestiqué, est rapporté en Europe par Christophe Colomb, puis se répand rapidement sur tout le continent. Il est d'abord consommé en grains, secs ou frais. Puis les Européens consomment les gousses, après avoir conservé les variétés peu fibreuses, puis sélectionnent les types filet et mangetout. À la fin du XVIIIe siècle, les Italiens préparent les jeunes gousses tendres et immatures sous forme de légume frais : le haricot vert est né. En 1872, près d'Arpajon, un agriculteur, M. Chevrier, découvre une plante dont les grains restent verdâtres, le type flageolet vert apparaît sur les tables. Aujourd'hui, dans le monde, la production de haricot vert atteint 19 millions de tonnes (l'Inde est le premier producteur avec 4,5 millions de tonnes) et celle de haricot sec 5 millions de tonnes (la Chine est le premier producteur avec 1,5 million de tonnes).

Naissance de l'agriculture moderne

C'est au XVIIe siècle que s'esquisse une nouvelle agriculture, prémices de celle d'aujourd'hui, sous l'impulsion de l'agronome Olivier de Serres. Les défrichements se poursuivent, la forêt qui couvre 25 % du territoire français au milieu du Moyen Âge, n'en représente plus que 15 % sous Louis XV et 13 % en 1800. Mais un million de

Français meurent encore de faim en 1709 et il faut attendre la révolution de 1789 pour assister au début d'un véritable renouveau lorsque les terres sont confiées à ceux qui les travaillent. Cependant, au XIXe siècle, les récoltes dépendent toujours des aléas climatiques et des attaques parasitaires (mildiou, phylloxera, doryphores…) que l'on subit sans savoir les combattre. Ce n'est qu'en 1860 que l'utilisation d'engrais naturels tels que le guano (engrais d'origine animale) et le salpêtre commence à se généraliser, dans l'attente des engrais de synthèse de la seconde moitié du XXe siècle.

La mécanisation des travaux des champs accompagne ce mouvement. De nouvelles machines à traction animale apparaissent : la charrue « mi-bois, mi-fer » de Mathieu de Dombasle, puis la charrue à brabant double réversible[1] en 1850, et enfin la moissonneuse-lieuse qui remplace la mise en gerbe manuelle. Pour nourrir un important bétail de trait et produire suffisamment de fumier, les cultures fourragères telles que trèfle et luzerne se développent sous le nom de prairies artificielles.

Les animaux de basse-cour et de ferme deviennent plus performants. L'introduction chez les ovins de l'espèce Mérinos, élevée en Espagne au XVIe siècle pour sa production de laine fine, signe le début d'une sélection animale. Celle-ci demeure néanmoins géographiquement limitée puisque l'exportation de reproducteurs est interdite par le roi d'Espagne, sous peine de mort. L'élevage moderne naît au XVIIIe siècle en Angleterre. De gros propriétaires terriens estiment qu'il faut spécialiser les modes d'élevage, en distinguant traite et allaitement, faire coïncider les besoins des animaux avec celui de l'offre fourragère et limiter les phases improductives en faisant vêler les génisses à deux ans. L'un des leurs, Bakewell, père de la zootechnie, choisit les mâles les plus performants en observant leur descendance. Cent ans plus tard, les livres généalogiques s'écrivent en suivant la même démarche. Après la révolution de 1789, des nobles français s'inspirent du modèle anglais pour aboutir, à la fin du XIXe siècle, aux trois grandes races bovines françaises : la Normande, la Montbéliarde et la Frisonne. Près de cent ans plus tard, en 1966, la Loi sur l'élevage que fait voter le ministre de l'Agriculture Edgar Faure, assure la modernisation génétique des vaches laitières en France.

1. C'est une machine composée de deux corps de charrue symétriques qui tournent autour d'un axe constitué de telle manière que le premier corps verse la terre à gauche à l'aller et le second la verse à droite au retour. Elle n'a pas besoin d'être tenue en main et peut donc être conduite par un seul homme.

Origine des fruits et légumes (suite et fin)

Découverte aux Antilles, la papaye se propage rapidement en Asie et en Afrique. Le fruit de la passion est le fruit de la passiflore, une plante grimpante originaire du Brésil qui gagne l'Amérique centrale, l'Asie, puis l'Afrique et les Antilles. La goyave est originaire d'Amérique centrale. Probablement apparu dans les forêts tropicales du Mexique, l'avocat est rapporté à la cour d'Espagne au début du XVII^e siècle. Il est cultivé aux Antilles dès 1750, en Californie au XVIII^e siècle, puis introduit en Afrique, en Australie et en Israël. Connu en Chine il y a quatre mille ans, importé d'Italie au milieu du XV^e siècle, l'abricotier se développe au XVIII^e siècle.
La clémentine, appréciée pour son absence de pépins et la facilité de son épluchage, est créée en Algérie au début du XVIII^e siècle par le Père Clément. C'est un hybride de mandarine et d'orange amère (fruit du bigaradier). Originaire de Chine où il pousse spontanément, il faut attendre 1869 pour que le kaki fasse son apparition sur les marchés parisiens. Les Néo-Zélandais sont les premiers à sélectionner, cultiver et commercialiser le kiwi, fruit d'une liane d'origine chinoise. Il est cultivé de façon intensive en Europe (France, Italie, Grèce) à partir du milieu du XX^e siècle. Originaire de Chine, le litchi y est cultivé depuis plus de quatre mille ans avant de l'être en Provence au XIX^e siècle. La mangue est originaire des forêts de l'Inde. Au XVI^e siècle, elle est introduite en Afrique, puis en Amérique centrale et en Amérique du Sud, avant d'être cultivée dans tous les pays tropicaux. Seule espèce d'agrume à ne pas être originaire d'Asie, le pomelo est découvert aux Barbades. Au début du XX^e siècle, c'est l'un des agrumes les plus couramment consommés.
L'endive est issue d'une chicorée sauvage aux racines persistantes. Sa culture a été mise au point en Belgique, vers 1850. Domestiquée puis améliorée, l'ache des marais – l'une des plantes médicinales les plus employées – donne naissance au céleri, qui devient un légume courant au XIX^e siècle.

L'alimentation des Français se diversifie. À base de céréales pour la majorité d'entre eux, du moins dans les villes où l'on gagne son pain à la sueur de son front avant de défendre son beefsteak, elle inclut désormais davantage de viandes, de fruits et de légumes. La culture du maïs et de la pomme de terre contribue au développement de l'élevage des volailles et des porcs. La ration quotidienne passe de 2 000 à 3 200 calories, ce qui reste encore insuffisant compte tenu des dépenses énergétiques des populations de cette époque. Les Français achètent sur les marchés des produits qui viennent directement de la ferme, sans transformation (légumes, fruits, poulets ou lapins vivants, lait frais). Dans les campagnes, l'autoconsommation

des produits du jardin, du verger, du poulailler, du clapier et de la porcherie est la règle.

La sous-nutrition reste néanmoins endémique et des pays proches de la France ne sont pas à l'abri de dramatiques pénuries. L'attaque des pommes de terre par le mildiou – un champignon parasite qui détruit la végétation en quelques jours – provoque la mort d'au moins un million d'Irlandais entre 1846 et 1848. La pomme de terre était en effet le seul aliment des paysans qui en consommaient jusqu'à 3 kilos par jour !

De nouveaux fruits et légumes (papaye, fruit de la passion, goyave, abricot et avocat) sont progressivement découverts par les Européens. À partir du XIX^e^ siècle, l'endive, le céleri, la clémentine, le kaki, le kiwi, le litchi, la mangue et le pomelo font leur apparition.

La saga du sel, du sucre et des épices

Que ce soit pour assurer leurs besoins physiologiques, pour conserver les aliments ou en améliorer la saveur, les hommes ont, de tout temps, attaché une grande importance à leur approvisionnement en sel, en sucre et en épices. L'histoire est jalonnée de luttes menées par les États et les commerçants pour s'en assurer le contrôle.

Le sel

« Le sel est un aliment qui agrémente les autres aliments ; de la nourriture nécessaire il fait une nourriture agréable » (Plutarque, Propos de table V, 10).

Indispensable à la vie des hommes et du bétail, le sel est utilisé depuis des millénaires comme agent de conservation et comme exhausteur de goût. Le plus ancien témoignage de l'exploitation du sel en Europe date du Néolithique ancien (entre 5 500 et 5 800 ans av. J.-C.), à plus de huit mètres de profondeur, dans un sédiment marneux gorgé d'eau salée sur le territoire de Moriez, petite commune des Alpes de Haute-Provence. À l'âge du fer, l'on voit apparaître les premières techniques d'extraction minière en Autriche. Vers la fin de l'âge du bronze, des affleurements de couches salées donnent naissance à une vaste industrie du sel à Marsal, en Moselle. Quant aux marais salants, Hippocrate en explique le fonctionnement : « Le soleil attire les parties les plus fines et légères de l'eau et les élève dans les airs. La saumure reste en bas à cause de son poids : c'est ce qui donne naissance au sel ».

Les routes du sel sont évoquées dès l'Antiquité. Plus tard, du XI^e^ au XVI^e^ siècle, des caravanes transportent le sel des grandes salines

sahariennes vers les empires du Ghana et du Mali. Elles contribuent au développement de ces deux pays sur la base du troc du sel contre de l'or. De nos jours encore, des centaines de dromadaires chargés du sel découpé dans l'épaisse croûte qui recouvre le lac Assal, à 150 mètres au-dessous du niveau de la mer, gagnent chaque semaine les marchés d'Éthiopie, où les Afars échangent le sel contre du sorgho, des tissus ou du tabac. Au Moyen Âge, le sel donne lieu à une intense activité commerciale : le sel marin est produit dans les marais salants de Brouage, de la région de Nantes et de la Méditerranée ou alors provient des salines vénitiennes, le sel gemme est extrait des mines et des salines de Lorraine, de Franche-Comté et du Tyrol. Le développement des méthodes de conservation par le sel permet de pratiquer la pêche en haute mer à partir du XIVe siècle en Europe, puis celle de la morue sur les bancs de Terre-Neuve au XVe siècle.

L'importance économique du sel est attestée, dès le temps des Romains, par l'existence d'une monnaie – désignée par le mot *salarium* dont dérive le mot français « salaire » – et par la création de la gabelle, impôt sur le sel dont les Français n'obtiendront la suppression qu'en 1789. Après Charles d'Anjou, comte de Provence, qui institue une taxe sur le sel en 1259, il revient à Philippe VI d'en généraliser la pratique entre 1330 et 1340 en restreignant la vente du sel aux greniers royaux et en instaurant « les droits du roi ». Avec Colbert, à la fin du XVIIe siècle, le royaume est partagé en six divisions, de conditions très différentes, dont la plus importante regroupe les pays de « grandes gabelles », le sel y est fortement taxé et la consommation d'une quantité minimale obligatoire. À la même période, en Savoie, la quantité annuelle à lever en livres par personne et par bête est soigneusement détaillée : 8 livres (environ 3 kilos) par personne de plus de cinq ans, 4 livres par tête de bœuf, 1 livre par mouton. Au XVIIIe siècle, la gabelle du sel coûte près de 10 % de son revenu à une famille pauvre. Inversement, le roi peut attribuer gratuitement une certaine provision de sel à des officiers et à des communautés religieuses, c'est le privilège du franc-salé. Les prix varient d'une région à l'autre dans des proportions de 1 à 25, ce qui explique la généralisation des fraudes à tous les échelons de la société. Mais mieux vaut ne pas se faire prendre, plus d'un a été condamné aux galères ou à la peine de mort pour avoir vendu ou acheté du « faux sel ».

En 2000, la production mondiale de sel s'élève à environ 240 millions de tonnes, celle de la France atteint les trois millions de tonnes, dont 46 % proviennent des marais salants (principalement du Midi), 43 % des salines (l'eau est évaporée en chauffant la saumure)

et 11 % des mines. Et si avant la Révolution, son usage presque exclusif est la consommation alimentaire (110 000 tonnes) et la salaison des poissons (30 000 tonnes), en 2003, l'alimentation humaine ne représente plus que 12 % de la consommation nationale. Les autres usages sont l'industrie chimique (28 %), le déneigement (25 %), diverses industries (22 %) et l'agriculture (13 %).

Depuis quelques années, s'inquiétant des risques pour la santé d'une consommation excessive de sel, les nutritionnistes recommandent une prise journalière comprise entre 5 et 12 grammes et souhaitent que, à l'instar d'autres professionnels tels que les charcutiers et les fromagers, les boulangers fassent un effort particulier pour réduire progressivement de 25 % les doses utilisées dans leurs formulations.

Le sucre

« Il existe une espèce de miel concret appelé sucre. Il ressemble au sel par sa consistance et craque sous la dent » (Dioscorides, « De materia medica », Ier siècle).

Avec le miel, la canne à sucre, la betterave et enfin les céréales, les hommes font preuve d'inventivité pour diversifier leurs ressources en produits sucrants. Sans parler du dernier né, l'aspartame, la dorénavant fameuse sucrette.

Les activités mellifères des abeilles sont exploitées depuis la plus haute antiquité. Nos lointains ancêtres cherchent le miel dans des failles rocheuses ou des troncs creux, là où viennent se poser des essaims sauvages. Puis vient le temps de l'apiculture – l'abeille domestique est originaire d'Asie – dont les témoignages les plus anciens datent du IVe millénaire av. J.-C. en Mésopotamie et en Égypte. Grecs et Romains pratiquent l'apiculture avec assiduité, le miel de Narbonne est exporté vers la Rome antique, Charlemagne exige l'installation de ruchers dans tous ses domaines. Aujourd'hui, en Europe, la France est, après l'Espagne, l'un des principaux producteurs de miel (23 000 tonnes) avec ses 1 250 000 ruches et ses 100 000 apiculteurs.

Dans nos contrées, le miel demeure le seul édulcorant jusqu'à la découverte de la canne à sucre par les armées d'Alexandre le Grand au cours de leurs campagnes dans les Indes. Elles y trouvent en l'an 328 av. J.-C. « un roseau qui produit du miel sans le concours des abeilles et à partir duquel est produite une boisson enivrante ». La canne est coupée, broyée, pressée, pilée ou trempée dans un liquide dont on extrait, après chauffage et évaporation, ce que le médecin grec Paul d'Égine appelle au VIIe siècle « le sel indien qui ressemble au sel

ordinaire par sa couleur et sa consistance, mais dont la saveur est celle du miel ». Le sucre est ensuite importé au Moyen-Orient par les Arabes, qui inventent les premiers sirops et pâtisseries au sucre, puis en Europe, où les Croisés l'ont ramené de Syrie et de Palestine. Produit d'importation, il demeure, pendant tout le Moyen Âge, un produit de luxe vendu par les apothicaires. La culture de la canne se répand dans les îles de la Méditerranée, mais les terres s'épuisent rapidement. Pendant quelques temps, les plantations et les raffineries implantées à Madère restent florissantes, avant d'être concurrencées, avec l'ère des grandes découvertes, par celles d'Amérique latine. Un siècle plus tard, au milieu du XVII^e^ siècle, vient le temps des Antilles : les sucreries se multiplient à la Martinique, à la Guadeloupe et à Saint-Domingue ainsi qu'en métropole sous l'impulsion de Colbert. Le sucre reste un produit réservé aux classes aisées avant d'être couramment utilisé pour ses propriétés édulcorantes. Il accompagne les sorbets, les biscuits, les fruits frais, les confitures et nombre de boissons.

La canne à sucre conserve son monopole de « plante à sucre » jusqu'à l'exploitation, au début du XIX^e^ siècle, de la betterave à sucre. C'est le chimiste allemand Andreas Marggraf qui découvre, en 1747, que les betteraves fourragères contiennent de grandes quantités d'un sucre en tout point identique à celui extrait de la canne. Avec le blocus continental promulgué en 1806 par Napoléon pour ruiner l'Angleterre, l'acheminement du sucre en provenance des Antilles devient impossible par bateau. La fabrication du sucre de betterave s'impose sur le continent, sous l'impulsion de Chaptal. En 1811, Benjamin Delessert parvient à fabriquer les premiers pains de sucre de betterave et signe ainsi l'acte de naissance d'une véritable industrie sucrière en Europe. En 1900, le sucre de betterave représente 53 % de la production mondiale de sucre.

Voilà près de deux siècles que la betterave à sucre est cultivée en Europe. Grâce aux généticiens, sa teneur en sucre est passé de 6 à 18 %. Au début des années soixante-dix, une nouvelle source de produits sucrants est découverte avec la mise au point d'un procédé industriel de transformation de l'amidon des céréales, principalement du maïs, en un mélange de glucose et de fructose[1]. Ce nouveau produit, appelé isoglucose ou HFCS pour *high fructose corn syrup*, a un pouvoir sucrant comparable à celui du saccharose extrait

1. Le fructose est un sucre abondant dans les fruits et le miel. Sa formule chimique $C_6H_{12}0_6$ est identique à celle du glucose.

de la canne et de la betterave. Il ne remplace pas le sucre en morceaux ou en poudre dans ses usages ménagers, mais il séduit de nombreux secteurs de l'industrie alimentaire qui l'utilisent dans la grande majorité des boissons non alcoolisées, en particulier gazeuses, en raison de son prix inférieur à celui du sucre. En termes de tonnage, c'est le premier substitut du saccharose utilisé dans le monde.

Dernier né des édulcorants, l'aspartame a été découvert par une société américaine en 1965. C'est un produit de synthèse à base de deux acides aminés, l'acide aspartique et la phénylalanine, qui stimule les capteurs du goût sucré situés sur la langue. Commercialisé en France à partir de 1979, il se présente sous la forme d'une poudre blanche dont le pouvoir sucrant est environ 200 fois plus élevé que celui du sucre de table, un gramme de cette molécule sucre autant que 200 grammes de saccharose. De ce fait, utilisé à très faible dose, il est considéré comme un édulcorant non calorique. Commercialisé, notamment sous le nom de marque Canderel, il est acheté par les particuliers qui souhaitent sucrer leur café ou leur thé sans accroître leur consommation en calories. Néanmoins, ses principaux utilisateurs sont les industriels qui fabriquent des produits sucrés « basse calorie » tels que jus de fruits, crèmes glacées, pâtisseries, boissons gazeuses. Ses détracteurs s'inquiètent de la possibilité d'un lien – jamais démontré – entre sa consommation et la survenue de cancers.

La canne à sucre est principalement produite dans les zones tropicales et subtropicales, notamment dans les pays en développement, tandis que la betterave sucrière est une plante des régions tempérées, cultivée presque exclusivement dans les pays développés. Seuls la Chine et les États-Unis produisent indifféremment les deux types de plantes. En 2004, la production mondiale de sucre de canne s'élève à 100 millions de tonnes, le Brésil et l'Inde réalisant à eux deux plus de la moitié de cette production. La production mondiale de sucre de betterave est de 35 millions de tonnes, dont 4,4 millions de tonnes en France. Chaque Français en consomme en moyenne 35 kilos par an. L'isoglucose, avec une production mondiale annuelle d'environ 11 millions de tonnes, a conquis près de 8 % du marché du sucre en une trentaine d'années. La production mondiale de miel est estimée à 1,3 million de tonnes.

Les épices

L'origine botanique des épices est très diverse : la cannelle est une écorce, la coriandre une graine, le clou de girofle un bourgeon, la muscade une noix, le poivre une baie et le safran l'étamine d'une

fleur. Leurs origines géographiques sont plus homogènes, la plupart d'entre elles (le poivre, la cannelle, la muscade, la cardamome, le safran, le cumin, le gingembre, l'anis et le carvi) sont originaires de l'Orient (Inde, Indonésie). Seuls la vanille et le piment, que les Conquistadors découvrent en Amérique, font exception.

Origine des épices

Originaire de Chine, d'où elle est exportée au Proche-Orient par les routes de la soie, la cannelle est l'une des épices les plus anciennes : des commerçants asiatiques quittent l'Inde chaque année à destination de l'Arabie. Les Grecs et les Romains l'utilisent pour aromatiser le vin. En Europe, c'est une épice de luxe connue pour soigner les maladies du foie et l'angine de poitrine.

Le poivre est originaire de la côte de Malabar, au sud-ouest de l'Inde. Son prix, astronomique, le rend inaccessible pendant des siècles.

La culture du safran est très ancienne. Les peuples orientaux la pratiquent bien avant notre ère. Le safran s'impose en Europe centrale après sa découverte en Palestine par les Croisés. Il peut servir à colorer les aliments et devient très tôt une épice extrêmement chère et recherchée : au Moyen Âge, une livre de safran coûte le prix d'un cheval. En raison de son prix, les fraudeurs tentent de vendre des substituts (pistils de souci, copeaux de bois), mais quand ils se font prendre, la punition est sévère. À Nuremberg, ils sont brûlés vifs.

Originaires du Mexique, les premières gousses de vanille font leur apparition en Espagne peu après la mort de Christophe Colomb, puis gagnent toute l'Europe. Pendant plusieurs siècles, l'Amérique centrale demeure la seule région productrice avant le succès de nouvelles plantations aux Antilles, à Madagascar, à l'île Bourbon et aux Seychelles. Puis vient le temps de la vanille artificielle, à la fin du XIX^{e} siècle, comparable au produit naturel, sauf par son prix qui en fait un produit bon marché. Rapportée à la quantité de produit actif, la production mondiale de vanille naturelle est actuellement de 100 à 150 fois moins importante que celle de vanille de synthèse. Les rapports de prix sont de 10 à 1.

Cinq siècles avant notre ère, Hérodote décrit les grandes caravanes qui vont chercher des épices de grande valeur en Chine, au terme d'un voyage de plusieurs années. Ces routes se perdent et les caravanes, parties des Indes, traversent plus tard l'Afghanistan et atteignent la Mésopotamie, puis le port phénicien de Tyr, d'où partent à leur tour des navires chargés d'épices en direction des pays méditerranéens. Peuple de navigateurs, les Phéniciens contrôlent un

commerce facilité par la bonne conservation des épices, une fois séchées, et leur forte concentration en principes actifs. À l'époque de Pline l'Ancien (23-79), les Romains commercent avec les Arabes et les Perses.

En Méditerranée, le commerce des épices devient l'apanage des Vénitiens, associés aux Arabes. Au XV^e^ siècle, après la prise de Constantinople par les Turcs, la course au monopole des épices est lancée avec la création de postes de ravitaillement fortifiés le long des routes maritimes qui mènent en Extrême-Orient. Au Moyen Âge, la région de Provence, avec Marseille, est très présente dans ce commerce fructueux. À la demande des Portugais, Christophe Colomb part vers l'ouest pour découvrir une nouvelle route vers les Indes. La maîtrise du commerce des épices est en effet une priorité pour les puissances portugaises et espagnoles qui cherchent à contourner le monopole des Arabes et des Vénitiens.

La Compagnie hollandaise des Indes orientales, fondée en 1602, fait fortune en protégeant farouchement l'accès aux îles Moluques, de peur d'être privée du monopole de la culture du giroflier et du muscadier. Durant des siècles, l'archipel d'Ambon demeure la seule source de noix de muscade et de clou de girofle. Mais le botaniste Pierre Poivre brise ce monopole vers 1750, il subtilise cinq muscadiers et quelques girofliers et les acclimate sur l'île de France (île Maurice).

Jusqu'au XVIII^e^ siècle, les épices sont réservées aux plus fortunés. À cette époque, on leur attribue de nombreuses vertus thérapeutiques et on les achète chez les apothicaires. Leur usage devenant plus populaire, les épices gagnent les « épiceries » et les cuisines. En 2000, leur marché mondial s'élève à environ deux milliards d'euros.

Sept hommes marquent l'histoire de l'alimentation

Nous voici à la fin du XVI^e^ siècle. Depuis *Homo erectus,* de grandes innovations ont changé la vie des hommes : la maîtrise du feu, la taille du silex, la culture des céréales et la domestication de quelques espèces animales, l'invention de l'arc pour chasser, de l'araire, de la houe, de la charrue et du collier d'épaule pour mieux travailler la terre, la pratique des amendements, des engrais et des assolements pour améliorer la fertilité des sols. Cependant, les rendements des cultures sont peu élevés, les paysans s'épuisent dans les champs et les grandes famines restent inévitables. Les hommes sont encore loin de maîtriser leurs sources d'approvisionnement en denrées alimentaires. Il leur faudra encore quatre siècles pour y arriver, tout du moins ceux des pays riches. Ce n'est toujours pas le cas en Afrique ou en Asie.

La publication du « Théâtre d'agriculture et mesnage des champs » par Olivier de Serres en 1600 marque la naissance de l'agriculture moderne. Celle-ci atteint l'âge de raison au milieu du XIX^e^ siècle avec Louis de Vilmorin. On lui doit le perfectionnement des méthodes d'amélioration des végétaux dont le moine Gregor Mendel décrira trente ans plus tard les fondements scientifiques. L'agriculture moderne devient adulte au cours du XX^e^ siècle quand le tracteur remplace la traction animale et quand l'industrie chimique fabrique des engrais et des produits de traitement des récoltes. En attendant les progrès stupéfiants de la génétique et la fabrication des organismes génétiquement modifiés.

La maîtrise des bonnes pratiques de fabrication et de conservation des aliments accompagne ce mouvement. Pendant le XIX^e^ siècle, Nicolas Appert, Louis Pasteur et Justus Liebig sont les co-créateurs de l'industrie alimentaire : le premier en inventant les boîtes de conserve, le deuxième en apprenant à utiliser les micro-organismes utiles et à éliminer ceux qui sont dangereux pour la santé, le troisième en mettant la chimie au service de l'alimentation. Avec le développement de la biologie, de la chimie et des procédés industriels, les bases techniques des industries alimentaires sont dorénavant en place.

Toujours au XIX^e^ siècle, avec Claude Bernard, la nutrition vit sa révolution copernicienne. Avec la découverte des enzymes et du rôle du foie et du pancréas, la physiologie de la digestion fait des progrès remarquables. L'idée que celle-ci puisse être réduite à une cuisson et à une liquéfaction des aliments, comme on le croit depuis Hippocrate, est définitivement abandonnée.

De Serres (1539-1619), Appert (1749-1841), Vilmorin (1816-1862), Mendel (1822-1884), Liebig (1803-1873), Bernard (1813-1878), Pasteur (1822-1895), autant de savants et d'inventeurs dont les travaux ont profondément modifié la chaîne alimentaire.

Olivier de Serres, père de l'agriculture moderne

Olivier de Serres voit le jour en 1539 à Villeneuve-de-Berg, petite ville de l'ancienne province du Vivarais, dans l'actuel département de l'Ardèche, où son père est drapier et marchand de tissus. Il consacre son existence à faire de sa propriété une exploitation modèle et à transcrire les conclusions de ses lectures et les résultats de ses travaux. Il deviendra le père de l'agronomie.

Il réalise ses expérimentations dans son domaine du Pradel après avoir lu les écrits des agronomes romains Caton, Columelle et Pline l'Ancien. Il cherche à vérifier leurs dires tout en s'efforçant de valider les pratiques des paysans de son époque. Après avoir observé que les sols semés de luzerne se révèlent très fertiles l'année suivante, il remet en cause les jachères systématiques en introduisant les plantes fourragères dans des cycles pluriannuels de culture, afin que la terre puisse s'enrichir. Le mythe de la « terre fatiguée qui doit absolument se reposer » est mort. Ses recherches portent également sur les machines agricoles : il invente le rouleau à pointe et un semoir en ligne.

Le « Théâtre d'agriculture et mesnage des champs», qu'il publie en 1600, connaît un succès exceptionnel. L'ouvrage contient plus

de mille pages. C'est la somme des connaissances agronomiques de la fin du XVI^e^ siècle. Les propriétaires et exploitants agricoles y trouvent de précieux conseils sur la manière de bien connaître, choisir et acheter les terres et les employer « selon leur naturel », sur le labourage des terres à grains, sur la viticulture, sur l'élevage du « bétail à quatre pieds », sur la culture des herbes médicinales, des fruits, du lin et du chanvre, sur la conduite du poulailler et des étangs piscicoles. Olivier de Serres apprend à cultiver le maïs, les pommes de terre et la tomate qui arrivent d'Amérique. Grâce aux aménagements hydrauliques réalisés sur son domaine, il peut s'intéresser à la culture du riz, du coton et du safran.

Le livre décrit comment connaître un terroir agricole, y cultiver les céréales, le mûrier et la vigne, y élever le bétail, la volaille, les abeilles et le ver à soie, façonner un jardin à la fois potager, médicinal et fruitier, aménager étangs, taillis et forêts. Cela afin de subvenir aux nécessités fondamentales d'une famille d'honnêtes « ménagers » en matière d'alimentation, de santé, de profit et de plaisir. Son projet repose sur l'idée de transposer aux champs les expériences novatrices faites dans les jardins, en intensifiant les cultures. Il envisage déjà d'extraire le sucre de la betterave, mais les rendements demeurent insuffisants pour généraliser son procédé.

La célébrité de l'ouvrage est due à l'avance technologique des méthodes culturales présentées, que seul le XX^e^ siècle parviendra à surpasser. L'œuvre sera rééditée huit fois du vivant de son auteur. Olivier de Serres meurt en 1619.

Louis de Vilmorin, créateur de nouvelles variétés végétales

Une note sur « la création d'une nouvelle race de betterave » est présentée à l'Académie des sciences en 1856. Elle est signée Louis de Vilmorin. L'histoire de l'amélioration raisonnée des végétaux, modification volontaire des plantes par l'homme pour mieux les adapter à ses besoins, vient de s'ouvrir avec l'invention de la sélection généalogique. Son principe est de suivre séparément les descendances d'un croisement entre deux plantes, ce qui permet un choix mieux orienté vers le type de plante désiré.

Depuis les débuts de l'agriculture, les hommes ont repéré les plantes dont ils peuvent tirer le meilleur profit. Ils en ont conservé les graines et les ont cultivées. En choisissant les blés dont les grains ne tombent pas spontanément sur le sol à maturité (on découvrira

bien plus tard qu'il existe des gènes qui contrôlent l'égrenage des grains), ils font déjà œuvre de sélectionneur. Cette façon empirique de domestiquer les végétaux en puisant dans la diversité des espèces, appelée par la suite sélection massale, s'est poursuivie pendant des millénaires. Elle s'est révélée très féconde en permettant la domestication du riz en Chine, du maïs au Mexique et du blé autour du Bassin méditerranéen. Mais le procédé a ses limites car il repose sur la variabilité naturellement observée entre les plantes d'une même espèce. La main de l'homme permet d'aller plus loin en procédant à des croisements artificiels.

Avec Louis de Vilmorin, descendant d'une famille de marchands grainetiers du XVIII^e^ siècle, qui édite en 1850 le premier catalogue descriptif et comparatif des froments, et avec son fils Henry (1843-1899), les hommes apprennent à explorer la diversité existante au sein d'une même espèce de végétaux, à combiner les propriétés désirables, à observer et trier la descendance issue des croisements réalisés. Avant eux, l'unité de sélection est la population, c'est-à-dire la totalité des plantes récoltées : les meilleures plantes sont échangées entre les agriculteurs, notamment lors des foires, puis ressemées. Malheureusement, les effets à long terme de ce processus d'amélioration ne se font guère sentir ou alors très progressivement. L'intuition de Louis de Vilmorin est d'inventer une méthode de sélection qui repose sur l'étude de chaque plante d'une population, en la considérant comme un individu, en estimant qu'au sein d'une même population, chaque individu est différent de tous les autres et en appréciant la qualité de sa descendance.

Perfectionnant les méthodes de son père, Henry collectionne les « blés de pays » (transmis de père en fils et adaptés à la région de production), ainsi que ceux en provenance d'autres régions du monde, notamment des blés anglais plus précoces et plus productifs, mais également des blés d'Aquitaine ayant dans leur ascendance des blés en provenance d'Odessa. Il les répertorie et croise les meilleurs d'entre eux. Croisement après croisement, il crée des lignées possédant davantage de propriétés favorables que les meilleurs des blés dont elles sont issues. Celles-ci sont ensuite croisées entre elles pour restaurer la variabilité génétique initiale, tout en réunissant dans une seule variété l'ensemble des caractères recherchés : c'est ce qu'on appelle la sélection généalogique. Cette méthode permet aux Vilmorin d'isoler rapidement des lignées pures composées d'individus qui sont capables, lorsqu'on les croise entre eux, de se reproduire identiques à eux-mêmes.

Avec les Vilmorin, père et fils, les sélectionneurs, précurseurs des généticiens, ont entre les mains des méthodes efficaces qui leur

permettent d'améliorer, de manière volontariste, les espèces animales et végétales. Ils savent combiner les qualités portées par chacun des parents et les réunir dans leur descendance. Dans le cas du blé, ils fécondent manuellement les fleurs préalablement émasculées d'une variété A (le géniteur femelle) par le pollen d'une variété B (le géniteur mâle) avant de conserver les plantes filles possédant les caractères recherchés. Le tri se fait sur la base de l'aspect morphologique des nouvelles plantes, de leur comportement agronomique (rendement, résistance aux maladies) et de leur qualité d'utilisation (aptitude des blés à la boulangerie par exemple). Simultanément, le travail de sélection permet d'homogénéiser la formule chromosomique[1] qui est alors transmise sans modification aux descendants.

Cent cinquante ans plus tard, il n'est plus une plante, cultivée dans les champs, les potagers ou les vergers, qui ne soit passée dans les mains d'un créateur – on l'appelle un obtenteur – de nouvelles variétés végétales. En France, l'industrie des semences, devenue un passage obligé du système alimentaire, génère un chiffre d'affaires annuel de deux milliards d'euros, dont 30 % à l'exportation, produit de l'activité de 85 établissements dans des secteurs aussi divers que les céréales à paille (blé, orge), le maïs et le sorgho, les plantes fourragères, la betterave, la pomme de terre, le lin et le chanvre, les oléagineux et les plantes potagères et florales.

Gregor Mendel, généticien de génie

Le moine tchèque Gregor Mendel naît le 22 juillet 1822 dans un petit village de Moravie, soixante ans après l'affirmation du grand botaniste Antoine Nicolas Duchesne (1747-1827) : « le froment barbu ou sans barbe, à grains rouges ou blancs, velu ou sans poil, et même le froment à plusieurs épis, ou blé miracle, ne sont que des variétés occasionnées par la température de l'air, la nature de la terre et la saison où on sème ». À une époque, donc, où les savants pensaient que toutes les différences entre les plantes appartenant à la même espèce, en l'occurrence le blé, s'expliquent par des modifications de l'environnement, notamment de la terre définie comme la « matrice des plantes ».

Ses parents sont des fermiers. En 1848, il est ordonné prêtre et vit dans le monastère de Saint Thomas, à Brno, où il aime jardiner. On

1. Nombre et structure des chromosomes présents dans une cellule.

lui doit d'avoir formulé les premières lois de l'hérédité et ouvert la voie à la génétique classique. Il reçoit une formation scientifique en botanique avec Franz Unger, un précurseur en matière d'évolution, qui enseigne que « c'est dans la cellule qu'il faut chercher la concentration de tous les principes essentiels de la plante ». Il se forme également à l'analyse des données avec le physicien Christian Doppler, le découvreur de l'effet Doppler, celui qui explique pourquoi la sonnerie d'une ambulance est plus aiguë quand elle s'approche de vous que quand elle est arrêtée. Mendel cherche à comprendre comment les caractères des plantes se transmettent d'une génération à l'autre. L'abbé C.F. Napp, supérieur du monastère, féru de science et passionné de botanique, lui prodigue ses conseils et ses encouragements. Certes, Mendel n'est pas le premier à s'intéresser à cette question, mais trois raisons expliquent sa réussite là où ses prédécesseurs ont échoué : la rigueur de son expérimentation, la simplicité du matériel étudié – des pois dont quelques caractères (graines rondes ou irrégulières, jaunes ou vertes, fruits lisses ou rugueux, verts ou jaunes, tige haute ou petite, etc.) se trouvent seulement sous deux formes différentes – , le fait que l'espèce choisie permet de réaliser des autofécondations ou des fécondations croisées et que sa fécondité se prête à de nombreuses observations au cours des générations successives.

Après dix années d'expérimentation, ses travaux sur les pois, publiés en 1866 dans les « Comptes rendus de la Société d'histoire naturelle de Brno » sous le titre « Versuche über Pflanzen-Hybriden » (Expériences avec des plantes hybrides), passent à peu près inaperçus. Ils ne sont cités qu'une douzaine de fois entre leur publication et leur redécouverte, en 1900, par Hugo de Vries, un savant hollandais qui s'intéresse aux mécanismes de l'évolution. Mendel meurt en 1884, en ignorant l'importance que le siècle suivant donnera à ses travaux, mais confiant dans l'intérêt de ses découvertes. N'écrit-il pas peu avant sa mort, après avoir passé ses dernières années ignoré de tous et dans la solitude de son monastère : « Mon oeuvre scientifique m'a apporté de très nombreuses satisfactions et je ne doute pas que le monde entier appréciera avant longtemps mes découvertes à leur juste valeur » ? De fait, peu de publications auront un tel impact dans l'histoire de la biologie.

Il faut attendre le début du XX^e^ siècle pour que l'immense intérêt et la portée considérable de son œuvre soient reconnus, quinze ans après sa mort. Il a découvert la manière dont les caractères des plantes se transmettent aux générations suivantes et a énoncé quelques-unes des lois fondamentales de l'hérédité : les caractères des végétaux sont des quantités discrètes (un caractère est ou n'est pas présent),

ne se mélangent pas (les descendants d'un croisement entre des pois verts et des pois jaunes sont toujours soit verts, soit jaunes) et sont transmis de manière indépendante. Certains d'entre eux dominent les autres (le caractère pois lisse l'emporte sur le caractère pois ridé : le premier est dominant, le second récessif). De ce fait, un caractère peut être présent et invisible car caché par celui qui s'exprime. À son époque, les gènes sont inconnus, mais Mendel en pressent l'existence. Ses lois impliquent en effet que les caractères se transmettent, de génération en génération, par l'intermédiaire d'éléments autonomes et reproductibles et que chaque caractère est représenté dans l'œuf fécondé par deux éléments, l'un d'origine paternelle, l'autre d'origine maternelle.

L'élucidation de ces lois va jeter les premières bases des mécanismes intimes de l'amélioration des plantes et en accroître l'efficacité. Après lui, Morgan (1910) établit les bases chromosomiques de l'hérédité, Avery (1944) démontre que l'acide désoxyribonucléique (ADN) est une molécule associée à une information héréditaire, Watson et Crick (1953) élucident la structure en double hélice de l'ADN, les biologistes découvrent en 1970 les outils du génie génétique. Sur les pas du moine tchèque, la biologie moléculaire ouvre, au début du III^e^ millénaire, des perspectives insoupçonnées aux généticiens et aux habitants de notre planète.

Nicolas Appert, inventeur de la conserve

Nicolas Appert est né le 23 octobre 1749 à Châlons-sur-Marne. Son père, aubergiste, lui apprend le métier de cuisinier-confiseur. Il crée une brasserie dans sa ville natale, puis devient confiseur à Paris en 1784.

Pendant la Révolution française, après plusieurs années d'expérimentations, Nicolas Appert met au point un procédé de stérilisation pour conserver les aliments dans des boîtes. Il découvre que les aliments placés dans des récipients hermétiquement clos, bouteilles ou bocaux, puis maintenus un temps suffisant dans l'eau bouillante d'un bain-marie se conservent indéfiniment. En 1802, il crée à Massy une fabrique qui emploie cinquante personnes.

À cette époque, les marins meurent encore du scorbut par manque de vitamines. Soucieux de la santé des hommes embarqués pendant de longs mois pour faire du commerce ou la guerre, le Gouvernement français offre une prime de 12 000 francs, soit 200 fois le salaire annuel d'un ouvrier, à celui qui trouvera « le meilleur procédé pour

proposer une alimentation saine lors des voyages au long cours ». Nicolas Appert gagne le concours, mais le prix ne lui est accordé que « s'il divulgue ses secrets concernant ses travaux sur la conserve afin que la nation tout entière puisse en profiter ».

Ainsi contraint, Nicolas Appert publie en 1810 « Le livre de tous les ménages ou l'art de conserver pendant plusieurs années toutes les substances animales et végétales », livrant son savoir-faire à tout un chacun. Imprimé aux frais de l'auteur, tiré à six mille exemplaires, épuisé en six mois, son ouvrage est organisé comme un recueil de recettes. Les manières de conserver le pot au feu, le consommé, les œufs frais « cuits à propos pour la mouillette et aussi frais que lorsque je les ai préparés », le lait, les asperges, les fraises y sont décrites l'une après l'autre. Trois éditions suivent du vivant de l'auteur, auxquelles s'ajoutent les traductions allemande et anglaise.

Nicolas Appert y explique que « le parfait bouchage est de la plus haute importance pour obtenir la conservation de toutes les substances alimentaires » et que la « matière du feu » a la propriété à elle seule, sinon de détruire, du moins d'arrêter pendant de nombreuses années, l'effet de la « tendance naturelle des parties constituantes des productions végétales et animales à la décomposition ». Ignorant l'existence des microbes que Pasteur découvrira quelques décennies plus tard, il estime qu'une parfaite conservation nécessite de priver les produits de tout contact avec l'air.

Tombée dans le domaine public – il n'a pas pris de brevet et a seulement protégé ses droits d'écrivain ! – son invention ne lui profite pas financièrement. Comble de malheur, ses installations sont saccagées en 1815 lors de l'invasion prussienne. En 1841, âgé de 91 ans, il meurt à Massy, seul et démuni. Il est enterré dans une fosse commune. Bien des années plus tard, de nombreux industriels feront fortune en utilisant son procédé.

Aujourd'hui, on distingue deux types de traitements par la chaleur : la pasteurisation et l'appertisation (ou stérilisation). Avec la pasteurisation, les produits sont portés à des températures comprises entre 70 °C et 100 °C afin de détruire la flore sensible à la température, celle qui est la plus pathogène. Avec l'appertisation, les produits sont soumis à des températures sensiblement plus élevées, jusqu'à 140 °C, pour détruire la totalité de la flore bactérienne. Les produits se conservent à la température ambiante pendant plusieurs années, mais le risque d'observer une perte de leurs propriétés organoleptiques s'amplifie avec le temps. Ces dernières années, la tendance est d'augmenter la température et de diminuer la durée de traitement, de manière à mieux conserver l'état « naturel » des aliments.

C'est notamment le cas pour le lait UHT (ultra-haute température) ou lait upérisé qui est traité quelques secondes seulement par un courant de vapeur surchauffée, après avoir été partiellement dégraissé.

En 2004, en France, le chiffre d'affaires des produits appertisés a dépassé la barre des 4 milliards d'euros : 99,7 % des foyers français ont acheté au moins une fois un aliment en conserve au cours de l'année. Près de 50 kilos de conserves ont été consommés en moyenne, par personne et par an, soit au total 2,9 millions de tonnes.

Louis Pasteur, microbiologiste et biotechnologue

Chimiste et biologiste français, Louis Pasteur naît à Dole en 1822. Il est reçu à l'École normale supérieure en 1843 et soutient deux thèses, l'une en chimie et l'autre en physique. Il deviendra biologiste !

Après des recherches sur la polarisation de la lumière par les cristaux et la découverte de l'isomérie (des cristaux chimiquement identiques dévient la lumière, les uns vers la droite, les autres vers la gauche), il démontre que la fermentation alcoolique est due à des organismes vivants appelés levures. Il étudie la fermentation butyrique et met un point final, en 1864, au débat sur la génération spontanée : non, les êtres vivants ne résultent pas de la putréfaction de la matière ; oui, c'est leur présence qui provoque cette putréfaction. Pour lui, « la génération spontanée est une chimère ». Il doit se battre pour faire accepter une idée qui nous semble aujourd'hui tellement frappée du bon sens que personne n'imagine la remettre en cause. Et pourtant, à son époque, ses détracteurs sont nombreux. N'est-ce pas en effet une observation des plus communes que de voir des souris « naître » d'un sac de blé ou des asticots apparaître au cours de la putréfaction de la viande ? Le grand Buffon (1707-1788) lui-même n'affirmait-il pas que des animalcules se forment spontanément dans l'eau ?

Après avoir étudié la maladie des vers à soie, dans la région d'Alès, Louis Pasteur reprend ses travaux sur les fermentations, il publie en 1875 son ouvrage « Études sur la bière et les conseils aux brasseurs » qui influera durablement sur les pratiques brassicoles. Ses travaux s'orientent ensuite vers le rôle des microbes dans certaines maladies. En 1885, il met au point le vaccin contre la rage.

À partir de 1857, tourné vers des applications industrielles et agricoles, Pasteur démontre que les fermentations sont dues à des micro-organismes capables de vivre sans l'oxygène de l'air – il les qualifie d'anaérobies (ceux qui vivent à l'air sont aérobies) –

et qu'un micro-organisme particulier correspond à chaque type de fermentation. Il perce les secrets des fermentations acétiques, alcooliques, butyriques et lactiques, il explique comment fabriquer un vinaigre – le fruit de la transformation de l'alcool par la bactérie *Mycoderma aceti* – de qualité constante, il démontre que le chauffage du vin à 55 °C le protège de dégradations ultérieures. La pasteurisation des liquides vient d'être inventée et sera appliquée à la fabrication de la bière. La microbiologie et les biotechnologies alimentaires sont nées.

En attribuant aux microbes le pouvoir de transformer la matière, Pasteur va à l'encontre des idées reçues et doit se battre contre les certitudes des plus grands chimistes. Comment des animalcules seraient-ils capables de réaliser des réactions que les chimistes ont tant de peine à réaliser dans leurs éprouvettes, si toutefois ils y arrivent ? Mais en dépit des travaux du Hollandais Antonie van Leeuwenhoek sur les levures (1677), ni Lavoisier (1743-1794), pour qui « les effets de la fermentation vineuse se réduisent donc à séparer en deux portions le sucre, qui est un oxyde, à oxygéner l'une aux dépens de l'autre pour en former de l'acide carbonique et à désoxygéner l'autre en faveur de la première pour en former une substance combustible qui est l'alcool », ni Gay-Lussac (1778-1850), qui a donné en 1815 l'équation de la transformation du saccharose en éthanol et en gaz carbonique, n'imaginent l'intervention de substances vivantes dans ces réactions. Berzelius (1779-1848) ne voit dans les levures qu'un simple précipité chimique et considère que les fermentations sont le résultat d'une action catalytique. Quant à Liebig (1803-1873), il refuse aux fermentations « tout caractère vital » et attribue la transformation du sucre en alcool, en acide lactique ou en acide butyrique, à des réactions chimiques. Il en est d'autant plus convaincu que les deux dernières transformations se font en absence de levures.

Des microbes, il y a en partout et de toutes sortes. Aujourd'hui, au sein de la grande famille des micro-organismes, on distingue les virus, les bactéries, les levures et les moisissures, selon leur mode de multiplication, la nature de leur noyau et leur caractère mono ou pluricellulaire. À côté des flores technologiques, celles qui sont utilisées par les industriels pour fabriquer des produits aussi nombreux que divers, dans les domaines de la santé, de l'alimentation, de la protection de l'environnement ou de l'énergie (biocarburant), les microbiologistes ont identifié les flores pathogènes, responsables de nombreuses maladies, et les flores d'altération, telles que certaines moisissures, sans danger pour la santé, mais provoquant des réactions de rejet de la part des consommateurs.

Les découvertes de Pasteur sont toujours d'une grande actualité dans l'industrie alimentaire, principalement dans deux domaines : la sécurité sanitaire des aliments (absence de micro-organismes dangereux pour la santé) et la maîtrise des fermentations, y compris la sélection de souches mieux adaptées à la fabrication de nombreux produits alimentaires. Mais bien avant Pasteur, nos ancêtres faisaient déjà de la microbiologie appliquée à l'alimentation quand ils fabriquaient des confitures (sucrées), des jambons (fumés ou salés), des fruits déshydratés (à très faible teneur en eau), des légumes au vinaigre ou de la choucroute (dont l'acidité est élevée), toutes conditions qui s'opposent à la multiplication des microbes, et donc à la dégradation ou à la putréfaction des aliments. Sans parler du pain, du fromage, des yaourts, du saucisson, du vinaigre et des boissons alcoolisées, dont les arômes, saveurs et textures sont dus, au moins en partie, à des molécules métabolisées par des micro-organismes.

Justus von Liebig, chimiste de l'agriculture et des aliments

Né à Darmstadt (Allemagne) en 1803, Justus von Liebig fonde la chimie du vivant sur des bases expérimentales. En 1844, il publie son ouvrage « Chimie appliquée à la physiologie végétale et à l'agriculture », et en 1852 ses « Nouvelles lettres sur la chimie considérée dans ses applications à l'industrie, la chimie et l'agriculture ». Il meurt à Munich en 1873.

Justus von Liebig fait son apprentissage chez son père, un droguiste qui cherche à élargir la gamme de ses produits. Puis, après un stage dans une pharmacie dont il est renvoyé pour avoir causé quelques dégâts, chimiste passionné, il entre à l'université de Bonn en 1820, travaille dans le laboratoire de Gay-Lussac et est nommé professeur à l'université de Giessen. Son laboratoire y accueille les plus grands chimistes de l'époque. Ses premiers travaux aboutissent à la mise au point de nouvelles méthodes d'isolement, de dosage et de caractérisation de nombreuses substances chimiques telles que alcaloïdes, urée, acide urique et éthanol. Ses recherches portent ensuite sur les réactions qui prennent place au sein des organismes vivants. Il propose une classification des éléments nutritifs et explique la chaleur animale par la combustion et l'oxydation. À partir de 1840, les applications de la chimie à l'agriculture mobilisent de plus en plus son énergie.

Dans le prolongement des travaux du Français Nicolas-Théodore de Saussure (1767-1845) sur la nutrition minérale des plantes, von Liebig étudie la composition des sols et affirme que les éléments puisés dans ceux-ci par les plantes cultivées doivent leur être restitués. Il démontre que l'absence d'un seul minéral peut empêcher les plantes de se développer, même en présence des autres minéraux en quantité suffisante. Il prépare et préconise des engrais minéraux (phosphate et potasse) pour augmenter la production agricole. Grâce à lui, l'idée que la fertilité du sol peut être définie en termes de « sels inorganiques accessibles » devient le principe de la nouvelle agriculture : l'humus n'est que le support des matières minérales et n'exerce aucun effet sur la fertilité du milieu. Les plantes se nourrissent exclusivement de sels minéraux et d'eau et puisent dans l'air, sous forme de gaz carbonique, le carbone dont elles ont besoin. Après lui, il suffira d'analyser les cendres d'une plante et celles du sol afin de définir quels apports en sels minéraux sont nécessaires et suffisants pour obtenir de meilleures récoltes.

Approfondissant les idées du Néerlandais Gerrit Mulder, Justus von Liebig ouvre la voie de la biochimie en expliquant que la nature vivante et les aliments sont composés d'albumines (que nous appelons maintenant des protéines), de sucres (y compris l'amidon) et de graisses. Il oriente ses travaux vers l'étude des processus qui se produisent au sein des êtres vivants et suggère que les végétaux transforment les matières du sol et de l'air en produits organiques. Mais ignorant les microbes, il décrit la fermentation comme un processus chimique au cours duquel le sucre est décomposé en alcool et en gaz carbonique.

Il est considéré comme le fondateur de la chimie industrielle. Dans le domaine alimentaire, Liebig met au point au point le lait maternisé (1867), la poudre à lever (utilisée en boulangerie et en pâtisserie) et le bouillon en cube auquel il doit sans doute d'être connu de tous les Français, grâce à la marque qui porte son nom. Pour en fabriquer 1 kilo, il faut traiter 50 kilos de bœuf (les Argentins en ont à ne savoir que faire !). En faisant bouillir longuement la viande sous pression, il extrait des sucs concentrés qui sont séchés et vendus sous forme de tablettes. Des bouillons de viande bon marché sont proposés aux militaires, aux voyageurs et aux hospices. Et pour nourrir les porcs, il décrit comment transformer les sous-produits d'origine animale en une poudre sèche, facile à transporter sur de longues distances.

De nos jours, la chimie règne en maître sur l'agriculture, l'industrie alimentaire… et la cuisine ! En dépit des réticences de ceux qui

s'inquiètent pour l'environnement et pour leur santé, on ne peut se passer des engrais et des pesticides. Le directeur général adjoint de la FAO ne déclarait-il pas en 2003 que « les engrais sont vitaux pour assurer les besoins alimentaires au plan mondial » ? En 2004, le marché mondial des produits phytosanitaires (insecticides, herbicides, fongicides) s'élève à 25 milliards d'euros, dont 1,8 milliard pour la France. La consommation mondiale d'engrais atteint les 140 millions de tonnes, dont près de 2 millions de tonnes en France pour un chiffre d'affaires de 1,7 milliard d'euros. Celui des ingrédients et des produits alimentaires intermédiaires (antioxydants, agents de conservation, exhausteurs de goûts, colorants) qui entrent dans la composition des plats cuisinés, des sauces et des potages et permettent de diversifier l'offre des industriels, est en forte croissance.

Un grand nombre des réactions chimiques et des phénomènes physiques, qui se produisent au cours de la conservation, de la fabrication et de la préparation des aliments, a été progressivement élucidé. Des effluves de pain frais se dégagent du fournil, c'est une réaction de Maillard (interaction entre des protéines et des sucres) bien conduite. Vous badigeonnez votre chausson aux pommes avec des œufs pour le faire dorer à la cuisson, c'est encore une réaction de Maillard. Le rumsteck durcit avec le temps de cuisson alors que le bœuf bourguignon mérite une cuisson prolongée, c'est une affaire de protéines fibrillaires et de collagène. Le beurre rancit, ce sont des acides gras qui s'oxydent. Le pain rassit, c'est l'amidon qui cristallise. La mayonnaise ne prend pas, c'est une émulsion ratée. La chimie est partout dans la cuisine, même dans la plus grande.

Claude Bernard, premier des nutrionnistes

Claude Bernard naît à Saint-Julien-en-Beaujolais le 12 juillet 1813. Il fait ses études aux collèges de Villefranche et de Thoissey (Ain), puis devient préparateur chez un pharmacien. Après s'être essayé au théâtre, il entreprend des études de médecine et fait ses premiers pas de chercheur à l'Hôtel-Dieu, de 1840 à 1850, sous la direction du physiologiste François Magendie. Il soutient une thèse en 1843 sur « le suc gastrique et son rôle dans la nutrition », il est élu à l'Académie des sciences en 1854 et à l'Académie de médecine en 1861. Nommé professeur de physiologie expérimentale au Collège de France en 1855, il publie en 1856 son « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale ». Nommé sénateur en 1869, il meurt en 1878 et reçoit l'hommage des Français lors de funérailles nationales.

Claude Bernard est considéré comme le père de la médecine expérimentale. Pour étudier les phénomènes qui régissent le fonctionnement de notre corps, il propose une méthode fondée sur des expérimentations conçues pour confirmer ou infirmer ses hypothèses. Positiviste convaincu, il s'efforce de débarrasser les méthodes d'investigation des données illusoires qui nuisent à leur objectivité. Pour lui, « le raisonnement sera toujours juste quand il s'exercera sur des notions exactes et sur des faits précis; mais il ne pourra conduire qu'à l'erreur toutes les fois que les notions ou les faits sur lesquels il s'appuie seront primitivement entachés d'erreur ou d'inexactitude ». C'est un ardent défenseur des théories déterministes selon lesquelles tout phénomène biologique est régi par des lois naturelles et prévisibles.

Ses travaux font faire des progrès remarquables à la physiologie humaine, celle de la digestion en particulier. Ses expériences lui permettent de découvrir la plupart des sécrétions intestinales et pancréatiques – il démontre que le pancréas fabrique une substance qui permet de digérer les graisses – mais sa découverte la plus remarquable est celle de la fonction glycogénique du foie (1853) : le foie n'est pas seulement un producteur de bile, il fabrique également, à partir du glucose en excès dans le sang, une substance de réserve, le glycogène (un polymère de glucose chimiquement proche de l'amidon) qui peut repasser dans le sang sous forme de glucose si ce dernier vient à manquer. C'est une révolution qui jette aux oubliettes de nombreuses idées reçues. Ainsi, le glucose qui circule dans le sang n'est pas directement proportionnel à la quantité de sucre apportée par l'alimentation ; notre organisme possède des systèmes d'autorégulation lui permettant de tempérer les effets d'une alimentation qui n'est pas parfaitement ajustée à ses besoins. Mieux, le pancréas joue un rôle « à distance » pour assurer cette régulation. Ces mécanismes d'autorégulation s'expliquent donc sans faire appel à des forces supra-corporelles, l'âme par exemple.

Quelle révolution conceptuelle également quand il affirme que « la nutrition des cellules animales et végétales, qui sont les seules parties vivantes essentielles, ne saurait avoir un mode différent d'exister dans les deux règnes » ! Avant lui, les biologistes pensent que seuls les végétaux fabriquent des substances organiques et que les animaux trouvent celles-ci dans les végétaux (et les animaux) qu'ils consomment. Il montre que les cellules du foie réalisent des synthèses chimiques aussi complexes que celles qui se produisent au sein des cellules végétales. Sous leur apparente diversité, les êtres vivants possèdent donc une profonde unité de fonctionnement.

Aperçu historique sur les théories physiologiques et médicales

« La science antique considérait l'organisme vivant comme un tout doué d'une force individuelle et propre (c'était comme une planète qui ne recevait que les influences extérieures). Pour Hippocrate, cette force était la nature, aussi a-t-on donné à sa médecine le nom de naturisme. Pour Stahl, cette force est l'âme : animisme. Van Helmont divise cette force en archées secondaires. Plus près de nous, nous avons le vitalisme, c'est-à-dire une force vitale. Bichat est encore vitaliste.

Enfin, notre époque a compris que ces vues et ces systèmes d'animisme et de vitalisme ne résolvaient rien. Elle a étudié les parties les plus cachées de notre organisation, y a pénétré par une analyse de plus en plus profonde et a vu que les manifestations de la vie n'étaient que l'expression des propriétés, des ressorts cachés de notre corps, comme les mouvements extérieurs d'une machine ne sont que l'expression des propriétés des ressorts cachés qu'elle renferme. La vie individuelle n'est que l'expression de l'ensemble qui résulte de l'arrangement et du nombre des parties actives. De sorte que, pour comprendre la vie de cette machine vivante, il faut descendre dans son intérieur et voir l'agencement de toutes ces parties qui vivent en nous. En un mot, nous ne sommes que des animaux composés de parties vivantes élémentaires ou d'organismes plus simples.

Tout se ramène à l'élément. Or, la science moderne a montré clairement que c'est toujours à cet élément ou à cet organisme élémentaire qu'il faut arriver, si l'on veut comprendre les phénomènes de la vie dans l'ensemble et que c'est toujours sur cet élément qu'il faut agir si l'on veut modifier l'ensemble ».

Claude Bernard, « Principes de médecine expérimentale ».

Claude Bernard va également pressentir, vers 1860, que le « milieu interne » du corps demeure de composition constante : le milieu intérieur dans lequel vivent les cellules doit rester stable (taux de glucose, température) pour assurer « les conditions d'une vie libre et indépendante ». Ainsi, les êtres vivants, condamnés à un environnement hostile, recréent-ils à l'intérieur de leur organisme des conditions favorables à la vie de leurs cellules et peuvent ainsi survivre. Ce concept sera repris à la fin du XIX^e^ siècle sous le nom d'homéostasie.

L'ère agro-industrielle

Les agriculteurs font entrer les Français dans l'ère de l'abondance

En 1945, l'agriculture française, profondément désorganisée et techniquement peu évoluée, reçoit la mission d'assurer les besoins alimentaires des Français. Après des siècles de malnutrition, la majorité d'entre eux vont enfin manger à leur faim. Encouragés à produire davantage et moins cher, les agriculteurs relèvent si bien ce défi que la France devient non seulement autosuffisante pour la majorité des produits agricoles de base, mais se place dans le peloton de tête des grandes puissances exportatrices. Avec l'ensemble de l'économie française, les agriculteurs vont vivre leurs Trente Glorieuses (1945-1973).

La seconde moitié du XX^e^ siècle est marquée par un incroyable retournement de situation : la peur de ne pas pouvoir vendre remplace celle de manquer. Les gouvernements, les économistes et les agriculteurs (on ne parle plus de paysans) apprennent à gérer des excédents alors qu'une partie de l'humanité continue à manquer du minimum pour survivre ! Par conséquent, en cinquante ans, les prix des matières premières agricoles – correction faite de l'inflation – sont, en moyenne, divisés par cinq. En même temps, la main-d'œuvre quitte les champs et rejoint l'industrie, où la croissance des secteurs les plus dynamiques crée de nouveaux besoins en personnel.

La recherche d'une plus grande productivité conduit les scientifiques, puis les agriculteurs, à s'intéresser à des pratiques agronomiques en profonde rupture avec celles des siècles passés. La mise en œuvre de ces nouvelles pratiques n'est possible qu'avec des crédits bancaires

ouverts à tous et un très important exode rural. Les exploitations se modernisent et se regroupent en des unités de dimension suffisante afin que ceux qui les exploitent puissent vivre de leur travail. On assiste à la séparation progressive des métiers de l'agriculture (produire des végétaux) et de l'élevage. Les agriculteurs, devenus des techniciens de haut niveau, sont de plus en plus spécialisés. Ils utilisent des semences améliorées et mettent en œuvre des pratiques culturales codifiées. Les machines agricoles gagnent en taille et en performance, de sorte que la culture motorisée la plus évoluée devient mille fois plus productive que la culture manuelle la moins performante.

La spécialisation industrielle de l'élevage bovin, orienté vers la production de lait ou de viande, progresse avec la mécanisation de l'agriculture, l'organisation des marchés, le début du contrôle laitier, la maîtrise de l'insémination artificielle, les progrès de la génétique quantitative et l'invention de gros ordinateurs. La révolution fourragère bouleverse les techniques d'élevage : la prairie semée de graminées et de légumineuses prend la place de la prairie permanente traditionnelle. À la suite des États-Unis, la mise au point de variétés hybrides de maïs assure des quantités suffisantes de céréales pour nourrir les porcs et les volailles. C'est la révolution jaune. Les généticiens adaptent les races animales à leurs nouvelles conditions d'alimentation. On observe un développement rapide de la production laitière.

Quelques chiffres illustrent ces changements. Avant la révolution industrielle, 75 % de la population active vit du travail des champs et la France est une terre de paysans. En 1960, un Français sur deux habite encore en zone rurale et plus d'un actif sur quatre travaille dans l'agriculture. Avec l'urbanisation, l'exode rural commence. Le nombre d'actifs agricoles s'élève à 9,3 millions en 1850, il est de 960 000 en 1995. Entre 1946 et 2001, les emplois agricoles passent de 38 % à 3,5 % des emplois totaux. Dans la même période, ceux de l'industrie diminuent légèrement de 28 % à 25 % après avoir atteint un pic de 38 % dans les années soixante-dix et ceux des services augmentent de 34 % à 71 %. Conséquence du progrès technique et d'une meilleure organisation du système alimentaire en France, il suffit, au début du XXI[e] siècle, d'un agriculteur pour nourrir 60 personnes et d'un actif du système alimentaire pour 13 personnes, comme aux États-Unis, soit trois fois moins que dans des pays où l'autoconsommation alimentaire est encore importante[1].

1. Source : J.L. Rastoin, 2005. De la fourche à la fourchette : le système alimentaire, *In* : Gérard Ghersi, Nourrir 9 000 000 d'hommes, ADPF, ministère des Affaires étrangères, Paris, France.

Dans les pays industrialisés, moins de 10 % des exploitations existant au début du XX^e siècle ont franchi toutes les étapes de la révolution agricole contemporaine. Les autres ont cessé d'exister. En France, le nombre d'exploitations agricoles passe de 5,7 millions en 1890 à seulement 650 000 en 2000. En 1900, l'usage des engrais ne dépasse pas le million de tonnes et se limite au dixième des productions végétales. En 1990, leur consommation s'est généralisée et atteint 5,6 millions de tonnes. Le parc des tracteurs est multiplié par quinze entre 1945 et 1980 pour atteindre 1,5 million de machines, ce qui provoque la disparition de cinq millions d'animaux de trait, équidés et bovins, et la libération des surfaces consacrées à leur alimentation. La valeur des produits phytosanitaires passe de 1 à 5 % de celle de la production agricole, entre 1950 (leur emploi est alors limité aux cultures pérennes et à quelques légumes) et 1990. Pendant la même période, le tonnage des aliments du bétail est multiplié par douze.

En 1950, il faut 5 heures à un paysan pour récolter un quintal de blé ; il lui suffit d'un peu moins de deux minutes en l'an 2000. Entre 1970 et 2000, le rendement en blé s'accroît chaque année de 1,2 quintaux par hectare pour atteindre une centaine de quintaux dans le meilleur des cas. En 1700, il faut travailler 300 heures pour acheter un quintal de blé, alors qu'en 2001, deux heures suffisent (tableau 1).

L'agriculture européenne suit la même évolution, avec une croissance annuelle en volume de la production de 2 % de 1960 à 1980 et de 1,5 % au cours des dix dernières années. En Allemagne, un hectare permet aux betteraviers de fabriquer deux fois plus de sucres raffinés (12 tonnes) en 1995 qu'en 1950. On observe les mêmes progrès dans le reste du monde, que ce soit aux États-Unis où les rendements du maïs s'accroissent de 20 à 85 quintaux par hectare entre 1950 et 2000, ou en Inde où les rendements du blé tendre passent, pendant la même période, de 7 à 25 quintaux par hectare.

Tableau 1 – Évolution du temps nécessaire à la récolte d'un hectare et d'un quintal de blé au cours des cinquante dernières années

Paramètre	1950	1960	1970	1990	2000
Temps pour récolter un hectare	100 h	70 h	12 h	3 h 30	2 h 30
Rendement de la parcelle	20 q/ha	30 q/ha	45 q/ha	80 q/ha	90 q/ha
Temps pour récolter un quintal	5 h	2 h 20	16 min	160 s	100 s

Les vaches produisent jusqu'à 10 000 litres de lait par an, les poules pondent 260 à 280 œufs (en 1930, pondre 130 œufs est exceptionnel) en consommant 2,4 kilos d'aliment par kilo d'œufs au lieu de 3,4 kilos en 1960. La quantité d'aliments nécessaire pour produire un kilo de viande est divisée par deux pour le porc (il ne faut plus que 2,3 kilos d'aliments, au lieu de 4,5 kilos en 1930, pour obtenir 1 kilo de porc). En 1960, il faut 5 kilos d'aliment et 12,5 semaines d'élevage pour fabriquer 2 kilos de poulet. Il en faut 3,4 kilos et moins de six semaines en 2005. Avec l'accroissement de leur productivité et la baisse des prix, les porcs et volailles fournissent désormais 70 % des produits carnés. Le nombre d'éleveurs chute fortement, les petits abattoirs publics disparaissent au profit de grands abattoirs privés.

La poule Vedette est la reine des basses-cours

En 1968, l'Institut national de la recherche agronomique lance la Vedette, une poule naine, excellente reproductrice, dont le coût d'élevage est réduit. Son histoire se confond avec celle de la reconquête par la France du marché de poulets de chair, longuement dominé par les États-Unis.
La sélection avicole française a débuté avec la création de la station de recherche de Jouy-en-Josas en 1951. En 1959, sept poulettes anormalement petites sont repérées. Ce caractère n'affecte ni la fertilité ni la viabilité des animaux. L'idée originale des sélectionneurs est de l'utiliser dans une lignée maternelle de poulets de chair afin de réduire le prix de revient du poussin sans affecter ses performances. Au terme de croisements entre différentes lignées, deux femelles Vedette sont obtenues. Grâce à leur taille, leur coût d'élevage est réduit car elles réclament moins d'aliment et moins de place et génèrent moins de déchets. Le nombre de poussins obtenus par poule croisée avec des coqs normaux est accru de 4 % et leur prix de revient abaissé d'environ 15 %.
La Vedette connaît ses premiers succès au Japon où sa facilité d'élevage est spécialement appréciée. En 1985, elle a conquis 58 % du marché français, part qui progresse encore les années suivantes (à la fin des années soixante, le marché du poulet de chair était occupé par 7 % seulement des lignées françaises). Puis elle se développe à l'international : dès 1981, elle est diffusée dans vingt pays et conquiert ensuite tous les continents.

Au début du IIIe millénaire, la crainte de souffrir de la faim a disparu, du moins lorsque les revenus sont suffisants[1]. Les agriculteurs ont appris, tout au long du XXe siècle, à affranchir la production agricole des

1. Heureusement, grâce à l'aide alimentaire dont bénéficient 200 000 personnes, les Français mangent à leur faim.

facteurs du milieu et des variations climatiques. Les engrais compensent l'appauvrissement du sol en éléments nutritifs, les produits phytosanitaires stoppent ou préviennent l'attaque des prédateurs biologiques (insectes, nématodes, rongeurs), l'irrigation combat les effets de la sécheresse, les semences sont adaptées aux caractéristiques des milieux.

Envers du décor, les performances des agriculteurs, accompagnées d'une augmentation régulière des apports d'engrais et du nombre de traitements phytosanitaires, inquiètent les Français, de plus en plus nombreux à être préoccupés par des pratiques agricoles qu'ils jugent agressives pour leur environnement. Des excès dans l'apport de fumures azotées contribuent à la contamination des ressources en eau par les nitrates. Il en est de même pour les élevages hors-sol qui touchent plus particulièrement la production de poulets et de porcs. Un fort courant d'opinion s'inscrit en faveur d'une agriculture « durable »[1] dont l'agriculture biologique est la composante la plus emblématique, sans que cette dernière n'arrive à représenter une part significative de la production agricole de la France. Un syndicat d'agriculteurs, la Confédération paysanne, remet en cause le modèle de développement agricole productiviste des quarante dernières années, qui a engendré selon lui une baisse des prix agricoles, l'émergence des crises sanitaires, des disparités entre régions françaises, européennes et mondiales ainsi qu'une diminution continue du nombre de paysans. Le concept d'agriculture raisonnée naît dans les années quatre-vingt-dix, laissant penser que l'agriculture triomphante des années soixante-dix était déraisonnable.L'agriculture raisonnée correspond à des démarches globales de gestion d'exploitation qui visent, au-delà du respect de la réglementation, à renforcer les impacts positifs des pratiques agricoles sur l'environnement et à en réduire les effets négatifs, sans remettre en cause la rentabilité économique des exploitations. Dans ce contexte, les progrès de la biologie moléculaire et de la transgénèse permettent aux généticiens d'accéder à un réservoir quasi illimité de gènes pour créer des organismes génétiquement modifiés, mais provoquent de nombreuses controverses.

Les industries alimentaires, passage obligé de notre alimentation

À des époques très anciennes, les peuples du monde, s'appuyant sur des savoir-faire patiemment accumulés, inventent des procédés de

1. Le développement durable s'efforce de répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Les paysans parlaient autrefois d'une gestion de « bon père de famille ».

traitement des plantes pour en améliorer la conservation ou pour les rendre simplement comestibles. Ainsi, les ethnies de l'Amazonie précolombienne éliminent du manioc – par cuisson dans l'eau, fermentation et séchage – les substances toxiques qui le rendent inconsommable. Les paysans des Andes fabriquent des pommes de terre déshydratées en les laissant geler la nuit, ce qui fait éclater leurs cellules et facilite leur dessiccation lorsque, une fois broyées, elles sont exposées à la chaleur du soleil pendant la journée. Les Indiens d'Amérique centrale font bouillir le maïs dans de l'eau en présence de chaux ou de cendres de bois pour rendre les protéines plus assimilables. Quant aux procédés de fermentation, qui protègent contre la putréfaction et développent des goûts nouveaux, ils sont omniprésents dans toutes les civilisations et concernent des produits d'origine animale (laits fermentés, fromages, sauces de poisson) et végétales (graines de soja, choux, céréales). Quelques-uns de ces produits fermentés sont les fromages préparés par les nomades en Asie centrale, le nuoc-mâm ou sauce à base de poisson fermenté au Viêt Nam et les choux fermentés en Corée. Il ne s'agit pas encore d'industries alimentaires, mais les premières bases en sont jetées. Les hommes désirent améliorer la durée de conservation des aliments, diversifier leurs saveurs et leurs textures et les rendre aptes à la consommation. Les quatre piliers de l'industrie alimentaire moderne, les quatre S (service, satisfaction sensorielle, santé, sécurité), sont déjà, plus ou moins consciemment, pris en compte.

L'industrie alimentaire voit le jour, comme les autres industries, avec l'invention de la machine à vapeur en 1769 et du moteur électrique en 1834. L'une et l'autre permettent de substituer l'énergie thermique et électrique à la force animale et humaine, d'assurer le transport rapide des marchandises sur de longues distances et d'inventer de nouvelles techniques de conservation des denrées périssables, en particulier des produits laitiers et carnés.

En complément des procédés empiriques, utilisés depuis des millénaires, pour conserver les aliments, tels que la fermentation, le salage et le séchage, les avancées technologiques du XIX^e^ siècle sont à l'origine des méthodes de conservation sans lesquelles l'industrie alimentaire n'aurait pas pu se développer. En 1876, Charles Tellier démontre qu'il est possible de faire voyager des viandes réfrigérées d'un continent à l'autre en transportant sur « Le Frigorifique » une cargaison de viande congelée de Buenos Aires à Rouen. Le froid s'impose comme le moyen idéal de conservation des denrées périssables sans altérer leurs attributs naturels (saveur, aspect, arôme, texture et couleur). Progressivement, le développement des moyens

de transport maritimes et terrestres, simultanément à la mise au point de techniques de transformation et de conservation des aliments par le chaud, le froid, la déshydratation ou l'incorporation de produits chimiques, permet de transporter des denrées périssables sur de très longues distances. On observe de ce fait un éloignement de plus en plus marqué, que certains regrettent aujourd'hui, entre les agriculteurs et les consommateurs. Les recherches qui accompagnent les besoins de l'armée américaine pour nourrir ses troupes en campagne – leur produit le plus emblématique est le *corned beef* – accélèrent cette évolution.

On note simultanément l'apparition des premiers grands marchés nationaux et une spécialisation des zones de production, tant à l'échelle nationale qu'internationale. Les prémices de la mondialisation de l'économie de l'alimentation se dessinent.

La conception et la fabrication des aliments deviennent l'affaire d'industriels dont le métier est de transformer les produits de la culture, de l'élevage ou de la pêche, en aliments et en boissons pour l'homme. La première grande industrie est la sucrerie de betterave, à la fin du Premier Empire, sur les pas d'une usine de production inaugurée à Passy par Napoléon en 1811. En 1867, Henri Nestlé invente une farine lactée – destinée aux mères qui ne peuvent nourrir leurs bébés au sein – dont la base est « le bon lait suisse, concentré moyennant une pompe pneumatique, à basse température, qui lui garde toute la fraîcheur du lait chaud, et le pain cuit d'après une nouvelle méthode et mélangé dans des proportions scientifiquement justes, pour former une nourriture qui ne laisse plus rien à désirer ».

De nombreuses entreprises sont créées par des agriculteurs ou des artisans. Certaines seront à l'origine de très grands groupes. Des huileries, des distilleries et des brasseries fleurissent sur le territoire. Dans la foulée des découvertes de Pasteur en microbiologie, la fabrication des aliments produits par fermentation se perfectionne. Une chocolaterie est construite aux abords de Paris, à Noisel, dans un ancien moulin à blé racheté par Jean-Antoine Menier, un fabricant de poudres pharmaceutiques. En 1836, il est le premier à fabriquer en France des tablettes de chocolat. En 1988, la société passera sous le contrôle de Nestlé. Les Grands Moulins de Paris et les Grands Moulins de Pantin, qui approvisionnent en farine la région parisienne, sont construits en 1920. Des cylindres métalliques y remplacent les traditionnelles meules en pierre pour écraser les grains. Lefèvre et Utile unissent leurs familles pour fabriquer le « Petit Lu » sur les bords de la Loire, à Nantes, avant que l'usine ne

soit rachetée cent ans plus tard par le groupe Danone. En 1930, la famille Bonduelle cultive 20 hectares de petits pois dans la ferme familiale de la Woestyne, dans le Nord de la France, et fabrique 120 000 boîtes de conserve. Aujourd'hui, un milliard de boîtes sort des usines du groupe ! En 1956, l'invention du « Caprice des Dieux » signe l'acte de naissance du grand groupe fromager Bongrain, dont le chiffre d'affaires s'élève à 4 milliards d'euros en 2004. La fabrication de charcuteries et de salaisons en Vendée marque le début de Fleury-Michon en 1934. Le groupe Bel, brillant descendant des établissements Jules Bel, créé en 1865 à Orgelet (Jura), se développe après le dépôt de la marque « La Vache qui rit » en 1921. Les exemples d'autres réussites sont nombreux : Lactalis, Pernod-Ricard, Saupiquet, etc.

Le groupe BSN, géant français du verre, procède, lui, par acquisition. Il recentre ses activités sur les industries alimentaires en 1970 et devient le numéro un français de la bière, des eaux minérales et des aliments infantiles, avant de fusionner en 1973 avec Gervais-Danone, d'acquérir Général Biscuit en 1986 et d'abandonner ses origines pour prendre le nom de Danone en 1994. Le groupe rejoint le club assez fermé des grandes multinationales de l'alimentation (Nestlé, Unilever, Kraft Food, Coca-Cola) et concentre ses activités sur les produits laitiers frais, les biscuits et l'eau minérale. Il figure en treizième position du classement mondial des grands groupes de l'industrie alimentaire, derrière le Suisse Nestlé, le premier d'entre eux, neuf groupes américains, un groupe néerlandais et un groupe anglais (tableau 2).

Les agriculteurs, réunis au sein de grandes coopératives, comme Sodiaal pour les produits laitiers et Socopa pour la viande, prennent eux-mêmes en charge la transformation et la commercialisation de leur production. En 2005, ils contrôlent 40 % des industries alimentaires françaises, non compris les secteurs des eaux minérales et du vin.

Le XX^e^ siècle voit ainsi se constituer une industrie alimentaire puissante qui assure un maillage important de nos territoires et constitue 70 % des débouchés de notre agriculture. En France, elle est la première industrie nationale, en termes de chiffre d'affaires, devant l'aéronautique, l'automobile et la mécanique, et le deuxième employeur français. La part des aliments fabriqués dans les usines passe de 5 % à la fin du XIX^e^ siècle à près de 85 % de nos jours. La France est le premier exportateur mondial de produits alimentaires transformés (28,7 milliards d'euros en 2005) devant les États-Unis.

Tableau 2 – Les treize plus grands groupes alimentaires dans le monde en 2002

Société	Pays du siège	Chiffre d'affaires (milliards d'euros)	Nombre d'employés (milliers)	Principaux produits
Nestlé	Suisse	54,5	253	Multi-produits
Kraft	États-Unis	27,7	109	Produits laitiers, snacks, boissons
ADM	États-Unis	27,5	26	Céréales transformées
Unilever	Pays-Bas	26,2	234	Multi-produits
Pepsico	États-Unis	24,1	61	Snacks, boissons
Cargill	États-Unis	Non disponible	98	Multi-produits
Tyson	États-Unis	21,8	Non disponible	Viande
Coca-Cola	États-Unis	17,9	38	Boissons
ConAgra	États-Unis	17,7	63	Viandes, produits transformés
Anheuser Bush	États-Unis	14,6	23	Bière, boissons
MasterFoods	États-Unis	14,5	39	Snacks, boissons, aliments pour animaux domestiques
Diageo	Royaume-Uni	13,7	32	Boissons alcoolisées
Danone	France	13,1	89	Multi-produits

Source : Confédération européenne des industries agro-alimentaires.

Au début du IIIe millénaire, l'autoproduction alimentaire couvre à peine 5 % des besoins. Les grands groupes se transforment en multinationales qui distribuent leurs produits dans le monde entier. Les petites et moyennes entreprises, disséminées sur tout le territoire, restent néanmoins très actives et sont les gardiennes des produits de terroirs et autres appellations contrôlées et d'origine géographique. On en compte encore près de 8 000 en l'an 2000.

Vous avez dit ionisation ?

Les traitements ionisants permettent d'assainir les denrées alimentaires et d'améliorer leur conservation, avec une efficacité et une sécurité rarement atteintes. Ils consistent à irradier les aliments par des électrons accélérés ou des rayons gamma, ce qui a pour effet de stériliser les aliments sans les cuire. Les insectes sont tués à des doses d'irradiation très faibles, les micro-organismes à des doses un peu plus élevées. Dans les deux cas, les quelques modifications observées dans la composition des produits sont sans effet sur la santé, à la condition de ne pas dépasser les doses prescrites. Il y a en effet un très large consensus sur l'innocuité de cette technique. Dès 1980, l'Organisation mondiale de la santé a promu l'utilisation de ce procédé, en s'appuyant sur une étude concluant à l'absence de risques pour l'homme, avec un traitement des denrées à des doses inférieures à 10 kilograys[1].
Au sein de la chaîne alimentaire, l'ionisation peut rendre de nombreux services tels que l'inhibition de la germination des pommes de terre et des oignons, la pasteurisation des viandes, la décontamination des épices et la désinsectisation des denrées sèches. Une directive européenne prévoit l'étiquetage obligatoire des denrées alimentaires traitées par ionisation ou contenant des ingrédients alimentaires ionisés. En France, de nombreux aliments et additifs alimentaires peuvent être traités : épices, herbes aromatiques séchées, oignon, ail, échalote, pomme de terre, légumes secs, viandes et abats de volaille, cuisse de grenouille, crevette, gomme arabique.
En dépit de son intérêt, cette technique ne se développe pas car elle inquiète les consommateurs. Ceux-ci ont peur de manger des aliments que les traitements auraient rendus radioactifs, ce qui n'est bien sûr pas le cas. Elle est fortement combattue par de nombreuses associations et par les militants écologistes qui pointent du doigt la potentielle toxicité des aliments ionisés dont « la structure serait profondément bouleversée ». De ce fait, les tonnages de produits ionisés diminuent régulièrement : en France, un peu moins de 4 400 tonnes en 2003, alors que 20 000 tonnes environ ont été traitées en 1998.

1. Le gray est une unité de dose (ou d'énergie absorbée) égale à 10 000 ergs par gramme (ou 100 Rad). Le kilogray est égal à 1 000 grays.

Les procédés de fabrication des aliments sont de mieux en mieux maîtrisés. À l'issue de la seconde guerre mondiale, époque marquée par le début de l'explosion urbaine et par une circulation intensive des denrées alimentaires entre les grandes zones productrices et les pays détruits par la guerre, des procédés améliorés de conservation des aliments et des boissons sont mis au point : séchage sous vide, atomisation, ionisation, lyophilisation. La maîtrise des techniques

de déshydratation par la chaleur, le froid et le vide provoque l'explosion des produits « instantanés », vendus sous forme d'une poudre soluble dans l'eau, chaude ou froide selon les produits (lait, café, cacao, farines infantiles, potage). Les jus d'orange concentrés, les pommes de terre déshydratées et les cafés solubles sont les nouveaux aliments phares des années cinquante. S'appuyant sur les progrès de la microbiologie, les conserveurs apprennent à fabriquer des produits parfaitement stériles tout en préservant, autant qu'il est possible, les goûts, arômes et textures des produits frais.

Bénéficiant des progrès de la science des aliments (dont l'objet est de comprendre les bases physico-chimiques et biologiques de la texture, du goût et des arômes des aliments) et s'inspirant des concepts développés par l'industrie chimique, les industries alimentaires deviennent des industries de haute technologie. Les sciences et techniques sur lesquelles elles appuient leur développement relèvent des sciences du vivant (biotechnologie, microbiologie, enzymologie), de la chimie (sciences des polymères, réactivité et fonctionnalité moléculaires), des sciences de l'ingénieur (génie des procédés, automatismes) et des sciences sociales (comportements alimentaires). La mise au point de procédés assurant une meilleure productivité des chaînes de fabrication résulte du travail d'ingénieurs rompus à l'étude des transferts de matière (évaporation, séchage, distillation), de chaleur (cuisson, appertisation, congélation) et de quantité de mouvement (pompage, agitation, filtration).

Dans les usines les plus modernes, toutes les opérations sont automatisées et les ouvriers se font rares. Le responsable de la fabrication, tel le pilote d'un avion, est assis face à ses écrans de contrôle, prêt à intervenir dès qu'une alerte sonore ou lumineuse signale le dysfonctionnement d'une machine. Les règles d'hygiène sont drastiques, de manière à réduire au minimum les risques de contamination des aliments par des polluants chimiques ou biologiques (micro-organismes pathogènes). Dans les entreprises, un nouveau métier a vu le jour, celui d'ingénieur qualité. C'est en effet devenu pour celles-ci une absolue nécessité que de garantir aux consommateurs des produits de qualité irréprochable.

L'évolution de l'industrie alimentaire se caractérise par une succession de petites innovations – optimisation d'un broyeur ou d'un échangeur thermique, modification de la formulation d'un plat cuisiné, mise au point d'un levain de panification plus performant – dont les effets cumulés ont progressivement transformé les usines. Les innovations de rupture, celles qui modifient significativement les procédés traditionnels et permettent de fabriquer de nouveaux

Des technologies très pointues pour fabriquer des aliments

Cuisson-extrusion : cette technique, dérivée de procédés développés dans l'industrie des plastiques, est utilisée pour fabriquer des produits alimentaires à structure alvéolée (pains plats, boules ou bâtonnets aromatisés pour l'apéritif, produits diététiques enrichis en fibres). Elle consiste à soumettre des produits céréaliers peu hydratés à l'action conjuguée de la température (jusqu'à 250 °C) et de la pression (jusqu'à 100 bars) pendant quelques dizaines de secondes. Elle comprend trois traitements en un : d'abord, une homogénéisation du mélange des constituants présents dans la formule du produit, puis un cisaillement et une cuisson modifiant profondément l'état chimique et physique de celui-ci, enfin, une extrusion suivie d'une décompression assurant la mise en forme et l'expansion. La « réaction » est due à l'action d'une ou de deux vis d'Archimède tournant à l'intérieur d'un fourreau étroitement ajusté. La coextrusion permet de fabriquer des produits possédant une structure hétérogène.

Microfiltration : les laitiers disposent aujourd'hui de membranes percées de trous si petits que les micro-organismes ne peuvent pas les franchir. Par une simple filtration sur des membranes en céramique dont l'ouverture des mailles est de l'ordre du millième de millimètre, ils produisent des laits qui se conservent au moins une quinzaine de jours au réfrigérateur, sans qu'il soit nécessaire de les chauffer préventivement à des températures élevées, comme c'est le cas pour les laits UHT. La microfiltration présente l'avantage d'éliminer toutes les bactéries présentes dans le lait sans modifier la composition de ce dernier, notamment en conservant intacte sa composition en protéines. Le goût original du lait est mieux conservé qu'avec d'autres traitements de conservation.

Génie enzymatique : la betterave et la canne à sucre ne sont plus les deux seules matières premières agricoles utilisées pour fabriquer du sucre. Les biochimistes ont en effet mis au point un procédé de transformation de l'amidon (constitué de chaînes linéaires ou ramifiées de glucose), isolé du blé ou du maïs, en un sirop de glucose et de fructose qui remplace le saccharose pour de nombreux usages. Sous les actions successives de deux enzymes, l'amidon est d'abord transformé en glucose, par hydrolyse, puis en fructose, par isomérisation (en modifiant la structure spatiale du glucose sans changer sa composition chimique).

Chauffage ohmique : c'est une méthode de cuisson, voire de stérilisation, des produits alimentaires, qui consiste à faire passer un courant électrique au sein même de l'aliment. Conformément à la loi d'Ohm et à l'effet Joule, la résistance de l'aliment au passage du courant dégage une chaleur qui peut être très élevée. Le chauffage ohmique est utilisé dans la préparation de pâtés et de soupes, notamment celles de dernière génération, commercialisées dans des emballages en carton et contenant des morceaux de légumes de taille hétérogène.

produits sont peu nombreuses. On peut citer l'hydrogénation des huiles (industrie des corps gras), l'isomérisation enzymatique du glucose en fructose (industrie des produits sucrants), l'emballage stérile dans des cartons (industrie du lait et des boissons), la cuisson-extrusion des produits céréaliers (produits apéritifs), le chauffage ohmique (fabrication de potages longue conservation), le café en poudre à préparation instantanée, le lait appertisé à ultra-haute température ou lait UHT, la microfiltration du lait, la protection rapprochée dans des usines « ultra-propres » et l'irradiation des aliments pour supprimer les micro-organismes pathogènes.

Ayant abandonné le statut de « grands artisans », les fabricants d'aliments sont entrés de plain-pied dans l'ère industrielle. Et les consommateurs sont inquiets des évolutions techniques dont ils cernent mal la nature et les effets. Demeurant très attachés au caractère « naturel » de leur alimentation, ils sont néanmoins demandeurs d'innovation pour que soit garantie la qualité des aliments. Paradoxe difficile à gérer et dont la prise en compte ouvre, plus que dans d'autres secteurs industriels, le débat qui oppose souvent l'innovation à la tradition.

Cette situation explique l'intérêt suscité par les signes officiels de qualité à partir des années quatre-vingt. Leur domaine d'application, comme l'appellation d'origine contrôlée (AOC) – créée en 1935 dans le secteur vinicole – est ouvert aux fromages en 1960 et élargi à l'ensemble des produits en 1990. En 2005, on dénombre 545 AOC dont 400 en vins, 42 en produits laitiers et 19 en fruits et légumes. Le Label rouge (1960), d'abord attribué au poulet de chair, touche progressivement d'autres filières (charcuterie et produits laitiers). De nouveaux signes de qualité apparaissent tels que le bio et le certificat de conformité des produits. Ces procédures de signalement de la qualité sont prolongées à l'échelle européenne. Le regain d'intérêt pour les signes de qualité mobilise l'attention de la grande distribution, non seulement pour vendre ce type de produits sous des marques nationales, mais également pour les faire fabriquer et les vendre sous leurs propres marques de distributeur.

Pétroliers et microbiologistes s'unissent pour nourrir le monde : une histoire de Pou

Dans les années cinquante, l'Organisation mondiale de la santé s'interroge sur les moyens à mobiliser pour nourrir six milliards d'hommes en l'an 2000. La croissance prévisible de la population au cours

des cinquante prochaines années est si forte que les sources traditionnelles de protéines (végétaux, bétail, volailles, poissons) risquent de devenir insuffisantes pour satisfaire les besoins de l'humanité. Une idée fait lentement son chemin : pourquoi ne pas « élever » des micro-organismes (bactéries et levures) dans des récipients de plusieurs dizaines de mètres cubes, aérés et alimentés avec les éléments nécessaires à leur croissance et à leur multiplication ? Comme des vaches dans les prés ou des poulets en batterie ! L'histoire des protéines d'organismes unicellulaires, ou Pou en abrégé, commence.

Les microbiologistes savent que les quantités de protéines fabriquées par des levures ou des bactéries, placées dans des conditions optimales de croissance, sont quasiment illimitées, au moins théoriquement. Celles-ci peuvent en effet doubler leur masse en des temps records, à peine trente minutes dans les conditions les plus favorables, alors qu'il faut plusieurs semaines pour les poulets et les porcs et un à deux mois pour le bétail. À supposer qu'aucune contrainte ne s'oppose à leur croissance (quantité suffisante d'oxygène, de nutriments et d'espace), une tonne de bactéries placées dans un fermenteur produirait en 24 heures des milliards de tonnes de protéines ! Impossible, bien sûr, car la logistique ne suivrait pas. Mais de quoi faire rêver tous ceux que préoccupe le déficit en protéines pour nourrir l'humanité ! En 1970, pour ne pas heurter les esprits, on parle de protéines d'organismes unicellulaires pour désigner ces « protéines de microbes », constitutives des bactéries, des levures, des moisissures et des micro-algues, avec lesquelles les techniciens envisagent de fabriquer de nouveaux aliments.

Les chercheurs et les industriels, surtout les pétroliers, s'enthousiasment pour cette idée, d'autant que des travaux antérieurs ont montré qu'elle était fiable, au moins techniquement. Des levures alimentaires ont déjà été commercialisées au cours de la première moitié du XX^e^ siècle. Pendant la seconde guerre mondiale, les Allemands se nourrissent de levures du type *Candida*. Pour favoriser la croissance de celles-ci, diverses sources de carbone sont expérimentées : sous-produits des industries sucrières (mélasses de canne à sucre ou de betterave) et ceux des industries papetières (liqueurs sulfitiques), lactosérums (co-produits des fromages) et amidons. Sans grand succès commercial !

Dans ce contexte, la société pétrolière British Petroleum (BP) entreprend des recherches pour produire des protéines à partir du pétrole. Une usine pilote est construite à Lavéra, à proximité de Fos, au bord de la Méditerranée. Dans son principe, le procédé est simple : on ensemence, avec les levures *Candida tropicalis* et *Candida*

lipolytica, du gas-oil dans lequel ont été préalablement injectés de l'air, de l'ammoniac, de l'eau et des sels minéraux. Ces levures, sélectionnées pour leur aptitude à se développer sur des hydrocarbures de la famille des alcanes, en C_{12}-C_{20}, se multiplient à grande vitesse au cours de la fermentation en consommant de l'ammoniac et des paraffines. Une fois leur « repas » terminé, elles sont séparées du gas-oil déparaffiné et de l'eau salée, avant d'être purifiées et séchées.

L'aliment obtenu est baptisé « Toprina ». C'est une poudre de couleur blanc crème, inodore et sans saveur. Sa valeur nutritionnelle est excellente. Sa teneur en protéines – celles-ci sont riches en lysine, mais déficientes en acides amines soufrés – atteint 66 %. Mais il faut en éliminer les acides nucléiques dont la présence à teneur élevée provoquerait une augmentation de la teneur en acide urique dans le sang. Sa conservation et son transport sont aisés. Plusieurs usages sont envisagés : enrichissement de biscuits, texturation en similisteak et fabrication de saucisses.

Des agronomes et des scientifiques éminents soutiennent le projet. Le symposium *Proteins from Hydrocarbons* est organisé en février 1972, à Aix-en-Provence, avec l'appui des Nations unies. Placé sous la présidence du professeur Gounelle de Pontanel, il est l'occasion pour les orateurs qui se succèdent à la tribune de faire l'éloge du procédé et du produit. René Dumont, premier écologiste de France, déclare « J'ai moi-même consommé des biscuits faits avec cette levure de pétrole qui ont le goût que l'on veut puisque ces farines, ces levures, sont inodores et sans saveur. On pourra donc un jour espérer les voir utilisées, parce qu'elles sont déjà reconnues non nocives pour l'homme. Et si l'on fait les investissements suffisants, le volume de protéines que l'on pourrait ainsi obtenir aux environs de l'an 2000 pourrait être comparable au volume de protéines que l'on obtiendra alors de toutes les formes d'élevages sur terre, et de toutes les formes de pêches en mer ou en eaux douces ». En harmonie avec ce qu'il écrivait en 1944 : « Nous ne voulons plus entendre […] démontrer le danger du progrès technique […] et viser, plus ou moins hypocritement, la réduction de la production. Cette voie conduit à la ruine du pays… », et en 1966 : « L'ensemble des sociétés de raffinage de pétrole du monde serait ainsi capable de produire […] l'équivalent en protéines d'environ la moitié de ce qui est actuellement fourni par l'ensemble des produits de l'élevage et de la pêche »[1]. En 2007, les Verts auraient bien de la peine à endosser le point de vue de leur père spirituel !

1. R. Dumont et B. Rosier, 1966. Nous allons à la famine, Éditions du Seuil, Paris.

Les médias se font l'écho de ces travaux. Le « steak de pétrole », un mot qui tue, fait la une des journaux. Mais le projet est abandonné en 1975 malgré la fabrication de quelques milliers de tonnes de levures destinées à l'alimentation animale. Cela est dû à plusieurs facteurs : l'accroissement du prix du pétrole en 1973, la baisse du prix du principal concurrent, les protéines de soja, la forte réticence des consommateurs, les craintes exprimées par les gouvernements (notamment celui du Japon) sur le potentiel cancérigène de la farine. Seule, l'Union soviétique fabriquera pendant plusieurs années des farines de levures destinées à l'alimentation animale.

Aux États-Unis, en Angleterre, en Allemagne, en Italie, au Japon, d'autres grandes entreprises de l'industrie chimique et pétrolière (Amoco, Exxon, Shell, Hoechst, Liquichimica, Mitsubichi…) s'essayent à la fabrication de protéines d'organismes unicellulaires à partir de différentes sources de carbone (méthane, méthanol, éthanol, lignocellulose), sans plus de succès. Ainsi, la société Imperial Chemical Company (ICI) prévoit que l'Europe de l'Ouest fabriquera deux millions de tonnes de protéines microbiennes en 1982. Elle investit alors cent millions de livres sterling avant d'arrêter la fabrication du « Pruteen », concentré protéique d'excellente qualité nutritionnelle, obtenu par la fermentation de *Methylophilus methylotropha* sur du méthanol. Quant à Joël de Rosnay, à l'époque directeur à l'Institut Pasteur, il prévoit en 1979 que « dans l'alimentation animale et probablement bientôt dans l'alimentation humaine, une application importante de la microbiologie est la production de protéines d'organismes unicellulaires comme substitut aux protéines de soja ou de poisson ». Mais gardons-nous de lui jeter la pierre. À l'époque, la communauté des biotechnologues pense comme lui. Au final, tous ces projets – de grandes réussites technologiques – échouent pour des raisons économiques certes, mais aussi, et de manière bien plus déterminante, face au refus du public de consommer des aliments issus, même indirectement, du pétrole.

Les objectifs fixés, à la fin des années cinquante, de fabriquer des protéines d'organismes unicellulaires pour répondre à la pénurie de protéines sont devenus obsolètes. Progressivement, la société anglaise Ranks Hovis McDougall réoriente ses recherches et vise un nouveau marché, celui des végétariens occidentaux et solvables. Ses mycologues sélectionnent des champignons très productifs, sans danger pour la santé et neutres du point de vue organoleptique. Ils étudient plus de 3 000 souches avant de retenir une souche de *Fusarium* prélevée dans la terre du village de Marlow (Angleterre). Les dix années suivantes servent à optimiser les paramètres de production du champignon et à effectuer un très grand nombre d'analyses nutri-

tionnelles, toxicologiques, génétiques et chimiques. L'autorisation de mise sur le marché est délivrée au Royaume-Uni en 1985 et aux États-Unis en 2002.

Le concentré protéiné vendu sous la marque Quorn® est l'avatar de l'aventure des protéines d'organismes unicellulaires. Bien qu'il ait fallu plus de vingt ans (1963-1985) entre le début des travaux et sa mise sur le marché, ce produit – seul survivant de la saga des protéines issues d'organismes unicellulaires – est souvent considéré comme une *success story*. Les femmes de 25-45 ans qui souhaitent réduire la consommation de viande sont la cible prioritaire de l'entreprise. Quorn® est commercialisé dans de nombreux pays, dont la France, comme substitut de viande. Ses promoteurs considèrent qu'il a le goût et la texture de la viande blanche et que ses propriétés nutritionnelles sont remarquables : richesse en fibres et en protéines, faible teneur en acides gras saturés, absence de cholestérol, faible pouvoir énergétique. La neutralité gustative du produit et sa capacité à fixer l'eau permettent de proposer une grande variété de recettes. Vendu comme un substitut de la viande, il est proposé aux industriels pour fabriquer des saucisses, des hamburgers, des pâtés, des plats en sauce et des tartes végétariennes.

Imaginés pour nourrir le monde et assurer les besoins en protéines des pays en développement, les protéines d'organismes unicellulaires servent finalement à satisfaire la demande des jeunes occidentaux végétariens.

Le temps de la grande distribution

L'urbanisation, amplifiée par la migration des populations rurales, change en profondeur la logistique de l'alimentation qui doit faire face au défi d'assurer quotidiennement l'arrivage de milliers de tonnes de denrées alimentaires dans les grandes cités et d'en garantir la bonne qualité. De plus, l'accès généralisé aux réfrigérateurs (à partir de 1960) et aux congélateurs (vers les années soixante-dix) modifie en profondeur les comportements d'achat des familles. Alors que vers le milieu du XIX^{e} siècle, les ménages se contentent d'une glacière où le froid est maintenu avec des pains de glace achetés, à Paris, à la glacière du coin et qu'en 1950, un faible pourcentage des ménages est équipé d'un réfrigérateur électrique ! Grâce à la démocratisation de l'automobile, chacun peut désormais se rendre dans les grandes surfaces pour acheter d'importantes quantités de marchandises. Dorénavant, les Français font leurs courses pour la semaine ou même pour le mois.

En fin de chaîne, à l'interface des industries alimentaires et des consommateurs, les sociétés de distribution accompagnent ces profondes mutations. Sur les traces de Félix Potin qui crée à Paris, en 1860, la première grande épicerie, sur deux niveaux, les grandes surfaces se développent en France à partir des années soixante, suivant ainsi l'exemple des États-Unis.

Quelques événements marquant le développement des grandes surfaces en France

1948	Premier magasin en libre service à Paris
1949	Premier magasin Leclerc à prix discount à Landerneau
1960	Premier supermarché Carrefour à Annecy
1961	Premier supermarché Auchan à Roubaix
1963	Premier hypermarché Carrefour à Sainte-Geneviève-des-Bois (2 600 mètres carrés)
1973	La loi Royer soumet la construction d'une grande surface à l'autorisation des pouvoirs publics
2004	979 hypermarchés et 4 504 supermarchés fonctionnent en France

En 2000, 60 à 70 % des achats de produits alimentaires sont effectués dans des hypermarchés ou des supermarchés[1]. Les petites épiceries de quartier et les boucheries sont les plus touchées, les boulangeries résistent le mieux, en raison de l'habitude des Français de s'approvisionner tous les jours en pain frais (tableau 3).

Tableau 3 – Évolution du commerce de proximité entre 1966 et 1998

Nombre d'entreprises	1966	1998
Boulangerie-pâtisserie	40 200	22 400
Boucherie	50 500	14 700
Poissonnerie	4 700	2 100
Charcuterie-traiteur	12 700	6 400
Crémerie-fromagerie	12 700	6 400
Épicerie, alimentation générale	87 600	13 800

Source : Insee, 2002.

1. Les hypermarchés disposent d'une surface de vente d'au moins 2 500 mètres carrés et réalisent plus du tiers de leur chiffre d'affaires en produits alimentaires. Les supermarchés exploitent une surface de vente comprise entre 400 et 2 500 mètres carrés et réalisent plus des deux tiers de leur chiffre d'affaires dans la vente de produits alimentaires.

Au tournant du XXIe siècle, dix grands groupes internationaux dominent la commercialisation des aliments et des boissons dans le monde. En France, fin 2001, on dénombre près de 1 000 hypermarchés exploitant sept millions de mètres carrés. Après des regroupements successifs (rachats et formation de centrales d'achat), 90 % du marché alimentaire en grandes surfaces sont entre les mains de cinq centrales d'achat. Les marques créées par les distributeurs appartiennent à une entreprise commerciale de vente au détail ou en gros, pour une ligne de produit distribuée exclusivement par cette dernière ou sous son contrôle. Ces marques de distributeurs occupent environ 25 % du marché en volume. Leur apparition date de 1976 avec le lancement par Carrefour de ses « produits libres ». Après avoir visé le créneau des petits prix et des produits de bas de gamme, ces marques se sont ensuite diversifiées dans la qualité standard des marques nationales de moyenne gamme. Elles cherchent depuis peu à développer des produits de qualité supérieure, comme en témoigne le lancement des lignes « Reflets de France » par Carrefour, « Gourmets » par Monoprix et « Saveurs » chez Casino.

Le *hard discount* ou enseignes à « prix cassés » vient rompre l'ordre établi par les plus grands (Carrefour, Auchan, Casino, Leclerc, Les Mousquetaires). Sa croissance est de 10 % en 2002 tandis que celle des hyper et supermarchés se tasse. Avec 3 000 magasins, sa part de marché voisine les 10 %.

Cette transformation du système de distribution a été rendue possible grâce aux évolutions du conditionnement et des emballages. Ceux-ci assurent la protection et la conservation des aliments (briques de lait UHT, boîtes de conserve métalliques, bocaux de verre, films plastiques…). Ils servent de support à l'étiquetage obligatoire et aux informations fournies par les fabricants et séduisent les acheteurs potentiels (par le choix des formes, des couleurs et des images). De plus, ils permettent de commercialiser des quantités pré-définies de produits, en poids ou en volume (250 ou 500 grammes…, 500 ou 1000 millilitres…), éventuellement en doses individuelles. Enfin, ils facilitent le transport et le stockage des produits par les particuliers, voire les conditions de leur préparation (cuisson ou réchauffage aux micro-ondes). Un emballage particulier est réservé pour chaque type de produit : un aliment contenant des matières grasses insaturées, sensibles à l'oxydation, doit être protégé contre l'oxygène et la lumière, un produit sec doit l'être contre la vapeur d'eau, un produit humide contre les pertes d'eau.

L'emballage est un produit de plus en plus complexe. Les Tetra Pak® – briques de lait, de soupe et de jus de fruits – sont constitués

d'une feuille d'aluminium (pour ses propriétés de barrière à la vapeur d'eau et à la lumière), d'une feuille de carton (pour ses propriétés de rigidité mécanique), d'une couche d'éthylène vinyle alcool (pour ses propriétés de barrière à l'oxygène) et de plusieurs couches de polyéthylène (pour leurs propriétés de résistance à l'eau liquide et de soudabilité). Une nouvelle génération d'emballages dits « fonctionnels » voit le jour. Ils se différencient radicalement de ceux dont la propriété essentielle est l'inertie chimique vis-à-vis des aliments. Par nature, un emballage fonctionnel interagit avec le produit et, dans certains cas, répond aux changements du milieu environnant ou du produit lui-même. La principale méthode utilisée pour rendre un matériau fonctionnel consiste à incorporer une substance active dans l'emballage. Deux domaines d'application sont envisagés : assurer la sécurité alimentaire par la maîtrise de l'hygiène des surfaces au contact des aliments et améliorer la stabilité des aliments.

La restauration hors foyer prend de l'importance

Depuis une trentaine d'années, les Français prennent de plus en plus de repas en dehors de chez eux, surtout à midi, même si la grande majorité d'entre eux est toujours prise à la maison. La restauration hors foyer, appelée RHF par les professionnels, représente aujourd'hui 5,6 milliards de repas par an, soit plus d'un repas sur dix (13 % des 43 milliards de déjeuners et de dîners consommés chaque année par les Français) ou encore environ 100 repas par an et par habitant. La plus grande partie de ces repas pris hors foyer (3,1 milliards) est préparée par la restauration collective (cantines scolaires, restaurants d'entreprise, hôpitaux, prisons), le reste par la restauration commerciale. Le chiffre d'affaires annuel correspondant s'élève à 45 milliards d'euros. Cette évolution – plus nette à Paris (4,8 repas pris à l'extérieur par personne et par semaine) qu'en province (2,7 repas) – est due aux bouleversements des modes de vie, marqués par le développement de l'activité professionnelle des femmes et les distances grandissantes entre les lieux de résidence et de travail. De ce fait, la part des dépenses de la restauration hors foyer dans le budget « alimentation » des ménages est passée de 11 % à 20 % au cours des dix dernières années.

Après les débuts chaotiques de la chaîne française Wimpy – créée en 1961 par Jacques Borel – où chacun peut avoir sa part de rêve à l'américaine avec des hamburgers, des cheeseburgers et des

milk-shakes, la restauration rapide prend son essor en France avec l'ouverture, à Strasbourg, du premier McDonald's (1979), bientôt suivi par Quick, Flunch et autres Kentucky Fried Chicken. Selon Pascal Lardelier, se dessine alors un univers « normé et sans joie, une tête de pont du taylorisme appliqué à l'agroalimentaire, où l'on sert ces « OCNI », des objets comestibles non identifiés, qu'évoque Claude Fischler, dans un environnement nietzschéen, celui du Crépuscule des idoles »[1]. Mais les jeunes plébiscitent une formule qui dénombre 116 enseignes et 2 200 établissements en 2005, pour un chiffre d'affaires de 5 milliards d'euros. L'offre se diversifie avec les sandwicheries (qui se fournissent souvent auprès de grossistes), les pizzerias et les cafés qui proposent une petite carte de restauration. Des chaînes de restauration voient le jour, Campanile par exemple, tandis que des restaurants indépendants se regroupent sous une même enseigne, en franchise (Maître Kanter en est un bon exemple).

Selon un sondage de l'Ifop réalisé en 2000, 29 % des Français interrogés déclarent ne pas avoir changé leurs habitudes de fréquentation des fast-foods, 31 % estiment qu'ils y mangent plus souvent et 40 % moins fréquemment. Les plus jeunes se distinguent en étant plus nombreux que leurs aînés à estimer fréquenter moins souvent les établissements de restauration rapide. On observe sensiblement la même tendance pour les professions libérales et cadres supérieurs tandis que les employés semblent former une catégorie singulière (42 % avouent une fréquentation plus régulière contre 35 % d'un avis inverse).

La restauration scolaire concerne un élève sur deux et sert un milliard de repas par an. En 1998-1999, le taux de fréquentation de la demi-pension s'élève à près de 60 % dans les collèges, à l'exception des lycées d'enseignement professionnel où la participation reste inférieure à 50 %. Dans la plupart des lycées et collèges, les repas sont préparés dans la cuisine de l'établissement. Pour les écoles maternelles et primaires, du fait d'un effectif plus réduit, il est fait appel à des cuisines centrales d'où les repas sont acheminés en conservant les aliments au froid ou au chaud. L'offre d'une restauration disponible et attrayante (sandwiches, pizzas, kebabs…) à proximité des établissements scolaires tend à faire baisser les taux de fréquentation de leurs cantines.

Selon la norme sociale des Français, le repas est normalement constitué d'une entrée, d'un plat garni, d'un fromage et d'un dessert. Hors foyer, le repas se simplifie avec la suppression des entrées ou

1. Source : Le Monde Diplomatique, novembre 2003. Le steak caché des fast-foods.

des desserts et se limite même parfois à un plat garni suivi d'un café, ce qui est le cas de près de 40 % des repas pris dans les restaurants d'entreprise. Sur le plan nutritionnel, les effets de ces comportements sont importants car les apports en crudités et en fruits diminuent, parfois remplacés, dans la journée, par des barres chocolatées ou céréalières ou encore des viennoiseries. Le régime alimentaire s'en trouve déséquilibré. Une étude menée en 1994 montre que le déjeuner pris hors domicile apporte en moyenne 42 % de lipides et 37 % de glucides, ce qui est loin des recommandations des nutritionnistes. Et cela, alors que la plupart des grandes sociétés de restauration conçoivent leurs menus avec l'aide de diététiciens !

A contrario, et cela mérite d'être souligné, l'habitude de manger à la maison persiste, même chez les jeunes générations, puisqu'il y a encore 83 % des repas – constitués de plusieurs plats – qui sont pris chez soi. Une enquête réalisée à la fin des années quatre-vingt-dix montre notamment que 80 % des Français déjeunent chez eux tous les jours de la semaine et que 90 % y dînent !

Un nouvel ordre international

La modernisation de l'agriculture française et européenne doit beaucoup à la Politique agricole commune (Pac).

En 1962, les six États membres de la Communauté économique européenne – alors déficitaire pour la plupart de ses productions agricoles – mettent en place la Politique agricole commune avec pour objectifs d'accroître la productivité, d'assurer un niveau de vie équitable à la population agricole, de stabiliser les marchés, de garantir les approvisionnements et d'assurer des prix convenables pour le consommateur. Le succès de cette politique tient à la mise en place d'un marché commun caractérisé par la suppression des barrières douanières, l'harmonisation des règles sanitaires, la régulation des prix, la préférence pour l'achat des produits d'origine communautaire et la solidarité financière entre les États membres.

En 1967, les céréales, les fruits et légumes, la viande porcine, les oeufs et les volailles sont les premiers produits à faire l'objet d'un règlement européen. En 1968, c'est au tour de la viande bovine, des produits laitiers et des produits horticoles. En 1970, le vin, le lin et le chanvre sont réglementés, et depuis 1971, le houblon, les semences, le coton et le tabac.

Grâce à la Pac, la Communauté européenne assure son approvisionnement pour la quasi-totalité des produits agricoles et devient

même excédentaire. À tel point que dans les années soixante-dix et quatre-vingt, le marché commun n'absorbe plus la production de lait, de vin, de céréales et de viande bovine. Il faut stocker, ce qui revient de plus en plus cher.

La Politique agricole commune doit alors s'adapter. Jusqu'en l'an 2000, l'on assiste à une succession de réformes portant sur l'aide à l'équipement des exploitations, la formation des hommes, l'encouragement à la cessation d'activité, la résorption des excédents avec la mise en place de quotas laitiers et de quantités maximales garanties (notamment pour les céréales), le plafonnement des dépenses agricoles et enfin le soutien des revenus au lieu du soutien des prix.

La dernière réforme, adoptée en mars 1999, prend en compte la protection de l'environnement, le reboisement des terres agricoles et le développement du tourisme rural. Les esprits évoluent : l'objectif n'est plus de produire le plus possible, mais de produire mieux. La priorité de l'Europe n'est pas de stimuler la production, mais de protéger le revenu de ses agriculteurs et de corriger l'impact négatif, sur l'environnement, d'une agriculture jugée trop productiviste. La sécurité sanitaire des aliments devient l'une des priorités.

L'évolution de la Politique agricole commune ne peut évidemment pas s'abstraire de ce qui se passe dans le reste du monde et des règles fixées par l'Organisation mondiale du commerce (OMC) après de difficiles négociations entre les États membres. Les échanges mondiaux de matières premières agricoles – notamment les produits de base tels que les céréales et les produits carnés – et de produits alimentaires transformés se sont considérablement accrus, posant de redoutables problèmes politiques, économiques et logistiques. Les échanges, après une forte croissance à partir de 1985 (ils franchissent à cette époque la barre des 250 milliards de dollars) atteignent en 2003, selon l'OMC, 9,5 % du commerce mondial des marchandises, pour un montant de 674 milliards de dollars. Les produits agricoles transformés constituent la majeure partie de ces échanges en valeur (80 % contre 20 % pour les produits agricoles bruts) alors qu'ils ne représentent, en 1980, que 40 %. C'est dire l'ampleur des bouleversements. En 2002, la France tient près de 7,8 % du marché des exportations des produits agricoles, après les États-Unis (12,6 %). C'est dire l'importance des enjeux pour notre pays.

Les discussions sur le commerce international des produits agricoles et alimentaires doivent surmonter de nombreux obstacles. Ceux-ci résultent d'interférences entre la protection des intérêts nationaux, en particulier la défense des revenus des agriculteurs, et le droit à garantir la santé des populations. Les Européens s'opposent aux

États-Unis (dont le FAIR Act, institué en 1996, est l'équivalent de notre Politique agricole commune) et aux pays du Groupe de Cairns. Ce dernier, constitué en 1986, rassemble une quinzaine de pays, notamment l'Afrique du Sud, l'Argentine, l'Australie, le Brésil, le Canada, le Chili, l'Indonésie et les Philippines. Il affiche des thèses libérales en matière de commerce international et se montre radicalement hostile aux subventions. Les pays du Groupe de Cairns estiment que les subventions agricoles de l'Union européenne ruinent l'agriculture des pays en développement. Le débat est toujours ouvert en 2007 et les discussions s'annoncent difficiles.

Les organismes génétiquement modifiés, objets d'espoirs et d'inquiétudes

À la fin du XX^e siècle, les hommes connaissent plus de 30 000 espèces végétales comestibles, dont 7 000 sont utilisées pour leur alimentation et 120 sont largement cultivées et consommées. Neuf espèces couvrent l'essentiel des besoins alimentaires : cinq céréales (blé, riz, maïs, orge, mil), deux tubercules (pomme de terre, patate douce), une légumineuse (soja) et une plante sucrière (canne à sucre). Les avancées de la biologie vont permettre d'élargir la palette des plantes alimentaires.

Parmi les « Merveilles de la nature », les *Magnalia naturæ* du philosophe Bacon (1561-1626), il y en a deux que les progrès de la biologie moléculaire ont fait passer du stade de l'utopie à celui de la réalité : fabriquer de nouvelles espèces et transplanter une espèce dans une autre (on dirait aujourd'hui transférer des gènes d'une espèce à l'autre). La fabrication des OGM, ces dorénavant fameux organismes génétiquement modifiés que José Bové aura si bien su faire connaître aux Français, s'inscrit bien en effet dans la longue quête par l'homme – inconsciente à ses débuts, dirigée par la suite et hautement sophistiquée dorénavant – d'une utilisation optimale et à son profit de l'extraordinaire diversité des gènes dispersés au sein du monde du vivant.

Les OGM sont une innovation de rupture trouvant naturellement sa place au sein de la grande histoire de l'amélioration des

plantes et des animaux, ouverte par les premiers agriculteurs et ponctuée par quatre périodes au cours desquelles le brassage des gènes s'est intensifié et accéléré : la sélection des ressources génétiques locales (pendant des millénaires), le franchissement par les gènes de la barrière des océans, dans les bateaux des Conquistadors, l'évolution dirigée par les généticiens (dès la fin du XIX^e^ siècle) et enfin le franchissement de la barrière des espèces, depuis une vingtaine d'années, avec la transgénèse.

Les fondements techniques de la fabrication des OGM

C'est en 1971 que les généticiens et les biologistes moléculaires parviennent à introduire dans une bactérie un gène isolé d'un autre organisme. Il faut encore une trentaine d'années pour que le procédé se banalise, qu'il s'applique aux végétaux et aux animaux et soit, en 2006, une « manip » à la portée de tous les laboratoires de génétique.

L'histoire des OGM commence en 1944 quand le professeur Oswald Avery, né au Canada et naturalisé Américain, démontre que le support de l'hérédité est l'acide désoxyribonucléique, acide mieux connu sous le nom d'ADN. Ce dernier existe sous un nombre quasiment infini de formes selon la nature, le nombre et l'ordre de succession des milliers de bases A, T, C et G (adénine A, thymine T, cytosine C et guanine G, toutes quatre liées à des sucres) qui le composent. Cette découverte provoque un coup de tonnerre dans le monde des biologistes, convaincus pour la plupart que la transmission des caractères héréditaires, des parents à leurs descendants, repose sur les propriétés des protéines. Mais il faut encore attendre vingt ans pour découvrir que le grand livre de la vie est écrit avec seulement quatre lettres et expliquer comment une cellule sait lire le langage de l'ADN pour synthétiser des dizaines de milliers de protéines différentes. À la fin des années soixante, la communauté des chercheurs a enfin décrypté l'essentiel des mécanismes moléculaires sur lesquels reposent les lois de l'hérédité, découvertes par Mendel au siècle précédent.

Entre-temps, en 1953, deux futurs prix Nobel, James Watson et Francis Crick, montrent que l'ADN possède une structure en double hélice au sein de laquelle la base A s'apparie toujours à la base T et la base G à la base C. De sorte que lorsque les deux hélices de la cellule mère se séparent au moment de la division cellulaire, elles se

reconstituent à l'identique dans les cellules filles. Grâce aux découvertes de ces deux savants, l'on sait dorénavant comment les chaînes d'ADN se transmettent de génération en génération.

Tâchons d'être plus précis. Le mot élémentaire du langage de la génétique est une combinaison de trois des quatre bases de l'ADN, disons plus simplement de trois des quatre lettres de l'alphabet de la vie (AAA, AAC, AAG, AUA, ACC, etc.). À chaque combinaison – on l'appelle un codon et il en existe soixante quatre possibles – correspond un acide aminé, sauf pour quelques-unes d'entre elles qui servent de signes de ponctuation pour marquer le début ou l'arrêt de la lecture d'une phrase. En raison de l'existence de plusieurs combinaisons ayant la même signification, c'est-à-dire codant pour le même acide aminé, ce sont seulement vingt acides aminés différents que les êtres vivants sont capables de synthétiser et d'assembler pour fabriquer des protéines.

Ces mots élémentaires sont les mêmes pour tous les organismes vivants (micro-organismes, plantes et animaux). Le code génétique est donc universel. S'il n'en était pas ainsi, il ne serait pas possible de faire lire, par des cellules végétales, les informations portées par des gènes isolés dans un animal ou dans un micro-organisme et réciproquement.

Ces mots forment des phrases. L'ordre dans lequel ils se succèdent dans une chaîne d'ADN détermine l'ordre dans lequel les acides aminés sont assemblés pour former une protéine. La conformation et les propriétés de cette dernière sont déterminées par le nombre, la nature et l'ordre dans lequel sont placés les acides aminés : l'alphabet à quatre lettres de l'ADN est devenu l'alphabet à vingt lettres des protéines.

Mais le langage de la vie est encore plus compliqué. Toutes les phrases ne servent pas à fabriquer des protéines. Certaines, généralement courtes et utilisant le même alphabet à quatre lettres, contrôlent le type de protéines qui va être exprimé dans une cellule, à un moment et dans un environnement donnés. Ce système de régulation, encore mal connu, assure le développement harmonieux des organismes vivants en fonction d'informations internes (âge de l'individu, nature des tissus) ou externes (température, sécheresse, produits chimiques). Par exemple, si l'apparition des fleurs et des feuilles sur les arbres fruitiers dépend du rythme des saisons, c'est parce que des gènes régulateurs réagissent à la longueur des jours.

Après avoir commencé à comprendre comment les gènes fonctionnent, les biologistes apprennent à les isoler et à les faire fonctionner dans des espèces étrangères à celles dont ils sont extraits. Les obstacles

techniques sont progressivement levés. Cette fabrication met en oeuvre trois étapes : l'identification, l'introduction et la production. D'abord, identifier et isoler les gènes dont la présence confère à un organisme les propriétés recherchées (par exemple, pour les céréales, se protéger contre les herbicides en les détruisant, tuer des insectes, accroître les teneurs en vitamines, améliorer la qualité boulangère des farines, augmenter les rendements en grain ou la résistance à la sécheresse). Ensuite, les introduire dans une cellule et les intégrer dans le génome de l'organisme. Enfin, régénérer ce dernier à partir des cellules modifiées, qu'elles soient somatiques (celles du corps) ou reproductrices (les gamètes).

Pour réaliser ces opérations, les généticiens sont devenus des chirurgiens du gène. Ils disposent de bistouris moléculaires placés sous le contrôle d'automates extrêmement performants. Ces bistouris sont des enzymes qui isolent et découpent les gènes. D'autres outils sont utilisés pour les multiplier ou pour les introduire dans le génome d'une cellule.

Ainsi, le génie génétique permet d'introduire, de manière artificielle, un gène dans un micro-organisme, un animal ou une plante. Dans ce dernier cas, il est même possible de faire s'exprimer le gène dans le tissu et au stade de développement choisis par l'expérimentateur (exclusivement dans une feuille ou dans un fruit par exemple). Le caractère nouveau, gouverné par ce gène, se transmet de manière stable dans les descendants de l'individu « transformé », lequel est dorénavant un organisme génétiquement modifié. Quant à l'opération proprement dite, elle est souvent qualifiée de manipulation génétique, ce qui n'est pas sans inquiéter les consommateurs. Les savants préfèrent parler de transgénèse.

La transgénèse se distingue des méthodes classiques de modification du patrimoine génétique des organismes vivants par trois propriétés. Elle permet d'introduire un seul gène à la fois dans une cellule (alors que la sélection classique procède par brassage de gènes). Ce gène peut être prélevé dans tous les organismes vivants (micro-organismes, végétaux et animaux) et être éventuellement modifié en laboratoire. Les barrières que l'évolution a progressivement placées entre les espèces peuvent être franchies et c'est en ce sens que la transgénèse peut être qualifiée de re-évolution. Voilà en effet une technique qui permet de réunir des gènes que la nature a séparés depuis des millions d'années. Auparavant, aucun savant n'était capable d'introduire dans le blé un gène prélevé dans une bactérie ! Aujourd'hui, grâce aux progrès de la biologie moléculaire et du génie génétique, c'est devenu possible.

Les OGM à la croisée de deux histoires

Les OGM sont à la croisée de deux histoires : celle de l'amélioration des plantes, qui a débuté au Néolithique avec les premiers pas de l'agriculture, et celle de la biologie moléculaire dont les balbutiements datent des années cinquante.

Au cours de la première histoire, les hommes ont appris à repérer les plantes les plus aptes à être cultivées et consommées. Ils ont ensuite observé qu'il était possible de croiser les plus performantes d'entre elles, pour fabriquer des plantes filles qui réunissaient les meilleures propriétés des deux plantes parentes. De même, les éleveurs ont su améliorer les performances des animaux domestiques (production laitière, état sanitaire, qualité des viandes).

Mettre à profit l'aptitude d'une graine à reproduire un organisme identique à celui des parents dont elle est issue a représenté un pas considérable dans l'évolution des sociétés humaines, dans la mesure où les bases de l'agriculture étaient ainsi jetées. Constater qu'il est possible d'introduire des caractères favorables chez les plantes cultivées (productivité, résistance aux maladies, adaptation au climat, composition des récoltes), en croisant des géniteurs qui apportent les caractéristiques recherchées a constitué une seconde révolution dont l'agriculture moderne continue encore à tirer le plus grand des profits. Un nouveau métier est né, celui d'obtenteur, dont l'efficacité s'est accrue avec les progrès de la génétique et la connaissance des lois qui gouvernent la transmission des caractères héréditaires. Sa limite est de ne pouvoir croiser entre elles que des plantes appartenant à la même espèce, sinon à des espèces très voisines. Pas question de croiser entre eux les organismes que l'évolution a séparés. Le mariage de la carpe et du lapin est impossible, comme celui du blé et du maïs.

Avec les progrès de la biologie, la barrière des espèces est franchie. Les généticiens disposent d'outils moléculaires leur permettant d'isoler et de caractériser n'importe lequel des gènes présents dans les organismes vivants (micro-organismes, plantes et animaux), puis de l'introduire dans l'espèce de leur choix. C'est une véritable révolution technique puisqu'il est dorénavant possible de modifier très précisément le génome d'un organisme, en y introduisant un gène absent de l'espèce (blé, maïs, tomate) ou même du règne (animal, végétal) auxquels il appartient.

Le premier fruit comestible, issu de cette rencontre, est une tomate « longue conservation », apparue sur le marché américain en 1994. Depuis, la famille des OGM s'est élargie à de nombreuses espèces (maïs, soja, coton) et elle occupe, en 2006, 100 millions d'hectares dans le monde.

Produits issus de la transgénèse

Ainsi que le rappelle Georges Pelletier[1], avec la transgénèse, il s'agit « de transférer une partie des moyens actuels de production agricole dans le génome des variétés améliorées, sous forme de construction génétique : par exemple, un meilleur flux métabolique de l'azote conduit à une meilleure utilisation des engrais, la résistance à un parasite évite l'utilisation d'un insecticide, la résistance à un herbicide peut remplacer le labour, la production par les cellules de la plante de tel sucre permet de réduire sa demande en eau ».

Tout organisme vivant, qu'il soit un micro-organisme, une plante ou un animal, peut être génétiquement modifié. Cependant, début 2007, les seuls produits OGM qu'un Français peut trouver dans son cabas sont d'origine végétale ou microbienne. Jusqu'ici, aucun produit carné ou aquatique, issu de la mer ou de l'aquaculture, provenant d'animaux génétiquement transformés, n'est autorisé à entrer dans les circuits de l'alimentation. Ce qui ne signifie pas que ce ne sera pas prochainement le cas.

C'est aux États-Unis, en 1994, année de la commercialisation d'une tomate « longue conservation » par la société américaine Calgene, que la première plante transgénique reçoit l'autorisation d'être mise sur le marché. Les OGM viennent de sortir des laboratoires pour se retrouver dans les champs. En 2005, 8,5 millions d'agriculteurs auraient eu recours aux OGM dans le monde. Les plantes transgéniques couvrent environ 90 millions d'hectares répartis dans 21 pays, soit, à l'échelle de la France, 1,6 fois la surface de l'Hexagone (55 millions d'hectares), trois fois celle des terres cultivées (30 millions d'hectares) ou encore neuf fois les surfaces consacrées à la culture des céréales (10 millions d'hectares). Les plantes transgéniques couvraient zéro hectare en 1995, 68 millions d'hectares en 2003 et 81 millions d'hectares en 2004. On les trouve majoritairement en Amérique du Nord (États-Unis et Canada), en Amérique latine (Argentine, Brésil et Paraguay) et, à un moindre degré, en Chine et en Inde. Ces plantes sont le soja en premier lieu (60 % des superficies totales), suivi du maïs (24 %), du coton (11 %) et du colza (5 %). D'autres espèces (blé, betterave, riz) sont en cours d'expérimentation.

En 2006, ce sont 100 millions d'hectares qui sont couverts par des plantes transgéniques (soit une progression de 13 % par rapport

1. Directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique.

à 2005) dont près de la moitié aux États-Unis, environ 40 % dans les pays émergents et à peine 0,2 à 0,3 % en Europe. À l'échelle de la planète, ces plantes transgéniques ont donc conquis, seulement ou déjà, selon que l'on est favorable ou opposé à la culture des OGM, environ 7 % des 1 500 millions d'hectares de terres arables. En raison du très fort rejet exprimé par les consommateurs, l'Europe agricole est pour l'instant absente de cette « révolution »[1].

Les caractéristiques introduites dans les plantes transgéniques concernent essentiellement la tolérance aux herbicides et la résistance aux insectes, aux champignons et aux virus. L'espoir de modifier des caractéristiques agronomiques aussi complexes que le rendement à l'hectare, la résistance à la sécheresse ou la capacité des céréales à fixer l'azote de l'air (une exclusivité que la nature a accordée aux plantes légumineuses comme le soja, la fève ou le pois) est beaucoup plus lointain. Quelques équipes, peu nombreuses, cherchent à améliorer la qualité d'usage des récoltes pour en faire bénéficier directement les consommateurs. Ces qualités sont la valeur nutritionnelle (composition en acides gras des huiles de colza, de tournesol et de soja, accroissement de la teneur du riz en vitamine A, diminution de l'allergénicité du riz), la meilleure conservation (maturation retardée de la tomate et du melon) et la facilité d'usage (valeur boulangère du blé, aptitude des pommes de terre à la friture). Cependant, les réussites commerciales se font attendre. La tomate « longue conservation » n'a pas eu le succès escompté par ses promoteurs.

En France, ce ne sont pas des végétaux transgéniques entiers qui entrent dans la composition des aliments, mais seulement des molécules qui en sont extraites, essentiellement de la lécithine de soja ou de l'amidon de maïs. La lécithine est un mélange de phospholipides (lipides contenant un ou plusieurs radicaux phosphate) isolés de la graine de soja. Elle est utilisée par les industriels pour modifier ou stabiliser la texture de nombreux produits alimentaires (margarines, chocolats, biscuits). L'amidon de maïs et ses dérivés servent à modifier et stabiliser la texture des aliments tels que les produits apéritifs, les biscuits, les pâtisseries industrielles, les bonbons, les confitures, les pâtés, les produits laitiers, les glaces, les entremets, les sauces, les potages ou les plats cuisinés surgelés. À la condition que ce soit clairement indiqué sur les emballages, rien ne s'oppose à ce que ces additifs soient extraits de plantes génétiquement transformées.

1. Source : International service for the acquisition of agro-biotech applications (Isaaa).

Cependant, face aux préoccupations des consommateurs qui s'inquiètent pour leur santé et pour l'environnement, de nombreuses entreprises ont fait le choix de bannir tout produit OGM des aliments ou des boissons qu'elles commercialisent.

Il existe également des denrées alimentaires fabriquées avec des enzymes isolées de micro-organismes génétiquement modifiés. C'est le cas de certains fromages. Le plus souvent, le premier stade de la fabrication d'un fromage est le caillage, parfois précédé d'un traitement thermique pour assurer la qualité microbiologique des produits. Le caillé se forme généralement en introduisant dans le lait un cocktail enzymatique, la présure, extraite de la caillette (l'une des quatre poches de l'estomac du veau). La chymosine est l'une des composantes de ce cocktail. Pour ne pas utiliser des enzymes d'origine bovine, les industriels ont introduit dans la levure *Kluyveromyces lactis* le gène qui contrôle la synthèse de la chymosine dans les cellules de la caillette du veau. Ils ont appris à fabriquer la chymosine en plaçant cette levure génétiquement modifiée dans un fermenteur. L'enzyme est ensuite purifiée pour en éliminer toute trace de levure. Les résultats obtenus sont très proches de ceux observés avec la présure de veau. La chymosine génétiquement modifiée est utilisée dans plusieurs pays (États-Unis, Grande-Bretagne, Japon) mais ne l'est pas en France bien qu'elle y soit autorisée depuis 1998[1].

Les biologistes appliquent également leur savoir-faire à la transformation des levures utilisées en boulangerie, en brasserie et en œnologie. Grâce au génie génétique, ils accroissent la capacité des levures de boulangerie à transformer les sucres en gaz carbonique, afin de diminuer le temps de levage des pâtes et d'améliorer la qualité des produits surgelés. En vinification, pour corriger le manque d'acidité des moûts, ils proposent des souches génétiquement modifiées productrices d'acide lactique. Pour remplacer l'action traditionnelle d'une bactérie, ils fabriquent une levure capable de réaliser une fermentation malo-lactique, celle qui transforme l'acide malique en acide lactique et dont la bonne conduite est essentielle au maintien de la qualité des vins rouges. Ils vont même jusqu'à accroître le pouvoir floculant des levures afin de faciliter leur élimination une fois que le goulot des bouteilles de champagne a été dirigé vers le bas pour provoquer leur dépôt. En brasserie, ils éliminent les mauvais goûts en introduisant, dans la levure, un gène codant pour une

1. Sauf pour la fabrication des produits d'appellation d'origine contrôlée.

enzyme capable de détruire le diacétyle. Dans le lait, au contraire, les chercheurs proposent d'améliorer l'arôme des produits laitiers frais (beurre, fromages frais, crèmes) en modifiant le génome des bactéries lactiques pour multiplier par dix les teneurs en diacétyle.

Cependant, tous ces produits attendent des jours meilleurs dans les laboratoires, ceux qui verront l'adhésion des consommateurs à l'arrivée de micro-organismes génétiquement modifiés dans leurs verres et leurs assiettes.

Des consommateurs inquiets

En permettant l'accès à un réservoir quasi illimité de gènes, et donc de protéines et de fonctions, la transgénèse est une innovation si fondamentale dans l'histoire de notre alimentation qu'elle mérite une analyse spécifique.

Ces prouesses technologiques, inimaginables il y a une cinquantaine d'années ne vont pas sans poser de nombreuses interrogations. Peut-on manipuler le génome des organismes vivants sans induire de danger pour notre santé ou pour l'environnement ? Est-il légitime d'affirmer que la solution à la faim dans le monde réside dans la fabrication d'organismes transgéniques ? Est-il vrai que la fabrication de plantes ou d'animaux « sur mesure » va réduire le coût des aliments et élargir la gamme des produits proposés aux consommateurs dans les linéaires des grandes surfaces ? À qui les OGM vont-ils faire gagner de l'argent ? Aux agriculteurs, aux grands groupes agrochimiques et semenciers, aux industriels de l'alimentation ou aux consommateurs tels que vous et moi ?

En 1974, les scientifiques sont les premiers à s'interroger sur les dérives possibles et les dangers potentiels du génie génétique. Dans une démarche spontanée, le biologiste américain Paul Berg et onze de ses collègues biologistes demandent un moratoire sur les manipulations génétiques. Ils s'inquiètent de l'usage qui pourrait être fait d'une technologie naissante visant à transformer, volontairement ou non, des micro-organismes en « bombe biologique ». L'année suivante, lors de la désormais fameuse conférence d'Asilomar, en Californie, 150 biologistes se fixent des règles de bonnes pratiques avant de lever le moratoire. Les États vont ensuite encadrer les travaux des savants, le débat devient public, les opinions divergent, les groupes de pression « pour » ou « contre » les OGM tiennent le haut du pavé. Pour les consommateurs, le débat n'y gagne pas toujours en clarté.

La puissance de la transgénèse dépasse de loin ce que la nature sait faire. Et c'est bien ce qui inquiète. De nombreux Européens, plus sensibilisés que les habitants d'autres continents, considèrent que la dissémination des plantes transgéniques présente des dangers pour l'environnement et pour leur santé.

Si l'on excepte les motivations à caractère idéologique ou politique, et si l'on met provisoirement en attente l'examen des composantes culturelles du rejet des aliments transgéniques par les consommateurs, le refus ou l'acceptation d'organismes génétiquement modifiés relève alors d'une analyse objective des dangers et des risques liés à la transgénèse et de la mise de ces derniers en regard des bénéfices escomptés.

Le danger présenté par la consommation d'un aliment génétiquement modifié est que le gène introduit provoque, de manière imprévue, la synthèse d'une molécule toxique (on exclut de ce débat l'insertion volontaire de gènes relevant d'une volonté criminelle d'empoisonner les consommateurs) ou alors qu'un gène dormant, réveillé par l'insertion d'un gène étranger dans le génome de l'organisme, se révèle dangereux.

Sans être assez naïf pour penser que les savants ne se trompent jamais et que leur point de vue doit s'imposer à ceux qui ne détiennent pas le même savoir, l'on versera au dossier le constat que la quasi-totalité des instances internationales (Académies des sciences et de médecine, agences d'évaluation de la qualité sanitaire des aliments, comités de gestion de la sécurité alimentaire…) considère, avec le Commissaire européen chargé de la protection des consommateurs, que « le fait de manger les OGM autorisés ne présente aucun effet nocif connu pour la santé ». On ne saurait trop insister sur l'adjectif « autorisé » car la question de l'innocuité des OGM ne peut être tranchée globalement et doit être regardée au cas par cas, ainsi que le font les commissions d'experts.

Le second danger qui préoccupe les citoyens est celui d'une atteinte à l'environnement et à la biodiversité. D'aucuns s'inquiètent de ce que l'introduction dans la nature d'organismes génétiquement modifiés pourrait perturber des équilibres biologiques : prolifération d'insectes ravageurs dépourvus de compétiteurs, impact négatif sur la faune (abeilles, papillons) et la flore environnantes, apparition chez les insectes (ou les mauvaises herbes) de nouvelles formes de résistance aux insecticides ou aux herbicides. De nombreux scientifiques considèrent néanmoins que ces risques sont extrêmement faibles, tout en recommandant de poursuivre les recherches en ce domaine. Alors que les faucheurs volontaires d'OGM gardois, pour ne citer

Cinq cent mille ans d'innovation et d'évolution

- 500 000	Maîtrise du feu
- 160 000	Conservation de la viande par fumage
- 20 000	Chasse avec l'aide d'un propulseur
- 10 000	Début de l'agriculture (Mésopotamie)
- 3 000	Chasse avec un arc
- 2 000	Araire en bois
- 600	Houe à fer recourbé
Ve siècle	Les convives mangent assis
An mil	Collier d'épaule pour la traction animale
XIIe siècle	Charrue équipée d'un versoir qui retourne le sol
XVe siècle	De nouvelles plantes, originaires des Amériques, se répandent en Europe
1550	À la table des riches, les convives utilisent un couteau et une fourchette
1600	Publication du « Théâtre de l'agriculture et mesnage des champs » (Olivier de Serres)
1782	Premier restaurant, à Paris (Antoine Beauvillier)
1765	Machine à vapeur (James Watt)
1802	Première conserverie (Nicolas Appert)
1834	Moteur électrique (Thomas Davenport)
1837	Charrue d'acier à soc et versoir d'une seule pièce (John Deere)
1850	Utilisation raisonnée des engrais chimiques (Justus Liebig)
1853	Découverte de la fonction glycogénique du foie (Claude Bernard)
1856	Sélection généalogique des plantes (Louis de Vilmorin)
1860	Moteur à explosion (Etienne Lenoir)
1866	Lois de l'hérédité (Gregor Mendel)
1880	Maîtrise du développement des microbes, utiles ou nocifs (Louis Pasteur)
1876	Transport de la viande dans un bateau frigorifique (Charles Tellier)
1890	Première carte avec un menu (Auguste Escoffier)
1887	Tracteur à vapeur (Fournier)
1944	L'ADN est le support de l'hérédité (Oswald Avery)
1953	L'ADN possède une structure en double hélice (Crick et Watson)
1962	Les débuts de la Politique agricole commune (Pac)
1963	Premier hypermarché en France
1975	La République honore la grande cuisine. Paul Bocuse est fait chevalier de la Légion d'honneur par le président Giscard d'Estaing
1979	Ouverture du premier McDonald's en France, à Strasbourg
2005	Première récolte commerciale de maïs OGM en France

qu'eux parmi les détracteurs de ces nouvelles semences, parlent de « risque de catastrophe écologique irréversible, de disparition d'animaux utiles, de contamination des plantes et des animaux d'élevage et en bout de chaîne de l'homme ».

Mais au-delà de ces interrogations, la principale cause de rejet des OGM n'est-elle pas plus simplement due au fait que les consommateurs ne perçoivent pas les avantages qu'ils peuvent retirer de ces pratiques ? Pourquoi achèteraient-ils donc un aliment dont on leur dit qu'il est peut-être dangereux, dont ils ne comprennent pas bien les modes de fabrication et qui ne leur apporterait aucun bénéfice, ni en matière de prix, ni de santé ni de plaisir ? Quant au discours humanitaire, développé par certaines multinationales de l'agrochimie, il ne convaincra les habitants des pays pauvres que lorsque la preuve de sa légitimité aura été apportée sur le terrain de la faim.

Quoi qu'il en soit, et pour permettre à chacun de se nourrir comme il l'entend, les autorités européennes ont rendu obligatoire l'étiquetage des aliments contenant plus de 0,9 % d'OGM. Pourquoi pas 0 % ? Simplement parce qu'il est illusoire de garantir une absence totale de contamination des aliments traditionnels par des produits issus d'OGM, dans la mesure où la commercialisation de ces derniers est autorisée.

Deuxième partie

Les médecins, les hygiénistes et les cuisiniers s'invitent à notre table

Un plaisir recherché, une alimentation diététique, des préceptes d'hygiène, ces trois piliers de l'alimentation de nos contemporains ne sont pas récents. Le plus vieux livre de cuisine connu, d'origine mésopotamienne, remonte à 1700 av. J.-C., Hippocrate enseigne que « les aliments collaborent à la santé », Cicéron rappelle que « la bouche fait plus de victimes que le glaive ». Mais derrière les mots, que d'étapes franchies ! Et quel long cheminement puisqu'il faut attendre la moitié du XIX^e^ siècle pour abandonner les préceptes, érigés en dogmes par ceux qui transmettent de génération en génération le savoir de leurs prédécesseurs sans remettre en question ce qui leur semble si évident que le bon sens ne peut que s'imposer à leur raison. Jusqu'aux travaux des premiers physiologistes, au XIX^e^ siècle, l'acte de digestion n'est « qu'une cuisson des aliments grâce à la chaleur des estomacs ». Les aliments sont jaugés à l'aune de leur chaleur, froidure, sécheresse ou humidité. Certitudes aussi inébranlables que celles qui président à la place de la Terre dans l'univers avant la révolution copernicienne.

Et que dire des préceptes d'hygiène quand le monde des microorganismes est totalement inconnu et que le dogme de la génération spontanée s'impose à tous jusqu'aux découvertes de Pasteur. Que peuvent donc comprendre à la toxicologie ces médecins du Moyen Âge qui ne connaissent pas la circulation du sang, ignorent tout de la nature chimique des aliments et voient dans les épidémies un fléau de Dieu dont les prières et les pèlerinages peuvent seuls

nous protéger. Que faire alors que les autorités religieuses s'appuient sur l'obscurantisme pour consolider leur pouvoir ?

La cuisine, par contre, qui relève de l'art plus que de la science – même si les apports de la science des aliments pour la conception de nouvelles préparations culinaires ne doivent pas être sous-estimés – est une conquête ancestrale de l'humanité. Les lointains prédécesseurs des grands chefs contemporains n'auraient probablement pas à rougir d'être comparés aux bonnes toques du XXIe siècle. Les jeux de contrastes entre le sucré et le salé, le doux et le piquant, le chaud et le froid, les associations audacieuses entre les mets, les épices et les boissons ont été recherchés de tout temps. Les cuisiniers n'ont pas attendu Lavoisier ou Liebig pour faire de la bonne cuisine. Sans doute n'aimerions-nous pas certains des plats qui faisaient le délice de nos ancêtres. Mais en matière de plaisirs, à chacun ses goûts et ses couleurs ! Tout dégustateur, influencé par la mode et par sa culture, est marqué par son enfance et son éducation.

De l'obscurantisme à la nutrition raisonnée

Conseils et interdits alimentaires sont inscrits dans l'histoire des hommes et de leurs religions. Il suffit de parcourir les livres saints (la Bible, le Talmud, le Coran) et les écrits des médecins de l'Antiquité pour s'en convaincre. Mais il faut attendre Claude Bernard et la médecine expérimentale pour que les bases d'une alimentation raisonnée soient jetées. Un champ disciplinaire s'ouvre à la sagacité d'une nouvelle famille de chercheurs, les nutritionnistes, qui créent une science, la diététique. Celle-ci a pour objet d'identifier les régimes alimentaires les plus aptes à satisfaire les besoins de chacun d'entre nous et, plus récemment, les aliments qui diminuent les risques d'une dégradation de notre santé (accidents cardio-vasculaires, cancers…) et qui contribuent au « silence des organes », selon la belle formule du professeur René Leriche[1].

Le poids des religions

Les trois grandes religions monothéistes – le christianisme, le judaïsme et l'islam – interviennent, à des degrés divers, dans le champ de notre alimentation, les deux dernières se montrant les plus précises et les plus exigeantes. Il s'agit presque toujours d'interdits et

1. Chirurgien, 1879-1955.

de rituels, sans fondements diététiques ni sanitaires. Les conditions d'abattage des animaux sont parfois concernées.

Les premières recommandations remontent à des millénaires. Ce qui est défendu, c'est d'enfreindre la loi d'un dieu qui sait ce qui est bon ou mauvais pour l'homme. Selon la Bible, les animaux terrestres ont des pattes pour marcher, les poissons des nageoires pour nager, les oiseaux des ailes pour voler. Tel est le plan de Dieu. Pour être comestible, un animal doit respecter la place qui lui a été fixée par le Créateur. Les crustacés (qui ont des pattes), les anguilles (sans nageoires), les coquillages (souvent fixés sur un support), les oiseaux aquatiques (pélican, héron, cygne) sont proscrits. Le serpent qui rampe sur la terre et les animaux qui « pullulent sur la terre : taupe, tortue, caméléon... » sont des créatures inachevées qui ne doivent pas être consommées.

Dans la religion juive, la kashrout règle les interdits alimentaires et définit les aliments kasher – ceux qui sont légitimes et propres à la consommation – selon les commandements de la Torah. Les animaux vivants se divisent en deux groupes : *tame* (impur) et *tahor* (pur). Les animaux dont le sabot est fendu et qui ruminent sont autorisés, et donc le bœuf, le mouton, la chèvre, la gazelle et le daim, mais non le porc « … qui est impur car il a le sabot fendu et ne rumine pas ». De plus, il est omnivore, or « à tout ce qui a en soi âme vivante, Dieu a donné herbe verte en nourriture ». Le chameau qui rumine sans avoir de sabots fendus ainsi que le lièvre et le lapin ne sont pas davantage autorisés. Les animaux prédateurs sont également impurs et impropres à la consommation. Parmi les espèces aviaires, les oies, les poules, les dindes et quelques espèces de canard sont autorisées. L'animal doit être abattu par un *shochet* expérimenté qui observe les rites et égorge l'animal pour lui faire rendre le plus de sang possible. Les animaux morts de mort naturelle ou abattus de façon non rituelle sont impropres à la consommation. La viande est préparée par salage ou grillage pour supprimer toute trace de sang « car le sang, c'est l'âme et tu ne consommeras pas l'âme avec la chair ». Autre règle absolue : ne jamais mélanger la viande et les produits laitiers et ne pas « cuire une brebis dans le lait de sa mère ». Selon la Torah, seuls les poissons à nageoires et à écailles sont permis. Les anguilles et les crustacés sont interdits. Le poisson peut se manger avec un repas lacté comme avec des aliments carnés, mais il faut séparer la consommation de la viande de celle du poisson par une bouchée de pain ou une gorgée de boisson et en utilisant des assiettes et des couverts différents. Le vin est apprécié. Don de Dieu, il est essentiel dans les cérémonies et les fêtes. Boisson précieuse, « il réjouit le cœur de l'homme ». Les produits de la terre sont purs, à l'exception des fruits d'un arbre pendant les trois premières années.

Le christianisme abolit ces prescriptions, l'islam en conserve un grand nombre. Les musulmans, comme les juifs, pratiquent un abattage rituel qui s'inspire du sacrifice d'Abraham. La bête doit être consciente au moment de l'abattage et placée en direction de La Mecque, tandis que le sacrificateur musulman, habilité par un organisme agréé – le ministère de l'Agriculture en France – prononce *bismillah* (au nom de Dieu) lorsque la bête est égorgée, puis laisse l'animal se vider de son sang. La viande halal est la viande issue d'animaux abattus selon ce rituel. Les principaux interdits de l'Islam sont précisés dans le Coran : « Je ne trouve, dans ce qui m'a été révélé, d'autre défense, relativement à la nourriture, que les animaux morts, le sang qui a coulé et la chair de porc ; car c'est une abomination, une nourriture profane sur laquelle fut invoqué un autre nom que celui de Dieu ». Les animaux morts, le sang, la chair du porc, tout ce qui a été tué sous l'invocation d'un autre nom que celui de Dieu, les animaux suffoqués, assommés, tués par une chute ou d'un coup de corne, ceux qui ont été entamés par une bête féroce, à moins qu'ils n'aient été purifiés par une saignée, ceux qui ont été immolés aux autels des idoles, tout cela est défendu. Mais nul péché ne sera imputé à celui qui serait contraint d'en manger. Le vin est une abomination dont il faut s'abstenir.

Avec le christianisme, les interdits alimentaires sont progressivement abrogés, en particulier celui de manger des viandes non saignées. Cette évolution est lente puisqu'au VII^e^ siècle, l'Église considère encore que « manger du sang vaut à un clerc d'être déposé et à un laïc d'être excommunié ». Ce n'est qu'au IX^e^ siècle que le pape Nicolas I^er^ affirme qu' « on peut manger toutes sortes de viandes, si elles ne sont pas nuisibles par elles-mêmes ». De nos jours, les fidèles de l'Église adventiste du septième jour, mouvement protestant créé au début du XIX^e^ siècle, font exception. Ils doivent suivre un régime alimentaire dont les aliments impropres mentionnés dans la Bible et l'alcool sont exclus. Certains sont végétariens par conviction religieuse.

Les hindous évitent de manger du bœuf car la vache, décrite comme un symbole majeur de la vie dans les textes les plus anciens, est considérée comme sacrée. Nombreux sont ceux qui trouvent dans le végétarisme un mode de vie particulièrement achevé et s'abstiennent de manger de la viande, du poisson et des œufs. Certains, végétaliens, ne mangent que des fruits et des légumes.

Les trois religions du Livre préconisent le jeûne, privation volontaire de nourriture et de boisson. Pour les juifs, la religion prescrit le jeûne pendant le Yom Kippour, la fête du grand pardon, un jour sans boire ni manger. Au IV^e^ siècle, l'Église catholique institue un carême

(les 40 jours qui précèdent la fête de Pâques) très rigoureux : un seul repas, le soir, sans viande, ni œufs, ni laitage, ni vin. Aujourd'hui, depuis le concile Vatican II (1962-1965), les règles se sont assouplies et les obligations sont devenues beaucoup moins formelles. L'abstinence de viande le vendredi a été supprimée. Les catholiques doivent néanmoins jeûner et s'abstenir de viande le mercredi des Cendres (jour qui marque l'entrée dans la période du carême) et le Vendredi saint (jour de la mort du Christ sur la croix) et faire pénitence chaque vendredi. Pour les croyants – le droit canon précise que « sont liés par la loi du jeûne tous les fidèles majeurs, à partir de 18 ans et jusqu'à la soixantième année commencée » – le jeûne a pour but de donner soif et faim de Dieu et de sa parole. Il n'est pas seulement un geste de pénitence, mais aussi un geste de solidarité avec les pauvres et une invitation au partage et à l'aumône. Il en est de même pour les musulmans pour qui le respect du jeûne du ramadan est l'un des cinq piliers de leur croyance. Pour les hindouistes, le jeûne n'est pas une pratique universelle, mais il est considéré comme une marque de dévotion, un sacrifice, un moyen d'aider à la méditation.

À l'écoute des philosophes et des thérapeutes

« Que ton aliment soit ton remède et ton remède ton aliment » (Hippocrate). Très tôt, philosophes et médecins font un lien entre les habitudes alimentaires, la santé et les comportements.

Les Chinois sont des précurseurs. Pour les adeptes du taoïsme, religion fondée sur l'enseignement de Lao-Tseu (V^e^ siècle av. J.-C.), la bonne santé d'un individu résulte d'un équilibre harmonieux entre deux forces qui s'opposent et se neutralisent, le yang et le yin. Le yang, c'est ce qui est mouvement, lumière, chaleur, douceur, légèreté et saveur piquante. À l'inverse, le yin est ce qui est noir, lourd, salé, froid, fragile et épais. Selon leur nature, les aliments réchauffent ou refroidissent, assèchent ou humidifient. Une maladie peut se déclarer si un déséquilibre s'installe. Par contre, une alimentation équilibrée renforce l'harmonie du corps et exerce une action préventive et curative sur notre santé. Les aliments yin – la majorité des fruits et des légumes – procurent de la fraîcheur à l'organisme et contribuent à régulariser un excès de chaleur du corps dû à des inflammations ou à une trop grande excitation. À l'opposé, le poulet, le mouton, le poireau, les oignons et le café sont de nature tiède, et le piment, l'ail, le gingembre et le poivre, de nature chaude. Intermédiaires, les oeufs, le raisin, le riz, la carotte, la pomme de

terre, la figue et le porc sont de nature neutre. Dans les années quatre-vingt, les nutritionnistes japonais cherchent à élucider les fondements scientifiques de la diététique chinoise traditionnelle et inventent le concept d'aliments fonctionnels (ou aliments-santé) dont ont su si bien s'emparer les grandes sociétés occidentales de l'industrie alimentaire.

Pour le médecin grec Hippocrate (460-370 av. J.-C.), à chacun de trouver un bon équilibre entre son alimentation et son activité physique : « aliments et exercices ont des vertus opposées, mais qui collaborent à la santé. Par nature, les exercices dépensent l'énergie disponible, les aliments et les boissons, eux, compensent les pertes. Il importe, à ce qu'il semble, de discerner la vertu des exercices naturels ou violents, il importe de discerner lesquels d'entre eux développent les chairs, lesquels les diminuent et non seulement cela, mais encore la proportion des exercices à l'égard de la quantité d'aliments, de la nature du patient, de son âge ». Proche du taoïsme, Hippocrate considère que l'action du médecin consiste à maintenir, ou à rétablir, un équilibre entre les forces qui s'opposent au sein du corps entre le cru et le cuit, le chaud et le froid, le sec et l'humide, l'amer et le doux. Il recommande que « durant l'hiver, les hommes mangent autant que possible, boivent le moins possible, et que cette boisson puisse être du vin, aussi peu dilué que possible, qu'ils mangent du pain s'ils le désirent, que la viande et le poisson soient rôtis, qu'ils mangent aussi peu de légumes que possible ». Pour lui, « un tel régime maintiendra son corps chaud et sec ». Durant l'été, en revanche, « le régime qui rafraîchit le corps se compose de céréales molles, de viandes bouillies, de légumes crus ou bouillis ; à ce moment de l'année, on prend de grandes quantités d'un vin très dilué ». Des régimes de transition sont prévus pour les saisons intermédiaires, afin de maintenir l'équilibre dans le corps entre les qualités opposées. Les conclusions d'Hippocrate reposent sur un constat : la digestion est une cuisson des aliments dans l'estomac avec la chaleur interne du corps. Aussi, le melon, humide et froid, est long et difficile à digérer car il faut longtemps pour le réchauffer. Mieux vaut donc le manger au début du repas.

L'enseignement d'Hippocrate va marquer l'Occident pendant deux mille ans. Ses prescriptions perdurent au Moyen Âge. En 1256, Maistre Aldebrandin de Sienne fait paraître « Le Régime du corps », premier ouvrage de diététique rédigé en langue française. Une fois décrites les qualités de cent soixante-treize aliments, il explique que de même que les sanguins sont chauds et humides, les irascibles, chauds et secs, les flegmatiques, froids et humides, les poissons et la

plupart des viandes sont plus ou moins froids et humides et les épices généralement chaudes et sèches. Il faut combiner harmonieusement ces aliments selon son tempérament. Le « Tacuinum sanitatis » (1370-1400), dérivé d'un ouvrage arabe composé au XI^e^ siècle par un médecin de Bagdad, est constitué de luxueux manuscrits dont les illustrations règlent la vie des hommes, surtout des princes, et en particulier leur nourriture et leurs boissons. Il recense les végétaux et les animaux indispensables à l'alimentation en reprenant les recommandations d'Hippocrate. Les mêmes idées y sont développées. La nature (ou la complexion) d'un aliment est d'être froide et humide, froide et sèche, chaude et humide ou chaude et sèche. Selon son tempérament, chacun doit rechercher ou limiter l'usage d'un aliment. Par exemple, la viande de veau est par nature chaude et humide, bonne pour les sujets qui ont une activité physique et particulièrement bénéfique aux personnes de complexion chaude, aux jeunes, au printemps et dans les régions méridionales. Par contre, elle est mauvaise pour ceux qui souffrent d'affections de la rate. À l'inverse, le lait caillé est de nature froide et humide. Il combat la flatulence de l'estomac et convient particulièrement aux complexions chaudes, aux jeunes, en été et dans les régions méridionales. Quant à la viande mijotée, elle est chaude et sèche, convient aux corps et estomacs humides et se révèle bénéfique aux complexions froides et humides et aux vieux, en hiver et dans les régions septentrionales.

Arnaud de Villeneuve, alchimiste et médecin de grande renommée qui vit au XIII^e^ siècle, estime qu'un abus de mets aillés et poivrés provoque la lèpre. Il déclare que l'usage immodéré d'aliments « mélancoliques ou flegmatiques » ou « trop froids et secs » (viandes de bœuf, d'âne et de porc malsain) et que les muscles mous conviennent aux intellectuels. Aux savants, il conseille de manger du pain à base de farine de blé, des blancs de poulet et de boire du vin blanc, toutes choses faciles à digérer.

Rien ne change au cours des siècles suivants. Descartes[1] se demande comment « la coction[2] se ferait en l'estomac si le cœur n'y envoyait de la chaleur par les artères et avec cela quelques-unes des plus coulantes parties du sang qui aident à dissoudre les viandes qu'on y a mises ? Et l'action qui convertit le suc de ces viandes en sang n'est-elle pas aisée à connaître si on considère qu'il se distille en passant et repassant par le cœur peut-être plus de cent ou deux cents fois chaque jour ? »

1. Descartes, 1637. Discours de la méthode, cinquième partie.
2. Emprunté du latin *coctio* : cuisson, digestion des aliments dans l'estomac.

Le mélancolique, qui est de tempérament froid et sec, doit manger des aliments chauds et humides et vivre dans un cadre lumineux. Au frénétique, est prescrit un régime froid et humide. Les épices, qui apportent de la chaleur, sont recommandées pour faciliter la digestion des viandes et des poissons, jugés trop froids. Mais des différences s'instaurent selon que l'on est riche ou pauvre : la viande de bœuf, grossière car issue de la terre, est jugée trop populaire par les notables qui préfèrent le gibier. Le pain complet, fait de farine non purifiée, est jugé bon pour ceux qui travaillent car ils ont besoin « d'une nourriture qui ait un suc gros, épais et visqueux »[1].

Au XVIII[e] siècle, Jean-Jacques Rousseau conseille de manger des fruits, des légumes et des laitages et de délaisser la viande car « l'une des preuves que le goût de la viande n'est pas naturel à l'homme est l'indifférence que les enfants ont pour ce mets-là et la préférence qu'ils donnent tous à des nourritures végétales, telles que le laitage, la pâtisserie, les fruits, etc. »[2]. Et il importe, selon le père du végétarisme, de ne pas dénaturer ce goût primitif et de ne point rendre les enfants carnassiers, car il est certain que les grands mangeurs de viande sont en général cruels et féroces plus que les autres hommes et que les grands scélérats s'endurcissent au meurtre en buvant du sang ! Et de citer Plutarque pour étayer ses vues : « Tu me demandes pourquoi Pythagore s'abstenait de manger de la chair des bêtes ; mais moi je te demande au contraire quel courage d'homme eut le premier qui approcha de sa bouche une chair meurtrie, qui brisa de sa dent les os d'une bête expirante, qui fit servir devant lui des corps morts, des cadavres et engloutit dans son estomac des membres qui, le moment d'auparavant, bêlaient, mugissaient, marchaient et voyaient… Comment avez-vous le cœur de manger avec le lait le sang des bêtes qui vous le donnent » ? Rousseau trouve quelques indices du caractère des gens dans le choix des aliments qu'ils préfèrent : « les Italiens qui vivent beaucoup d'herbages sont efféminés et vous autres Anglais, grands mangeurs de viande, avez dans vos inflexibles vertus quelque chose de dur et qui tient de la barbarie. Le Suisse, naturellement froid, impassible et simple, mais violent et emporté dans la colère, aime à la fois l'un et l'autre aliment et boit du laitage et du vin. Le Français, souple et changeant, vit de tous les mets et se plie à tous les caractères »[3].

Encore de nos jours, au XXI[e] siècle, en dépit des travaux des nutritionnistes, les produits artificiels font peur. Seul le « naturel » trouve

1. C. Estienne et J. Liébault, 1625. L'agriculture et la maison rustique.
2. J.J. Rousseau, 1762. Émile ou De l'éducation.
3. J.J. Rousseau, 1761. Julie ou la nouvelle Héloïse. Lettre X à milord Édouard.

grâce aux yeux des consommateurs qui oublient qu'il n'existe guère de plantes récoltées dans les champs et les vergers, ou d'animaux élevés dans les étables ou les poulaillers, ou d'aliments présentés dans leurs assiettes, qui n'aient été façonnés par la main des hommes. Et certains gourous, en mal d'argent facile, en ont fait leur fonds de commerce, pouvant aller jusqu'à mettre en danger leurs adeptes, tels les instinctothérapeutes qui recommandent, à la fin des années soixante-dix, de consommer exclusivement des aliments originels. Il faut, selon leur doctrine, « retourner à une alimentation telle que pouvaient se la procurer nos ancêtres avant le règne de l'artifice, tels les prédécesseurs de l'*Homo sapiens* ou leurs ancêtres plus ou moins simiesques ». L'instinct doit guider le mangeur : les céréales – à l'exception de l'épeautre, du riz et du seigle non modifiés par la main de l'homme (*sic*) – et le lait – car l'avènement de la vache est tardif dans l'évolution – sont prohibés, l'alimentation est crue (la cuisson dénature les produits naturels), les aliments sont pris séparément et non assaisonnés, l'eau est la seule boisson autorisée, la consommation de casse, un fruit tropical dont la prise facilite l'élimination des molécules non originelles, est recommandée. Quant à l'alimentation macrobiotique, apparue en France à la fin des années cinquante et avatar de la diététique chinoise traditionnelle, elle prône l'alimentation naturelle et le végétalisme, un modèle d'alimentation qui exclut tous les produits d'origine animale (viande, lait, œufs, poissons, fromages). Récemment, et sous des abords apparemment sérieux, car intégrant le langage de la science, plusieurs ouvrages – certains écrits par des médecins et relayés par les médias – jettent l'opprobre sur le lait dont la dangerosité ne serait plus à démontrer ! Les hommes qui boivent du lait depuis des millénaires et durant leur enfance ont donc tout faux. Et les diététiciens et médecins nutritionnistes également.

Beaucoup plus raisonnables, des associations de consommateurs mènent, au tournant du III^e^ millénaire, des combats utiles, bien que parfois polémiques et contestables, pour se prémunir contre l'addition dans les aliments de produits chimiques par nature artificiels – conservateurs et autres colorants de synthèse – dont elles craignent qu'ils soient nuisibles à notre santé. Elles invitent les pouvoirs publics à légiférer et incitent les professionnels de l'agriculture et de l'industrie à la prudence et à la modération.

La diététique devient une science

Que nous buvions un bol de lait à notre petit déjeuner, mangions un steak-frites à midi ou préparions une omelette aux fines herbes

pour dîner, que nous consommions du pain, des fruits ou du poisson, ce sont toujours les mêmes besoins fondamentaux de notre corps que nous cherchons à satisfaire. Besoins en énergie pour faire tourner notre moteur corporel, besoins en molécules indispensables à la reconstruction quotidienne de nos cellules et à l'entretien des fonctions vitales de l'organisme, besoins pour assurer notre croissance (si elle n'est pas terminée), besoins spécifiques de la maternité et de l'allaitement, besoins, enfin, pour compenser les prélèvements opérés sur nos réserves afin de combler les dépenses liées à nos activités physiques et intellectuelles. Sans préjuger du plaisir que nous prenons à faire un bon repas.

Voilà qui nous semble évident aujourd'hui. Et pourtant, quel chemin parcouru en 150 ans depuis les travaux de Claude Bernard sur la digestion. L'auteur de l'« Introduction à la médecine expérimentale » (1856), pour qui la fonction de l'appareil digestif ne se limite pas à liquéfier les aliments comme on le croit avant lui, découvre le rôle du foie dans la transformation, le stockage et l'utilisation du sucre dans l'organisme. Il démontre que le pancréas contribue à maintenir constante la teneur en sucre dans le sang et sécrète une substance permettant la digestion des graisses.

Peu de temps auparavant, en 1833, le chimiste français Anselme Payen isole, d'un extrait de malt, une substance qui catalyse la transformation de l'amidon en glucose : les enzymes sont découvertes. Leurs rôles au cours de la digestion des aliments se révèlent progressivement au cours des décennies qui suivent. Puis vient le tour des protéines, en 1835, avec le chimiste hollandais Gerrit Mulder, « le premier à avoir trouvé que la viande est présente dans le pain (blé) et le fromage dans l'herbe » – selon ses propres termes – qui montre que le blanc d'œuf est une matière constituée de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote (ainsi que d'un peu de phosphore et de soufre). Il trouve que des substances identiques – que le Suédois Berzelius suggère de nommer « protéines », du grec *protos* (premier) – sont présentes dans de nombreux tissus animaux et végétaux. À mi-parcours du XIX^e^ siècle, les chimistes savent qu'il existe trois grandes familles de nutriments dans les aliments : les protéines, les matières grasses (ou lipides) et les hydrates de carbone (ou glucides).

Pendant la première moitié du XX^e^ siècle, médecins, biologistes et chimistes unissent leurs efforts pour comprendre comment notre organisme assimile les aliments qu'il ingère, ce qui lui fait du bien et ce qui lui fait du mal. Leurs premiers travaux ont pour objectif de découvrir les nutriments essentiels, ceux qui sont indispensables

pour maintenir le corps en vie, mais que l'organisme ne sait pas fabriquer et qui doivent donc être fournis par notre alimentation. Les découvertes se succèdent. Celle des vitamines est à l'origine d'une révolution culturelle chez les médecins. Jusqu'alors, aucun n'a imaginé qu'une substance, administrée en très petites quantités, peut être indispensable à la vie, d'où le nom de « vitamine » que Casimir Funk donne en 1911 à un facteur nutritionnel découvert vingt ans plus tôt par Christiann Eijkman dans le riz entier. On parle dorénavant de maladies de carence.

Du scorbut à la vitamine C, l'histoire du premier essai nutritionnel contrôlé

Raccourci saisissant des démarches suivies par les chercheurs, l'histoire de la vitamine C mérite d'être contée.

Le scorbut, décrit au temps des croisades, tue par épuisement ceux qui en sont atteints. Les symptômes sont connus : fatigue, oedèmes des bras et des jambes, hémorragies nasales, saignement des gencives, ecchymoses sous-cutanées, déchaussement des dents. On l'appelle la maladie des marins ou la peste des mers. Les marins ayant participé aux explorations maritimes entre les XV^e^ et XVII^e^ siècles lui ont payé leur tribut. Durant leurs longues traversées vers les Amériques, les esclaves noirs en souffrent très souvent.

Au milieu du XVIII^e^ siècle, la preuve, apportée par le chirurgien de la marine écossaise James Lind (1716-1794), de l'effet préventif et curatif des agrumes change la donne. C'est au terme d'une expérimentation rigoureuse, premier exemple connu d'un essai nutritionnel contrôlé portant sur des sujets humains, qu'il conclut que les agrumes guérissent et protègent du scorbut. Le 20 mai 1747, à bord du Salisbury, il administre six traitements différents à douze marins scorbutiques répartis par groupe de deux. Il complète leur régime de base (gruau de céréales, bouillon de viande, biscuit, pudding), le même pour tous, par un quart de cidre, de l'eau de mer, vingt-cinq gouttes d'acide sulfurique trois fois par jour, un mélange d'ail, de moutarde et de raifort, deux cuillères de vinaigre, deux oranges et un citron. Six jours après, les marins qui ont mangé des oranges et des citrons sont les seuls guéris. La conclusion est facile à tirer.

Au début du XX^e^ siècle, les chimistes entrent dans le jeu en découvrant que le scorbut est dû à une carence en une unique molécule, la vitamine C, à laquelle le Hongrois Albert Szent-Györgyi donne le nom d'acide ascorbique. Le principe actif est extrait du jus de citron en 1912, sa structure établie en 1932 et sa synthèse réalisée quelques mois plus tard. En 1933, la société Hoffmann-La Roche fabrique la première vitamine synthétique, la vitamine C, en tout point identique à son homologue naturel.

Au fil des ans, les structures des protéines, des lipides et des glucides sont élucidées, mettant en évidence, au sein de chacune de ces familles de composés organiques, une similitude d'organisation et une diversité de fonctions. Il devient possible de préciser la composition des aliments en indiquant leurs teneurs en acides aminés, en acides gras, en glucides simples et complexes, en minéraux et en vitamines. Le rapprochement des travaux conduits par les médecins et par les chimistes – qualifiés dorénavant de biochimistes car ils s'occupent de la composition des substances qui constituent les organismes vivants – permet, enfin, de jeter les bases de la nutrition moderne.

Aujourd'hui, les nutritionnistes nous apprennent que nous avons besoin de manger des glucides, des protéines et des lipides en grande quantité (on les appelle des macronutriments) ainsi que des minéraux et des vitamines dont les apports quotidiens utiles peuvent être inférieurs à quelques grammes, voire quelques microgrammes (on les appelle des micronutriments). Sans oublier l'eau, bien sûr. Les vitamines, certains acides aminés (lysine, tryptophane), des acides gras (acide linoléique et acide alpha-linolénique) et des minéraux (cuivre, fer, zinc, etc.) sont identifiés comme indispensables. L'aliment unique, qui contiendrait la totalité de l'énergie et des nutriments dont nous avons besoin, n'existe pas. Il est donc souhaitable d'avoir une alimentation diversifiée à base de viande, de poissons et d'œufs, de produits laitiers, de graisses animales et végétales, de glucides complexes et simples, de fruits et de légumes.

On découvre progressivement que certains aliments provoquent de violentes réactions de rejet chez certains consommateurs. Ce sont des allergies qui résultent d'une hyperréaction du système immunitaire à une protéine présente dans un aliment. Les arachides sont l'un de ceux qui provoquent les plus fortes réactions chez les individus sensibles. Leur consommation peut provoquer le décès du patient. De très faibles prises, ou des contaminations à l'état de traces dans des aliments censés ne pas en contenir, suffisent à provoquer de graves accidents.

On découvre, mais beaucoup plus récemment, que le tube digestif – avec ses 400 mètres carrés de surface développée et ses 50 milliards de cellules épithéliales qui se renouvellent quotidiennement – est un système extrêmement complexe dont la fonction n'est pas uniquement digestive, que ses parois et la flore microbienne y résidant s'opposent au passage des micro-organismes pathogènes et des substances toxiques dans le sang. Notons que l'homme héberge quelques centaines de milliers de milliards de bactéries, soit dix fois

plus que les cellules qui composent notre corps ou encore 1 kilo de matière vivante chez l'adulte. Le tube digestif, notre principal organe immunitaire, est équipé d'un système nerveux qui fournit au cerveau bon nombre des informations qui lui parviennent. L'intestin est à la fois un distributeur d'énergie et de molécules, un épurateur qui détoxique et assainit, un « cerveau » secondaire[1] qui communique en permanence avec l'encéphale. De ce fait, son dysfonctionnement est à l'origine de troubles qui dépassent singulièrement de simples ennuis digestifs. Et il mérite, à ce titre, une attention toute particulière, celle de recevoir l'alimentation qui lui convient le mieux.

La manière dont notre corps élimine les substances toxiques, éventuellement présentes dans les aliments, est mieux comprise. Plusieurs organes interviennent : les intestins dont on sait depuis longtemps qu'ils sont la voie privilégiée de rejet des déchets non assimilés au cours de la digestion, les reins dans lesquels le sang est filtré et les déchets solubles dans l'eau concentrés puis rejetés par les urines, le foie, enfin, un centre d'épuration transformant les molécules étrangères à l'organisme – les xénobiotiques – en substances moins toxiques qui sont ensuite éliminées par les intestins *via* la voie biliaire. Le foie possède des enzymes qui greffent, sur ces molécules toxiques, des groupements hydrophiles pour les rendre solubles dans l'eau et favoriser leur élimination. C'est en particulier ce qui se produit pour les pesticides susceptibles de contaminer les aliments : après ingestion, ils franchissent les parois intestinales, puis gagnent la circulation sanguine, avant de rejoindre le foie où ils sont « pris en charge ».

Les bases d'une alimentation équilibrée

L'apport énergétique doit être équilibré pour que le poids reste stable et il convient d'adapter les entrées aux sorties, ce qu'enseignait déjà Hippocrate. Les dépenses énergétiques dépendent de la composition corporelle, principalement de la masse maigre, et du niveau d'activité physique, lequel joue un rôle régulateur important. Les aliments riches en sucres et en lipides (barres chocolatées, pâtisseries, collations diverses) apportent beaucoup de calories sous un faible volume, leur teneur en micronutriments est faible, il faut donc éviter d'en consommer de manière excessive, surtout si l'on fait peu d'exercice physique. C'est également le cas des boissons sucrées que les enfants et les adolescents boivent en trop grandes quantités.

…/…

1. Les Américains le surnomment « the little brain » (le petit cerveau).

Les glucides doivent représenter 50 à 55 % des apports énergétiques totaux, les protéines 30 à 35 % et les lipides 11 à 15 %[1]. Le bon carburant est le GPL 312 (trois calories d'origine glucidique pour une d'origine protéique et deux d'origine lipidique). Le cerveau est un très gros consommateur d'énergie et d'oxygène, en quantités plus importantes chez le jeune enfant que chez l'adulte. Il consomme chaque jour plus de 100 grammes de glucose, à peu près l'équivalent des sucres apportés par les trois-quarts d'une baguette.

Afin d'accroître les apports caloriques d'origine glucidique, il faut encourager la consommation d'aliments contenant des glucides complexes (produits céréaliers et légumineuses) sous une forme non ou peu raffinée. Les calories qu'ils fournissent sont en effet accompagnées de micronutriments (oligoéléments et vitamines) et de fibres.

Un bon équilibre entre les protéines d'origine animale et celles d'origine végétale est à rechercher. Les produits d'origine animale sont riches en protéines très digestibles et en acides aminés indispensables, mais le sont souvent aussi en lipides, ce qui les pénalise. Les protéines végétales, souvent associées à des glucides complexes comme dans les produits céréaliers et les légumineuses, ont une composition moins bien équilibrée en acides aminés indispensables. En conclusion, il faut manger des deux !

L'excès d'apport en lipides concerne particulièrement les acides gras saturés dont la consommation est associée à un risque accru d'obésité, de maladies cardio-vasculaires et de certains cancers. Les aliments responsables sont des produits d'origine animale : viandes, charcuteries et produits laitiers. En revanche, la consommation d'acides gras mono-insaturés et polyinsaturés, tels que les oméga-3 et les oméga-6, peut être recommandée.

Les éléments minéraux sont classés en deux catégories : les macroéléments (sodium, potassium, chlore, calcium, phosphore et magnésium) dont les besoins journaliers sont de l'ordre du gramme, et les oligoéléments (fer, zinc, cuivre, manganèse, iode) dont les apports utiles sont inférieurs à 20 milligrammes. Les apports en sodium dépassent souvent les besoins physiologiques, les hypertendus doivent en restreindre la consommation. Les besoins en potassium et en phosphore sont couverts par une alimentation normale.

Les apports en eau sont souvent inadaptés, principalement chez les personnes âgées. Les besoins, estimés à 2 600 millilitres par jour, sont couverts par les boissons (1 300 millilitres), les aliments (1 000 millilitres) et le métabolisme interne des individus (300 millilitres).

Source : Cahiers de nutrition et de diététique, 36, hors-série 1, 2001.

1. Un gramme de glucides apporte 4 kilocalories, un gramme de protéines 4 kilocalories et un gramme de lipides 9 kilocalories.

La digestion d'une bouchée de pain

Le pain est un aliment hétérogène constitué de la croûte (dont la température a atteint 220 °C dans le four de cuisson) et de la mie (dont la température est restée au-dessous de 100 °C). Ses principaux constituants sont de l'amidon gélatinisé, des protéines dénaturées par la chaleur et des fibres. S'y ajoutent très peu de lipides, des minéraux, guère de vitamines et des molécules complexes issues des traitements thermiques intervenant en cours de cuisson. Sans oublier l'eau.

Dans la bouche, un morceau de pain s'imprègne de salive (nous en sécrétons près d'un litre par jour), se ramollit, est dilacéré par la mastication, puis subit l'action des amylases naturellement présentes dans la salive. L'hydrolyse de l'amidon (gélatinisé au cours de la cuisson du pain) commence en libérant du maltose. Mis au contact de la voûte du palais, les fragments de pain sont déglutis (selon un mécanisme réflexe) et pénètrent dans l'œsophage où ils avancent à la vitesse d'environ 3 centimètres par seconde, sous l'effet des contractions péristaltiques avant de tomber dans l'estomac. Ceux qui viennent au contact des parois s'imprègnent des sucs gastriques, ceux qui en sont éloignés continuent à subir la digestion salivaire.

Dans l'estomac, la bouchée de pain se prépare à la digestion intestinale. Elle y est broyée et dissoute dans l'acide chlorhydrique, l'hydrolyse des glucides se poursuit avec les amylases salivaires tant que le pH est élevé, la pepsine commence à hydrolyser les protéines en petits peptides lorsque l'acidité du milieu devient suffisante (pH < 3,0), les fibres sont désagrégées, les lipides ne sont pas attaqués.

L'évacuation du contenu gastrique vers l'intestin grêle (duodénum, jéjunum et iléon), en franchissant le pylore, intervient lorsque tous les aliments sont totalement broyés et que le chyme (bouillie alimentaire au moment où elle quitte l'estomac) est homogène. Le contact des aliments avec le duodénum détermine la sécrétion de la bile et des enzymes pancréatiques. La bile qui joue surtout un rôle dans la digestion des matières grasses n'agit guère sur la digestion du pain. Les amylases pancréatiques et intestinales terminent la transformation de l'amidon en glucose, alors que les enzymes protéolytiques, notamment la trypsine, achèvent celle des protéines et des peptides en acides aminés. On retrouve dans le gros intestin les fibres et autres polysaccharides qui ont résisté à l'action des enzymes. Une partie d'entre eux est transformée par les micro-organismes présents dans le gros intestin, l'autre partie est éliminée. Les mouvements péristaltiques qui se produisent dans les deux intestins assurent le déplacement de leur contenu.

Pour l'essentiel, la bouchée de pain est maintenant transformée, à l'exception des fibres, en molécules solubles en milieux aqueux, du glucose et des acides aminés. Celles-ci rejoignent la circulation sanguine en traversant la muqueuse intestinale, puis gagnent les cellules de tous les tissus. En cas de privation, le cerveau, gros consommateur de glucose, est servi le premier.

La vitesse de libération du glucose et de son passage dans le sang dépend

…/…

de la nature des farines, des conditions de cuisson du pain et des proportions de croûte et de mie. Plus le glucose passe lentement dans le sang, plus les apports énergétiques de la bouchée de pain s'étalent dans le temps. En général, la digestion complète des glucides dure 15 à 20 heures après l'ingestion du repas, mais la majeure partie est digérée dans l'intestin grêle au bout de quelques heures.

Cependant, les avancées de la science ne modifient que très lentement le comportement des consommateurs. Ceux-ci ont du mal à s'y retrouver devant l'avalanche des informations parfois contradictoires qui les submergent. Un jour, les pâtes sont condamnées car elles font grossir. Le lendemain, elles sont portées aux nues car ce sont des coupe-faim qui ne libèrent que progressivement leurs glucides et aident à tenir le coup au cours d'un effort prolongé. Faute de comprendre les messages officiels, les consommateurs se fient à leur bon sens, sinon à leur instinct. Médecins et pouvoirs publics s'avouent impuissants à faire évoluer les comportements. Inutile de prescrire, on peut tout au plus informer les citoyens et les renvoyer à leurs propres choix !

L'obésité, un phénomène de société

En ce début du XXIe siècle, l'obésité est le cheval de bataille des nutritionnistes et des pouvoirs publics. Elle ne laisse pas insensible l'industrie alimentaire qui part à la conquête des marchés ouverts par la nouvelle cible que sont les obèses et ceux qui craignent de le devenir.

Pour mesurer l'état de surcharge pondérale, les médecins disposent d'un indicateur utile bien qu'un peu arbitraire : l'indice de masse corporelle (IMC). Celui-ci se calcule en divisant le poids exprimé en kilos par la taille au carré exprimée en mètres : IMC = poids (kg)/taille (m^2). Le tableau 4 présente l'interprétation de la valeur IMC pour un adulte.

Tableau 4 – Interprétation de l'indice de masse corporelle pour un adulte

Valeur de l'indice de masse corporelle	Charge pondérale
Inférieur à 18,5	Insuffisance pondérale
Entre 18,5 et 25	Poids satisfaisant
Entre 25 et 30	Surcharge pondérale
Entre 30 et 35	Obésité modérée
Entre 35 et 40	Obésité sévère
Au-delà de 40	Obésité morbide

Selon cet indice, les Français sont de plus en plus gros. En vingt-cinq ans, le nombre d'obèses a doublé, passant de 6 % en 1980 à 12 % en 2005. Celui des personnes considérées comme ayant un poids satisfaisant a diminué de 5 % entre 1997 et 2003, passant de 63 % à 58 % de la population. Les enfants sont les plus touchés. Le pourcentage de ceux qui sont en surpoids ou obèses augmente rapidement : 5 % en 1980, 12 % en 1996 et 16 % en 2000. Le rythme de progression est celui des États-Unis où, en 2004, plus de 55 % de la population américaine souffre de surcharge pondérale. Environ 27 % des hommes et 38 % des femmes sont considérés comme obèses dans certains pays de l'Union européenne.

Plusieurs maladies sont associées à l'obésité : diabète, hypertension, hypercholestérolémie, insuffisance cardiaque, apnée du sommeil, cancer de l'intestin. Aux États-Unis, le diabète a augmenté de 76 % chez les trentenaires et de 33 % dans la population, entre 1990 et 1998. Une nouvelle forme de diabète précoce, le diabète de type 2 (dit diabète gras), affecte certains enfants obèses vers l'âge de onze ans, principalement au sein des minorités ethniques pauvres (les premiers cas de diabète atypique de l'enfant sont diagnostiqués en France en 1999). Pour l'année 2000, les centres américains de contrôle et de prévention des maladies ont recensé 400 000 décès attribuables à une surcharge pondérale, soit 16,6 % de la mortalité totale. L'obésité y devient la deuxième cause de mortalité juste après le tabagisme. En France, trente à soixante mille décès y seraient liés.

Depuis 2001, l'obésité des enfants est reconnue comme un enjeu majeur de la santé publique par les experts du Programme national nutrition santé. Mais les parents n'y croient guère ou ne prêtent pas attention au cri d'alarme des médecins : produits de grignotage, boissons sucrées, sucreries et autres coupe-faim à haute densité énergétique ne sont toujours pas bannis de l'alimentation quotidienne des enfants.

Et pourtant, l'obésité se vit mal, plus en France qu'aux États-Unis où le regard des uns sur le corps des autres n'est pas aussi critique que dans notre pays. C'est un changement d'attitude par rapport aux canons de la société du XIX^e^ siècle qui préférait des formes avantageuses – le qualificatif n'est pas neutre – à des silhouettes élancées. Le mal-être des obèses se manifeste par des complications de nature psychologique (dépression et perte d'estime de soi) ou d'ordre social (discrimination et isolement). Sans parler des difficultés rencontrées au quotidien par les individus souffrant d'obésité massive, par exemple l'inadéquation de la largeur des sièges mis à leur disposition dans les transports collectifs (trains, avions). Plus inquiétant encore, l'excès de graisse est le facteur de risque majeur du diabète et contribue aux maladies cardio-vasculaires précoces et à l'apparition de certains cancers.

Lutter contre l'obésité : dix recommandations du Parlement européen (février 2007)

• Reconnaître l'obésité comme maladie chronique pour éviter la stigmatisation et la discrimination.
• Identifier des possibilités financièrement avantageuses pour associer les services de santé au secteur industriel.
• Toute politique de prévention de l'obésité doit s'inscrire sur toute la durée de l'existence, dès la période prénatale et jusqu'à un âge avancé.
• L'éducation en matière de nutrition et de santé, commencée dès le plus jeune âge, est fondamentale.
• L'école est le lieu où les enfants passent le plus grand nombre d'heures : il est donc essentiel que le milieu scolaire – et tout particulièrement les cantines scolaires – encourage les jeunes enfants à développer leur goût.
• Transmettre aux enfants des habitudes alimentaires saines et fournir une alimentation de qualité répondant à des normes nutritionnelles élevées.
• Garantir que les enfants disposent de suffisamment d'équipements destinés à la pratique du sport et aux activités physiques à l'école.
• Les campagnes télévisées de publicité et de promotion d'aliments, destinées exclusivement aux enfants, doivent être encadrées au niveau de l'Union grâce à la révision de la directive « Télévision sans frontières ».
• La tendance de l'industrie alimentaire européenne à agir concrètement, pour un recentrage de l'offre commerciale aux enfants et pour la mise en place d'un étiquetage nutritionnel de leurs aliments et boissons, est un pas dans la bonne direction.
• Inclure dans la prévention les nouvelles formes de publicité destinées aux enfants, telles que les messages SMS, les jeux en ligne et le parrainage d'aires de jeux.

La restauration rapide, le grignotage, la consommation excessive de boissons sucrées, la publicité ont leur part de responsabilité. L'industrie alimentaire et les distributeurs automatiques de produits gras ou sucrés sont mis en accusation. Certaines entreprises – on se gardera de généraliser – ont compris qu'elles pouvaient améliorer leur rentabilité en vantant les mérites d'aliments et de boissons dont la composition flatte le goût, faciles à distribuer et à consommer, mais loin de satisfaire les canons d'une bonne diététique. On pense notamment aux barres chocolatées et énergétiques, aux céréales pour petits déjeuners et aussi à des produits laitiers, geste santé du matin, dont une portion individuelle aromatisée de cent grammes contient l'équivalent calorique de quatre morceaux de sucre.

Mais, s'il est vrai qu'un accès facile à des produits très énergétiques ne facilite pas le combat des pouvoirs publics, des médecins et autres diététiciens contre l'obésité, il n'en est pas moins réducteur. Il est donc peu efficace de se contenter de montrer du doigt les corporations qui seraient les seules responsables de ce qu'il faut bien qualifier de pandémie. L'un des coupables est l'évolution de nos modes de vie. Passant de nombreuses heures devant la télévision, l'ordinateur et les jeux vidéo, privilégiant la voiture à la marche, insuffisamment sportifs, en bref plus statiques qu'autrefois, les Français ne « brûlent » pas suffisamment de calories. De ce point de vue, les données suivantes sont instructives : un adulte ne brûle que 90 kilocalories en regardant sa télévision pendant une heure, il en brûle au moins 300 en faisant son jogging (tableau 5).

Tableau 5 – Influence de l'activité physique sur la consommation de calories

Catégorie d'activité	**kcal/h**
Sommeil, repos en position allongée ou assis.	60
Activités en position assise : télévision, ordinateur, jeux de société ou vidéo, repas, lecture, travail de bureau, couture, transport	90
Activités en position debout : toilette, habillage, repas, soins aux enfants, petits déplacements, travaux ménagers, cuisine, conduite d'engins	120
Gymnastique, jardinage, marche, activités ménagères intenses, activités professionnelles manuelles debout et d'intensité moyenne	170
Activités professionnelles d'intensité élevée (maçonnerie, réparation auto)	200
Activités sportives (ski, tennis, course à pied, natation, cyclisme), activités professionnelles très intenses (travaux forestiers, terrassement)	> 300

Après les médecins, les associations de consommateurs et les responsables politiques s'inquiètent. Des mesures sont envisagées en matière d'éducation et d'information. Les industriels de l'alimentation pourraient être contraints à porter à la connaissance des consommateurs davantage de données nutritionnelles – la densité calorique (quantité de calories par gramme de produit) et la composition en sucres et en graisses – en procédant à un étiquetage plus

complet. Des activités physiques durant trente minutes au moins seraient proposées aux enfants chaque jour dans les écoles. De l'eau – en lieu et place de boissons sucrées et payantes – serait mise à la disposition des jeunes et des adultes.

Mais d'autres facteurs sont en jeu. Il existe en effet une hérédité de l'obésité. Parfois – c'est très rare – un seul gène est concerné et les facteurs de l'environnement (modes d'alimentation, activités physiques) n'ont que peu d'effet. Le plus souvent, l'obésité est le résultat d'interactions entre le patrimoine héréditaire d'un individu et son mode de vie : à mode de vie identique, certains individus deviennent obèses, d'autres non. Placé dans une situation « obésigène », un individu à faible risque devient obèse alors que celui qui a un risque élevé de développer une obésité en sera protégé s'il respecte une hygiène de vie suffisamment stricte.

Les généticiens considèrent qu'une autosélection naturelle a pu se produire chez nos ancêtres pour un génotype[1] de survie en cas de famine. Les « allèles économes » dont ils étaient dotés leur auraient permis de vivre sur leurs réserves en cas de pénurie, en favorisant des réponses d'épargne face aux restrictions alimentaires (l'énergie fournie par les aliments était plus aisément stockée sous forme de graisses). Source de vie autrefois, ces gènes ont pu se transformer en « allèles de l'obésité » dans notre société contemporaine.

Mieux manger pour bien veillir

C'est à partir de la fin des années soixante-dix que les consommateurs marquent un intérêt croissant pour une alimentation qui préserve leur santé. Aux États-Unis, la médiatisation internationale du rapport du sénateur Mc Govern, *Dietary goals for the United States,* publié en 1977, les a alertés, en particulier son constat préliminaire : « Notre alimentation [celle des Américains] a radicalement changé en une cinquantaine d'années, avec des conséquences importantes et souvent très graves pour notre santé […]. Trop de matières grasses, trop de sucre et de sel ont un lien direct avec les maladies du cœur, le cancer, l'obésité et les attaques entre autres mortelles. En tout, six des dix causes majeures de décès aux États-Unis sont liées à notre alimentation ».

1. Le génotype est l'ensemble de l'information génétique d'un individu. Un allèle est l'une des deux ou plusieurs formes alternatives d'un gène occupant le même locus sur un chromosome particulier.

Les médecins s'inquiètent de l'évolution des modes de consommation et de leur incidence sur de nombreuses pathologies. De nouvelles priorités se dessinent pour les chercheurs qui accordent une place plus importante aux effets positifs de certains modes d'alimentation sur la santé. Au Japon, pays dont les chercheurs ont étudié les fondements scientifiques des bienfaits de la cuisine chinoise traditionnelle, apparaît la notion d'aliment fonctionnel, qui sera traduite en France par aliment-santé ou alicament. Le néologisme « nutraceutique », chimère des mots nutrition et pharmaceutique, voit le jour, sous-entendant qu'un aliment pourrait être un médicament, ce que récusent les spécialistes de la santé.

Une étude[1] menée en France entre 1994 et 2003 marque les esprits. Elle montre qu'un apport adéquat en vitamines et en minéraux antioxydants, équivalent à celui fourni par une alimentation équilibrée et riche en fruits et en légumes (par exemple : 100 grammes de carotte, 150 grammes de chou vert et une orange à midi, 120 grammes de brocoli et une pomme le soir), peut réduire la mortalité et les risques de cancer en Occident, du moins chez les hommes. Pour la première fois, la preuve est faite des effets protecteurs, contre le cancer, des constituants fournis par la consommation de certains aliments. En revanche, aucun effet n'est observé sur les maladies cardio-vasculaires.

Les nutritionnistes et les cancérologues l'affirment avec de plus en plus d'insistance et de conviction, 30 à 40 % des cancers pourraient être évités si les consommateurs suivaient leurs recommandations : éviter un surpoids, avoir une activité physique équivalente à une demi-heure de marche au moins par jour (et un peu plus une fois par semaine) et s'alimenter de manière appropriée. Ces spécialistes encouragent la consommation de fruits et de légumes afin de réduire les risques de cancer et d'accidents cardio-vasculaires. Pour eux, avoir une alimentation variée et équilibrée, c'est consommer 400 à 800 grammes de fruits et légumes tous les jours (4 à 5 prises), manger régulièrement des aliments à base de céréales qui soient riches en fibres (pain, pâtes, blé légume, riz complet), consommer avec modération les produits fumés et salés (les poissons notamment), les charcuteries et les graisses (pas plus d'un tiers des apports énergétiques de la ration quotidienne) et limiter l'absorption d'alcool, quelle qu'en soit la source (moins de deux verres de vin par jour pour les hommes, moins d'un verre pour les femmes). Un petit

1. Étude SU-VI-MAX (Supplémentation en vitamines et minéraux antioxydants).

excès pour un grand plaisir, de temps en temps, ne fait pas de mal, mais il vaut mieux, de manière régulière, privilégier le poisson et les viandes maigres aux viandes rouges et éviter de manger trop souvent des aliments cuits à des températures élevées (grillades, barbecues, fritures). Si on ne peut s'en empêcher, on ne mangera pas les parties carbonisées, ce sera un moindre mal.

Suivre ces recommandations ne supprime certes pas les risques de cancer, mais diminue de manière significative la probabilité de tomber malade (tableau 6).

Tableau 6 – Cancers liés à l'alimentation

Nature du cancer	**Nombre de cancers évités avec une alimentation raisonnée (en % du nombre total de cancers)**
Bouche, pharynx, larynx	33-50
Œsophage	50-75
Poumon	20-30
Estomac	65-75
Pancréas	33-50
Côlon	65-75
Vessie	10-20

Pour diminuer leur taux de cholestérol, les Français réservent un accueil enthousiaste à des margarines et à des yaourts enrichis en phytostérols, molécules d'origine végétale, que leur proposent les firmes alimentaires. Aux États-Unis, où les accidents cardiaques sont responsables d'un décès sur cinq, diminuer le taux du mauvais cholestérol, ou cholestérol LDL *(Low density lipoprotein)*, chez les adultes, en proposant une alimentation adaptée (diminution de la consommation d'acides gras saturés, de matières grasses et de cholestérol), est une priorité nationale. Les industries céréalières y préconisent la consommation de bêta-glucanes, des fibres solubles présentes en grande quantité dans l'avoine et l'orge. Un extrait d'avoine, l' « oatrim », contenant 10 % de bêta-glucane, y rencontre un grand succès après que la *Food and Drug Administration* a reconnu en 2003 ses effets positifs.

Fin 2005, la barrière traditionnelle séparant les médicaments et les aliments est si près d'être franchie qu'une société d'assurance, invoquant une vaste campagne de prévention en faveur de la « valorisation du régime alimentaire dans la lutte contre l'excès de cholestérol »,

n'hésite pas à encourager la consommation de produits réputés anti-cholestérol. La société propose des diminutions de primes à ses adhérents qui apporteraient des preuves d'achat de ces produits (margarine, yaourt, boisson lactée)[1]. Le caractère médicamenteux de ces derniers est clairement affirmé par ceux qui promeuvent leur consommation. Ne sont-ils pas en effet les premiers à préciser qu'ils sont « exclusivement destinés aux personnes qui doivent réduire leur taux de cholestérol sanguin, qu'ils ne sont pas destinés aux femmes enceintes ou allaitant, ou aux enfants de moins de 5 ans, et que les patients sous hypocholestérolémiant doivent consulter leur médecin » ? Voilà donc un aliment qui pourrait mériter, avant de l'acheter, une visite chez le médecin généraliste. Et pourquoi pas, bientôt, le yaourt au paracétamol pour combattre la douleur ? Avec une prise de position du ministre de l'Agriculture qui évoque la « confusion des genres » et estime qu' « il ne faut pas faire croire que ces alicaments sont des médicaments », le débat devient politique. Et n'a pas fini de rester ouvert, en attendant les prochaines directives communautaires.

Les mots oméga-3, oméga-6, phytostérol, antioxydant, anti-cholestérol, polyphénol, fibre, probiotique, prébiotique et micronutriment ont quitté les ouvrages de biochimie médicale au cours des années quatre-ving-dix pour envahir les services de marketing des firmes alimentaires, les pages publicitaires des médias et les étiquettes portées sur les aliments. Régimes crétois ou méditerranéens deviennent des références qui font vendre. Les consommateurs croulent sous des informations qui leur prédisent le pire et le meilleur et ne savent plus à quelles molécules se vouer. Certaines sont vendues, sous une forme plus ou moins purifiée, sous le vocable de compléments alimentaires dont la preuve de l'efficacité reste toujours à apporter (l'administration de pilules de bêta-carotène n'a pas provoqué les effets escomptés) et qui, en tout état de cause, relèvent plus de la pharmacopée que de l'alimentation. La composition des aliments est trop complexe pour pouvoir réduire leurs effets à l'une ou l'autre seulement des molécules qui les composent. Et pourtant, des épidémiologistes renommés, Walter Willet (professeur à l'École de santé publique de Harvard) par exemple, estiment plus simple, et sans doute aussi efficace, de prendre un comprimé de calcium plutôt que d'accroître la consommation de produits laitiers, ou d'avaler une capsule composée d'un cocktail complexe de vitamines et de minéraux afin de compenser une consommation insuffisante de fruits et légumes.

1. Cette expérience, un échec, a été arrêtée en 2007.

Vers 1980, surfant sur le concept d'aliments bons pour la santé, les entreprises misent sur la commercialisation de produits allégés dont la consommation ne fait pas grossir. Les pâtisseries sont leur première cible, elles sont aussi leur premier échec. Les produits à faible teneur en matière grasse sont moins bons et les consommateurs font grise mine : quand on mange un gâteau, c'est pour se faire plaisir, ce n'est pas pour maigrir ! Les aliments-santé de seconde génération sont les aliments « avec » (riches en nutriments positivement actifs) et non plus les aliments « sans » (appauvris en graisses, en sucres ou en sel). Cette fois-ci, c'est la réussite commerciale. La boisson lactée « Actimel » au lactobacille *Casei defensis* de Danone et la margarine « Pro-activ » aux phytostérols de Fruit d'Or (Unilever) font un malheur. De nombreuses entreprises s'engouffrent dans ce nouveau marché avec des produits lactés et des corps gras anticholestérol, des produits céréaliers (pains, pâtes alimentaires), des huiles, des ovo-produits enrichis en oméga-3, des yaourts et des boissons lactées contenant des probiotiques (micro-organismes censés dresser une barrière dans l'intestin contre les bactéries indésirables) ou des prébiotiques (molécules favorisant la multiplication des probiotiques), des fromages frais à teneur garantie en calcium et enrichis en vitamine D. Les eaux minérales, « source de jeunesse » ou « moteur transparent », n'échappent pas à la mode.

Les pouvoirs publics – les recommandations se discutent au niveau européen – désirent mettre de l'ordre dans les revendications des industriels et proposent de distinguer trois familles d'allégations : nutritionnelles, fonctionnelles et santé. Les premières – fromage « riche en calcium » ou « à faible teneur en matière grasse » – impliquent que le produit possède des propriétés nutritionnelles particulières en raison de sa composition. Les deuxièmes font état d'un effet physiologique, par exemple une diminution de la teneur en cholestérol dans le sang. Les troisièmes établissent une relation entre un aliment et la santé, voire la diminution du risque d'une maladie (cancer, ostéoporose), comme les « céréales entières pouvant contribuer à garder votre cœur en bonne santé ». En aucun cas, un effet thérapeutique ne peut être revendiqué : porter sur une étiquette l'expression « soigne le cancer » demeure strictement interdit. Ce projet de règlement européen est toujours en discussion.

Seules les allégations scientifiquement fondées et utiles pour le consommateur sont bien sûr autorisées. Celles qui se réfèrent à des effets aussi vagues que prometteurs, tels que « vous aide à lutter contre le stress », « préserve votre jeunesse », « améliore votre mémoire », « vous aide à maigrir » ne sont pas autorisées. Par contre, indiquer sur une étiquette que les fruits ou les légumes sont bons pour la santé est possible.

Les mots qui font vendre

Oméga-3
Famille d'acides gras polyinsaturés dont la dernière double liaison se situe en n-3 par rapport au dernier carbone (acide alpha-linolénique). On les trouve principalement dans les poissons de mer (saumon, sardine, thon), l'huile de colza et l'huile de lin. L'organisme humain n'étant pas capable de les fabriquer, ils doivent être apportés par notre alimentation. C'est par leur incorporation dans les membranes cellulaires du muscle cardiaque qu'ils pourraient influencer favorablement le fonctionnement du cœur et réduire le risque d'affections coronaires.

Oméga-6
Famille d'acide gras polyinsaturés dont la dernière double liaison se situe en n-6 par rapport au dernier carbone (acide linoléique, acide arachidonique). On les trouve principalement dans l'huile de tournesol. L'organisme humain n'étant pas capable de les fabriquer, ils doivent être apportés par notre alimentation. L'acide linoléique joue un rôle très important dans le développement du cerveau et de la rétine. Mais point trop n'en faut. Il faut se rapprocher d'un équilibre oméga-6/oméga-3 voisin de 5. En France, il est en moyenne égal à 15.

Phytostérols
Familles de molécules (stanol et sistostérol) dont la structure est voisine de celle du cholestérol et qui peuvent, dans certaines conditions de prise alimentaire, ralentir le passage du cholestérol dans le sang. Ils sont extraits de résineux ou de végétaux et principalement ajoutés à deux familles d'aliments, les yaourts et les margarines.

Probiotiques
Compléments alimentaires microbiens vivants pouvant exercer une action bénéfique en modifiant l'équilibre microbien intestinal de l'hôte. Plusieurs espèces de lactobacilles sont des probiotiques.

Prébiotiques
Ingrédients alimentaires qui stimulent la croissance et/ou l'activité métabolique d'une ou d'un nombre limité d'espèces microbiennes de l'intestin.

Antioxydants
Molécules qui neutralisent les radicaux libres, des composés extrêmement réactifs susceptibles d'endommager les acides nucléiques, les acides gras polyinsaturés des membranes cellulaires ou les lipoprotéines. La vitamine E, abondante dans les huiles végétales, les noix et les germes de diverses graines, la vitamine C, certains caroténoïdes et polyphénols, très répandus dans les fruits et les légumes, sont des antioxydants. Certains métaux (zinc, sélénium) également.

…/…

Anticholestérolémiants
Substances qui contribuent à la diminution de la teneur en cholestérol du sang. Il vaut mieux réserver ce terme à des médicaments pour ne pas créer de confusion entre produits pharmaceutiques et aliments.

Fibres
Ensemble des glucides qui échappent à la digestion dans l'intestin grêle et qui peuvent servir au développement de la flore microbienne du gros intestin. Elles sont abondantes dans les parois des végétaux (son de blé, fruits, légumes) et accélèrent le transit intestinal. Une consommation journalière de 20-25 grammes diminue le risque de développer un cancer du côlon.

Manger et boire sans risques, une conquête récente des Français

En 1957, lors d'un colloque sur l'alimentation des Français, un médecin soulignait que « les méthodes de production ont été si perturbées depuis cinquante ans que la nature des aliments en a été changée. L'abus des engrais chimiques détruisant la population microbienne du sol, la lutte contre les insectes par des produits plus ou moins toxiques, le forçage des bêtes d'abattoir, la multiplication artificielle de la ponte, les nouveaux procédés de récupération et de stérilisation des aliments, l'usage des produits de coloration ou de décoloration, ont dénaturé la qualité biologique de notre nourriture »[1].

En 2006, le débat est toujours ouvert. Depuis une vingtaine d'années, les Français s'interrogent sur les dangers et les risques de leur alimentation. Les années quatre-vingt-dix sont marquées par de nombreuses questions sur les modes de production de nos aliments et sur les garanties sanitaires qu'ils offrent aux consommateurs. Les nouveaux micro-organismes pathogènes (*Listeria, E. coli* O157 : H7), la crise de la vache folle, le bœuf aux hormones, la contamination des volailles par la dioxine, les organismes génétiquement modifiés et la présence de nitrates dans les nappes phréatiques sont autant de

1. Source : Le Monde, 1er février 1957.

dangers qui alarment les Français. De nouvelles inquiétudes voient le jour, comme la présence de mycotoxines[1] ou de virus dans les aliments.

Les médias s'emparent de ces affaires qui deviennent un phénomène de société. Tel journal ouvre sa une par « deux cents Français victimes du fromage qui tue » lors de l'épidémie de listériose provoquée en 1986 et 1987 par la consommation de vacherin, tel autre qualifie les sojas OGM de « soja fou », procédant à un amalgame plus qu'approximatif entre le cas des prions et celui des végétaux transgéniques, ajoutant ainsi un peu plus à la confusion de ses lecteurs. Certains journaux parlent d'« alimentation dénaturée » pour qualifier les aliments de ce début du IIIe millénaire, ou titrent, au moment de la crise de l'automne 2000, « la vache folle vendue dans nos supermarchés ». Manger deviendrait si dangereux et s'accompagnerait d'une telle prise de risques que nos concitoyens sont parfois invités à refuser les produits issus d'une agriculture et d'une industrie alimentaire perverties par le profit.

Et pourtant, quel chemin parcouru pour assurer aux Français une alimentation saine, loyale et marchande. L'histoire de France est jalonnée de grandes catastrophes alimentaires auprès desquelles les intoxications contemporaines feraient sourire si elles ne provoquaient encore, chaque année, quelques centaines de morts.

Le châtiment de Dieu est un champignon parasite du seigle !

Un matin d'août 1951, une épidémie frappe le village de Pont-Saint-Esprit, dans le Gard. L'un des deux boulangers a bien remarqué que sa farine est grise, mais faute d'en avoir une autre pour la fournée du matin, il fabrique son pain comme à l'accoutumée. Dans les vingt-quatre heures qui suivent, 230 villageois, tous ses clients, tombent malades. Ils commencent par avoir un léger mal de tête, puis souffrent de nausées, de vertiges et de diarrhées. Leur température chute assez brutalement. Ils se plaignent d'avoir froid bien que cette

1. Les mycotoxines sont des molécules toxiques de faible poids moléculaire produites par des moisissures capables de se développer sur des produits végétaux dans les champs ou au cours du stockage. Leur ingestion à dose élevée provoque une intoxication aiguë se manifestant par l'altération de nombreux organes (foie, reins, centres nerveux, intestins). L'ingestion régulière et à faibles doses (intoxication chronique) de certaines d'entre elles, notamment les aflatoxines, est cancérigène.

journée d'été soit très chaude. Certains alternent hallucinations, périodes d'euphorie, état dépressif et tendance suicidaire. Les jours qui suivent, les plus touchés délirent, s'agitent de manière incontrôlée et se plaignent de brûlures aux extrémités des membres. Des débuts de gangrène se manifestent, des femmes ont des pertes de sang. Les médecins pensent à un empoisonnement au mercure avant de se rappeler les épidémies provoquées autrefois par la consommation d'ergot. Le drame du « pain maudit » est enfin résolu.

La France vient de vivre l'ultime épisode – le dernier datait de 1819 – d'une maladie qui a provoqué des ravages jusqu'au XVII^e^ siècle, le « mal des ardents », également dénommé « feu de Saint Antoine », « feu de Saint Marcel » ou encore « feu sacré ». Cette maladie est provoquée par la consommation de pain fabriqué avec des farines contaminées par l'ergot de seigle, un champignon parasite des céréales. Le mal et les hallucinations dont souffrent les patients sont dus à des alcaloïdes dont la structure est voisine de celle de l'hallucinogène LSD. La maladie peut laisser des lésions irrémédiables, les muscles se raidissent, des plaies purulentes et nauséabondes se forment, des gangrènes apparaissent, une perturbation de l'activité cérébrale provoque des hallucinations et un état proche de la démence.

De tous les fléaux qui déciment les populations au Moyen Âge, le « mal des ardents » est l'un des plus meurtriers. Ce mal sévit dans toute l'Europe. Au X^e^ siècle, le chroniqueur Frodoard raconte que « quantité de monde, à Paris et dans ses environs, est atteint » et que le « mal des ardents » provoque « la gangrène des extrémités et une extrême chaleur d'entrailles ». En 994, Adémar de Chabannes rapporte qu'« en ces jours-là, le feu de la peste s'alluma sur les Limousins ; en effet, les corps des hommes et des femmes étaient dévorés par ce feu en nombre incalculable et partout les gémissements emplissaient le pays ». L'historien Sigebert, moine de Gembloux (Belgique), écrit qu'au XI^e^ siècle « le mal commençait par une tache noire ; cette tache s'étendait rapidement causant une ardeur insupportable, desséchait la peau, pourrissait les chairs et les muscles qui se détachaient des parties osseuses et tombaient par lambeaux. Feu dévorant, il brûlait petit à petit et enfin consumait ses victimes sans qu'on pût apporter de soulagement à leurs souffrances. Plusieurs éprouvaient ses plus cruelles atteintes dans l'espace d'une nuit s'ils ne mouraient pas au bout de quelques heures ». Au XII^e^ siècle, une épidémie provoque des dizaines de milliers de morts. Petits, grands, jeunes et vieux, hommes et femmes sont infectés par cette peste. Les vivants sont consumés jusqu'à mourir. Entre 1760 et 1780, une population pauvre est atteinte par la « gangrène des Solognots ». Les sujets touchés perdent leurs doigts, leurs mains et

leurs pieds. L'Europe n'est pas la seule frappée par ce fléau. L'épisode de « sorcellerie » qui s'est déclaré à Salem, aux États-Unis, en 1632, est attribué par certains historiens à la consommation de farines contaminées par l'ergot. La dernière épidémie se produit en Russie en 1926.

Face à des médecins impuissants, des causes surnaturelles sont invoquées pour expliquer la maladie. Le mal – une punition divine des péchés des hommes – ne peut être vaincu qu'en invoquant les saints dont la puissance miraculeuse demeure le seul recours. Les malades prient Saint Antoine et vont chercher assistance auprès des frères hospitaliers. La seule intercession de Saint Martial, premier évêque de Limoges, permet de stopper une épidémie dans tout le Limousin. À Paris, en 1129, l'église Sainte-Geneviève la Petite est renommée Sainte-Geneviève des Ardents, après la guérison des malades – à l'exception de trois incrédules – au cours d'une procession solennelle.

Les Égyptiens avaient déjà remarqué que la consommation de céréales peut provoquer des convulsions et des hallucinations mais il fallut attendre 1595 pour que les médecins de l'université de Marburg (Allemagne) redécouvrent que le « mal des ardents » se manifeste après la consommation de seigle avarié. Ce n'est pourtant qu'au XIX^e^ siècle que le coupable est définitivement identifié : c'est *Claviceps purpurea*, un champignon pathogène du seigle et d'autres céréales. Définitivement, Dieu n'y est pour rien.

Les animaux malades de la peste…

Avec la révolution agricole du Néolithique et les débuts de l'élevage, de nouvelles maladies apparaissent chez les hommes, conséquence de leur promiscuité avec les animaux. Mais on ne peut pas encore parler d'épidémie car les peuplades sont isolées et les germes restent confinés. Plus tard, les mouvements de populations et de troupeaux, progressifs et géographiquement localisés durant l'Antiquité, plus intenses à travers le continent eurasien au cours du Moyen Âge, assurent leur diffusion et les maladies se répandent. Les risques s'accroissent avec la concentration des hommes dans les cités urbaines.

On sait aujourd'hui qu'un peu plus de la moitié des 1400 agents pathogènes pour l'homme est d'origine animale. Les maladies qu'ils provoquent, qualifiées de zoonoses, sont de nature bactérienne (brucellose, fièvre charbonneuse, peste, tuberculose), virale (dengue, rage, peste aviaire), parasitaire (ascaridose, toxoplasmose, cysticercose) ou fongique (aspergillose, candidose). La plus imprévue d'entre elles est provoquée par le prion (maladie de Creutzfeldt-Jakob). Certaines,

d'origine alimentaire, se contractent en mangeant de la viande, des produits laitiers ou des œufs. D'autres se transmettent par simple contact ou morsure. Répertoriées au cours du XX^e^ siècle, leurs dangers sont maintenant reconnus et les risques réduits au minimum. Au cours de l'histoire, deux d'entre elles ont particulièrement marqué les esprits, la ladrerie du porc et la tuberculose bovine.

Les animaux malades de la peste

Un mal qui répand la terreur,
Mal que le ciel en sa fureur
Inventa pour punir les crimes de la terre,
La Peste (puisqu'il faut l'appeler par son nom)
Capable d'enrichir en un jour l'Achéron,
Faisait aux animaux la guerre.
Ils ne mouraient pas tous, mais tous étaient frappés :
On n'en voyait point d'occupés
À chercher le soutien d'une mourante vie ;
Nul mets n'excitait leur envie ;
Ni loups ni renards n'épiaient
La douce et l'innocente proie.
Les tourterelles se fuyaient :
Plus d'amour, partant plus de joie.
Le lion tint conseil, et dit : mes chers amis,
Je crois que le ciel a permis
Pour nos péchés cette infortune…
La Fontaine

Après les découvertes du médecin allemand Friedrich Küchenmeister en 1852, on sait que la ladrerie du porc ou cysticercose ou encore ver solitaire est une maladie parasitaire transmissible aux hommes par la viande porcine contaminée par des larves de ténia. Avant lui, le porc « ladre et grené » est supposé lépreux. Durant le Moyen Âge, les viandes malades et malsaines sont interdites à la vente, mais encore faut-il les reconnaître et s'en protéger car la fraude est courante. Aussi, jugeant plus facile d'apprécier l'état d'une bête vivante que celui d'une viande morte, les édiles exigent que les animaux soient abattus *intra-muros* : nulle viande morte ne doit franchir les portes de la cité. Les bouchers s'organisent en corporations et contrôlent l'état sanitaire des animaux vivants, l'examen des viscères et des abats ne leur apportant aucun renseignement (il faut attendre la seconde moitié du XIX^e^ siècle pour que cet examen permette aux vétérinaires de porter un diagnostic). L'animal déclaré ladre est écarté de l'abattage. Celui qui est sain est abattu sur place,

dans la rue, là où le boucher dispose son étal. Les premières « tueries publiques », nos futurs abattoirs – celui de Paris n'est construit qu'en 1818 –, sont installées dans les villes au cours du XIII^e^ siècle et le « langueyeur », désigné pour juger si un porc est sain ou ladre, recherche des « grains » sous la langue des animaux. Encore à notre époque, en France, en dépit des mesures prises dans les abattoirs et de l'habitude de bien faire cuire la viande de porc, le ver solitaire n'a pas entièrement disparu : des personnes sont infestées chaque année, principalement par *Tænia solium,* l'hôte du porc, mais également par *Tænia saginata,* l'hôte du bœuf.

Bien que Bernhard Bang ait découvert en 1897 que le bacille de la brucellose bovine est transmissible à l'homme par le lait et la viande, la tuberculose humaine – due à la transmission du bacille *Mycobacterium bovis* des bovidés – reste fréquente en France et en Europe, avant que la pasteurisation du lait ne soit rendue obligatoire en 1955 et que l'on ne procède à un abattage systématique des bovidés réagissant positivement à la tuberculine (1963). En 1934, un décret précise déjà que les laits destinés à être vendus à l'état cru pour la consommation ne doivent pas provenir d'animaux tuberculeux, ni renfermer de bacilles tuberculeux. Sans grand effet semble-t-il... Avant ces mesures, au cours de la première moitié du XX^e^ siècle, la prévalence de *Mycobacterium bovis* chez l'homme atteint de tuberculose est de l'ordre de 1,5 %. Au Royaume-Uni, entre 1930 et 1940, ce bacille est à l'origine d'environ 6 % des décès humains par tuberculose. Une enquête conduite en 1995 montre que la proportion des cas de tuberculose dus à *Mycobacterium bovis* est de 0,5 % en France. Aujourd'hui encore, des animaux malades sont détectés dans les abattoirs par la découverte de lésions des ganglions lymphatiques lors de l'inspection des carcasses animales. L'Organisation mondiale de la santé observe par ailleurs que la tuberculose humaine provoquée par *Mycobacterium bovis* est toujours un problème de santé publique dans de nombreux pays en développement. Enfin, et très récemment, les biologistes ont découvert que le génome de ce bacille est quasiment identique à celui de *Mycobacterium tuberculosis,* agent responsable de la tuberculose humaine, et qu'il est possible que ce soit l'homme qui ait transmis sa maladie au bétail. En 2006, les vaches n'ont toujours pas fini de rendre aux hommes la monnaie de leur pièce !

Les hommes reviennent de loin ! En 1889, l'on peut entendre le médecin vétérinaire Émile Decroix, animé du louable souci de nourrir le peuple des ouvriers qui s'entassent dans les villes, affirmer lors du 5^e^ congrès international de médecine vétérinaire que

« l'on peut impunément faire usage de la chair d'un animal mort ou abattu pour cause de maladie » et qu' « en présence des ressources insuffisantes de viande, on doit chercher à tirer le meilleur parti possible de celle que l'on produit et qu'on doit surtout éviter de laisser perdre la plus petite quantité de celle qui peut servir à l'alimentation ». Ce « bienfaiteur » des pauvres regrette « que l'on supprime sans scrupule une partie des ressources alimentaires de la nation en déclarant insalubre toute viande d'animaux malades ». Ce n'est qu'au tournant du XX^e^ siècle que la France adopte, en 1898, une loi sur le contrôle des viandes.

La politique sanitaire vétérinaire associant vaccination et éradication des foyers de contamination permet d'éliminer les grandes maladies telles que la peste bovine, la fièvre aphteuse, la péri-pneumonie contagieuse, la peste porcine et la peste aviaire. Ces succès produisent une impression erronée de sécurité. Oubliant peut-être que la situation sanitaire d'une population est le résultat d'un équilibre instable entre les systèmes de lutte et le renouvellement des facteurs pathologiques, les vétérinaires estiment en effet à la fin des années soixante-dix que les mesures sanitaires suffisent pour éliminer les menaces les plus graves. Il va falloir déchanter. À partir de 1980, de rapides évolutions, telles que les modifications du fonds génétique des espèces domestiques et des systèmes d'élevage et l'intensification des échanges internationaux, modifient la donne. On assiste ainsi au retour de maladies infectieuses d'origine animale potentiellement transmissibles par l'alimentation. Le développement de la production animale dans les pays asiatiques provoque une intensification des échanges d'agents pathogènes et de gènes de résistance aux molécules utilisées à titre préventif ou thérapeutique. Le retour de la rage et de la tuberculose bovine en Grande-Bretagne, à partir de réservoirs dans la faune sauvage, montre combien il reste indispensable de ne pas baisser la garde.

En Europe, au XXI^e^ siècle, deux maladies transmises par les aliments carnés sont à l'origine de la plupart des cas de zoonoses signalés chez l'homme. Ce sont les toxi-infections dues aux bactéries *Salmonella* et *Campylobacter*, plus invalidantes que dangereuses. Les listérioses, bien moins fréquentes, peuvent par contre être mortelles chez les individus les plus fragiles (en 2002, 150 000 cas de toxi-infections par *Salmonella enterica* et un nombre équivalent de toxi-infections par *Campylobacter jejuni* ont été notifiés, et seulement 860 par *Listeria monocytogenes*). La maladie de la vache folle, extrêmement rare – depuis 1996 jusqu'à fin mars 2007, 20 Français et 165 Anglais sont morts de la maladie de Creutzfeldt-Jakob –

est toujours mortelle. Quant à la grippe aviaire, la consommation de volailles et d'œufs est, à la date où sont écrites ces lignes, sans risque pour la santé.

L'hygiène, cette inconnue…

L'hygiène, cette branche de la médecine qui étudie les règles et les pratiques propres à maintenir l'homme en bonne santé, tient son nom de la déesse grecque de la santé, *Hygieia,* fille d'Esculape et petite-fille d'Apollon. C'est donc une vieille affaire. Son application à la production, à la fabrication et à la consommation des aliments – on parle d'hygiène alimentaire et de bonnes pratiques agricoles et industrielles – est aujourd'hui perçue comme une nécessité par tous, même si des manquements sont toujours observés, en particulier dans les familles.

Mais il n'en a pas toujours été ainsi, bien que l'attention portée à l'hygiène et à la propreté soit réglementée dès le Moyen Âge pour de nombreux métiers de bouche. Les boulangers de Rennes sont tenus de se faire couper les cheveux et la barbe toutes les trois semaines et d'éviter de pétrir la pâte si leurs mains sont couvertes d'ulcères, les bouchers de Chartres doivent être sains et nets de leur corps et leur tablier bien propre et raclé chaque jour, les charcutiers de Paris doivent recouvrir de nappes et de linges des pâtés qu'il est interdit de remplir avec des chairs puantes, des poissons corrompus, du lait tourné, du fromage moisi, des œufs rachetés aux confréries[1]. Pratiques qui devaient donc être fréquentes pour qu'on les interdise ! Et qui n'ont toujours pas totalement disparu au début du XX^e^ siècle.

En 1905, en France, les médecins hygiénistes attribuent la mort de 12 enfants chaque jour à la mauvaise qualité du lait ! Le lait est dilué avec 10 à 15 % d'eau, ce qui permet d'accroître les profits. Pour corriger sa trop grande fluidité, on y ajoute de l'amidon ou de la cervelle. L'eau reste dangereuse à boire et véhicule de nombreuses maladies dont la moindre n'est pas la typhoïde, sans citer les maladies parasitaires et autres toxi-infections moins invalidantes. L'arrêté du 18 décembre 1848 précise que des comités d'hygiène sont compétents en matière d'épizootie, de qualité des aliments et des eaux. Mais il faut attendre la loi du 15 février 1902 pour placer les maires

1. Source : Madeleine Ferrières, 2002. Histoire des peurs alimentaires, du Moyen Âge à l'aube du XX^e^ siècle. Collection L'univers historique, 473 pages, Éditions Seuil, Paris.

au centre d'un nouveau dispositif en faveur de la santé publique, « lutter contre les maladies évitables telles qu'elles résultent de la science pastorienne », protéger les sources d'eau en établissant un périmètre de protection et imposer des servitudes aux propriétaires privés.

Si l'on en croit le reportage du journaliste Upton Sinclair, retranscrit dans son roman « The Jungle »[1], une enquête réalisée en 1905 sur le fonctionnement de l'industrie naissante des produits carnés aux États-Unis, pour fabriquer les saucisses dans les usines de Chicago, « lorsque la viande était trop abîmée pour être consommée en l'état, on en faisait des conserves ou des saucisses ; dans ces dernières, on mettait de la viande traînée dans la poussière et de la sciure, là où les ouvriers avaient sué et craché, contaminée par des millions de germes, […] les rats étaient une calamité et les fabricants mettaient du pain empoisonné pour les tuer, le tout (rats, pain et viande) était expédié dans les broyeurs […] l'eau avec laquelle les ouvriers se lavaient les mains était utilisée en fabrication… ». À la lecture de ce livre, le président américain Théodore Roosevelt, profondément choqué par les pratiques des abattoirs de Chicago, fait voter les premières lois américaines sur le contrôle de la qualité de l'alimentation, à l'encontre du lobby de la viande qui s'oppose à une nouvelle législation.

La prise de conscience par les pouvoirs publics français de la nécessité de surveiller la qualité de l'alimentation date du début du XXe siècle avec la loi du 1er août 1905 sur la répression des fraudes. Celle-ci stipule que les denrées alimentaires doivent être conformes aux normes et aux usages et « être saines, loyales et marchandes ». Un organisme de contrôle est créé pour surveiller les opérations commerciales, le Service de la répression des fraudes, ancêtre de l'actuelle Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF).

Le dispositif mis en place évolue progressivement jusqu'à atteindre une complexité insoupçonnable il y a encore une trentaine d'années, alors que s'intensifient les échanges de produits agricoles et transformés entre les continents, que se développent les accords sur le commerce international et que s'impose la réglementation européenne aux réglementations nationales.

De nouveaux dangers sont identifiés. Certains sont dus à leur récente apparition, la maladie de la vache folle par exemple. D'autres,

1. Upton Sinclair, 2006. The Jungle, réédité par Alan Rodgers Books, chap. XIV.

encore récemment ignorés, sont détectés grâce aux progrès de la toxicologie, de la microbiologie et des méthodes d'analyse. Face à une évolution marquée par beaucoup d'incertitudes, les responsables politiques se tournent vers les experts et les interrogent sur les dangers et les risques qu'ils ont à gérer. Les États, tous marqués par le souci de mieux protéger les consommateurs, créent des dispositifs de prévention des accidents sanitaires d'origine alimentaire. Ils responsabilisent les industriels en identifiant de manière plus précise les dangers et en optimisant les réponses techniques susceptibles de réduire les risques au minimum. Des réseaux de surveillance sont mis en place pour détecter les toxi-infections alimentaires, identifier leurs origines, alerter pouvoirs publics, industriels et consommateurs et empêcher l'apparition de nouveaux foyers.

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa), capable de mobiliser l'expertise scientifique de la communauté des chercheurs français, est créée en 1998. À l'échelle européenne, l'AESA (Autorité européenne de sécurité des aliments) voit le jour en 2002. L'application du principe de précaution devient l'un des fondements des prises de décision par les responsables politiques.

Principe de précaution, principe de protection

Le principe de précaution, appliqué depuis une vingtaine d'années à la gestion des risques environnementaux, est un instrument que se sont récemment approprié les gouvernements pour gérer les crises alimentaires. Il s'impose en Europe dans trois domaines : l'alimentation, la santé et la protection de l'environnement. L'Union européenne et les pays membres, la France notamment, y font largement appel.

C'est un outil d'aide à la décision politique, ce n'est pas un principe scientifique. Il sous-tend que l'absence de certitudes scientifiques ne doit pas empêcher les pouvoirs publics de prendre la décision qui leur semble la plus conforme en termes de santé publique. Le principe de précaution repose sur deux préalables : l'identification de la nature des dangers liés à la mise en œuvre d'un procédé ou à la consommation d'un produit et le fait que l'examen de ces dangers et de leurs causes ne permet pas d'identifier avec précision l'importance du risque et de s'en prémunir. Il ne peut être assimilé à de la simple prudence. Celle-ci est un réflexe de précaution, relevant souvent d'une intuition des dangers et des risques liés à un acte, alors que celui-là est une démarche raisonnée fondée sur

des avis préalablement fournis par des scientifiques. Ce n'est pas davantage une action de prévention qui s'attacherait à se protéger des risques connus. Il s'appuie sur l'analyse de ce que les scientifiques savent ou ne savent pas. L'absence de données scientifiques suffisantes pour faire face aux dangers potentiellement encourus contraint les pouvoirs publics à donner priorité à la protection des consommateurs en faisant reposer leurs décisions sur le principe de précaution. En revanche, là où la certitude se substitue au doute, point n'est besoin de faire appel à ce principe pour prendre une décision d'autorisation ou d'interdiction.

Dire que l'application du principe de précaution nécessite au préalable une expertise scientifique, c'est dire qu'il est de la responsabilité des scientifiques de déterminer quelles sont la nature du danger, sa gravité et la probabilité qu'il soit à l'origine de graves désordres sanitaires chez tout ou partie de la population. Il s'agit d'une responsabilité écrasante dès que jaillissent des dangers inconnus. Ce fut le cas du sida (il fallut attendre plusieurs années avant de l'identifier comme une maladie à virus transmissible par voie sanguine et sexuelle) ou de la maladie de la vache folle dont personne n'imaginait en 1986 que l'agent pathogène était transmissible à l'homme par les aliments. C'est dire également que les décisions prises en vertu du principe de précaution doivent, par nature, évoluer au rythme des connaissances produites par la communauté scientifique. L'arbitrage final d'un gouvernement intègre donc des facteurs sanitaires (avant tout), sociologiques (la capacité de la société à comprendre les décisions) et économiques (les conséquences sur l'activité des agriculteurs et des entreprises et donc sur l'emploi).

La richesse conceptuelle du principe de précaution et sa valeur d'usage sont reconnues. Malheureusement, il se transforme parfois en un simple principe de « protection » pour ceux qui font appel à lui. L'effet Fabius et du sang contaminé est passé par là. La gestion de la crise de la vache folle par les municipalités en est un bel exemple. « On va vers la généralisation de l'interdiction... Les élus sont tentés par le risque zéro de peur d'être rendus responsables en cas de non-décision » observe Jean-Paul Delevoye, président de l'Association des maires de France[1]. Et de fait, au tournant du XXIe siècle, l'application du principe de « précaution politique » conduit de nombreux maires à bannir la viande de bœuf dans les cantines scolaires des écoles primaires, leur domaine de juridiction.

1. Source : Le Monde, 8 novembre 2000.

L'effet de psychose s'en trouve amplifié, ce qui – par un effet ping-pong – encourage les maires à se crisper sur leurs positions. Alors que rien ne justifie celles-ci sur le plan sanitaire au regard des connaissances du moment, la communauté scientifique unanime affirmant fortement que la consommation des muscles de bovins ne présente aucun danger !

Allant plus loin, une grande société de distribution invente, à la fin de l'année 2000, la « précaution extrême » dont elle fait un argument de vente pour attirer le chaland. Devenu la justification fourre-tout des comportements les plus variés, le principe de précaution perd progressivement ses lettres de noblesse et sa spécificité d'usage dans des situations bien précises. Ce qui est inquiétant, car il demeure le seul recours pour gérer les situations particulièrement complexes que sont les crises alimentaires marquées par l'émergence de nouveaux dangers dont les origines et les conséquences sur la santé des consommateurs demeurent partiellement inconnues des scientifiques.

Prévention, prudence, protection ou simple parapluie politique, le principe de précaution se décline, à tort, sous toutes ces formes.

Depuis quatre mille ans, les cuisiniers renouvellent l'art de bien manger

Grâce à la cuisine, progressivement, la diversité et la convivialité des repas s'ajoutent à la seule satisfaction des besoins vitaux. On mange pour vivre, mais aussi pour se faire plaisir.

Les premiers pas

Dès le Néolithique, les hommes inventent des recettes en combinant produits de l'agriculture, de l'élevage, de la chasse et de la cueillette, modes de cuisson et traitements variés (fermentation, aromatisation). Pour créer de nouvelles saveurs et rehausser les goûts, ils utilisent de l'oseille ou de l'ail sauvage, des baies de genévrier, du serpolet, du raifort ou de la gentiane. La fermentation du lait, du raisin et des produits céréaliers devient un art, les femmes fabriquent de la farine à partir des grains de blé, des châtaignes ou des glands, les techniques de séchage, de fumage et de salage des aliments se répandent. L'invention de la poterie, très ancienne (7 000 ans av. J.-C.), permet de fabriquer des ustensiles de cuisine tels que jarres, assiettes et plats. La fabrication des fromages, du pain, du vin ou de la bière se codifie avec l'invention de l'écriture.

Le plus ancien livre de cuisine connu est d'origine mésopotamienne et remonte à l'an 1700 av. J.-C. Il est composé de trois tablettes

cunéiformes rapportant, en 350 lignes, à la façon d'un manuel, une quarantaine de recettes de cuisine. Jean Bottéro nous en donne les clés[1]. Les céréales servent de base à de nombreuses préparations : bouillies, galettes, pains fermentés, granules de pâtes cuites dans l'eau bouillante (ancêtres de nos pâtes alimentaires), pains azymes (sans fermentation). Les viandes servent presque exclusivement à préparer des bouillons. Le beurre, le miel, le cumin, la coriandre, la menthe et l'aneth se retrouvent dans de nombreuses recettes. Des jus de poissons fermentés accommodent les plats. La bière est la boisson préférée, bien devant le vin ou le lait.

L'Antiquité

Quelques siècles plus tard, les Grecs mangent allongés sur un lit et prennent la nourriture avec les doigts, d'une seule main, sans couteau ni fourchette (il faut attendre le Ve siècle, à l'époque de la séparation des Empires romains d'Orient et d'Occident, pour que l'usage d'une table autour de laquelle sont assis les convives s'impose définitivement). Ils apprécient l'huile d'olive et le vin (auquel est voué le culte de Dionysos). Les classes aisées utilisent des cuillères de bronze et d'argent, celles des pauvres sont en bois. Les céréales sont toujours la base de l'alimentation. De leur cuisine, il nous reste le poème d'Archestrate, poète et gastronome qui vécut au IVe siècle av. J.-C. Sa profession de foi est qu'il faut cuire simplement les aliments, garder les saveurs qui leur sont propres et veiller à la qualité et à la fraîcheur des produits. Archestrate enseigne la manière de préparer les poissons : « … procure-toi un sarge rôti, bien garni de fromage, qu'il soit grand et chaud, arrose-le de vinaigre, ce poisson étant naturellement sec, et souviens-toi d'apprêter ainsi tout poisson qui a la fibre dure, mais quant à celui qui est naturellement bon, qui a la chair tendre et grasse, saupoudre-le simplement de sel et arrose-le ensuite d'huile, car il a par lui-même la qualité qui le rend savoureux… ». Les viandes ? Il recommande de les servir saignantes. Le fromage ? Point trop n'en faut dans les sauces. Les herbes et les épices ? À consommer avec modération, sous peine de faire perdre aux aliments leur caractère naturel.

1. Jean Bottéro, 2002. La plus vieille cuisine du monde, Éditions Louis Audibert, Paris.

De la cuisine romaine, nous ne savons pas grand-chose. Les bouillies d'orge et de blé constituent encore la base de l'alimentation, mais l'influence asiatique commence à se faire sentir. Des épices et des herbes nouvelles viennent de tout l'Empire : le poivre, la ciboulette, le cumin, la cannelle, la coriandre, la sauge, la menthe, le thym et l'aneth servent à relever les plats. Les sources de saveurs sucrées sont le miel, les fruits secs, les dattes et les pruneaux. Le garum, voisin du nuoc-mâm vietnamien, est une sauce très recherchée. On le fabrique en laissant macérer dans le sel des intestins de maquereaux ou d'anchois jusqu'à décomposition totale et en ajoutant au jus obtenu des décoctions de plantes.

Dans son livre de cuisine « De re coquinaria », Apicius, né en l'an 25 av. J.-C. et cuisinier de l'empereur Tibère, décrit des recettes parfois extravagantes qui font sa renommée : talons de chameaux, langues de flamants, de rossignols ou de paons, tétines de truie farcies aux oursins, bien peu représentatives de ce que mange le peuple. D'autres sont plus classiques, comme le ragoût à base de poissons, d'abats et de viandes dont la sauce est liée avec de la pâte émiettée. Ou encore le « patina », sorte de flan sucré ou salé, à base d'asperge, de laitue, d'épinard, d'abricot, de pomme ou de prune. Vous voulez préparer le « minutal » d'abricot, Apicius vous en donne la recette : « mettez dans une cocotte de l'huile, du garum, du vin, émincez de l'oignon sec d'Ascalon, coupez en dés de la palette de porc cuite. La cuisson terminée, pilez du poivre, du cumin, de la menthe sèche, de l'aneth, versez du miel, du garum, du vin paillé, un peu de vinaigre et du jus de la cuisson, et travaillez. Mettez des abricots dénoyautés, faites-les bouillir jusqu'à complète cuisson. Liez avec de la pâte émiettée, saupoudrez de poivre et servez ». Sénèque porte un regard sévère sur cette cuisine qu'il qualifie « d'école de gourmandise qui infeste le siècle ».

Dans la Rome antique, on prend un petit déjeuner (du pain trempé dans du vin avec des dattes, des olives, des pâtisseries et du fromage), un dîner (vers midi, avec des légumes verts ou secs, du poisson, des œufs, des champignons, des fruits, du vin pur ou au miel) et un souper qui, chez les plus riches, peut durer plusieurs heures.

La cuisine se complexifie. Elle est à base d'huile d'olive, de miel, de vinaigre et de plantes aromatiques. L'aigre-doux et le sucré-salé sont appréciés. Pommes, poires et prunes sont servies en dessert. Le vin accompagne les repas. Comme les Grecs, les Romains mangent allongés sur un lit et n'utilisent pas de couteau.

À Rome

Un repas de cérémonie (l'an 400 av. J.-C.)

Hors-d'œuvre : Coquillages (oursins, huîtres à discrétion, palourdes, spondyles), grives, poules grasses sur des asperges, terrine d'huîtres et de palourdes cuites, coquillages cuits, becfigues, filets de chevreuil et de sanglier, pâtés de volailles grasses, coquillages (murex et pourpres).

Plats : Tétine de truie, hure de sanglier, plat de poissons, canards, sarcelles bouillies, lièvres, rôti de volailles.

Dessert : Crème à la farine et biscuits

Source : Macrobe, Les Saturnales, III, 10-12.

Un modeste repas (l'an 150 av. J.-C.)

Voici le menu du repas; le marché n'en fera point les frais. On m'enverra des environs de Tibur un chevreau gras, le plus jeune de son troupeau, et qui n'a point encore brouté l'herbe ni touché aux branches basses des saules : il a dans le corps plus de lait que de sang ; puis des asperges ; la fermière a quitté un instant son fuseau pour les aller cueillir dans la montagne ; puis, avec de beaux œufs encore chauds dans leur foin, les mères qui les ont pondus ; enfin des raisins conservés pendant une saison, et tels encore qu'ils étaient sur leur vigne, des poires de Signia et de Syrie, et dans les corbeilles des pommes au frais parfum : tu pourras les manger sans crainte, l'hiver les a séchées et leur a fait perdre leur crudité.

Source : Juvénal, Satires, XI.

Au début de l'ère chrétienne, la viticulture se développe en Gaule. Ses habitants festoient des jours durant à l'occasion de grandes fêtes religieuses, leurs banquets rythment la vie sociale. Ils aiment la bonne chère. Le vin et le mouton sont à l'honneur, les viandes sont cuites dans un bouillon ou grillées sur le feu. De petits pains accompagnent tous les plats. Le savoir-faire des Gaulois est réputé. Ils exportent vers Rome leurs charcuteries (jambons, saucissons) et leurs fromages, tous renommés.

Les produits de base, végétaux ou animaux, ne vont guère s'enrichir d'apports nouveaux pendant les treize prochains siècles, jusqu'à ce que les explorateurs partent à la découverte du monde, quand les Valois règnent sur la France. À l'exception des aubergines, épinards, artichauts, oranges amères et citrons que les Arabes font connaître à l'Europe. En Occident, les siècles s'écoulent sans grand changement. Néanmoins, les habitudes alimentaires évoluent progressivement. Avec la chute de l'Empire romain, la position

assise devient la règle pour prendre ses repas, mais on mange encore avec les doigts. Le garum est abandonné et l'huile est remplacée par le lard. La viande (ovins, bovins, porcs, volailles), le lait et le beurre s'imposent aux dépens des végétaux dont la consommation baisse. L'avoine sert à fabriquer du porridge et des galettes. Le pain de farine de blé est omniprésent, bien que le pain de seigle soit également consommé dans les régions septentrionales. Les fermiers font pousser des légumes secs (pois, pois chiches, fèves, lentilles), des laitues, des poireaux, des bettes, des choux, des oignons et des aulx. Poiriers, amandiers, pêchers, cognassiers, noyers, lauriers, figuiers et cerisiers remplissent les vergers.

Des insectes à toutes les sauces

Les premiers hommes mangeaient des insectes, ainsi que les Grecs et les Romains. Ces derniers raffolaient du cossus, un coléoptère du pin, dont l'entomologiste Jean-Henri Fabre (1823-1915) nous livre la recette : « Rangés en brochettes, ils sont exposés sur le gril aux ardeurs d'une braise vive. Une pincée de sel, condiment obligé de nos mets, est le seul appoint qui intervienne. Le rôti se dore, doucement grésille, pleure quelques larmes huileuses, qui prennent feu au contact des charbons et brûlent avec une belle flamme blanche. Voilà qui est fait. Servons chaud ». Pour lui, le cossus grillé est une fine andouillette enveloppée de parchemin. Le contenu est délicieux.

Chenilles, criquets, punaises d'eau, sauterelles, scarabées et autres termites sont consommés par les populations de pays tropicaux alors qu'ils procurent un sentiment de forte répulsion dans les pays occidentaux. Ils ont des goûts variés, voisins de ceux du citron, de la noisette, de l'avocat, du poulet ou du porc. Riches en protéines, parfois en lipides (c'est le cas des chenilles et des termites), en vitamines et en minéraux (notamment du fer et du calcium), ils contribuent à l'équilibre alimentaire de certains peuples. Au Mexique, des sauterelles vertes, grillées et assaisonnées d'ail et de citron vert, sont des friandises qui se vendent sur de nombreux marchés. On y trouve également des criquets cuits au sel dans l'eau bouillante, ce qui les fait rougir comme des homards ! En Afrique, les termites, séchés au soleil ou légèrement frits, parfois grillés ou fumés, sont réduits en poudre avant d'être plongés dans de l'eau maintenue à l'ébullition pour en faire une bouillie. Ils sont également consommés en Amérique du Sud, en Asie et en Océanie. À Madagascar, les cocons de vers à soie sont un mets très apprécié que l'on offre à ses invités de marque. Une punaise d'eau géante – un gros insecte brunâtre mesurant entre 55 et 65 millimètres de long – fait les délices des habitants du Sud-Est asiatique. Pour leur part, les Japonais de la région de Nagano font frire des larves, des nymphes et des

…/…

guêpes adultes (vendues en conserve) avant de les servir assaisonnées avec une sauce de soja sucrée et accompagnées de riz. En Chine, les fourmis sont consommées pour se nourrir et pour se soigner : ce sont des alicaments ! Les habitants du département de Santander, en Colombie, n'hésitent pas à comparer les « fourmis à grosses fesses » (ou *hormigas culonas*) à du caviar, tant pour leur goût que pour leur prix. On les mange frites et salées, une fois débarrassées de leurs ailes et de leurs mandibules. Les Bédouins d'Égypte raffolent des scarabées sacrés à la croque-au-sel.

Source : Des insectes et des hommes, 2004. Ouvrage collectif sous la coordination de Caroline Sabah, Éditions EMCC, Lyon.

Du Moyen Âge à la Renaissance

Tout au long du Moyen Âge, le pain (de froment, de seigle et d'orge ou encore de méteil, un mélange de plusieurs céréales) demeure la base de l'alimentation. Il est mangé avec des soupes de légumes à base de choux, de fèves, d'oignons et d'herbes aromatiques enrichies, les jours d'abondance, avec de la graisse de porc ou de la graisse d'oie. Parfois, il faut se contenter d'une simple bouillie à base de céréales. Du fromage peut compléter l'ordinaire. Le couteau, nouveau venu à la table des convives, permet de servir des pièces de viande entières que l'on peut dorénavant découper soi-même. À l'opposé des fruits, assimilés à des aliments nobles car purifiés par la circulation de la sève dans les branches, les légumes (racines, courges, concombres, salades…) sont considérés comme des aliments grossiers durant le Moyen Âge. Ce n'est qu'à partir du XVI^e^ siècle que l'on commence à les apprécier, notamment les asperges, les cardons et les artichauts.

Les cuisiniers inventent de nouvelles recettes : soufflé de brochet, œufs à la neige, tourtes salées ou sucrées font leur apparition sur les tables. Puis la cuisine s'enrichit, au début du II^e^ millénaire, des apports de la cuisine arabe passée maître dans l'art d'enrouler ou d'empiler les feuilles de pâtes – le feuilletage est inventé – et de marier le sucré, le salé et les couleurs. Nouilles, fruits confits et sirops complètent les menus tandis que les épices sont de plus en plus utilisées. Les Français adorent les cochonnailles et préfèrent la viande aux légumes. Les riches se nourrissent surtout de viandes provenant de la chasse et de poissons tandis que la majorité du peuple subsiste grâce au pain, fait de blé, d'orge ou de seigle, aux soupes et aux bouillies. Cette cuisine médiévale demeure inchangée jusqu'à la Renaissance.

Les jours de fête, le repas médiéval est servi « à la française ». Il peut y avoir plusieurs services, chacun composé de nombreux plats parmi lesquels les convives en choisissent un ou deux. Ainsi le service des rôts peut comprendre des poulets, des chapons, des porcs embrochés, des pâtés, des tourtes et des potages liants.

Des siècles passent. En 1486, Taillevant publie « Le Viandier », premier livre de cuisine imprimé en France et qui recueille un très grand succès. Il rassemble des recettes largement diffusées sous forme de manuscrits depuis le XIVe siècle. Une grande place est accordée aux sauces épicées (safran, gingembre, cannelle), aux potages et aux ragoûts. Les viandes sont rôties ou bouillies, les farces sont déclinées sous de multiples formes (pâtés, tourtes). On appréciera, parmi d'autres, la recette – décrite dès 1380 – du brouet à la cannelle : « Cuisez votre volaille ou toute autre viande dans de l'eau et du vin, coupez-la en morceaux et faites-la revenir ; prenez des amandes toutes sèches, cuisez-les sans les peler et ajoutez de la cannelle en grande quantité. Broyez le tout, passez à l'étamine, délayez avec du bouillon de bœuf et faites bien bouillir avec votre viande et du verjus. Ajoutez gingembre, girofle, graine de paradis. La sauce doit être épaisse ».

Venues d'Italie, les assiettes apparaissent en France au mariage de François Ier et de Claude de France, en 1514. Au début, elles servent à plusieurs personnes, puis deviennent individuelles sous le règne d'Henri III (deuxième moitié du XVIe siècle). C'est à cette époque que l'usage de la fourchette – elle n'a alors que deux dents – se généralise à la Cour pour éviter que les gentilshommes ne salissent la fraise qu'ils portent autour du cou, puis dans les classes supérieures. Grâce à Catherine de Médicis, elle arrive d'Italie où elle est utilisée depuis le XIe siècle pour piquer les fruits. Les Anglais et les Allemands attendent la seconde moitié du XVIe siècle pour s'en servir mais uniquement pour piquer les mets. Auparavant, quand on était bien élevé, on mangeait avec les doigts en tenant la nourriture entre les premières phalanges. Au XVIIe siècle, la fourchette reste un objet de luxe, en or ou en argent.

La grande cuisine à la française

En 1651, « Le cuisinier français » de La Varenne a son heure de gloire. Les recettes proposées laissent libre cours à l'imagination car les proportions des ingrédients n'y sont pas indiquées. C'est à cette époque que la cuisine au beurre devient la règle et que les bourgeoises deviennent plus plantureuses.

À Versailles, les repas des rois sont souvent publics

« Depuis le Moyen Âge, le repas public est une marque de pouvoir. Louis XIV s'astreint à l'usage quotidien du Grand Couvert, nom que prennent alors ces repas publics. L'étiquette prescrit que le roi y convie la reine, ses enfants et ses petits-enfants. Au Petit Couvert, il mange seul. Le Grand Couvert se raréfie sous Louis XV et n'a plus lieu, à la fin de l'Ancien Régime, que les jours de fête et les dimanches. Marie-Antoinette y affiche son ennui, n'ôtant même pas ses gants.

Le souper au Grand Couvert se tient à dix heures du soir dans l'antichambre, du roi ou de la reine selon les époques. Une table rectangulaire est alors dressée, avec le fauteuil du roi (et de la reine), le dos à la cheminée. Les pliants pour les convives sont placés aux bas-côtés de la table et devant, en demi-cercle, ceux des duchesses, qui seules sont assises au premier rang de l'assistance. Derrière elles se tiendront debout les autres courtisans et les curieux de passage.

Les mets, très nombreux, sont apportés en vagues successives appelées « services ». C'est le service à la française. Aux potages et entrées, succèdent les rôts et salades, puis les entremets, et enfin les fruits. Chaque fois, un nouveau cortège des officiers de la Bouche vient disposer les plats, mais tout est si bien rodé que le repas ne dure que quarante-cinq minutes. Plats, assiettes et couverts sont en or, en vermeil ou en argent, et les meilleurs orfèvres s'appliquent à inventer de nouvelles formes qui conservent mieux la chaleur. Les verres, très ordinaires, ne sont présentés qu'à la demande.

Louis XIV ne prend ses repas « en particulier » qu'à Trianon ou à Marly. Louis XV, en revanche, retient souvent quelques amis au retour de la chasse pour le souper qu'il donne dans son Petit Appartement ou dans ses Cabinets. Les dames y sont en majorité. Outre le choix des convives, la discrétion des domestiques réduits au minimum, la forme de la table, ronde ou ovale, l'utilisation fréquente après 1750 de services en porcelaine opposent ces soupers aux repas officiels. C'est pour ces soupers que se crée la gastronomie française.

Afin de redonner un certain lustre à la vie de Cour, Louis XVI et Marie-Antoinette inaugurent les « repas de société » auxquels est conviée une quarantaine de personnages considérables par leur condition ou par leur mérite. Dans la nouvelle grande salle à manger du Petit Appartement, on utilise alors, en alternance avec un service d'orfèvrerie, le plus beau service de porcelaine réalisé à Sèvres ».

Extraits du site Internet www.chateauversailles.fr

Le XIX^e^ siècle voit le développement des restaurants modernes et de nouvelles habitudes dans la composition des repas : le service à la russe où les plats sont servis les uns après les autres – on a vu que

le service à la française s'apparentait davantage aux grands buffets d'aujourd'hui, permettant aux convives de choisir les mets qu'ils préfèrent –, le développement de la consommation du poisson et la présentation des plats sucrés à la fin des repas. Antonin Carême invente une cuisine qui doit éveiller les appétits et qu'il veut décorative, saine et raisonnée. Né à Paris en 1784, il meurt à 49 ans « brûlé par la flamme de son génie et le charbon des rôtissoires ». C'est d'abord un pâtissier et un saucier qui lègue à sa postérité « L'art de la cuisine au XIX^e^ siècle », publié après sa mort en 1833. Il officie auprès de nombreux souverains européens et considère que la pâtisserie est la branche principale de l'architecture !

Surnommé « le cuisinier des rois et le roi des cuisiniers », Auguste Escoffier (1846-1935) délaisse la cuisine architecturale, jugée « inconfortable ». À table, les convives doivent se sentir à l'aise, avec une vaisselle adaptée. Au Savoy, à Londres, il invente une carte avec un menu à prix fixe, servi pour quatre personnes, et s'attache à promouvoir les produits français. Il réforme les méthodes de travail en cuisine, en rationalisant la répartition des tâches et en exigeant des cuisiniers d'être propres et méticuleux et de ni boire, ni fumer, ni crier. Son « Guide Culinaire » paraît en 1903. En 1911, il crée la revue « Le Carnet d'Épicure », puis les « Dîners d'Épicure » qu'il organise simultanément dans 140 villes des deux mondes, l'Europe et l'Amérique du Nord. Lors de ces dîners, il présente, à des milliers de convives, les mêmes plats et contribue ainsi à la mondialisation de la grande cuisine à la française. Sa recette la plus célèbre est la pêche Melba (une pêche blanche pochée, deux boules de glace à la vanille, du coulis de framboise, des aiguilles caramélisées) inventée pour Nelly Melba, cantatrice de Melbourne qui adorait les desserts.

Les Français découvrent de nouvelles saveurs

La cuisine s'internationalise et franchit les frontières de l'Hexagone. Les Français découvrent des saveurs et des textures venues de tous les continents. En 2000, selon l'institut de sondage Ifop, les 18-25 ans sont de plus en plus curieux d'alimentation exotique (les plus de 65 ans s'y révèlent plus rétifs) et 14 % des Français aiment confectionner eux-mêmes des tajines, des currys ou des plats asiatiques. *A contrario,* 86 % d'entre eux continuent à cuisiner des plats traditionnels. Après les restaurants chinois et italiens, la restauration s'ouvre aux cuisines du monde et on ne compte plus les restaurants africains, antillais,

indiens, japonais, marocains, mexicains ou thaïlandais. Les fabricants de produits surgelés ne sont pas en reste et proposent des gammes de plats exotiques : ravioli chinois, acra de morue, poulet tandoori, guacamole et autre couscous royal.

Dans les années soixante-dix, Henri Gault et Christian Millau cherchent à renouveler la cuisine française en proposant leur « nouvelle cuisine ». Celle-ci repose sur dix commandements : tu ne cuiras pas trop, tu utiliseras des produits frais et de qualité, tu allégeras ta carte, tu ne seras pas systématiquement moderniste, tu rechercheras cependant ce que t'apportent les nouvelles technologies, tu éviteras marinades, faisandages et fermentations, tu élimineras sauces brunes et blanches, tu n'ignoreras pas la diététique, tu ne truqueras pas tes présentations, tu seras inventif. Les mousses de légumes ou de fruits sont à la mode, les plats légers et les assiettes peu remplies mais attrayantes. Cette cuisine, chère et élitiste, peine à s'imposer et demeure une exception.

Un nouveau pas est franchi avec le rapprochement des chimistes et des grandes toques. Les plus grands chefs, Pierre Gagnaire le premier, flirtent avec la physico-chimie pour concevoir de nouvelles recettes. La « gastronomie moléculaire » acquiert lentement ses lettres de noblesse. Elle vise à introduire de nouveaux ingrédients dans la cuisine et à inventer des plats nouveaux fondés sur l'analyse des mets classiques. Ce renouveau attire des chefs comme celui du Ritz à Paris, Michel Roth, qui explique que « même si moi je fais une cuisine plutôt traditionnelle, ces recherches nous permettent de comprendre pourquoi certaines sauces ne prennent pas, pourquoi certaines viandes cuisent différemment selon les températures. C'est quand même de la cuisine moderne où l'on joue beaucoup sur les émulsions, les mousses… ». De même, le chef catalan Ferran Adria dit ne cesser d'innover grâce à la gastronomie moléculaire et élaborer de nouveaux plats en collaborant avec les universités. Associations inédites, textures originales, goûts innovants, tout est essayé dans son restaurant El Bulli, aux environs de Barcelone.

L'art culinaire serait-il en train de devenir une science ? L'avenir le dira. Mais les premières rencontres « Sciences et cuisine », tenues à Paris en mars 2006, le portent à croire, elles qui proposaient à leur menu des perles de saumon et des œufs de kiwi aux alginates, une mousse de homard à l'agar, une confiture au xanthane et des tuiles de sarrasin à la gomme de tara[1] !

1. Les gommes de guar et de tara sont des épaississants extraits de légumineuses, l'agar est un gélifiant extrait d'algues, le xanthane est un polysaccharide bactérien.

Les gastronomes moléculaires expliquent comment faire cuire un œuf dur…

Pour éviter que la coquille ne se fendille au cours de la cuisson, il faut commencer par chasser l'air emprisonné à l'intérieur de l'œuf en perçant un petit trou avec une aiguille au sommet de sa plus grosse extrémité. C'est en effet la pression, exercée par l'air qui se dilate sous l'effet de la chaleur, qui fait craquer la coquille.

Ensuite, ne plongez pas l'œuf dans l'eau bouillante. Ce serait aussi inutile que nuisible ! À 100 °C, le fer présent dans le jaune réagit avec le soufre du blanc et peut former un composé verdâtre peu appétissant tout autour du jaune. De plus, le blanc commence à coaguler à 62 °C et le jaune à 68 °C. Au-delà, ce dernier prend une consistance sableuse. La température idéale de cuisson des œufs durs est donc 69 °C.

Comme il n'est guère possible d'obtenir cette température dans sa cuisine, la recette recommandée est la suivante : mettez les œufs dans de l'eau froide salée (le sel pénétrera la coquille poreuse pour venir assaisonner délicatement le blanc), amenez à ébullition, retirez du feu, couvrez, et laissez reposer une dizaine de minutes.

Vous voulez un jaune bien centré ? Il suffit de faire rouler l'œuf dans la casserole pendant la cuisson.

Résultat : un œuf au blanc moelleux et au jaune savoureux. En somme, l'œuf dur parfait !

… et comment empêcher les pâtes de coller

Chacun en a fait l'expérience, faire cuire des spaghetti trop longtemps est une catastrophe culinaire. Pour éviter que les brins ne collent entre eux, il est toujours possible d'ajouter un peu d'huile ou de beurre avant de les servir. Mais le mal est déjà fait. Les granules d'amidon, constituants majoritaires des pâtes, ont fini par éclater en cours de cuisson, libérant leur contenu gluant et peu appétissant.

Mieux vaut prévenir que guérir. Demandez donc aux Italiens ce que *al dente* veut dire. Pour ceux ou celles qui n'ont pas les yeux rivés sur leur chronomètre, les chimistes proposent une solution : ajoutez une bonne cuillère de vinaigre dans l'eau de cuisson. Vous le constaterez, vous pourrez dépasser le temps de cuisson sans risque. Les pâtes gonflent (absorbent de l'eau), mais ne collent plus. Vous pouvez également les faire cuire dans de l'eau de pluie, l'effet bénéfique sera le même.

Que se passe-t-il ? Des observations par microscopie électronique ont montré que les granules d'amidon sont couverts d'une couche protectrice de protéines qui les empêchent d'éclater. Mais cette couche est fragile. En ajoutant du vinaigre, et donc en abaissant l'acidité du milieu de cuisson, la « gangue » protéique est renforcée et s'oppose à l'éclatement des granules et à la diffusion de leur contenu à la surface des pâtes. Celles-ci ne collent plus !

Troisième partie

Cinq scénarios pour les trente prochaines années

Dans son essai « 2100, récit du prochain siècle »[1], Thierry Gaudin a le courage, sinon l'audace, de se projeter en 2100, estimant que les grandes décisions d'aujourd'hui engagent les hommes pour un siècle, et qu'il est donc nécessaire de réfléchir à cent ans. Que prévoit-il en matière d'agriculture et d'alimentation ? En premier lieu, que le XXIe siècle verra un net progrès vers une alimentation de qualité, mais aussi que les modes de production seront plus épanouissants et que les risques écologiques auront diminué. Les techniques agricoles seront mieux maîtrisées et les rendements en progression constante. En l'an 2100, le territoire mondial sera divisé entre des espaces urbains concentrant la quasi-totalité de la population, des parcs naturels et des espaces agricoles peuplés essentiellement de robots. Les gastronomes auront découvert des saveurs nouvelles dans des mets restructurés et parfumés d'arômes ajoutés ou résultant de cultures nouvelles, les plats s'éloigneront des produits de base. Le rituel des repas sera petit à petit déstructuré en raison de la multiplication des prises alimentaires quotidiennes.

Se projeter à trente ans, le temps d'une génération, n'est guère moins utopiste que de le faire à cent ans. Tel est pourtant le voyage auquel vous êtes invités, après avoir survolé l'histoire des cinq cent mille dernières années. Tout en gardant à l'esprit qu'un exercice de

1. Thierry Gaudin, 1990. 2100, récit du prochain siècle, Éditions Payot, Paris.

prospective n'a pas pour ambition de prédire le futur. Il s'efforce seulement, et c'est déjà beaucoup, de tenter de nous y préparer.

De quelle manière les découvertes scientifiques vont-elles bouleverser les modes de production, de fabrication, de distribution et de préparation des aliments ? Que se passera-t-il si, face aux dépenses de la Sécurité sociale et aux liens démontrés entre une alimentation saine et équilibrée et un état de bonne santé, les pouvoirs publics légiféraient pour imposer un mode d'alimentation sauvegardant la santé ? Si les industries alimentaires imposaient leurs produits à des consommateurs placés sous le contrôle des messages publicitaires ? Ou si la société choisissait un modèle de développement durable qui imposerait un système alimentaire assurant, avant tout, la sauvegarde de la nature et la limitation des dépenses énergétiques ? À moins que les consommateurs, en révolte contre une alimentation allant à l'encontre de leurs plus profondes inspirations, n'obligent les professionnels à s'adapter à leurs exigences. Ou que l'humanité, incapable de protéger son environnement et happée par une spirale d'autodestruction, ne voie se réaliser les prophéties apocalyptiques de Richard Fleischer, réalisateur de Soylent[1] Green en 1973, celles qui décrivent un monde surpeuplé que la nature a déserté, où la vie dans des mégapoles bondées ne génère que violence et misère, où les fruits, les salades, les viandes et les poissons sont réservés à une élite et où la grande majorité de la population est nourrie avec des « barres » nutritives et verdâtres, fabriquées dans des usines à partir de cadavres humains fournis en abondance par des centres d'euthanasie !

Comment mangerons-nous dans trente ans ? Les pages[2] qui suivent n'ont pour ambition que d'ouvrir des pistes sur lesquelles le lecteur est invité à s'aventurer avec la plus grande des prudences. La réalité empruntera probablement, plus ou moins, et dans des proportions difficiles à imaginer, une part de chacun des cinq scénarios proposés dans cette troisième partie. À chacun de faire sa propre synthèse, selon son intuition, et peut-être son désir, sans oublier que ce qui est imaginaire est par nature imaginable.

1. Soylent : fusion des mots anglais *soybean* (soja) et *solvent* (solvant). Titre de la version française : Soleil vert.

2. Quand il lira les lignes qui suivent, le lecteur se rappellera que les faits relatés sont réels quand ils sont datés antérieurement à 2007, et qu'ils sont le fruit d'une imagination alimentée par l'extrapolation parfois hasardeuse de faits avérés quand ils sont mentionnés comme postérieurs à cette date. Il comprendra également que les contradictions qu'il pourrait relever dans les pages qui viennent s'expliquent par la diversité des scénarios et par le traitement spécifiquement fait à chacun d'eux.

Le point de vue des sénateurs

Dans un rapport sur l'avenir de la filière agricole, après s'être interrogés sur la possibilité d'un « formatage » de l'agriculture par le trio constitué des transformateurs, des distributeurs et des consommateurs, les sénateurs envisagent pour 2020 quatre scénarios fondés sur plusieurs hypothèses de croissance économique et d'amoindrissement ou d'accentuation des inégalités entre les ménages.

Le premier scénario repose sur une croissance moyenne annuelle de 1,5 % et une distribution inchangée des revenus. Les modes de consommation n'évoluent guère.

Dans un scénario qualifié de « transition vers les États-Unis », la croissance est plus forte et les écarts se creusent au sein de la population. Les classes aisées se tournent vers la restauration commerciale, les plats préparés, les produits de la mer et les fruits et légumes. Les groupes aux revenus plus modestes, peu touchés par les messages nutritionnels, consomment davantage de produits peu coûteux comme le sucre, les huiles végétales et les volailles.

Dans un troisième scénario dit de « crise », la croissance est faible et les inégalités entre les ménages sont amplifiées. Le « prêt-à-manger » se développe aux dépens de la restauration hors foyer. Pour répondre à la demande, les industries agroalimentaires et la grande distribution diversifient leurs offres.

Dans le scénario « nordique », la croissance économique est importante et des politiques de redistribution des revenus sont mises en œuvre. Les groupes à revenu modeste consomment davantage et tirent vers le haut le marché alimentaire. Les préoccupations nutritionnelles sont prises en compte par un État d'autant plus volontaire que la croissance économique lui permet d'agir. Les dépenses alimentaires progressent rapidement. Les produits de la mer, la volaille, les fruits et légumes sont plébiscités, sous forme brute ou transformée, au détriment des matières grasses et des féculents.

Source : Simon Sutour, Rapport d'information du Sénat n° 203 (2006-2007) du 31 janvier 2007.

La science bâtit le meilleur des mondes

« En l'an 2000, il n'y aura plus dans le monde ni agriculture, ni pâtres, ni laboureur ; […] la culture du sol aura été supprimée par la chimie. […] Le jour où l'énergie sera obtenue économiquement, on ne tardera guère à fabriquer des aliments de toutes pièces, avec le carbone emprunté à l'acide carbonique, avec l'hydrogène pris à l'eau, avec l'azote et l'oxygène tirés de l'atmosphère. […] Un jour viendra où chacun emportera pour se nourrir sa petite tablette azotée, sa petite motte de matière grasse, son petit morceau de fécule ou de sucre, un petit flacon d'épices aromatiques, accommodés à son goût personnel : tout cela fabriqué économiquement et en quantités inépuisables par nos usines ; tout cela indépendant des saisons irrégulières, de la pluie ou de la sécheresse, de la chaleur qui dessèche les plantes, ou de la gelée qui détruit l'espoir de fructification, tout cela enfin exempt de ces microbes pathogènes, origine des épidémies et ennemis de la vie humaine. […] Il n'y aura plus ni champs couverts de moissons, ni vignobles, ni prairies remplies de bestiaux. L'homme gagnera en douceur et en moralité, parce qu'il cessera de vivre par le carnage et la destruction des créatures vivantes. […] La race humaine vivra dans l'abondance et dans la joie du légendaire âge d'or ».

Ainsi s'exprime, le 5 avril 1894, Marcellin Berthelot, l'un des plus prestigieux savants du XIX^e^ siècle qui devait cumuler tous les honneurs : secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur au Collège de France, membre de l'Académie de médecine,

ministre de l'Instruction publique. Grâce aux progrès de la chimie, des jours heureux attendent une humanité qui vivra dans l'abondance et dans un environnement mieux protégé.

Marcellin Berthelot rejoint ainsi les visions utopistes du philosophe rationaliste Francis Bacon qui décrit dans « La Nouvelle Atlantide » (1627) l'île idéale des savants « où les hommes disposent d'observatoires, de laboratoires et de machines, où les savants produisent des plantes sans être obligés de les semer et parviennent à transformer les arbres ou les plantes d'une espèce en végétaux d'une autre espèce […] et où ce n'est point par hasard que nous obtenons tous ces résultats car nous savons d'avance quel sera le produit de nos opérations ; nous pouvons dire avec certitude qu'en combinant ensemble telles espèces de matière et par tel procédé, nous produirons telle espèce d'animal ».

En 2030, cent trente ans plus tard, le rêve est devenu réalité. La science omniprésente a révolutionné notre alimentation. Comme d'autres secteurs de l'activité industrielle, celui de la santé notamment, la chaîne alimentaire a été profondément transformée par les innovations qui ont vu le jour dans trois grands domaines techniques : les biotechnologies[1] dont les apports ont été d'autant plus importants que les progrès de la biologie se sont considérablement accélérés, les nanotechnologies qui ont pour champ d'application la recherche, le développement et la commercialisation de matériaux et de dispositifs à l'échelle de un à cent nanomètres[2] et les nouvelles techniques d'information et de communication. Les perspectives qui se dessinent et les débats qui s'ouvrent dépassent les seuls enjeux des plantes génétiquement modifiées, objets de toutes les crispations dès le début des années quatre-vingt-dix. Dans les champs, des robots contrôlés par GPS *(Global positioning system)* et dotés de systèmes d'analyse automatique ont remplacé les agriculteurs. Ces derniers ne représentent plus que 0,5 % de la population active. Ils passent leurs journées de travail – peu nombreuses – dans leur bureau devenu une salle de commande équipée d'écrans reliés à un ordinateur. Grâce à la conception assistée des aliments par ordinateur, les textures, les arômes

1. Des technologies qui, pour produire des biens et des services, s'appuient sur les propriétés spécifiques des êtres vivants : a) leur capacité à se reproduire identiques à eux-mêmes, b) la reconnaissance immunitaire du non-soi qui assure leur protection contre les agents pathogènes et les molécules toxiques qui leurs sont étrangères, c) la catalyse de réactions chimiques, parfois complexes, par des enzymes très sélectives et à des températures généralement comprises entre 20 °C et 80 °C.
2. 10^{-9} mètre (soit environ 10 fois la taille d'un atome). L'épaisseur d'un cheveu est d'environ 100 000 nanomètres.

et les goûts des aliments et des boissons se fabriquent sur mesure. Les rationalistes ont tout normalisé. Même les recettes des gastronomes sont inventées dans les laboratoires de recherche.

Des consommateurs entrent en dissidence et combattent le pouvoir des biologistes. La police doit protéger les laboratoires universitaires et industriels. Les débats se radicalisent sur le droit des citoyens à contrôler le travail des scientifiques. Les plus « scientistes » de ces derniers se défendent, en inondant les internautes et les écrans portables de messages expliquant que le bonheur de l'humanité est inscrit au fond de leurs éprouvettes et des transformations génétiques ou enzymatiques.

Mais rien n'aurait été possible si la recherche mondiale, publique et privée, ne s'était pas mobilisée autour d'une grande ambition humaniste : nourrir les hommes suffisamment, durablement, sainement et commodément. En 2006, en France, 20 000 chercheurs et techniciens travaillent dans les instituts et les universités, les centres techniques et les entreprises à préparer l'alimentation du futur. Dans le monde, on peut estimer leur nombre à plusieurs centaines de milliers.

Les biologistes façonnent notre alimentation à leur façon

Au début des années 2000, les sciences du vivant et les biotechnologies ouvrent aux agronomes et aux industriels des horizons encore insoupçonnés trente ans plus tôt. À la fin du siècle dernier, de nouvelles disciplines scientifiques sont nées telles que le génie enzymatique[1], la génomique[2] et la bio-informatique[3]. Leurs traductions en techniques originales de production et de fabrication des aliments n'en sont encore qu'aux balbutiements et déjà les premières polémiques se pointent à l'horizon. De nombreux savants affirment que les biotechnologies vont diversifier l'accès aux ressources alimentaires, accroître la productivité des champs et des usines, améliorer la

1. Le génie enzymatique consiste à substituer aux méthodes classiques de la chimie industrielle des techniques fondées sur l'utilisation des catalyseurs biologiques que sont les enzymes.
2. La génomique s'inscrit dans la continuité de la génétique. Son objet est l'étude de la structure des génomes et l'analyse de la fonction des gènes.
3. La bio-informatique est une discipline qui vise à analyser et interpréter l'information biologique portée par les gènes et les protéines par des approches mathématiques, statistiques et informatiques.

qualité des produits et contribuer à protéger notre écosystème. Leurs détracteurs mettent en avant les risques majeurs qu'elles feraient courir à l'environnement et à la santé des consommateurs et dénoncent la mainmise des grandes multinationales sur des ressources biologiques qui appartiennent au patrimoine de l'humanité. Mais tous s'accordent à penser que les conditions de production de nos aliments pourraient être si profondément modifiées que la société se trouve confrontée à des choix politiques majeurs.

Fille des aliments (fromage, pain, saucisson, choucroute) et des boissons (vin, bière), la biotechnologie entre dans les temps modernes avec les avancées de la biologie moléculaire et la maîtrise de nouveaux procédés de fermentation. Il devient possible d'optimiser les performances des outils biologiques (enzymes et micro-organismes) utilisés dans les chaînes de fabrication. Les progrès observés dans la manipulation génétique des micro-organismes (levures, bactéries lactiques), des plantes et des animaux s'apparentent à une re-évolution dans la mesure où les barrières très étanches qui s'étaient instaurées entre les espèces au cours de leur évolution sont dorénavant franchies.

En 2030, les procédés de fermentation sont si élaborés que les caractéristiques qualitatives des matières premières agricoles (raisins, laits, farines) influencent beaucoup moins que trente ans auparavant les saveurs et les arômes des produits finis (vins, fromages, pains). La maîtrise et la diversité des modes de fabrication permettent aux industriels de compenser l'hétérogénéité des récoltes et des produits de l'élevage – le lait notamment – dont les caractéristiques, on le sait depuis longtemps, dépendent des variétés végétales et des races animales, des pratiques agronomiques et d'élevage, de la nature des sols et des conditions climatiques. En œnologie, seuls quelques très grands crus, réservés aux connaisseurs fortunés, sont encore élevés dans le plus grand respect de la tradition. Les progrès des méthodes de vinification, associés à la construction de souches de levures OGM polyvalentes, permettent de fabriquer des vins très appréciés, à moindre coût et de qualité constante. Les notions de terroir, d'année et de cépage s'effacent progressivement.

En fromagerie, les biochimistes et les spécialistes des goûts et des arômes finissent par décrypter la nature des réactions chimiques et biologiques qui se produisent au sein de la pâte en cours de maturation des fromages, tant au cœur qu'en surface, pour générer des propriétés sensorielles très variées d'un produit à l'autre. Ils démontrent que de nombreuses molécules sont d'origine microbienne et que les arômes qui caractérisent les camemberts sont dus à l'action de bactéries et de levures. Des sociétés spécialisées, issues de l'industrie pharmaceutique,

produisent des bactéries, des levures et des champignons génétiquement modifiés qui sont spécialement dédiés à la fabrication de l'un ou l'autre des 200 fromages français encore commercialisés. La boulangerie a bénéficié de progrès identiques. Grâce à l'utilisation d'enzymes, résistantes à la température de cuisson de la mie de pain (environ 90 °C) et aptes à empêcher la cristallisation de l'amidon, les pains se conservent deux semaines sans rassir[1]. Dans le secteur sucrier, après la canne à sucre et la betterave, et plus récemment le blé et le maïs, une fois maîtrisée l'hydrolyse de la cellulose en glucose, les plantes ligneuses (arbres et arbustes) sont devenues des plantes sucrières.

En 2030, avec les OGM, les biologistes ont transformé le paysage de l'agriculture et de l'alimentation. Tout semble possible, surtout depuis que les « puces à ADN » permettent d'identifier tous les gènes actifs dans un organe ou un tissu.

Les puces à ADN

Une approche prometteuse de la génétique fonctionnelle consiste à identifier de façon exhaustive tous les gènes actifs dans un organe donné, ou en réponse à des conditions environnementales particulières (sécheresse, attaque de pathogène). Pour cela, on fabrique une « puce à ADN » c'est-à-dire un support sur lequel sont fixés et ordonnés tous les gènes identifiés dans le génome de l'espèce. Sur ce support, on applique ensuite un mélange des acides ribonucléiques ARN messagers isolés à partir de l'organe étudié, ayant ou non subi le stress que l'on étudie. Ces ARN reconnaissent les séquences d'ADN auxquelles ils correspondent et s'hybrident avec elles. On peut par exemple soumettre un lot de plantes à un stress hydrique puis extraire les ARN messagers des racines de ces plantes. On aura extrait par ailleurs les ARN messagers des racines d'un lot de plantes arrosées normalement. Dans les ARN messagers obtenus pour chaque lot, seuls seront représentés les gènes qui sont actifs dans la racine dans les conditions données. Si on utilise ces ARN comme sonde sur une puce à ADN portant l'ensemble des gènes de la plante, on peut révéler en une seule expérience l'ensemble des gènes qui sont exprimés dans la racine. Si on compare les résultats obtenus avec les ARN extraits des plantes stressées et ceux obtenus avec les ARN des plantes cultivées en conditions normales, on peut identifier les gènes dont l'expression est induite par le stress, ceux où elle est inhibée et ceux pour lesquels elle est inchangée.

Source : www.inra.fr/genomique/genetamelior.html

1. Le rassissement du pain est dû, pour l'essentiel, à une recristallisation partielle, au sein de la mie, de l'amidon que la cuisson a rendu « amorphe ».

Le XX^e siècle a été celui de la domestication des micro-organismes, le XXI^e voit les ingénieurs-généticiens acquérir une parfaite maîtrise de la manipulation et de la domestication des gènes. Les organismes vivants ont été reprogrammés pour garantir productivité et qualité. L'agriculture s'est libérée des contraintes du milieu telles que sécheresse et maladies. Les variétés des principales espèces cultivées ont été adaptées à l'accroissement de la température et de la teneur en gaz carbonique de la planète, provoqué par l'effet de serre. Les engrais azotés ne sont plus nécessaires pour faire pousser les céréales.

Les légumineuses trouvent dans l'air l'azote dont elles ont besoin

Les légumineuses constituent la plus grande famille de plantes. Il en existe 18 000 espèces réparties sur tous les continents, dont certaines présentent un très grand intérêt agronomique comme le soja, le pois, le trèfle, la luzerne et l'arachide. On peut expliquer leur « succès écologique » par leur capacité à utiliser l'azote de l'air pour leur développement et à se passer d'engrais azoté. Elles sont en effet arrivées à s'affranchir du paradoxe qui veut que l'azote constitue 80 % de l'atmosphère, tout en étant l'un des facteurs qui limitent la croissance de la majorité des végétaux. Il y a plusieurs siècles, Olivier de Serres avait déjà compris l'intérêt de semer des légumineuses au lieu de laisser les sols en jachère pour reconstituer la fertilité des sols.

Cette aptitude, les légumineuses la doivent à leur association avec des bactéries du sol, appelées *Rhizobium,* capables d'assimiler l'azote de l'air en utilisant l'énergie d'origine photosynthétique que les légumineuses leur fournissent. Cette association à bénéfice mutuel – une symbiose – a lieu au sein de nodosités induites sur les racines des légumineuses. L'azote de l'air y est transformé en ammoniac sous l'action catalytique d'une enzyme, la nitrogénase. En d'autres mots, la plante fournit une niche protectrice et de l'énergie aux bactéries qui, en échange, synthétisent de l'ammoniac pour leur hôte.

Cette symbiose entre les légumineuses et les rhizobiums fournit chaque année, à l'échelle de la planète, une quantité d'azote équivalente à celle synthétisée, par voie chimique, par l'industrie des engrais (nitrates). Le rôle écologique et économique de cette symbiose est donc considérable.

Les chercheurs s'efforcent d'identifier la nature, la structure et les fonctions des gènes et des protéines impliqués dans ce phénomène afin d'élucider les mécanismes de la fixation de l'azote. Ils espèrent ainsi améliorer l'efficacité des symbioses plantes/micro-organismes, voire, un jour, conférer aux céréales cette aptitude à fixer l'azote de l'air que les légumineuses possèdent aujourd'hui.

Le grand tournant date de 2028 quand une équipe de l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) – elle aura le prix Nobel de la paix en 2035, soixante-cinq ans après Norman Borlaug, le père de la « révolution verte » – est enfin parvenue à créer une variété de blé capable de fixer l'azote de l'air et donc de pousser sans apport d'engrais azotés. Le retentissement de cet exploit technologique est immense et coupe l'herbe sous les pieds des derniers opposants aux OGM. C'est l'aboutissement de cinquante années de recherches acharnées, commencées en 1980 dans le cadre d'un partenariat entre l'Inra, l'Institut Pasteur et la société Elf-Aquitaine. La symbiose qui se forme naturellement entre des légumineuses et des bactéries du genre *Rhizobium* a servi de modèle.

En juillet 2001, une équipe internationale avait réalisé le séquençage et l'analyse du génome d'une bactérie du sol fixatrice d'azote. À cette époque, les chercheurs – qui ne s'étaient pas trompés – pensaient que la connaissance de ce génome allait permettre d'analyser plus efficacement les mécanismes de la symbiose entre les rhizobiums et les légumineuses. Il serait donc possible, à terme, de favoriser l'utilisation de l'azote atmosphérique, dans le contexte d'une agriculture moins coûteuse et moins polluante. Ils entrevoyaient déjà de transférer une capacité de fixation symbiotique de l'azote, même modeste, aux céréales. En 2015, tous les gènes mobilisés au cours des quatre étapes de la symbiose sont connus[1]. Simultanément, un long processus de transformation génétique du blé a été engagé pour introduire, dans le génome de cette espèce, l'ensemble des gènes lui permettant d'entrer en symbiose avec les rhizobiums du sol. Avant de proposer des variétés fixatrices d'azote aux agriculteurs, il a également fallu améliorer le rendement énergétique des blés, en optimisant tous les maillons de la photosynthèse. On avait en effet constaté, lors des premiers essais, qu'une partie de l'énergie issue de la photosynthèse, et nécessaire au remplissage des grains, était détournée par les rhizobiums pour réduire l'azote de l'air en ammoniac, avec pour conséquence, une baisse importante des rendements en blé.

Des démarches similaires ont été suivies pour fabriquer des plantes résistantes à la sécheresse et à la salinité des sols. Chaque fois, les chercheurs ont étudié le fonctionnement d'organismes qui se sont progressivement et naturellement adaptés aux conditions des

1. Gènes contrôlant la reconnaissance de la plante par les rhizobiums, la formation sur les racines de nodules au sein desquels ces bactéries assimilent l'azote de l'air, l'infection des nodules par les rhizobiums et l'assimilation de l'azote atmosphérique.

milieux qui leur étaient défavorables. Chaque fois, ils ont montré que les résistances recherchées résultaient de la présence d'un nombre élevé de gènes. Chaque fois, pour ne pas mettre en danger le fonctionnement global des plantes génétiquement transformées, ils ont dû maintenir un équilibre extraordinaire complexe entre les gènes naturellement présents dans la plante et les gènes qu'ils y avaient artificiellement introduits.

Les plantes résistent à la salinité des sols

À certaines doses, variables selon les plantes, le sel présent dans le sol devient toxique. Environ 15 % des terres cultivées dans le monde contiennent un excès de sel que les plantes de grande culture ne supportent pas. Et chaque année, 10 millions d'hectares de terres cultivables sont perdus du fait du sel apporté par l'eau d'irrigation, principalement dans les régions chaudes.
Pour se protéger d'un excès de sel dans le sol, les plantes disposent de trois outils : limiter l'entrée de l'ion sodium au niveau des racines, le renvoyer vers les racines avec la sève descendante ou encore le stocker dans les vacuoles[1] des feuilles.
C'est en accroissant la capacité de stockage de ces dernières que les chercheurs créent en 2025 des variétés de riz qui supportent des taux de salinité élevés. Ils commencent par découvrir dans les eaux de la mer Morte un champignon, *Eurotium herbariorum,* qui résiste à la très forte salinité qui y prévaut (350 grammes par litre), puis ils démontrent que c'est en fabriquant de grandes quantités de glycérol que les cellules de ce champignon peuvent fixer de grandes quantités de sel dans leurs vacuoles.
Il faudra ensuite des années pour identifier tous les gènes contribuant à cette résistance, les introduire chez le riz et les rendre pleinement fonctionnels. En 2030, en Asie du Sud-Est, le riz a reconquis les terres abandonnées au cours des vingt dernières années en raison de leur trop forte salinité.

Avec un retard de dix ans sur leurs collègues végétalistes, les spécialistes de la génétique animale sont enfin parvenus à maîtriser la transgénèse et le clonage chez les animaux. Le patrimoine génétique des animaux peut dorénavant être modifié par des méthodes beaucoup plus rapides et précises que celles de la sélection traditionnelle. Les pratiques de l'élevage s'en trouvent bouleversées. En 2005, les outils conceptuels et méthodologiques étaient disponibles, mais leur mise

1. Sac situé à l'intérieur d'une cellule végétale, occupant une grande partie de son volume, rempli de liquide et au sein duquel sont stockés des sels minéraux, des pigments solubles et parfois des molécules toxiques.

en œuvre se heurtait à leur coût. Depuis que les mécanismes du développement des espèces animales sont maîtrisés et que l'organisation de leur génome est décrite avec précision, les biologistes savent contrôler et modifier l'ontogenèse[1] des fonctions vitales chez les mammifères et donc contrôler les effets du milieu sur leur fonctionnement. En « manipulant » des embryons, il leur a été possible d'améliorer les performances des animaux domestiques : production laitière (quantité et composition), efficacité de l'alimentation (moins de nourriture pour plus de viande, de lait ou d'œufs), résistance aux maladies. Dans les pays tropicaux, les animaux sont devenus résistants aux très nombreux parasites qui ruinaient les élevages. Depuis 2025, les animaux « bio-transformés » sont reproduits à l'identique et à l'infini dans des laboratoires de multiplication grâce au clonage somatique. Ainsi, en 2020, les barrières qui ont fait longtemps croire que les coûts de production des clones limiteraient l'usage de ces techniques sophistiquées aux seuls reproducteurs ont été progressivement levées.

Les clones ne font pas rire les consommateurs

Dans le monde, en 2006, dix ans après la naissance en Écosse de la brebis Dolly, c'est par milliers que l'on compte des clones de mammifères dont l'apparence et les caractéristiques physiologiques, notamment la fertilité, sont parfaitement normales. Ils sont obtenus en introduisant le noyau d'une cellule somatique dans un ovule énucléé.

Au mois de décembre de la même année, la *Food Drug and Administration,* agence américaine en charge de la sécurité des aliments, conclut à l'innocuité des « steaks de clone ». Cette agence considère en effet que les viandes et les laits, issus de bovins, porcins ou caprins clonés, ne présentent aucune différence de composition avec les produits traditionnels et qu'ils sont donc aussi sûrs et sains pour la santé. Mais ce n'est pas pour cela que les inquiétudes des consommateurs sont levées. Ni, paradoxalement, celles des professionnels qui craignent que cette annonce ne vienne brouiller l'image de qualité qu'ils souhaitent conserver à leurs produits. En Europe, il est peu probable que les autorités prennent la même position.

Se dirige-t-on vers une nouvelle guerre commerciale ? Sûrement pas dans l'immédiat. Sauf si les interdictions européennes portent également sur les animaux descendants des animaux clonés. En effet, compte tenu du coût très élevé de l'obtention d'un animal cloné, estimé à plus de 30 000 euros par bête, l'intérêt économique de la production d'animaux clonés, pour une utilisation directe de leurs produits, est pour l'instant inexistant. Par

…/…

1. L'ontogenèse est le développement d'un individu à partir du moment où l'œuf est fécondé jusqu'à l'état adulte.

contre, il est possible que les techniques de clonage puissent présenter un avantage concurrentiel sur les méthodes traditionnelles d'élevage en reproduisant à l'identique les meilleurs des taureaux ou des béliers.
On peut penser que les premières applications commerciales du clonage verront le jour dans les haras car les animaux clonés n'entreront pas dans la chaîne alimentaire. La société française Cryozootech, créée en 2001, dont l'objectif est la préservation des gènes d'animaux et plus particulièrement de chevaux exceptionnels, s'y emploie.

Dorénavant, on ne fait plus de distinction entre le « bon gras » végétal et le « mauvais gras » animal. Les généticiens ont en effet modifié les voies de synthèse des acides gras chez les animaux domestiques pour optimiser le rapport oméga-6/oméga-3. En 2006, des chercheurs de l'université du Missouri-Columbia ont créé les premiers porcs transgéniques dont les graisses contenaient d'importantes quantités d'acides gras polyinsaturés de type oméga-3, au même titre que le saumon ou les sardines. Ces porcs produisent en moyenne trois fois plus d'oméga-3 et 23 % d'oméga-6 en moins que les races traditionnelles. Pour réaliser ces modifications, les chercheurs ont introduit, dans l'espèce porcine, un gène[1] à l'origine de la transformation des acides gras oméga-6 en acides gras oméga-3. Il faut ensuite attendre l'année 2014 avant que l'agence américaine FDA, convaincue de l'innocuité et du bénéfice de ces viandes génétiquement modifiées, n'autorise la commercialisation de rôtis de porc enrichis en oméga-3. Sensibilisés par une campagne publicitaire très agressive sur le thème « suivez le porc, ménagez votre cœur », qui ne fut pas sans rappeler – mais avec beaucoup plus de succès – la campagne « suivez le bœuf » lancée par le gouvernement français au début des années soixante, les consommateurs délaissent les autres produits carnés qui voient leur vente chuter de 25 % en 5 ans. Les éleveurs de bovins et d'ovins réagissent en proposant à leur tour, à partir de 2025, des produits, issus d'animaux transgéniques, dont les matières grasses ont une composition en acides gras parfaitement équilibrée. En 2030, à la satisfaction des médecins, les produits d'antan commencent à disparaître des étals des boucheries.

Au cours de cette même année, des entreprises agricoles – dans ce cas, on ne parle plus d'agriculteurs – se sont spécialisées dans des productions destinées à des classes particulières de consommateurs, par exemple des blés dont le gluten a été modifié pour le bénéfice

1. Ils sont allés le chercher dans un ver, le nématode *Caenorhabditis elegans.*

des sujets souffrant de la maladie cœliaque. En 2006, celle-ci affecte plus de 150 000 Français. Son traitement, préventif, repose sur l'exclusion alimentaire du gluten[1] et donc, de tous les aliments contenant de la farine de blé. En 2020, les personnes atteintes de cette maladie auto-immune peuvent enfin manger une bonne baguette croustillante, un plat de pâtes *al dente,* des endives à la béchamel ou des biscuits. Au début des années cinquante, on savait déjà que la présence de protéines du blé dans l'alimentation provoquait chez certains sujets une inflammation, puis une nécrose des parois intestinales, pouvant conduire à la mort des nourrissons dans les cas les plus graves. Pour surmonter cette intolérance à la farine, la tâche des biochimistes, des généticiens et des médecins – étalée sur une quinzaine d'années – n'a pas été facile. Il leur a fallu identifier les segments des protéines du gluten qui provoquent la maladie, puis prévenir leur synthèse au sein des grains, tout en conservant à la farine son caractère panifiable. En 2018, trois variétés de blé « hypoallergéniques » sont inscrites au catalogue des espèces cultivées. Pour éviter toute contamination par des espèces traditionnelles, elles sont cultivées dans des espaces protégés, avec pour conséquence un accroissement de leur coût de production de 20 %. Ce qui n'a rien de dramatique pour les consommateurs puisque, comme en 2006, le prix du blé représente à peine 4 % du prix de la baguette !

Le lait de vache s'humanise

En 2030, le lait de vache humanisé est le plus récent succès de la recherche biotechnologique alimentaire. Le lait est un aliment bien adapté au jeune mammifère quand il provient de sa mère. Aussi, de manière très naturelle, les bébés se nourrissent du lait de leur maman ou de leur nourrice. Mais cela n'est pas toujours possible et il faut donc trouver des produits de substitution. Le lait de vache est celui qui a été le plus fréquemment utilisé. Malheureusement, les compositions des laits maternels et des laits de vache sont sensiblement différentes : les premiers contiennent moins de protéines et de minéraux, plus de glucides et d'acides gras insaturés ainsi que des facteurs de défense anti-infectieuse et de croissance.

Les rééquilibrages auxquels se sont essayé les industries laitières, en ajoutant des matières grasses d'origine végétale, n'ont été que des solutions très partielles aux rejets par les nourrissons de ces laits « en voie de maternisation ». Au début des années 2000, l'adaptation, par voie technologique,

…/…

1. Substance complexe constituée principalement de protéines, présente dans la farine de blé et conférant à cette dernière son caractère panifiable.

du lait d'une espèce à une autre n'étant qu'approximative, les laits, élaborés à partir du lait de vache et destinés aux jeunes enfants, n'avaient toujours pas le droit à l'appellation « laits maternisés ». Le principal problème à résoudre résidait dans la différence de composition des protéines. Déjà, à cette époque, les biologistes faisaient remarquer qu'il n'était 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 puissent être identiques à celles du lait de femme. Ils notaient également que la fraction lipidique resterait différente car les profils d'acides gras du lait des ruminants dépendent de l'activité microbienne du rumen.
Le lait de vache « humanisé », commercialisé en 2030, est le produit de la traite d'animaux ayant intégré dans leur génome plusieurs gènes qui synthétisent des protéines de lait humain, en particulier ceux de la lactoferrine et du lysozyme. Ces deux protéines présentent un pouvoir bactériostatique qui peut protéger les nourrissons contre les infections microbiennes. Il a également fallu modifier les voies de synthèse des glucides pour accroître leur concentration dans le lait, tout en diminuant de façon significative la part du lactose.

Des aliments fabriqués au millionième de millimètre

Les nanotechnologies désignent les manipulations d'atomes ou de molécules pour fabriquer des matériaux et des appareils et mettre au point de nouveaux procédés. Elles regroupent l'ensemble des savoir-faire qui permettent de travailler à l'échelle moléculaire pour organiser la matière, brique par brique, jusqu'à l'échelle macroscopique. Agissant sur la taille, la forme, l'organisation et donc les fonctions des objets, elles ouvrent de nouveaux horizons à la science des matériaux, aux technologies de l'information, à la biomédecine et à la science des aliments.

Dès 2000, des associations, promptes à s'inquiéter des nouveautés technologiques, s'efforcent d'alerter l'opinion. Elles craignent que des nanoparticules puissent se disperser dans l'environnement et nuire à la santé. Elles redoutent aussi que la miniaturisation des systèmes d'acquisition et de transmission des données, associée à leur performance, place la vie privée des individus sous le contrôle des gouvernements ou des multinationales. Elles refusent la « technification du monde » dont « les aliments atomiquement modifiés » (AAM) pourraient être l'un des derniers avatars. En 2010, après les OGM, c'est au tour des AAM d'être l'objet de débats passionnés.

Les cyclodextrines sont des pièges à molécules

Les cyclodextrines sont un bel exemple d'application des nanotechnologies à l'alimentation. Ce sont des additifs alimentaires de la famille des stabilisants qui portent le numéro de code européen E 459. Obtenues en traitant l'amidon par des enzymes – des nano-outils biologiques – elles se présentent sous forme de 6, 7 ou 8 unités de glucose disposées de manière à constituer une sphère creuse faisant fonction de « piège à molécules ». La dimension de leur cavité interne dépend du nombre d'unités entrant dans leur composition. Leur particularité est de posséder des groupements hydrophiles (qui aiment l'eau) sur leur paroi externe et des groupements hydrophobes (qui la fuient) sur leur paroi interne. On dit que les cyclodextrines sont amphiphiles. Ce caractère leur permet d'emprisonner des molécules insolubles dans l'eau et de leur conférer, indirectement, un comportement de molécules solubles. Elles protègent les molécules fragiles contre l'oxydation et les élévations de température, voire la lumière, et assurent leur libération progressive et contrôlée dans le milieu environnant. Biodégradables et sans danger pour la santé, elles ont séduit les industries alimentaires pour de nombreuses applications : encapsulation d'arômes ou d'huiles essentielles (oignon, fenouil ou estragon) libérés lors de la mastication, stabilisation d'émulsions, piégeage de molécules indésirables comme le cholestérol ou des substances amères (en particulier celles du citron), protection des graisses et des huiles contre le rancissement. On peut les retrouver dans des thés aromatisés, des amuse-gueules et des boissons instantanées.

En dépit de ces oppositions, le marché des « nanoaliments » franchit la barre des vingt milliards d'euros en 2015 et les nanotechnologies deviennent omniprésentes dans l'alimentation des hommes. Des centaines de sociétés, multinationales ou petites et moyennes entreprises innovantes, expérimentent dans leurs laboratoires de nouveaux modes de production et de distribution des aliments en fonction de leur utilisation. Tous les domaines de la chaîne alimentaire sont touchés : fabrication de nouvelles semences, procédés de fabrication des aliments, emballages, valeur santé, qualité hygiénique, texture des produits, goûts et arômes.

Les aliments sont en effet composés de nanoparticules, telles les protéines globulaires, abondantes dans le lait, dont les dimensions sont comprises entre 10 et 100 nanomètres, ou les glucides et les lipides dont l'épaisseur des chaînes est d'environ 1 nanomètre. Les propriétés des aliments, notamment leur texture, dépendent de la manière dont ces divers constituants s'assemblent. Les mousses

alimentaires et les émulsions – la mayonnaise par exemple – sont des matériaux au sein desquels les interfaces entre l'eau et l'air ou entre l'eau et les lipides s'établissent au niveau des molécules. L'addition de polymères pour stabiliser des gels ou des boissons a pour but de créer des interactions moléculaires à trois dimensions. Quand une cuisinière mélange du beurre, de la farine et du lait pour faire une béchamel, elle transforme la structure lamellaire et cristalline de l'amidon de la farine en un produit amorphe capable de fixer de grandes quantités d'eau et d'épaissir la sauce. Elle fait des nanotechnologies, comme monsieur Jourdain de la prose !

En 2030, c'est en poursuivant leur investigation pour mieux comprendre les phénomènes intimes qui régissent les propriétés des aliments que les scientifiques sont parvenus à fabriquer des produits totalement nouveaux. Grâce à leurs nouvelles structures cristallines, les matières grasses ne sont plus altérées par les enzymes naturellement présentes dans les aliments. Elles ne rancissent plus et les produits qui les contiennent gardent leur fraîcheur. Des arômes encapsulés dans des barrières monomoléculaires se libèrent les uns après les autres au cours de la cuisson, générant des goûts encore inédits. De nouveaux pièges moléculaires sont inventés qui reposent sur l'emboîtage de nanosphères dans des microcapsules. Mises au contact de l'eau ou d'un acide, les molécules protégées se libèrent les unes après les autres, puis réagissent entre elles. On a ainsi inventé des bonbons rafraîchissants procurant progressivement une impression de froid dans la bouche tout en générant une succession de saveurs différentes. S'appuyant sur les prévisions des cristallographes, les généticiens ont appris à modifier les séquences d'ADN pour que des micro-organismes synthétisent des protéines possédant de nouvelles fonctions. Telles ces enzymes, des amylases, capables de conserver leur activité après avoir été soumises à des températures supérieures à 140 °C et poursuivant leur action contre le rassissement du pain une fois celui-ci sorti du four. La baguette reste fraîche plus de deux semaines !

À table, en plus de la salière et du poivrier, de petits pulvérisateurs sont à la disposition de chaque convive pour ajouter arômes et saveurs dans les assiettes. Les rougets surgelés manquent de goût : pulvérisez des flaveurs de rouget. Vous voulez réduire les apports de calories : remplacez le beurre sur votre tartine par des substituts moléculaires qui produisent les mêmes sensations d'onctuosité, avec les calories en moins. Les omelettes aux truffes, tout du moins possédant leur saveur et leur odeur, deviennent accessibles à toutes les bourses. Le pulvérisateur « pain frais tout juste sorti du four » est

le plus utilisé au petit déjeuner. Ces sprays sont le fruit des années de recherche qui ont été nécessaires pour identifier les composants responsables des saveurs et des arômes de tous les aliments, d'en faire la synthèse, de déterminer l'exacte proportion des mélanges et d'encapsuler le tout dans des nanosphères qui libèrent les molécules ainsi protégées contre l'oxydation par l'air, au moment de leur pulvérisation.

Les premiers emballages qualifiés d'intelligents apparaissent à la fin des années quatre-vingt-dix[1]. Ils assurent la protection des aliments grâce aux molécules antimicrobiennes qui y sont incorporées. Ils sont munis de détecteurs-enregistreurs de rupture de la chaîne du froid qui ont une efficacité bien supérieure à la « puce fraîcheur » dont le succès escompté s'est heurté au nombre excessif de faux positifs. Ils opposent des barrières monodirectionnelles à l'oxygène et à l'humidité, du milieu extérieur vers l'aliment, pour prolonger la date limite d'utilisation optimale. Les biscuits et les chips gardent leur fraîcheur pendant trois ans tant qu'ils sont maintenus dans leur emballage. À partir de 2025, grâce aux nanotechnologies, les emballages sont capables de s'autoréparer, de réagir spécifiquement et instantanément aux modifications du milieu environnant et de détecter la présence et la vitesse de multiplication d'agents pathogènes *(Salmonella, Listeria, Escherichia coli)* ou de flores d'altération telles que les moisissures. Pour éviter des commercialisations abusives, le code-barres devient illisible en cas de contamination dangereuse pour la santé. La date limite de consommation est remplacée par un niveau limite de contamination acceptable. En 2030, des nanocapteurs capables de détecter des contaminants chimiques à des concentrations aussi faibles qu'une partie par milliard (1 microgramme par kilo) sont insérés dans les emballages. Ils utilisent des nanoparticules conçues pour émettre un signal fluorescent lorsqu'elles entrent en contact avec les molécules qu'elles ont repérées.

Les « nez électroniques » sont omniprésents. Ce sont des « nanobiocapteurs » qui traquent les produits ou organismes qui émettent des composés odorants et les identifient par l'intermédiaire de leurs signatures olfactives. Leur pouvoir de détection repose sur les propriétés électriques des récepteurs olfactifs des mammifères, des milliers de protéines présentes dans l'épithélium des fosses nasales. Les nanobiotechnologues ont commencé par produire ces protéines

1. Voir pages 79–80.

avec des levures génétiquement modifiées avant de les déposer entre deux nanoélectrodes. Une molécule aromatique flotte-t-elle dans l'air ? De même qu'elle vient chatouiller nos fosses nasales ou celles, beaucoup plus sensibles, d'un rat ou d'un chien, elle se fixe de manière très spécifique sur l'une des protéines du nez électronique, la stimule, génère un courant électrique et émet un signal qui indique que cette substance odorante est disséminée dans l'environnement. Sur des principes voisins, des étiquettes intelligentes détectent les composés aromatiques qui résultent de l'activité des flores microbiennes et de l'évolution de l'état de maturité des fruits et légumes. Les melons, les kiwis et les avocats trop mûrs sont détectés par le changement de couleur d'une étiquette dont la présence sur le fruit est rendue obligatoire par une directive européenne datant de 2020. En 2025, le dernier cri est la boîte « Opti-Fruit® » sur laquelle la date optimale de consommation du fruit s'inscrit automatiquement en fonction de son évolution physiologique et des caractéristiques du milieu ambiant. Cette détermination prend en compte la nature et la quantité des molécules volatiles que dégage le fruit et les caractéristiques du milieu (température, humidité). Finis les kiwis trop mûrs et immangeables !

En 2003, Carmen Moraru, professeur à l'université de Cornell (États-Unis), n'hésite pas à annoncer que « les nanomachines vont permettre de fabriquer des quantités illimitées d'aliments en réalisant des synthèses au niveau des atomes, et d'éradiquer définitivement la faim dans le monde ». Elle rejoint Douglas Mulhall[1] qui prédit que la prochaine étape de « l'usinage moléculaire » sera de fabriquer des aliments. Et peut-être aussi les analyses du directeur du Commissariat à l'énergie atomique de Grenoble qui estime « qu'on pourra apprendre aux atomes à s'organiser entre eux pour travailler ensemble sous le contrôle d'autres atomes »[2]. On nous annonce donc début 2000 que des nanorobots assembleront des atomes de carbone, d'oxygène, d'azote et d'hydrogène pour synthétiser des steaks ou de la farine de blé. L'air, l'eau et le charbon – où se trouvent en abondance ces différents atomes – seront les seules matières premières nécessaires à ces transformations. Il serait donc bientôt possible de se passer des agriculteurs et des éleveurs, les espérances de Marcellin Berthelot seraient enfin comblées. Mais le constat est sans appel. En 2030, ces prophéties

1. Douglas Mulhall, 2002. Our molecular future – how nanotechnology, robotics, genetics, and artificial intelligence will transform our world, Prometheus Books, USA.
2. Source : Le Monde, 17 mai 2006.

relèvent encore de l'utopie[1]. Et pourtant, en 2028, le consortium de recherche Nanotek, créé dès 1999 par la multinationale américaine Kraft Food, a annoncé qu'il venait de réussir la synthèse du premier gramme d'amidon, un polymère du glucose et principal constituant de la farine de blé et de la pomme de terre.

Les incroyables progrès des techniques d'information et de communication

Avec les biotechnologies et les nanotechnologies, les Nouvelles technologies de l'information et de la communication – les NTIC – forment le tiercé gagnant des innovations de la fin du XX^e^ siècle qui, en 2030, auront profondément bouleversé l'économie mondiale. Résultat d'un croisement entre l'informatique et les télécommunications, elles assurent l'acquisition, le stockage, le traitement et la diffusion de volumes croissants de données, rapidement et à très faible coût. Elles sont à la base d'applications aussi variées que le réseau Internet, la téléphonie mobile, les appareils de navigation embarqués dans les véhicules ou les systèmes d'identification par radio-fréquence (RFID)[2] utilisés dans les péages d'autoroute sans nécessité de marquer un arrêt.

Comme les autres secteurs de l'industrie manufacturière et des services, tous les maillons du système alimentaire sont transformés par les NTIC. L'agriculture, en premier lieu, grâce à un couplage réussi entre les systèmes de guidage et d'observation par satellite, la robotisation des machines agricoles et les progrès de la physiologie végétale. L'industrie alimentaire est également touchée, elle qui conçoit maintenant ses nouveaux aliments de manière virtuelle, comme en 2006 l'industrie aéronautique conçoit ses avions et l'industrie automobile ses voitures[3]. Les consommateurs, enfin, qui ont profondément modifié leurs pratiques d'achat avec les progrès de la RFID et d'Internet.

---

1. Ce n'est que bien plus tard, vers 2100, quand l'accès à une énergie bon marché et quasi illimitée, produite par la fusion nucléaire, est enfin maîtrisé, et que l'agriculture est progressivement, et partiellement, remplacée par des cultures d'algues, dans des usines dédiées à ce qui s'appelle dorénavant l'algoculture, pour fournir les protéines et les glucides constitutifs de nos aliments.
2. *Radio frequence identification*. C'est une technologie utilisée pour identifier à distance un objet, un animal ou une personne porteurs d'une étiquette capable d'émettre des données en utilisant des ondes radio.
3. Ce point sera développé dans le chapitre suivant.

Avec la concurrence planétaire sur les produits agricoles, céréales et oléoprotéagineux notamment, la réduction des coûts de production est devenue une question de survie pour l'agriculture française, d'autant que les aides européennes ont définitivement disparu en 2013. En 2030, l'accès à une agriculture de très grande précision, économe en intrants (engrais, pesticides) et entièrement automatisée, est un don du ciel. Les coûts de production ont été réduits de 30 %, la contamination des eaux souterraines par les nitrates a diminué de 80 % et les revenus des agriculteurs – qui ne sont plus que 100 000 – maintenus, en francs constants, à leurs niveaux de l'année 2000.

Les techniciens ont imaginé de nouvelles machines qui bénéficient de la maturité des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Ces machines permettent aux agriculteurs d'intervenir, à bon escient, en réduisant les impacts négatifs des pratiques agricoles sur l'environnement tout en assurant le rendement et la qualité des récoltes. Les agriculteurs sont ainsi passés d'une agriculture productiviste à une agriculture raisonnée, puis à une agriculture de précision. Cette dernière consiste à gérer un domaine agricole à l'échelle de la parcelle, en intégrant au sein d'un unique processus de décision l'état des plantes et du milieu, l'évaluation des besoins (fumures, traitements phytosanitaires) et la distribution automatique des apports en engrais. L'application modulée des intrants repose donc sur une gestion des besoins qui ne sont pas obligatoirement les mêmes pour deux parcelles. Pour atteindre ces résultats, de gros efforts ont été consentis pour mettre au point des modèles de croissance adaptés aux espèces et variétés cultivées.

Depuis 2012, le système de radionavigation par satellite Galileo – lancé en 2005 à l'initiative de l'Union européenne et de l'Agence spatiale européenne, en complémentarité du système américain GPS – permet de connaître la position exacte des personnes, des biens et des véhicules dans le temps et dans l'espace, à un mètre près. Il fournit des informations de plus en plus recherchées par les transporteurs (localisation de véhicules, recherche d'itinéraire, contrôle de vitesse, systèmes de guidage), les services sociaux (aide aux handicapés ou aux personnes âgées), la justice et les douanes (contrôle frontalier), les travaux publics (relevé de terrains), les sauveteurs (localisation des personnes en détresse), les vacanciers (orientation en mer et en montagne) et les agriculteurs.

En 2020, la grande majorité des agriculteurs européens fait appel à AgroPlus, une société de service dérivée de Farmstar. Ce dernier est un système d'observation par satellite géré conjointement, dès 2003, par la société EADS Astrium (société spécialisée dans le développement d'applications et de services à partir d'images de

télédétection) et par des organisations professionnelles agricoles (producteurs de céréales, d'oléoprotéagineux et de betteraves). Les résultats ne se font pas attendre : en vingt ans, la consommation d'engrais azotés diminue de 25 %, celle de pesticides chute de 40 % et celle de l'eau d'irrigation de 30 %. Les rendements se sont accrus en moyenne de 15 % et les revenus des agriculteurs de 100 euros par hectare. En 2006, les pionniers avaient déjà noté que l'accès aux images satellitaires – on dénombrait alors 25 000 parcelles sous contrôle – avait réduit d'environ 10 à 15 kilos les quantités d'azote apportées par hectare de blé, tout en améliorant les rendements et en diminuant les risques de pollution de l'environnement.

Comment le système fonctionne-t-il ? Des informations sur les plantes et les sols sont fournies par des satellites, des avions ou des drones équipés de capteurs qui prennent des images dans une large gamme de longueur d'ondes et dont l'exploitation automatique renseigne sur l'état physiologique des plantes (stade de développement, besoin en eau et en azote, teneur en chlorophylle des feuilles, nature et intensité des attaques parasitaires), sur l'état des sols (état hydrique de la parcelle) et sur la présence d'insectes et de mauvaises herbes. Utilisant des logiciels fondés sur des modèles faisant le lien entre l'état physiologique des plantes et l'environnement, ce même ordinateur calcule les quantités d'engrais à appliquer, les irrigations à démarrer et les pesticides à pulvériser. Les apports sont ainsi automatiquement adaptés aux besoins. Confortablement installé dans son bureau, le chef d'exploitation reçoit sur son ordinateur ces informations sur l'état de croissance des plantes et sur les traitements à effectuer. Grâce à Galileo, les informations recueillies sont affectées à une zone bien précise des parcelles. Ces informations sont fournies aux nouvelles machines agricoles, des robots équipés du même système Galileo et capables de travailler les sols, de distribuer des engrais ou d'épandre des pesticides. Les robots se mettent en route et les traitements commencent. Pour les grandes surfaces, les épandages de pesticides sont réalisés avec de petits avions à pilotage automatique placés sous le contrôle d'un ordinateur central, un par département, auquel l'ordinateur de la ferme envoie ses propres données. Un système d'alerte avertit le chef d'exploitation en cas de risques particuliers, tels que la verse du blé, une attaque du tournesol par des champignons ou les premiers symptômes de la présence d'oïdium dans les vignes.

Quant aux éleveurs, ils accèdent à un mode de vie beaucoup moins contraignant. Vers les années 2000, on a vu apparaître les premières machines à traire « intelligentes » qui alertent automatiquement l'éleveur d'une baisse suspecte de lactation et dont les

gobelets trayeurs se retirent automatiquement, une fois détecté l'arrêt de descente de lait. Depuis, elles se sont perfectionnées pour devenir des robots de traite. Ces derniers sont dotés d'analyseurs d'image qui guident les déplacements de minirobots chargés d'appliquer automatiquement les gobelets trayeurs sous la vache. La composition du lait est analysée en continu et la détection de la moindre contamination microbiologique instantanée. Seuls les laits satisfaisant aux normes qualitatives, imposées par la réglementation ou le client industriel, sont autorisés à rejoindre le flux principal qui alimente la cuve de stockage. Des automates procèdent à des prélèvements réguliers de sang et de lait sur les animaux, en font l'analyse et transmettent leurs consignes aux robots en charge de la distribution des aliments. Les apports de nutriments sont ainsi adaptés aux besoins physiologiques et personnalisés de chaque animal. Si une maladie est détectée, l'éleveur reçoit un message d'alerte accompagné d'une description précise des soins à donner. Chaque animal est muni d'une puce RFID de manière à suivre ses déplacements. Le signal émis est couplé à des caméras qui analysent le comportement de chaque bête et émettent un signal d'alarme en cas d'anomalie. Tout début de vêlage peut être ainsi immédiatement signalé, de jour comme de nuit. Où qu'ils soient dans le monde, les éleveurs reçoivent toutes les informations utiles sur leur téléphone portable. En cas d'incident, une société de service, alertée, se rend à leur ferme pour prendre les mesures nécessaires.

La vie des familles est transformée

C'est en 2011 que les consommateurs commencent à bénéficier des progrès des nouvelles technologies de l'information et de la communication, pour faire leurs courses. Afin d'éviter de longues attentes aux caisses des supermarchés, tous les produits sont équipés d'une puce RFID[1] – une simple étiquette électronique imprimée sur l'emballage – qui communique avec un détecteur placé sur un portique disposé à la sortie des magasins. Au passage du chariot,

1. En 2006, les chercheurs du département d'ingénierie électrique et d'informatique de l'université de Californie Berkeley cherchent à mettre au point un semiconducteur composé d'un matériau doté d'une fréquence radio identifiable et susceptible d'être imprimé directement sur les emballages. À cette date, la technique est encore trop coûteuse pour être appliquée aux produits de la grande distribution (il faut arriver à fabriquer des étiquettes dont le prix de revient est inférieur à dix centimes d'euro).

chaque article envoie un message d'identification qui provoque son enregistrement automatique, comme avec l'actuel code-barres. La liste des achats, leur prix et la somme à payer sont ensuite automatiquement imprimés. Il ne reste plus qu'à payer. En 2013, il n'est même plus nécessaire de présenter sa carte de crédit. Elle est lue à distance et votre compte est automatiquement débité. Pour garder un peu d'humanité à vos achats, une hôtesse d'accueil vous remet votre facture, avec un sourire.

Dix ans plus tard, le système de distribution des denrées alimentaires est profondément modifié. Les emballages intelligents dont sont munis les aliments et boissons, qu'ils soient dans un congélateur, un réfrigérateur, un placard ou sur une étagère, assurent la gestion des stocks familiaux et donc des achats. Dès que l'emballage est ouvert (bouteille d'huile, sachet de fromage râpé, pot de confiture ou de yaourt, tranches de jambon sous plastique, poulet), un message est envoyé à l'ordinateur familial qui note que le produit est en cours d'utilisation ou consommé et qu'il devra donc être remplacé. C'est par RFID que se font ces échanges d'information. Au rythme fixé par les consommateurs, l'ordinateur envoie automatiquement par Internet une commande visant à remplacer les produits utilisés. La livraison a lieu le soir même ou au plus tard le lendemain matin. Des procédures similaires s'appliquent à tous les produits ménagers. Bien sûr, il reste possible de modifier la commande en supprimant ou en ajoutant des articles. Les supermarchés, virtuels, sont devenus des *web food center*. Seules subsistent quelques grandes surfaces de dépannage et des magasins de proximité, presque exclusivement dédiés à la fourniture des denrées rapidement périssables : viandes, charcuteries, poissons, légumes, pains et pâtisseries.

Plus besoin de lire les étiquettes pour connaître la composition des aliments et vérifier que celle-ci répond à vos exigences en matière de choix santé (absence de molécules allergéniques par exemple) ou éthiques et religieux (absence d'OGM ou de viande de porc). Votre ordinateur fait le tri pour vous, selon vos indications personnelles, en interrogeant une banque de données *on line* dans laquelle la composition de tous les produits commercialisés a été mémorisée.

La cuisine est entièrement robotisée, comme le reste de la maison où la domotique règne sans partage. Les développements de la microélectronique et des télécommunications l'ont rendue intelligente. La présence de détecteurs d'inondation et de capteurs de fumée contrôlant des têtes d'extinction est obligatoire dans tous les nouveaux logements depuis 2015. Le réfrigérateur envoie un signal

d'avertissement (lumière orange clignotant sur sa porte) deux jours avant que la date limite de consommation (DLC) ou que la date limite d'utilisation optimale (DLUO)[1] des aliments entreposés ne soit dépassée. Le signal passe au rouge au-delà de ces dates. Un texte défilant apparaît sur un afficheur lumineux pour identifier le produit concerné et préciser sa place dans le réfrigérateur. Chez les personnes âgées vivant seules, le réfrigérateur est équipé d'un système d'alarme qui alerte un poste de secours si sa porte n'a pas été ouverte au moins une fois au cours des dernières 24 heures (le système doit être débranché en cas d'absence supérieure à un jour).

Les fours sont munis de détecteurs d'arômes, d'analyseurs d'images, de systèmes de pesée et de capteurs mesurant les températures externes et internes des aliments. Tout devient automatique. Vous voulez faire cuire un gigot ? Mettez-le dans le four. Celui-ci va détecter sa présence en identifiant les odeurs qui se dégagent de la viande d'agneau ou de mouton cru – le four fait la différence – et en analysant l'image automatiquement enregistrée par une minicaméra. Il va ensuite vous demander l'heure à laquelle le gigot doit être prêt et comment vous l'aimez : saisi en surface et très saignant à l'intérieur ? Uniformément bien cuit ? À moins que vous ne préfériez « un gigot de sept heures » ! À vous de choisir, le four s'occupe du reste. Les paramètres de cuisson sont fixés en tenant compte du poids du gigot et des préférences du cuisinier. Vous êtes en retard, le four se transforme en table chauffante pour maintenir le gigot au chaud sans poursuivre la cuisson. Vous préférez une côte de bœuf ou des saucisses grillées, des programmes adaptés au degré de cuisson recherché vous garantissent que les produits seront cuits comme vous les aimez.

En 2030, un « microbiomètre » (MM) a pris place dans toutes les cuisines. « J'aime mon MM » est le slogan de l'année sur les chaînes télévisées. De la taille d'un stylo, il porte à son extrémité une large panoplie de nanocapteurs réagissant à la présence de microorganismes pathogènes, quand ceux-ci sont présents en quantité supérieure au seuil acceptable de contamination. Il suffit de l'enfoncer dans un pot de rillettes, un steak haché ou une mayonnaise pour s'assurer du bon état microbiologique du produit. Feu vert, vous pouvez le consommer. Feu rouge, vous devez le jeter. Les appareils de haut de gamme indiquent la date limite de consommation, à la

1. DLC : date limite de consommation au-delà de laquelle un produit doit être jeté. DLUO : date limite d'utilisation optimale au-delà de laquelle un produit a perdu une partie de ses qualités organoleptiques sans poser de problème sanitaire.

condition toutefois de conserver les produits dans le réfrigérateur. Avec des salades ou des fraises, le mode d'emploi est un peu plus compliqué. Il faut commencer par les broyer dans un peu d'eau avec le minibroyeur situé à l'autre extrémité de l'appareil. Les voyageurs emportent leur microbiomètre avec eux pour s'assurer de la qualité des eaux, des fruits et des salades quand ils s'envolent vers les pays chauds. Le résultat s'affiche au bout d'une minute. Seule contrainte, l'embout sensible doit être décontaminé après chaque usage (par simple trempage dans un liquide régénérant) et remplacé après soixante mesures.

Des « lingettes » remplissent des fonctions similaires. Les promesses faites en 2006 par une équipe de chercheurs de l'université de Cornell (États-Unis) ont été tenues. Si vous n'êtes pas convaincus de la propreté de la table, des couverts ou du verre d'un restaurant, vous pouvez détecter la présence de virus et de bactéries en les essuyant avec des lingettes dotées de nanofibres et contenant des anticorps spécifiques. Un changement de couleur indique la présence de microbes pathogènes.

Les consommateurs ont maintenant à leur disposition des outils performants de contrôle de la qualité sanitaire de leurs aliments. Mieux éduqués, ils ne sont plus accusés, comme au début du XXIe siècle, d'être les principaux responsables des intoxications alimentaires d'origine microbienne. Celles-ci sont d'ailleurs devenues exceptionnelles.

Les pouvoirs publics prescrivent une alimentation qui protège la santé

À l'occasion des élections présidentielles de 2017, un grand débat national s'est ouvert sur les dépenses de santé. Celles-ci atteignent des sommets devenus insupportables pour les finances de l'État et la bourse des Français. Le budget de la branche maladie, quasiment à l'équilibre en 1999, a vu son déficit passer de 10 milliards d'euros en 2005 (soit près de 7 % d'une dépense globale de 150 milliards) à 18 milliards en 2015. En dix ans, les déficits cumulés représentent un peu plus de trois fois ce qu'a rapporté à l'État l'impôt sur le revenu de l'année 2005. La situation est catastrophique. L'augmentation du coût des médicaments et des interventions chirurgicales, de plus en plus sophistiquées, conjointement à l'évolution de l'espérance de vie (60 ans avant la seconde guerre mondiale, 70 ans en 1950, 80 ans en 2005, 85 ans en 2015), n'expliquent qu'en partie ce déficit. Les pratiques alimentaires des Français sont mises en accusation. Les messages délivrés à partir de l'année 2000, les encourageant à manger de façon équilibrée, n'ont pas porté leurs fruits. En 2006, le ministre de la Santé voulait non seulement responsabiliser les individus par des campagnes valorisant l'exercice physique et la qualité des aliments, mais aussi faire pression sur l'industrie agroalimentaire et la restauration collective afin qu'elles améliorent la qualité nutritionnelle de leurs produits. Les industriels devaient « améliorer la qualité d'un maximum de produits alimentaires » et

« s'engager sur la taille des portions, la présentation des produits, la communication et la publicité envers les enfants », les nouveaux produits « tendre vers des critères de haute valeur nutritionnelle en ce qui concerne le sel, le sucre et le gras ». Le gouvernement français avait décidé d'encadrer l'information « santé » en matière de promotion et de publicité alimentaire, faisant obligation aux annonceurs d'utiliser des messages publicitaires rappelant que, pour conserver sa santé, il fallait « manger au moins cinq fruits et légumes par jour, éviter de grignoter entre les repas, ne pas manger trop gras, ni trop sucré, ni trop salé ». Mais ces initiatives n'ont eu qu'un impact très limité, très en-deçà des espérances.

L'épidémie d'obésité, avec son lot d'accidents vasculaires et de diabètes, continue à s'étendre. La prédiction de 2005 selon laquelle la France compterait 20 % d'obèses en 2020, rejoignant ainsi les États-Unis et la Grande-Bretagne, péchait par optimisme. Plus de 25 % des enfants de moins de 12 ans sont obèses et l'on sait que la majorité le restera sa vie durant. Déjà, en 2006, la Commission européenne observait que les maladies liées à l'obésité représentaient près de 7 % du coût total des soins de santé au sein de l'Union. Elles comptent dorénavant pour 12 %.

Les deux candidats encore présents au deuxième tour des élections présidentielles y vont de leurs propositions pour que les Français se nourrissent mieux et réduisent leurs dépenses de santé. Le candidat social-libéral privilégie la prévention et l'éducation (une heure d'enseignement de nutrition et de diététique par semaine dès l'école primaire, accompagnée de cours de cuisine, est l'une de ses cinq propositions), celui de la droite conservatrice prône une politique plus dirigiste et propose de taxer les produits dont la consommation excessive est potentiellement nuisible : le sucre, les corps gras et le sel (le dernier dessin de Plantu dans Le Monde représente le chef de l'État, assis sur le trône du Roi Soleil, en train de collecter la nouvelle gabelle). Dans leurs discours, les deux candidats se réfèrent aux découvertes faites au cours des dix dernières années par les nutritionnistes-moléculaires – des chercheurs qui travaillent à la croisée de la nutrition traditionnelle et de la biologie moléculaire – sur lesquels s'appuient les médecins-diététiciens (une nouvelle spécialité enfin reconnue par les facultés de médecine en 2012) pour proposer des régimes alimentaires adaptés aux besoins spécifiques des individus.

En 2026, le nouveau test Nutriperso®, disponible depuis peu dans les laboratoires d'analyses médicales, permet d'identifier les besoins alimentaires spécifiques de chaque individu. Il repose sur deux avancées majeures :

– la possibilité, moyennant 500 euros, de caractériser chacun des 953 gènes – les hommes en possèdent environ 30 000 – directement impliqués dans les effets positifs ou négatifs de l'alimentation sur la santé. Tout s'était accéléré, fin 2005, avec l'annonce d'une entreprise américaine de biotechnologie affirmant qu'elle serait bientôt capable de séquencer le génome humain pour moins de 100 000 dollars, et se fixant l'objectif d'en réduire le coût à 1 000 dollars[1].

– la mise au point d'un logiciel qui définit automatiquement le profil alimentaire optimal de chaque individu, pour toutes les étapes de sa vie, en se basant sur les caractéristiques de son génome et en tenant compte de son mode de vie, passé ou à venir. Ce logiciel peut également être utilisé pour définir des traitements médicaux préventifs contre certaines maladies à risque.

À la grande colère de l'Ordre des médecins qui n'a pas été consulté, le parlement légifère sur les pratiques alimentaires. En 2028, le test Nutriperso® est rendu obligatoire pour tous les enfants dans l'année de leur naissance. La dépense annuelle correspondante, prise en charge par le ministère de la Santé et de l'Alimentation – apparu pour la première fois dans la liste des départements ministériels en 2017 –, est de 350 millions d'euros, soit 3 % du déficit de la Sécurité sociale en 2005 ! Une goutte d'eau dans les dépenses de santé, comparée aux bénéfices qui en sont attendus. La carte « Vitaliment » remplace la carte « Vitale » du début des années 2000. En plus du dossier médical, elle mémorise les nombreuses indications qui définissent le profil alimentaire du porteur : appartenance à l'un des dix groupes définis par les nutritionnistes-moléculaires, liste des nutriments auxquels le porteur est allergique, sensibilité au cholestérol alimentaire. Elle permet aux médecins de faire des recommandations nutritionnelles pertinentes. La nutrition personnalisée s'impose d'évidence à toute la population.

Et pourtant, les tenants du respect du droit de l'individu à protéger la confidentialité de son patrimoine génétique n'ont toujours pas abdiqué. Ils continuent à s'opposer à ce qu'ils considèrent comme des dérives dangereuses. L'homme ne va-t-il pas être réduit à une séquence d'ADN sur laquelle les pouvoirs publics s'appuieront pour réglementer les comportements et fixer le destin de chaque individu ?

1. Cette performance repose sur une technique de séquençage utilisant une puce électronique dont la sensibilité permet de supprimer l'étape préalable et coûteuse de multiplication des gènes – les techniciens parlent d'amplification – indispensable avec les autres techniques. La très haute densité de la puce assure la séquence de 100 000 paires de bases par seconde.

En 2030, avec un consensus très remarqué au sein des deux Chambres parlementaires, une loi est votée. Elle fixe les modalités d'une politique de l'alimentation rendant financièrement très attractif le suivi d'un régime personnalisé par les femmes enceintes et leurs bébés de moins de trois ans. Au moins une fois par an, à l'occasion de contrôles pratiqués de manière inopinée, une analyse par résonance magnétique nucléaire[1] permet d'identifier et de doser en quelques minutes toutes les molécules présentes dans leur sang et leur urine, d'en déduire leur régime alimentaire au cours des jours précédents et de vérifier qu'il est bien celui qui leur a été prescrit. Si la réponse est positive, le choix leur est donné entre bénéficier d'une baisse de 30 % des cotisations individuelles d'assurance maladie ou recevoir une prime de 500 euros. Sans attendre l'évaluation des bénéfices de cette mesure, et en s'appuyant sur le principe de précaution, le gouvernement décide d'élargir la loi dès 2032, d'abord aux adolescents, puis à toute la population. Lors du débat parlementaire, des historiens de l'alimentation ont rappelé qu'en 2005 des compagnies d'assurance et de grands groupes industriels avaient mis en place les prémices d'une politique d'incitation financière à la consommation d'aliments protecteurs de la santé. Il s'agissait, en l'occurrence, de produits laitiers enrichis en stérols végétaux dont la prise journalière pouvait abaisser la teneur en cholestérol du sang.

Une puissante campagne de presse financée par le gouvernement accompagne cette politique. Le sucre et le sel sont bannis des tables de la restauration hors foyer (cantines scolaires, restaurants d'entreprises, fast-foods), comme le tabac l'a été en son temps, de même que le coca-cola et les autres boissons riches en sucre. Les industries alimentaires, les distributeurs et les restaurateurs ont l'interdiction de promouvoir, par quelque moyen que ce soit, les mérites de produits trop gras, trop salés ou trop sucrés. La proposition faite en 2006, par le professeur Serge Hercberg – l'un des responsables du Programme national nutrition santé – de créer des « chèques fruits et légumes » distribués gratuitement par les caisses d'allocations familiales pour favoriser l'achat et la consommation de fruits et légumes par les familles les plus défavorisées est enfin entrée en application[2]. Son coût est supporté par le régime général de l'assurance-maladie.

1. La résonance magnétique nucléaire (RMN) permet de sonder la matière et de déterminer plusieurs de ses paramètres physiques et chimiques. Son usage le plus connu est l'imagerie médicale.
2. En 2005, l'association ReVivre, soutenue par la Caisse primaire d'assurance maladie du Val-de-Marne, procédait déjà à la distribution de légumes dans quatre épiceries solidaires.

L'Association nationale des industries alimentaires s'était violemment opposée au financement de ces chèques.

En complément, des peptides[1] « coupeurs d'appétit » sont incorporés dans les aliments à haute densité en calories pour lutter à la source contre l'obésité. Face à son efficacité, le gouvernement impose son introduction dans les aliments les plus obésigènes chez les jeunes : boissons sucrées, produits de grignotage, desserts chocolatés, céréales pour petit déjeuner. Les industriels tentent de faire échec à cette politique en soulignant, à contre-courant de ce qu'ils défendent depuis une dizaine d'années, que les aliments ne sont pas des médicaments. Mais sans succès puisqu'on observe une baisse de la consommation de ces produits de 30 % : le goût de « revenez-y » a disparu !

En 2030, se nourrir est devenu un acte médical destiné à maintenir les individus en bonne santé. Si l'on considère, jusqu'en 2015, la plupart des aliments comme des produits qui « vivent » et que les activités biologiques et biochimiques qui s'y développent – pendant ou même souvent après la fabrication – sont à la base de l'expression des goûts, des arômes et des textures, les « nouveaux aliments » sont dorénavant aseptisés de peur que des micro-organismes nuisibles pour la santé ne s'y développent. Ils sont devenus des produits stériles, tristes et sans goût. Les plaisirs et la convivialité des repas ont disparu. Il faut manger sainement pour vivre et non plus vivre et bien manger. Le modèle gourmand français s'est progressivement effacé au profit d'une alimentation dont l'objet n'est plus de réjouir les cœurs et les âmes, mais d'assurer au corps les besoins en nutriments et autres substances actives qui satisfont au mieux les besoins de ses cellules, de ses organes et de son métabolisme. Les nouvelles générations ne s'en émeuvent pas car la déstructuration des repas, dont les prémices avaient été notées dès 1995, touche maintenant la majorité des familles. Un sondage réalisé en 2006 n'avait-il d'ailleurs pas montré que pour 51 % des consommateurs le repas doit être avant tout sain et équilibré, plutôt que convivial (19 %) ou savoureux (16 %). À l'exception de quelques repas de fête qui maintiennent la tradition, chacun mange seul dans son coin depuis que l'envahissement de la vie quotidienne par les nouvelles techniques d'information et de communication a réduit au minimum les échanges directs entre les individus. Les psychologues et les psychiatres observent que la perte des plaisirs et de la convivialité de la table est à l'origine

1. Les peptides sont de petites molécules exclusivement constituées d'acides aminés.

d'une nouvelle forme de stress, la famille se désagrège, le nombre des suicides augmente.

Deux années plus tard, le 20 juillet 2032 fait date dans l'histoire des échanges internationaux. Réunis à Pékin pendant une semaine, les représentants des 146 pays membres de l'Agence mondiale pour la sécurité sanitaire des aliments (créée par l'Organisation des Nations unies en 2022) viennent de décider à la très grande majorité des voix exprimées – et cette décision s'impose à l'Organisation mondiale du commerce – que le commerce intercontinental des animaux vivants sera définitivement interdit à partir du 1er janvier 2035. De même, sera interdit le commerce des produits d'origine animale qui n'auraient pas été préalablement traités à cœur pendant au moins 30 minutes à 115 °C de manière à tuer tous les virus et bactéries susceptibles de les contaminer. On a compté deux votes contre cette décision, l'Argentine dont les éleveurs produisent 30 % de la viande bovine consommée dans le monde et la Nouvelle-Zélande, premier producteur mondial de moutons. Il faut remonter aux grandes crises qui ont secoué la planète au début du XXIe siècle pour comprendre cette décision de salut public, marquée par la reconnaissance internationale du droit d'ingérence en matière de sûreté alimentaire.

Big brother règne dorénavant sur notre alimentation et impose la dictature du « manger médicalement correct ». Comment en est-on arrivé là ? Trois évènements sont survenus entre 2005 et 2015 : le décryptage des interactions qui se produisent entre les aliments et le génome des consommateurs, la caractérisation et la fabrication de molécules alimentaires qui contrôlent notre métabolisme et notre comportement, les grandes crises sanitaires liées à la consommation de produits carnés.

Se nourrir au génome près

C'est vers les années quatre-vingt-dix que les généticiens et les nutritionnistes, embarqués dans l'aventure de la nutrigénomique (science qui étudie la modulation de l'expression des gènes par les aliments) et de la nutrigénétique (science qui étudie la variabilité individuelle des réponses aux aliments en fonction des caractéristiques du génome de la personne qui les a consommés), commencent à s'intéresser aux interactions entre l'alimentation et le génome humain. Ils démontrent que les aliments ne sont pas de simples nutriments, mais qu'ils contiennent également des molécules susceptibles d'interagir avec notre ADN.

Mode d'action des aliments sur le génome humain

Les aliments peuvent modifier une ou plusieurs séquences des nucléotides qui composent l'ADN et provoquer des mutations qui sont, dans certains cas, à l'origine de cancers. C'est le cas, par exemple, de la viande très cuite[1] qui, en association avec l'alcool et le tabac, affecte chez certaines personnes l'intégrité de la séquence du génome. Il en est de même pour des substances toxiques – contaminant les aliments – qui se fixent sur l'ADN de nos cellules et modifient le métabolisme de ces dernières, en particulier leur aptitude à se reproduire identiques à elles-mêmes. Inversement, certaines des molécules naturellement présentes dans les fruits et les légumes (folates, choline, méthionine, vitamine B_6) apportent à l'organisme des groupements méthyle[2] qui contribuent au maintien de l'intégrité de notre patrimoine génétique.
Les aliments peuvent également provoquer une cascade d'allumages ou d'extinctions de gènes et donc moduler l'expression de ceux qui interviennent sur le métabolisme. Par exemple, selon la quantité de glucose (fourni par la digestion des aliments) dans le sang, l'une ou l'autre de deux enzymes aux actions diamétralement opposées est synthétisée. Le glucose est-il en abondance dans la veine porte ? La première de ces enzymes – la glucokinase[3] – assure son stockage dans le foie sous forme de glycogène, voire de lipides. Le glucose fait-il défaut ? Une autre enzyme – la phosphorylase – est synthétisée pour produire du glucose à partir des stocks de glycogène. Autre exemple : les acides gras modulent la transcription de nombreux gènes impliqués dans leur métabolisme. De même, un verre de lait ou une salade de tomate déclenche ou bloque l'expression d'un ou de plusieurs gènes et est à l'origine du lancement ou de l'arrêt de la synthèse d'enzymes qui catalysent des réactions se produisant dans notre corps.

Les chercheurs ont découvert que chaque individu peut être classé au sein d'une population selon sa sensibilité à tels ou tels nutriments. L'appartenance à un même groupe s'explique par la possession de gènes identiques qui sont à l'origine de réponses spécifiques à des aliments. Ainsi, certains individus possèdent un génotype[4] « économe » ou d'« épargne ». Capables de mieux stocker les nutriments que ceux

1. Plusieurs études ont montré une corrélation entre l'ingestion de viandes grillées et le développement de cancers du gros intestin, du sein et de la prostate. Toutes les études n'aboutissent pas à cette même conclusion. Les molécules responsables seraient des amines hétérocycliques qui se forment dans certains aliments fortement chauffés.
2. Groupement constitué d'un atome de carbone et de trois atomes d'hydrogène.
3. C'est l'insuline, fabriquée par le pancréas à la demande du foie, qui active l'expression du gène codant pour cette enzyme.
4. Le génotype d'un individu est l'information génétique portée par ses gènes.

qui en sont dépourvus, ils sont avantagés en cas de restriction alimentaire et résistent mieux aux famines. À l'inverse, dans un contexte de pléthore alimentaire, ce génotype devient pénalisant car il prédispose ceux qui le portent à l'obésité. C'est le cas d'une tribu d'Indiens de l'Arizona dont la tendance à l'obésité est la plus forte au monde.

En réalité, les mécanismes ne sont pas aussi simples. Ils sont même extraordinairement compliqués en raison des compétitions qui peuvent s'établir entre différents substrats pour induire ou réprimer l'expression d'un gène. De plus, selon les individus, un même nutriment peut avoir un effet différent, voire diamétralement opposé. Dans la majorité des cas, la consommation d'acides gras saturés provoque un accroissement du « mauvais cholestérol » ou cholestérol LDL *(Low density lipoprotein)*, mais chez certains individus, aucun changement n'est observé. Dans quelques cas, la teneur en cholestérol LDL peut même diminuer ! On sait également que la moitié de la population, selon son génotype, peut consommer des aliments contenant du cholestérol (des œufs par exemple) sans présenter le risque de boucher ses artères alors que l'autre moitié doit éviter les excès. Les folates – l'une des vitamines B présentes en grande quantité dans les fruits et les légumes – exercent le plus souvent un effet protecteur contre le cancer du côlon, mais il peut arriver, au contraire, qu'ils accroissent les facteurs de risque !

Au tournant du siècle, vers l'an 2000, on sait qu'un grand nombre de maladies humaines (diabète, accidents cardio-vasculaires, hypertension, maladies neuropsychiatriques) ont une composante génétique qui est modulée par le milieu environnant. Mais le puzzle est extrêmement difficile à reconstruire car les dizaines, voire les centaines de gènes impliqués dans la susceptibilité à ces maladies, n'agissent quasiment jamais de manière isolée. En 2004, les chercheurs s'accordent pour affirmer qu'il est tout à fait illusoire de vouloir décrypter l'ensemble de ces interactions compte tenu de la complexité du génotype humain (3 milliards de bases dans le génotype, 30 000 gènes, des dizaines de milliers de protéines). Mais les progrès des techniques d'analyse de l'ADN et de la bio-informatique ont permis d'aller beaucoup plus vite que d'aucun le pensait.

En 2020, le degré de résolution des analyses génétiques permet de démêler cet écheveau, de comprendre les mécanismes moléculaires de ces maladies et de mieux faire la part de l'environnement, notamment des pratiques alimentaires. Ceci a conduit à des mesures de prévention efficaces, parmi lesquelles les bonnes règles de diététique – on parle dorénavant de diététique moléculaire – occupent une place de choix. Les premières sont prises dès le plus jeune âge, voire

au stade embryonnaire car on sait depuis le début des années 2000 que les nutriments contenus dans l'alimentation des fœtus et des bébés déterminent l'historique de leur phénotype dès les premiers stades du développement et pèsent sur le reste de leur vie. Après la fin du séquençage de la totalité du génome humain – officiellement annoncé par six chefs d'État en avril 2003 – et une quinzaine d'années consacrées à sa caractérisation, le nombre de gènes, leur localisation sur les chromosomes et surtout leur rôle sont désormais connus. L'inventaire des centaines de gènes dont le fonctionnement est modifié par les nutriments apportés par l'alimentation est enfin terminé. Une nouvelle étape est franchie en 2025 quand il devient possible de caractériser la part du génome de chaque individu impliquée dans des interactions avec l'alimentation à un coût comparable à celui pratiqué par les laboratoires d'analyses médicales pour de nombreux tests biologiques courants.

On est bien loin des balbutiements des années 2000 durant lesquelles les meilleurs des spécialistes, et notamment la Professeur Claudine Junien, estimait que « du fait de leur nombre et de leur complexité avec l'environnement, des tests génétiques ne pourront pas, à eux tous seuls, servir d'outils de prévention mais devraient permettre de préciser le risque chez un sujet à risque et donc de compléter les éléments de son histoire familiale ». À cette époque, on savait que l'effet des nutriments sur le génome était de type polyfactoriel et ne résultait donc pas d'interactions simples entre un gène et une molécule. Compte tenu de la complexité des systèmes de régulation, l'identification des effets de nos habitudes alimentaires sur le fonctionnement des gènes relevait d'analyses combinatoires dépassant de très loin la puissance de calcul des plus gros ordinateurs d'alors. Les progrès de la génétique moléculaire et du traitement informatique des données ont permis de franchir les barrières alors réputées infranchissables.

Des molécules alimentaires contrôlent notre métabolisme et notre comportement

En France, dans un avis adopté en 2002, le Conseil national de l'alimentation reconnaît qu'un aliment peut avoir des effets sur les fonctions de l'organisme et contribuer à la réduction des risques sanitaires, mais souhaite maintenir l'interdiction d'allégations portant sur un effet de prévention de maladies humaines et donc, *a fortiori,* portant sur des effets thérapeutiques. Par contre, en 2005, prenant

une position toute différente, la *Food and Drug Administration* ouvre une voie royale aux « aliments qui soignent ». Tout en recommandant la prudence en raison du caractère préliminaire et limité des études sur lesquelles elle appuie sa décision, l'agence américaine n'a-t-elle pas franchi le pas en autorisant les entreprises alimentaires à mentionner que la consommation de tomates ou de sauces tomate peut contribuer à réduire les risques de cancer de l'estomac, de l'ovaire, du pancréas et de la prostate ?

En 2023, le débat sémantique qui agitait les milieux spécialisés une vingtaine d'années plus tôt pour savoir si un aliment était ou non un médicament est clos. Hippocrate a fini par imposer son point de vue. Oui, un aliment peut être considéré comme un médicament car le règlement européen n° 765/2021, adopté le 23 avril 2021 par le parlement de Strasbourg, a autorisé l'incorporation de « substances médicalement actives » dans les aliments et les boissons. Depuis 2018, suite à une action commune de l'OMS et de la FAO, on trouvait déjà sur les marchés africains des « bananes vaccins » qui protègent des gastro-entérites d'origine bactérienne (les chercheurs américains de l'université de l'Arizona y travaillaient depuis le début des années quatre-vingt-dix).

Après les débats houleux qui se sont déroulés au *Codex Alimentarius* et à l'OMC, une nouvelle catégorie d'additifs alimentaires est créée pour accueillir des molécules alimentaires – qualifiées d' « ingrédients physiologiques » – dont les effets sur la prévention et la guérison de maladies liées aux modes d'alimentation ou sur le comportement (activateur ou modérateur d'appétit par exemple) ont été démontrés. De nombreuses préparations ont été enregistrées dans cette liste : extraits anticancéreux de tomates enrichies en lycopène, concentrés de sons riches en fibres, protecteurs du cancer du côlon, polyphénols de raisin contre le vieillissement prématuré des cellules, peptides anti-stress isolés des protéines du lait et concentrés d'huiles de poissons encapsulés et enrichis en oméga-3 pour optimiser le développement du cerveau.

Vers la même époque, en 2020, la composition du lait de vache a été modifiée par génie génétique. Les troupeaux de vaches laitières se spécialisent : certains produisent des laits enrichis en lactoferrine humaine, une protéine antibactérienne, d'autres fournissent un lait maternisé dont la composition est mieux adaptée à l'alimentation des nouveau-nés, d'autres, encore, possèdent une teneur réduite en lactose, un glucide que les adultes de nombreuses populations d'Afrique et d'Asie ne digèrent pas.

Mais revenons un instant en mai 2004. Le Centre national de la recherche scientifique, le plus grand des instituts français de recherche,

vient d'annoncer la découverte d'une « molécule qui donne faim ». Cette histoire a commencé, quelques années auparavant, dans le laboratoire de neuro-psycho-pharmacologie de Rouen par la découverte dans le cerveau des grenouilles d'un peptide encore inconnu des chercheurs. Après s'être aperçu que cette molécule existait aussi chez le rat, la souris et l'homme et estimant que « lorsqu'une molécule a été conservée tout au long de l'évolution, c'est le signe que son rôle est vital pour l'organisme », les chercheurs ont pensé qu'elle devait réguler un mécanisme important. Poursuivant leurs recherches, ils ont montré qu'elle était présente dans des zones de l'hypothalamus qui contrôlent l'appétence pour les aliments. Injectant cette molécule dans le cerveau de rongeurs, ils ont ensuite noté que ces derniers mangeaient bien plus qu'à leur habitude et que le 26Rfamide – nom de code de ce peptide – stimulait les prises alimentaires. Cette molécule venait s'ajouter à une liste déjà longue de neuropeptides et autres hormones qui régulent très finement la quantité d'aliments que nous ingérons. Avoir faim ou être rassasié est en effet le fruit d'un très subtil équilibre entre des molécules qui exercent des effets opposés. À chaque fois que les chercheurs découvrent l'un de ces médiateurs de la faim, c'est une nouvelle piste thérapeutique qui s'ouvre pour combattre deux maladies : l'anorexie mentale et l'obésité. S'il était possible de synthétiser des molécules qui miment les effets de ces peptides ou qui les bloquent, on pourrait alors, estiment les chercheurs, contrôler la quantité d'aliments consommée par les patients. « Je pense que d'ici cinq ans, les premières molécules seront expérimentées chez l'homme », prédisait en 2005 le chercheur Jean Costentin, du laboratoire de neuro-psycho-pharmacologie de Rouen, ajoutant que « ces pistes arrivent à point nommé, juste au moment où les traitements qui prévalaient contre les troubles du comportement alimentaire[1], comme les amphétamines, ont été abandonnés à cause de leurs graves effets secondaires ». C'est en 2015 qu'est synthétisée une molécule antagoniste du 26Rfamide, capable de bloquer les récepteurs cellulaires de ce neuropeptide. On dispose dorénavant d'une arme pour lutter contre l'obésité qui s'impose rapidement, en remplacement du cerclage gastrique[2].

1. Le comportement alimentaire englobe l'ensemble des habitudes se rapportant au choix, à la préparation des aliments et à leur répartition dans les repas de la journée. Son évolution est le résultat d'un long processus.
2. Une intervention chirurgicale destinée à réduire le volume de l'estomac en l'entourant d'un anneau en silicone.

Une autre voie a été ouverte par la société de biotechnologie suisse Cytos Biotechnology AG avec le lancement en 2005 d'un essai clinique sur un vaccin thérapeutique pour traiter l'obésité. Le vaccin est conçu pour bloquer l'action de la ghréline, un peptide de 28 acides aminés découvert en 1999, sécrété essentiellement par des glandes logées dans la paroi de l'estomac et dont la présence stimulerait l'appétit et les prises alimentaires chez l'homme. En 2015, les recherches se poursuivent mais n'ont toujours pas abouti. C'est en 2020 qu'une percée décisive est annoncée par un grand laboratoire pharmaceutique. Il s'agit de la mise sur le marché américain d'un peptide synthétique constitué d'un enchaînement de 33 acides aminés et dont la prise quotidienne assure une régulation de l'appétit. Les obèses n'ont plus faim, ce qui permet une diminution spectaculaire de leur indice de masse corporelle (il passe, en moins d'un an, pour la très grande majorité des « patients », de 30 à 25, soit une perte de 15 kilos pour un homme mesurant un mètre soixante-quinze). Rapidement, cette molécule se banalise et sort des pharmacies pour se retrouver dans les grandes surfaces. Après un avis favorable de l'Autorité européenne de sécurité des aliments, son addition dans les aliments à haute densité calorique – et uniquement dans ceux-ci – est autorisée.

Les produits animaux sont commercialisés après leur sécurisation

En dépit des découvertes de Pasteur au XIX^e^ siècle et des progrès de la médecine vétérinaire au XX^e^ siècle, les maladies transmises par les animaux se sont amplifiées à partir de 2015, année de la grande pandémie mondiale provoquée par un mutant humanisé d'un nouveau virus de la peste porcine. Ce fléau va conduire, quinze ans plus tard, à modifier radicalement les conditions d'élevage et à interdire la consommation de produits carnés qui n'auraient pas été préalablement chauffés pendant au moins 30 minutes à 115 °C. Principe de précaution oblige !

La « découverte » de *Listeria monocytogenes* par les Français – les microbiologistes l'ont identifiée en 1926 et reconnue en 1960 comme pathogène pour l'homme – est à l'origine de l'extrême sensibilité des consommateurs aux questions relevant de la sécurité sanitaire des aliments. Celles-ci font la une des journaux. La première alerte des temps modernes remonte à 1986 avec une épidémie

de listériose[1] provoquée par la consommation de vacherin, un fromage à pâte molle, dans l'Est de la France et en Suisse. Elle est relayée par plusieurs crises sanitaires qui inquiètent l'opinion et les responsables de la santé publique : la consommation de langue de porc en gelée provoque 63 décès et 22 avortements en 1992, celle de rillettes trois décès et quatre avortements en 1993. Des fromages à pâte molle au lait cru sont à l'origine de listériose en 1995 (du brie est contaminé), en 1997 (les coupables sont du pont-l'évêque et du livarot) et en 1999 (avec deux décès dus à la consommation d'époisses). Au cours de l'année 2000, ce sont des rillettes et des langues de porc en gelée ou « langotines » qui sont sur la sellette au printemps et des merguez à l'automne. Ces accidents ne sont pas sans effet sur la consommation de produits considérés à risque par les consommateurs : les ventes de rillettes s'effondrent de 40 à 50 % en France au cours de l'année 2000 à la suite des contaminations relevées au cours du premier semestre.

La maladie de la vache folle provoque une deuxième crise, beaucoup plus sérieuse, qui ne fait qu'amplifier le regard critique que portent les Européens sur la qualité de leur alimentation. L'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) est identifiée pour la première fois chez les bovins en 1984 dans une exploitation du Kent, en Grande-Bretagne. Très rapidement, et après l'observation de quelques cas sporadiques au sud de l'Angleterre, on assiste à une épidémie. Un lien est établi entre l'évolution explosive du nombre de cas de vache folle au Royaume-Uni entre 1987 et 1992 et l'apparition d'une nouvelle variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob (vMCJ)[2] chez l'homme. On découvre que l'origine de l'ESB doit être recherchée dans une modification des modes de préparation des farines animales (viandes et os broyés insuffisamment chauffés).

1. La listériose a essentiellement pour origine la consommation d'aliments à longue durée de conservation et consommés en l'état sans être réchauffés tels que les fromages au lait cru et certains produits de charcuterie-salaison. C'est une infection mortelle dans 20 à 30 % des cas, heureusement très rares. Les personnes jeunes et en bonne santé, dotées d'un puissant système immunitaire, sont rarement atteintes. Les femmes enceintes, les personnes âgées et les personnes immunodéprimées sont par contre très sensibles à *Listeria monocytogenes* : elles doivent éviter de consommer des aliments à risque. Sensibles à la chaleur, les *Listeria* sont détruites lors de la cuisson des aliments.

2. L'agent responsable de cette maladie est une protéine naturellement synthétisée dans l'organisme, le prion, dont la structure dans l'espace s'est modifiée pour des raisons inconnues. Cette nouvelle configuration tridimensionnelle, très voisine de la structure native, est à l'origine d'un processus neuro-dégénératif mortel.

L'OMS recommande d'interdire, en alimentation humaine, tous les tissus d'un animal atteint de l'ESB et tous les tissus à risque quelle que soit leur origine (animaux apparemment sains ou visiblement malades). La crise s'installe en Europe. La consommation de viande bovine s'écroule, le secteur de la triperie est particulièrement touché, les viandes de volaille et de porc sont les principaux bénéficiaires des reports de consommation. Le marché britannique est le plus pénalisé. Le passage de l'agent de l'ESB à d'autres espèces soulève une immense inquiétude car l'homme, autant que tout autre mammifère, peut devenir la cible du prion pathogène. Au début de l'année 2001, l'ESB est devenue la principale préoccupation de santé publique liée à l'alimentation, d'autant que dans ses prévisions d'août 2000 l'épidémiologiste Roy M. Anderson, mondialement reconnu et respecté pour la qualité de ses travaux, prévoit un nombre de victimes qui pourrait voisiner les 150 000 en Grande-Bretagne, rejoignant les annonces pessimistes du prix Nobel Stanley B. Prusiner selon lequel « une large partie de la population du Royaume-Uni court un risque grave ». En fait, l'histoire montrera que les estimations de l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, qui prédisait « qu'au maximum en France 6 à 300 personnes pourraient développer cette maladie au cours des soixante prochaines années », étaient plus proches de la réalité. Fin 2006, 164 Anglais et 20 Français, oserons-nous dire « seulement » ?, sont morts de la vMCJ. De plus, après les mesures prises dans les pays européens, le nombre d'encéphalites signalées chez les bovins d'élevage est passé au Royaume-Uni de 37 280 en 1992 à 114 en 2006 et, en France, de 274 en 2001 à 8 en 2006. En 2007, le dossier n'est malheureusement pas définitivement clos car on ignore la durée d'incubation de la variante de la maladie de Creutzfeldt-Jakob. Selon la durée d'incubation retenue dans les calculs – dix ou soixante ans – les épidémiologistes aboutissent à des conclusions très contrastées sur le nombre de victimes potentielles, quelques centaines dans la première hypothèse, plus d'une centaine de milliers dans la seconde !

Avec les premiers cas de grippe aviaire en Europe, les Français s'inquiètent à nouveau pour leur santé et réduisent leur consommation de volailles et d'œufs. Fin 2006, et depuis le début de l'épidémie en 2003, le virus H5N1 n'a-t-il pas fait plus d'une centaine de victimes dans le monde, principalement en Asie ? Le 20 octobre 2005, compte tenu de l'évolution de la situation internationale, la Commission européenne demande à tous les États membres de prendre des mesures de confinement des volailles ou de mettre en oeuvre des mesures à effet équivalent. En France, au printemps 2006, tous

les oiseaux détenus par des éleveurs ou par des particuliers sur le territoire métropolitain, qu'il s'agisse de volailles d'élevage ou de basses-cours, doivent rester confinés. Le début de l'année 2007 voit poindre de nouvelles inquiétudes avec la mort de six Indonésiens et la contamination par le virus H5N1 d'un élevage de 150 000 dindes au sud de l'Angleterre.

Décidément, le monde n'est plus ce qu'il était ! Après les fromages, les rillettes et la viande de bœuf, voilà qu'il faudrait se priver de poulet rôti, d'œufs à la coque et de foie gras. À quand le bannissement définitif, de nos assiettes, de tous les produits d'origine animale ? Les végétariens se plaisent à affirmer que nos lointains ancêtres, il y a quelques centaines de milliers d'années, savaient ce qu'ils faisaient quand ils se nourrissaient presque exclusivement de végétaux. Heureusement, la « grande peur » s'éteint avec la disparition progressive des foyers de contamination et avant que le virus ne se soit adapté à l'espèce humaine. En 2010, l'épisode de la grippe aviaire est un vieux souvenir. Il aura fait moins de mille morts dans le monde.

La grande pandémie tant redoutée éclate en 2015, là où on ne l'attendait plus. Si les microbiologistes ont appris à se protéger très efficacement des contaminations par les bactéries pathogènes, les virologues sont en effet toujours démunis face à l'aptitude des virus à se modifier pour s'attaquer à de nouveaux hôtes. Après l'épisode de la vache folle des années quatre-vingt-dix (dans ce cas, l'agent pathogène est une protéine et non un virus) et celui de la grippe aviaire au milieu des années 2000, c'est au tour de la « nouvelle forme de la peste porcine » (NFPP) de préoccuper l'Organisation mondiale de la santé (OMS). L'émergence de la NFPP est un avatar de la grippe aviaire dont quelques spécialistes avaient évoqué la possibilité dès 2005 : elle résulte du transfert du virus de la grippe aviaire chez des porcs côtoyant des volailles dans des élevages mixtes. Le virus s'est durablement implanté chez le porc après s'être progressivement répandu dans le monde entier, l'intensification des échanges internationaux d'animaux vivants y ayant amplement contribué. Les vétérinaires n'ont pas vu venir le danger car les porcs sont des porteurs sains du virus et qu'ils sont donc contaminés sans présenter des symptômes de maladie. Le danger pour l'homme vient de ce que le nouveau virus s'est « humanisé ». Cette nouvelle forme du virus, la NFPPH (H pour humaine) s'est rapidement révélée très pathogène et très contagieuse au sein de l'espèce humaine. Courbatures, fortes fièvres et troubles digestifs, accompagnés d'une brutale déshydratation pouvant conduire au décès des personnes les plus fragiles (enfants de moins de 3 ans et personnes âgées et

immunodépressives), sont les symptômes habituels. En dépit des mesures recommandées par l'OMS, des dizaines de millions d'individus sont atteints dans le monde, jusqu'à ce qu'un vaccin soit mis au point pour bloquer l'expansion d'une épidémie qui aura tué 2 000 Français et coûté 8 milliards d'euros à l'agriculture européenne. Les inquiétudes exprimées en 2006 par le professeur McKee, directeur de recherche à l'Observatoire européen des systèmes de santé, qui n'excluait pas l'hypothèse « qu'un organisme inconnu n'apparaisse et fasse disparaître l'*Homo sapiens* » ont bien failli se trouver justifiées.

Les virus

Situés à la frontière du monde vivant et du monde inanimé, les virus (du latin *virus*, poison) sont des systèmes complexes de très petite taille (0,03 à 0,4 micromètres) composés d'une coque de protéines entourant le génome viral (ADN ou ARN) avec ou sans protéines associées. Ils se multiplient en utilisant la machinerie moléculaire des cellules qu'ils colonisent, avant de pénétrer dans les cellules voisines et de les infecter à leur tour.

En 2006, de nombreuses zones d'ombre subsistent encore sur les interactions qui se nouent entre les virus et les cellules infectées. On sait que le franchissement des membranes cellulaires et la reproduction des virus dans la cellule hôte dépendent des informations génétiques portées par le virus et par les cellules hôtes. C'est la raison pour laquelle un virus, pathogène pour une espèce, ne l'est pas nécessairement pour une autre, jusqu'à ce que son évolution, liée à sa très grande plasticité, lui fasse acquérir sous la pression des facteurs du milieu une nouvelle pathogénicité pour un organisme auparavant résistant. Dans le meilleur des cas, face à l'agression par des organismes pathogènes, les individus réagissent grâce à leur système immunitaire. Les virus grippaux ont normalement une grande spécificité d'espèce, ce qui signifie que lorsqu'ils infectent une espèce (homme, certaines espèces d'oiseaux, porcs, chevaux…), ils se limitent à elle et provoquent rarement des infections chez d'autres espèces.

Si la situation est particulièrement préoccupante avec la grippe aviaire, c'est parce que le virus H5N1 remplit toutes les conditions requises pour être pathogène pour l'homme, sauf une : la capacité de se transmettre efficacement et durablement d'une personne à l'autre. Le virus possède deux options pour réussir cette transmission : échanger une partie de son matériel génétique avec celui de virus humains au cours d'une co-infection d'un homme par le virus de la grippe humaine et celui de la grippe aviaire ou alors, et de manière beaucoup plus progressive, acquérir la capacité de se fixer sur des cellules humaines au terme d'un long processus de mutations adaptatives.

Le traumatisme est si fort dans l'opinion mondiale que les discours des végétaliens, relayés par des associations protectrices des animaux, prônant une disparition de toute forme d'élevage et de consommation de produits animaux, rencontrent une oreille de plus en plus attentive dans certains groupes écologistes. Sans s'engager dans cette voie extrême qui irait à l'encontre des aspirations les plus profondes de l'humanité pour une alimentation alliant produits végétaux et produits animaux – l'homme n'est-il pas un animal omnivore ? –, les experts de l'Agence mondiale pour la sécurité sanitaire des aliments recommandent que les gouvernements siégeant au sein de l'Organisation mondiale du commerce prennent des mesures très strictes pour le contrôle de la circulation et de la consommation des produits animaux. Ainsi s'expliquent les décisions de 2032 évoquées au début de ce chapitre. En 2035, les zoonoses sont déjà en forte diminution.

L'impérialisme agro-industriel impose ses produits

L'alimentation est une affaire personnelle, familiale, de santé, de goût et de plaisir. C'est aussi l'affaire des professionnels. En France, au tournant du IIIe millénaire, ils sont 4,6 millions d'hommes et de femmes, soit environ 12 % de la population active, à assurer nos besoins au quotidien en garantissant nos approvisionnements, du champ à la cuisine. On en dénombre 1 200 000 dans les agrofournitures et les activités périphériques, 1 000 000 dans l'agriculture (ils sont répartis dans 370 000 exploitations dont 220 000 sont d'importance économique très modeste), 600 000 dans les industries alimentaires et 1 800 000 dans la distribution et la restauration hors foyer. Sans compter les 50 000 agents de la fonction publique, y compris les chercheurs, qui travaillent principalement au sein du ministère de l'Agriculture.

Cependant, face aux estomacs repus de la majorité des habitants des pays développés – les limites de consommation, que nous dictent nos besoins biologiques, ne peuvent être raisonnablement dépassées –, les industriels ont vite compris que leur croissance ne pouvait reposer que sur une profonde modification de leur offre qualitative. En 2030, surfant sur la tendance apparue à la fin du siècle précédent, ce ne sont plus des aliments que vendent les professionnels de l'alimentation, ce sont des services ou tout du moins ce que les grandes firmes nous invitent à considérer comme tels. La facilité d'achat, la facilité de conservation et la facilité de préparation des produits, des emballages attractifs, une publicité omniprésente, voilà dorénavant les principales composantes du prix des aliments fabriqués par les industriels.

En 2005, le président de l'Assemblée permanente des chambres d'agriculture notait que depuis vingt-cinq ans les prix alimentaires à la production avaient perdu 50 % de leur valeur réelle alors que les prix à la consommation se maintenaient ou progressaient légèrement. Pour lui, cette chute des prix à la production avait été rendue supportable grâce à la baisse du nombre des agriculteurs, à la réduction de leurs marges et aux aides compensatrices perçues dans le cadre de la Politique agricole commune. Mais il s'inquiétait déjà de ce que les industries alimentaires aient la tentation d'importer, massivement et à bas prix, des denrées des pays du Sud et que la grande distribution fasse de même avec les produits transformés. Il prédisait le pire : risques sanitaires accrus pour les consommateurs, risques sociétaux dus aux délocalisations des moyens de production, nouveaux risques environnementaux à l'échelle de la planète, risques de rupture des approvisionnements.

De même, les mouvements antimondialistes des années 2000 dénonçaient le néolibéralisme, la mainmise des grandes multinationales sur le système alimentaire de la planète, la quête éhontée du profit et s'opposait à un impérialisme agro-industriel qui tentait d'imposer ses choix aux consommateurs du monde entier.

Au fil des années, le pouvoir a progressivement glissé des mains des agriculteurs dans celles des industriels, avant de tomber, au moins partiellement, dans celles des distributeurs. Les groupes sont devenus de plus en plus puissants et les enjeux financiers et politiques de plus en plus importants. L'alimentation représente en effet un marché inépuisable qui croît au rythme de l'augmentation de la population mondiale et des niveaux de vie. En 2030, trois firmes (Megafood aux États-Unis, Nutrivital en Europe et Tofumed en Asie) dominent le marché de l'alimentation. Les États ont perdu leur indépendance alimentaire, les agriculteurs sont devenus des sous-traitants de l'industrie, les cultures et les élevages les plus rentables imposent leurs produits dans le monde, les prix agricoles sont au plus bas. Il n'existe plus qu'un modèle d'alimentation commun à tous les citoyens du monde. Les patrimoines culinaires disparaissent sous les coups de butoir du matraquage publicitaire. Les produits qualifiés d'aliments-santé ou de compléments alimentaires envahissent les linéaires sans effets bénéfiques pour le consommateur. Les « cosméto-foods » sont signalés à l'attention des acheteurs par un logo normalisé par l'Union européenne. La valeur « service » l'emporte sur le contenu. Les consommateurs subissent et ont rejoint le troupeau des autres espèces animales, « mange et tais-toi » est le nouveau canon de l'alimentation.

La maîtrise quasi parfaite de la qualité microbiologique des aliments par les grandes entreprises a provoqué une baisse remarquable du nombre des toxi-infections alimentaires. Les listérioses, salmonelloses et autres maladies d'origine alimentaire ont presque totalement disparu dans les pays industrialisés. Que ce soit par philanthropie ou par simple calcul commercial, les entreprises ont en effet mobilisé tous leurs collaborateurs afin que le risque de tomber malade dans les jours qui suivent un repas soit voisin de zéro. Sur le long terme, par contre, compte tenu de l'apport croissant et de la diversité des produits alimentaires intermédiaires (agents de texture, édulcorants, aromatisants) entrant dans la fabrication des aliments – certains obtenus par synthèse chimique – et de la difficulté à évaluer leur éventuelle toxicité, les conséquences sur la santé de la consommation des « nouveaux aliments » continuent à inquiéter les pouvoirs publics et les consommateurs. Leurs effets, moins directement visibles que les toxi-infections, laissent plus ou moins indifférents les fonds de pension actionnaires des grands groupes.

Les méthodes de fabrication ont évolué de telle sorte que les produits naturels, ceux qu'on trouve dans les champs et les vergers, les étables et les milieux aquatiques, ont déserté les étals des marchés et les linéaires des grandes surfaces. Les matières premières issues de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche sont fractionnées, puis combinées, de manière à garantir la constance des caractéristiques des aliments. Pour développer des textures, des goûts ou des arômes originaux, les laboratoires ont mis au point de nouveaux additifs qui entrent en proportion croissante dans les nouvelles formules alimentaires. La chimie est plus que jamais omniprésente dans nos assiettes. Pour le meilleur mais aussi pour le pire.

Pour les industriels, tous les moyens sont bons pour stimuler la prise alimentaire et vanter leurs produits. Ils s'appuient à la fois sur les progrès les plus récents de la science – laquelle a permis de décrypter et de contrôler les mécanismes de l'appétence – et sur la crédulité des consommateurs qui sont continûment conditionnés à acheter les dernières nouveautés garanties meilleures pour leur santé. « L'alimentation, c'est la vie » est le nouveau Graal du marketing industriel.

Les publicistes nous font tout avaler

Au début des années 2000, la publicité et les promotions sont au cœur du système de vente des aliments, en Europe comme aux États-Unis. Pour deux raisons principales. La première est que le

marché de l'alimentation est considérable, les Américains y consacrant environ 10 % de leurs revenus et les Européens près de 15 %. La deuxième est que l'acte d'achat de produits alimentaires se répète un très grand nombre de fois au cours de l'année et qu'il faut donc en permanence stimuler les préférences d'achat des consommateurs. Les plus gros efforts financiers sont consentis à développer les ventes de produits sophistiqués, placés dans des emballages qui ne le sont pas moins, et donc coûteux et à forte valeur ajoutée, telles que céréales pour petit déjeuner, boissons lactées et autres aliments-santé. L'argument nutritionnel prend le pas sur tous les autres pour assurer la promotion des produits de l'industrie alimentaire. Les sommes investies dans la publicité par les entreprises[1] sont si importantes que les messages poussant à la consommation de produits rentables rendent dérisoires les tentatives des États à promouvoir une éducation nutritionnelle qui protège la santé. Certes, en France, les messages du Programme national nutrition santé sont repris par les médias mais chaque filière trouve chaussure à son pied et appointe d'éminents nutritionnistes pour vanter les mérites des aliments qu'elle commercialise. C'est par quelques nutriments présents dans les aliments, et seulement quelques-uns, que se fait la promotion de ces derniers. Malheureusement, la segmentation des messages a pour effet de créer une cacophonie que les consommateurs ont des difficultés à entendre. Les informations concernant les aliments sont si diverses et contradictoires qu'ils ne savent plus s'ils doivent manger de la viande parce qu'elle est riche en fer ou au contraire la délaisser en raison des lipides qu'elle contient. Bridés par la réglementation sur l'étiquetage, les industriels encouragent la parution d'articles qualifiés de médicaux dans les magazines féminins afin de convaincre les ménagères que les aliments ne sont, après tout, que des médicaments. Les couvertures de ces journaux distillent des messages pour le moins approximatifs, comme si une alimentation équilibrée pouvait se réduire à quelques slogans.

En 2030, les moyens pour fidéliser les consommateurs, plus recherchés, s'appuient davantage sur les travaux des sociologues de

1. Les sommes qui sont consacrées à la publicité par les industries alimentaires américaines atteignaient 7 milliards de dollars en 1997. Si on y ajoute les dépenses de la distribution et de la restauration hors foyer, ce sont 16 % des dépenses publicitaires qui sont concernées, ce qui place ce secteur en second rang pour les dépenses juste derrière l'industrie automobile. En France, les investissements publicitaires frisent les deux milliards d'euros en 2006, principalement à la télévision (près de 80 % des dépenses).

l'alimentation. En 2005, les chercheurs de l'Inra avaient montré que les préférences alimentaires acquises au cours de la petite enfance, entre deux et trois ans, restaient ancrées dans les zones du cerveau qui dictent les comportements alimentaires des adolescents et des adultes, même si des évolutions peuvent se dessiner dans les dix à quinze ans qui suivent. Ainsi, les très jeunes enfants qui ne consomment pas du tout de fromage à deux ou trois ans n'en mangent toujours pas quelques années plus tard. À l'inverse, les jeunes amateurs continuent à l'apprécier au début de l'âge adulte. En 2025, les industriels ont su tirer parti de ces études en ciblant les « tout-petits ». S'appuyant sur les fichiers des maternités, ils font parvenir aux heureux parents des échantillons qui font la joie de leurs petits tout en fixant les préférences alimentaires de ces consommateurs en devenir. Ils tiennent également compte de l'évolution naturelle des perceptions biologiques au cours de l'adolescence, notamment pour les aliments acides tels que la choucroute et les tomates, des nouvelles préférences pour les légumes cuits, les fruits et les plats composés et du moindre attrait des filles pour les féculents et les produits animaux (viandes, œufs, poissons, saucisses).

La publicité devient une science exacte. Chaque classe d'âge est une cible spécifique pour des équipes de marketing qui ont été rejointes par des universitaires sociologues ou neurophysiologistes de renom auxquels des salaires attractifs sont proposés. Grâce à Internet et aux possibilités offertes par les moteurs de recherche pour identifier les profils psychologiques et les aspirations des consommateurs, le « neuromarketing », inventé à la fin des années 2000, est le nouvel exocet des entreprises pour cibler rapidement une catégorie d'acheteurs.

Des odeurs qui font vendre

L'odorat est l'un des sens mobilisés par les animaux pour détecter et choisir leurs aliments. Les hommes n'y échappent pas. L'interaction, au niveau de l'épithélium olfactif de la cavité nasale, de molécules odorantes avec quelques-unes des millions de cellules qui forment notre appareil olfactif déclenche un signal qui, une fois intégré par le cerveau, procure la sensation d'odeur. Les progrès de la neurophysiologie de l'olfaction n'ont pas échappé aux grands groupes alimentaires. Tous sont à la recherche de molécules qui stimulent « positivement » les récepteurs olfactifs du cortex, même inconsciemment.

Pour les chimistes et les physiologistes, une odeur est une sensation produite par des émanations moléculaires volatiles qui activent un capteur sensoriel. Chez l'homme, ces capteurs – des protéines – sont localisés sur une surface de deux à trois centimètres carrés, appelée muqueuse olfactive. Les molécules odorantes y accèdent directement lorsque l'air qui les contient est inspiré. Elles peuvent également cheminer par voie rétronasale lorsqu'un aliment est mastiqué et avalé. L'odorat se caractérise par la complexité de son univers (plus de 10 000 molécules sont odorantes), l'instantanéité des émotions – agréables ou déplaisantes – qu'il procure et son lien très privilégié avec la mémoire.

Pendant longtemps, l'olfaction est restée le plus méconnu des cinq sens et ce n'est que récemment que les chercheurs ont découvert le « pouvoir » des odeurs. Par les images qu'elles font resurgir, le contenu émotionnel qu'elles véhiculent, les réactions d'attrait ou de répulsion qu'elles suscitent, les substances odoriférantes sont ainsi devenues une arme puissante dans les mains des industriels de l'alimentation pour attirer et fidéliser les consommateurs.

En 2010, les chercheurs ont confirmé l'existence – soupçonnée dès 2003 – d'une interaction entre la perception olfactive et la prise alimentaire. Il existe bien des récepteurs olfactifs au niveau central (cortex) et périphérique (fosse nasale) qui réagissent à deux familles de composés hormonaux, les orexines et les leptines. Or, ces hormones sont celles-là mêmes qui contrôlent la prise alimentaire. De là à modifier le comportement alimentaire des consommateurs en adaptant le profil aromatique des aliments, il n'y a qu'un pas qui a été franchi.

Depuis 2010, les grands groupes ont développé d'importants programmes de recherche pour tirer parti des développements de la science de l'olfaction. En 2030, grâce à la biologie moléculaire, la manière dont les odeurs agissent sur notre comportement, souvent à notre insu, a été décryptée. On sait comment les odeurs dictent notre humeur et dirigent nos actions. Des molécules odoriférantes soigneusement sélectionnées sont introduites à très faible dose dans les aliments et les boissons pour orienter les choix de ceux qui les achètent et stimuler les sens de ceux qui les consomment. Le « marketing olfactif » est devenu un outil essentiel pour promouvoir les nouveaux aliments. Chimie et marketing font bon ménage ! Et pas seulement dans les usines. Les boulangers vaporisent à la porte de leur boutique des odeurs de pain chaud pour attirer les clients.

En la matière, le fin du fin est la synthèse de substances indétectables – car sans odeur ni goût – qui interréagissent avec les protéines

des fosses nasales avant de stimuler le cerveau. Les consommateurs sont attirés inconsciemment par des « fumets » inodores. Lors des tests de dégustation, ils ne sont pas capables d'expliquer leur préférence pour un aliment ou une boisson qu'ils plébiscitent. De grandes surfaces répandent des attractifs sexuels de synthèse pour attirer hommes et femmes dans certaines zones de leurs magasins, comme le font les agriculteurs pour capter des insectes nuisibles dans des pièges.

Allant encore plus loin, les entreprises n'hésitent pas à créer des phénomènes d'accoutumance, puis de dépendance, en incorporant dans leurs produits de très petites quantités de peptides de synthèse « morphinomimétiques » très proches de ceux fabriqués au début du XXIe siècle à partir des produits laitiers. Ce sont de petites molécules composées de cinq à dix acides aminés dont les effets physiologiques sont similaires à ceux de la morphine. En dépit des protestations d'associations de consommateurs et des tentatives des pouvoirs publics pour légiférer sur des usages jugés contraires aux bonnes pratiques commerciales, le lobby des industriels est si puissant qu'il arrive à s'opposer à tous les projets de réglementation.

Une offre croissante en aliments-santé

Au début des années 2000, les grands groupes ont multiplié les marques et les produits dont ils vantent les effets bénéfiques sur notre santé. Les rayons des supermarchés regorgent de produits-santé. Casino ouvre un site Internet dédié à la nutrition, il invente un « curseur nutritionnel » adopté par la société Findus pour accompagner son programme « Findus, l'équilibre en plus » dont les produits sont appauvris en sels et en lipides. Ce curseur permet de situer un produit dans sa catégorie (on compare des pizzas à des pizzas et non des pizzas à des yaourts). Michel-Édouard Leclerc explique, en 2006, que « depuis trois ans, il fait plancher plusieurs de ses collaborateurs et consultants extérieurs sur ces sujets, estimant que la préoccupation santé allait guider toute la consommation alimentaire ». Chez Monoprix, notre corps dit merci à la gamme « Bien Vivre » car elle entretient notre capital santé en parvenant au juste équilibre alimentaire tout en déclinant les saveurs. Pour cette enseigne, il ne « faut pas laisser passer un jour sans se faire du bien ». Pour sa marque « J'aime », Carrefour a sélectionné cinq axes nutritionnels afin de « répondre aux besoins de notre organisme et parce que la légèreté, le tonus, la vitalité, le bon fonctionnement du système cardio-vasculaire et du transit, c'est essentiel ! ». Cinq symboles doivent guider le

consommateur : tonus et vitalité, minéraux et oligoéléments, légèreté, acides gras essentiels, transit et fibres. Pour ce distributeur, « être bien, c'est l'essentiel ». Le groupe Danone considère que la santé par l'alimentation représente l'avenir et investit en recherche et en communication pour inventer et lancer de nouveaux produits. Parmi ses produits vedettes, « Activia », « le lait fermenté qui contribue à réguler le transit », « Danacol », « une spécialité laitière maigre qui aide les personnes ayant un excès de cholestérol à réduire son taux », « Actimel », « un lait fermenté qui renforce les défenses naturelles de l'organisme », « Vitalinea Taillefine » « un produit laitier frais allégé pour prendre soin de sa ligne ». En 2006, il lance au Canada un yaourt enrichi en acides gras oméga-3 dont la propriété, selon ses promoteurs, est « non seulement de nourrir le corps, mais également de nourrir l'esprit ». Après le yaourt qui abaisse le taux de cholestérol, voilà qu'arrive sur le marché celui qui rend intelligent, sans oublier le dernier avatar de la recherche, le yaourt cosmétique[1] ! De son côté, Coca-cola commercialise un jus de fruit anticholestérolérol. Les autres groupes ne sont pas en reste.

Les fast-foods s'inscrivent dans la même tendance. En 2006, McDonald's France annonce qu'il veut participer à l'éducation nutritionnelle des enfants et envisage de faire figurer sur ses emballages des informations et des recommandations adaptées à l'âge et à la physiologie des consommateurs. Son concurrent Quick s'engage dans la même voie en suivant les recommandations de l'*European modern restauration association*. Quant à la puissante Association nationale des industries alimentaires en France, elle annonce la création d'une fondation privée consacrée à l'information en matière de nutrition.

Après les margarines et les yaourts, le marché des aliments-santé gagne toute la gamme des aliments. Les premiers jus de fruits anticholestérol apparaissent sur le marché en 2007. Bientôt suivis par de nouvelles gammes couvrant l'ensemble des aliments et des boissons proposés par les industriels. Ceux-ci ont su convaincre les Français qu'ils pouvaient se soigner en mangeant. Les produits *light* ou allégés – les premiers sont apparus dans les années soixante avec le lait écrémé – sont présentés comme une panacée pour retrouver sa ligne. Ils font la fortune de ceux qui les fabriquent et les commercialisent, parfois jusque dans les pharmacies. Ils sont vendus plus cher que les

1. Lancé en février 2007 par un grand groupe français, sa composition (acides gras issus de l'huile de bourrache naturelle, antioxydants extraits du thé vert naturel, vitamine E et ferments probiotiques) lui conférerait le pouvoir « de nourrir la peau de l'intérieur pour la rendre plus belle ».

produits traditionnels car ils répondent à l'engouement, soigneusement entretenu par la publicité, de ceux qui veulent manger sans grossir. Yaourts aux fruits, compotes, confitures, chocolat en poudre, beurre, lait concentré, aucun produit ne résiste à la mode de l'allégé.

Les entreprises envahissent le marché des seniors dont la croissance est assurée par l'évolution du profil démographique des habitants de la planète. Elles ont bien compris qu'avec l'âge, à partir de soixante ans – mais de manière très variable selon les individus, en particulier leur statut social – l'alimentation peut devenir peu diversifiée et de faible qualité nutritionnelle. Les seniors les plus concernés sont des hommes vivant seuls, ayant une tendance plus marquée que les femmes à simplifier, sinon supprimer, leurs repas. Peu à peu, ces personnes perdent l'appétit et l'envie de cuisiner. Leur santé s'en trouve affectée. L'addition dans les aliments de molécules capables d'activer ou de bloquer les récepteurs du goût renforce les saveurs et permet, à sensation égale pour le consommateur, de réduire les quantités de sucre, de sel ou de glutamate de sodium[1]. Ajoutées aux doses d'un milligramme par kilo, ces molécules permettent d'améliorer la valeur santé des aliments sans dégrader leur appétence.

Les agriculteurs ne demeurent pas inactifs et comprennent qu'ils doivent proposer aux consommateurs des produits qui fassent écho au battage médiatique entretenu autour des aliments-santé. L'huile de colza, pour citer un exemple, est relancée grâce aux oméga-3. Si à la fin de la seconde guerre mondiale, les Français consomment presque exclusivement de l'huile d'arachide, l'huile de colza occupe la première place en 2004. C'est en 1970 qu'elle fait sa première apparition sur nos tables. À cette époque, des travaux, contestés par la suite, montrent que l'un de ses composants, l'acide érucique, provoque des lésions cardiaques. L'information est relayée par les médias et les associations de consommateurs : la consommation diminue. Les généticiens sélectionnent alors une variété où l'acide érucique est remplacé par l'acide oléique. Dans la foulée, ils abaissent la teneur en glucosinolates, des composés soufrés dont la présence diminue la digestibilité des protéines par les animaux. C'est ce colza qui est aujourd'hui cultivé pour son huile. Les huiles de colza des marques « distributeur » séduisent de plus en plus de consommateurs, d'abord pour des raisons nutritionnelles, mais aussi parce qu'elles sont les moins chères du marché. Elles voisinent sur les

1. Le glutamate de sodium est le sel de sodium d'un acide aminé, l'acide glutamique. Très utilisé en Asie, c'est un exhausteur de goût. Son goût rappelle celui d'un bouillon de viande.

rayons avec des huiles combinées qui mélangent tournesol, colza et pépins de raisin. La société Lesieur se déploie sur ce créneau commercial. « Cela fait trois ans » explique-t-elle en 2004 « que nous étudions le marché de l'huile de colza. Depuis un an et demi, les échos médiatiques autour de la richesse en oméga-3 du colza et les avis scientifiques nous ont confirmé l'intérêt de cette huile. Lesieur s'est différencié. Contrairement à l'offre en grandes et moyennes surfaces, composée de bouteilles transparentes avec une étiquette simple, donnant une image bas de gamme, notre huile vise le segment de la qualité : origine française garantie, première pression, packaging et nom étudiés ». Pour les agriculteurs, une autre manière, particulièrement élégante, pour améliorer la valeur nutritionnelle des aliments, est de nourrir les poules avec des graines de lin pour que leurs œufs soient plus riches en oméga-3.

En 2035, près de la moitié des aliments sont des mélanges complexes et artificiels dont la composition est soigneusement étudiée pour leur conférer un statut qui n'est plus très loin de celui des médicaments. Certes, on mange toujours pour se nourrir et pour rester en bonne santé, plus rarement pour se retrouver autour d'une bonne table, comme en 2000, mais on mange aussi pour se soigner. Moitié pharmacie, moitié épicerie, des magasins et des sites Internet se sont spécialisés dans la vente d'alicaments dont les effets, préventifs et curatifs de très nombreuses maladies, sont largement médiatisés. Dans un pays où le franglais est en progression régulière, on les appelle des *Health Food Centre* ou plus simplement des HFC. Ce n'est plus la composition des produits qui est détaillée sur les emballages, mais leur fonction et leur mode d'emploi. Pour aider les consommateurs à s'y retrouver, les fabricants se sont rappelé que selon la tradition japonaise, la couleur des aliments détermine les maladies qu'ils soignent : le rouge pour le cœur, le jaune pour la rate, le bleu et le vert pour le foie, le noir et le violet pour les reins. C'est par la couleur des aliments que chacun s'y retrouve. À telle maladie, telle couleur ! Les colorants utilisés sont des molécules naturellement colorées extraites des fruits et des légumes. Dans les HFC, les produits sont disposés en fonction de leurs valeurs santé et non pas de leur propriété d'usage (desserts, légumes, viandes, fromages). On y a délimité des zones « bon pour le cœur », « bon pour les os », « bon pour les voies urinaires ». Les fabricants recommandent de consulter son médecin nutritionniste pour vérifier la pertinence des achats. Certaines spécialités, adaptées aux personnes âgées, ne doivent pas être mangées par les enfants de moins de 12 ans. Et inutile bien sûr d'acheter un fromage qui soigne le cœur si le cardiologue vous a trouvé en parfaite santé, mais encore faudra-t-il l'avoir consulté !

Avant tout, protéger le cadre de vie

La société française s'accorde sur la nécessité de combattre les effets jugés néfastes sur l'environnement et sur la santé d'une agriculture en passe de devenir une véritable industrie. Dans un rapport daté de 2003, le Parlement n'a-t-il pas conclu que « l'industrie a fait sa révolution environnementale, les collectivités locales font la leur, l'agriculture n'a pas fait la sienne » ? Les agriculteurs sont accusés de porter atteinte à l'environnement, plus que les industriels ! La pression des citoyens pousse les agronomes à proposer des solutions alternatives à des modes de production et d'élevage que beaucoup jugent intolérables. La pollution de l'eau par les résidus de pesticides et les engrais azotés n'est plus acceptée et les agriculteurs doivent revoir leurs pratiques. Ce qui est remis en cause ? C'est une agriculture qui procède de manière systématique à des traitements phytosanitaires et à des apports d'engrais sans arriver à les moduler en fonction des besoins spécifiques des parcelles à traiter. Comme l'a souligné, en janvier 2005, le ministre de l'Agriculture devant l'Académie d'agriculture de France : « une nouvelle étape dans la modernisation de l'agriculture est en marche avec les critères d'éco-conditionnalité et les bonnes pratiques qui devraient conforter les intérêts convergents entre la société et les agriculteurs, notamment sur la gestion de l'eau ».

Depuis le 1er janvier 2005, les agriculteurs européens doivent se plier à de nouvelles obligations, sous peine de perdre une partie des aides qui leur sont accordées pour faire tourner leurs exploitations.

Et ils s'inquiètent car les 43 milliards d'euros qui leur sont versés par l'Europe sont en jeu. En juin 2003, en effet, de nouvelles règles ont été adoptées par les pays membres de l'Union européenne. Elles concernent, entre autres, des manières de produire qui respectent l'environnement (qualité de l'eau, lutte contre l'érosion), le bien-être animal, le maintien des prairies et l'identification du cheptel. Les agriculteurs possèdent dorénavant un « permis à points » permettant de calculer leurs droits à subvention. Pour juger des bonnes pratiques des agriculteurs, les fonctionnaires du ministère de l'Agriculture disposent d'un barème connu de tous : pour une faute mineure (par exemple un à quatre animaux sans marque auriculaire), deux points sont perdus ; pour une faute moyenne (absence d'entretien des surfaces en herbe), dix points sont enlevés ; et pour une faute majeure (brûlage des résidus de culture), cinquante points. Au total, les pénalités cumulées peuvent entraîner une diminution des aides de 5 %, voire davantage (jusqu'à 20 %) en cas de faute intentionnelle. L'entrée en vigueur de cette réglementation est étalée dans le temps : les bonnes pratiques agricoles et environnementales et l'identification des animaux en 2005, la santé publique, la santé des végétaux et des animaux en 2006, le bien-être animal en 2007.

En 2030, l'évolution de la Politique agricole commune a fait entrer les agriculteurs dans le cercle vertueux de l'agriculture raisonnée. Les pratiques agricoles ont été profondément modifiées. Elles permettent de garantir des rendements élevés sans porter atteinte à la qualité du milieu environnant grâce, notamment, à l'utilisation généralisée de semences très performantes appartenant aux OGM de quatrième génération[1]. Par contre, l'agriculture biologique, après tous les espoirs qui avaient été mis en elle pour sauvegarder l'environnement, ne fait plus recette car elle est trop coûteuse et incapable de satisfaire la demande alimentaire. La crise de l'énergie, marquée par une demande croissante des besoins et une diminution des ressources, n'est pas restée sans effet sur la filière alimentaire. La nécessité de rechercher des économies dans tous les secteurs d'activité a bouleversé le commerce international et les habitudes de consommation. Les aliments carnés, dont la production a parfois un

1. Les OGM de première génération ont acquis des résistances aux insectes et aux herbicides. Ceux de deuxième génération possèdent des qualités nutritionnelles ou d'usage améliorées. La troisième génération est plus productive et résiste à la sécheresse. La quatrième génération a acquis le pouvoir de fixer l'azote de l'air et son rendement photosynthétique a été sensiblement augmenté.

très faible rendement énergétique, ont partiellement laissé la place aux produits végétaux.

Revenons dix ans plus tôt, en 2020. Voilà des décennies que l'agriculture est l'objet de fortes critiques. Le pacte ancestral qui lie la France paysanne à la population française est rompu. Trop gourmandes en eau, en énergie, en engrais et en produits phytosanitaires (encore appelés pesticides), trop polluantes, les pratiques agronomiques ayant assuré, au cours de la deuxième moitié du XX^e^ siècle, un remarquable essor de la production agricole ne sont plus acceptées par une société qui commence à vivre au quotidien les effets désastreux des changements climatiques. La température moyenne annuelle de la planète s'est accrue de 1 °C depuis le début du XXI^e^ siècle[1]. Conserver propre notre environnement est une demande citoyenne si forte que les responsables politiques ne peuvent plus l'éluder et remettre à plus tard les décisions qui s'imposent. Le procès du productivisme, ce mode de production qui a pour objectif d'augmenter la productivité de la terre sans trop se préoccuper des conséquences environnementales, est gagné par ses détracteurs. Même l'agriculture raisonnée, qui a eu de la peine à trouver ses marques, est critiquée par ces derniers. Les agriculteurs – principe de précaution oblige – n'ont d'autre recours que de généraliser à l'ensemble du territoire les pratiques de l'agriculture biologique. Il semble que les écologistes et les adeptes d'une alimentation « naturelle » aient gagné leur combat : la protection de l'environnement s'impose à toutes les formes d'agriculture qui lui porteraient atteinte, le tissu rural se reconstitue, la contamination de l'air, du sol et de l'eau ne fait plus la une des médias.

Cinq ans plus tard, en 2025, il faut déchanter : c'est l'échec que de nombreux agronomes avaient prédit. Certes, l'espace rural a commencé à retrouver les équilibres qu'il connaissait avant la révolution industrielle, des traces de substances chimiques ne sont plus décelées, comme autrefois, dans les denrées alimentaires et les eaux de surface, mais la baisse de productivité observée dans les champs et les vergers aurait provoqué une grave crise alimentaire si quelques agriculteurs, bravant la colère des « faucheurs d'OGM », n'avaient pas, depuis 2020, mis en culture de nouvelles variétés de blé et de

1. Les effets à très long terme du changement climatique, vers la fin du XX^e^ siècle, se font à peine sentir mais les données rassemblées par les agronomes et les climatologues laissent présager des évolutions très importantes : modification des aires géographiques consacrées aux grandes cultures, évolution de la composition des cheptels, bouleversement de la pêche suite aux modifications de la température et de la salinité des océans.

maïs multirésistantes aux attaques des virus, des champignons et des insectes. Cerise sur le gâteau, les plus faibles besoins en eau des OGM les plus récents éloignent le spectre d'une pénurie en eau douce : l'agriculture française a diminué par deux sa consommation en eau d'irrigation.

Qui l'aurait cru en 2005 ? C'est grâce aux OGM que l'agriculture française est toujours, en 2030, la quatrième puissance agricole du monde, que la qualité de l'environnement est sauvegardée et que la sécurité des consommateurs est parfaitement assurée. D'autant mieux que les généticiens sont enfin parvenus à conférer aux céréales la propriété de fixer l'azote de l'air, laquelle était jusqu'alors l'apanage des plantes appartenant à la famille des légumineuses (pois, fève, soja), entraînant une diminution drastique de l'utilisation des engrais azotés et donc de la contamination des nappes phréatiques par les nitrates. Grâce aux progrès de la biologie, les plantes sont désormais dotées de moyens de défense « naturelle » contre les insectes, virus ou champignons qui les attaquent. En l'absence de solution alternative, seuls quelques herbicides restent autorisés.

Les prédictions d'un ancien ministre de l'Éducation nationale, membre de l'Académie des sciences, se sont enfin réalisées en 2030. N'avait-il pas envisagé dans ses « Chroniques d'espoir »[1] un avenir radieux aux OGM en affirmant « qu'il est clair que se trouve là le moyen de faire disparaître définitivement la faim dans le monde. Et, plus important encore, de mettre fin à l'agriculture industrielle dans des conditions économiques qui ne lèseront pas nos paysans. On peut créer des plantes qui n'auront plus besoin d'engrais, qui consommeront peu d'eau, etc. Bref, qui permettront d'être efficace sans nuire à l'environnement ».

Pour comprendre ce qui s'est passé, il faut analyser l'un après l'autre les facteurs de cette évolution : le débat sur les pesticides, la pénurie des réserves en eau, les conséquences de la généralisation des pratiques de l'agriculture biologique et l'impact de la crise énergétique, sans qu'il soit besoin de revenir ici sur les progrès de la biologie végétale et les apports des nouvelles techniques d'information et de communication à l'agriculture de précision, sujets dont nous avons déjà parlé.

Retour donc sur cette histoire qui laisse (presque) sans voix ceux qui étaient, à la fois, les plus acharnés des défenseurs d'une agriculture respectueuse de l'environnement et les plus ardents des opposants aux OGM.

1. Claude Allègre, 2004. Chroniques d'espoir, Éditions Fayard, Paris.

L'utilisation des pesticides est rejetée par la société

En 2005 – s'en souvient-on encore ? – la France est le troisième consommateur au monde de produits chimiques pour améliorer les rendements des cultures, ce qui n'a rien d'étonnant puisqu'elle est aussi l'une des principales puissances agricoles. Il faut bien protéger les plantes contre les maladies cryptogamiques (provoquées par des champignons), bactériennes ou virales, les insectes et la concurrence des mauvaises herbes. Chaque année, en moyenne depuis l'an 2000, près de 80 000 tonnes de matières actives constituées d'une ou de plusieurs des 489 substances chimiques autorisées – il y en avait 800 en 1990, mais la Commission européenne y a mis bon ordre – sont répandues dans nos campagnes et nos jardins potagers. Tous les moyens sont bons pour se prémunir contre les attaques des champignons, de l'envahissement des mauvaises herbes et des dégâts provoqués par des insectes ravageurs ! Fongicides (près de la moitié des tonnages de pesticides utilisés), herbicides et autres insecticides sont de ce point de vue les grands amis des agriculteurs. À eux seuls, les producteurs de céréales et de colza utilisent 60 % des produits, loin devant les viticulteurs qui en utilisent 20 %, répartis sur une vingtaine de traitements annuels[1].

Avec l'intensification et la spécialisation des modes de culture, les mauvaises herbes et les parasites ont en effet trouvé des milieux particulièrement propices à leur développement. De plus, sous l'effet combiné de l'accroissement du nombre de traitements et de la généralisation des plantes OGM dont les feuilles synthétisent des insecticides – ce qui aurait pour conséquence de mettre en contact quasi permanent les insectes avec les molécules actives et d'exercer de ce fait un très forte pression de sélection – de nombreuses espèces d'insectes ont développé des résistances aux pesticides les plus fréquemment utilisés.

Les agriculteurs doivent faire face à des impasses techniques que les biologistes avaient pressenties dans les années quatre-vingt-dix. Une concurrence acharnée s'est ouverte entre les grands groupes de l'industrie chimique, à la recherche de molécules plus actives et sélectives, course malheureusement sans fin car la capacité d'adaptation des organismes vivants se révèle sans limite pour résister aux

1. Source : Rapport d'expertise collective de l'Inra et du Cemagref, décembre 2005. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux.

plus récents des produits de synthèse. Après le répit du début des années 2000, les quantités de matières actives répandues sur la France ont recommencé à augmenter.

Face au puissant lobby des producteurs agricoles, le plan présenté en 2006 par les ministres français de l'Environnement, de l'Agriculture et de la Santé, inspiré de l'expérience réussie menée au Danemark depuis une vingtaine d'années – les ventes de matières actives y ont chuté de 40 % – n'a eu que peu d'effet. Et pourtant, dès 2005, un responsable de la recherche agronomique française n'hésitait pas à encourager ses collègues à travailler sur l'hypothèse « zéro pesticide en 2020 ». Quatre pistes étaient privilégiées : modifier les pratiques agricoles pour réduire l'utilisation de pesticides, découvrir des molécules actives présentant moins de risques pour la santé et l'environnement, former les professionnels, accroître les moyens de l'Observatoire des résidus des pesticides.

En février 2001, la publication du livre blanc de la Commission européenne « Stratégie pour la future politique dans le domaine des substances chimiques » invitait à une réforme répondant à l'objectif de protéger la santé humaine et l'environnement. Par la suite, l'adoption en 2006 du règlement Reach[1] sur l'homologation des produits chimiques autorisés et le rapport publié en 2016 par l'Autorité européenne de sécurité des aliments portent un coup mortel à l'industrie des pesticides. Ils mettent fin aux vives controverses qui agitent, depuis vingt ans, les milieux scientifiques, les industries chimiques, les mouvements écologistes et les associations de défense des consommateurs. Oui, cela est maintenant avéré, les effets cancérigènes, neurotoxiques et perturbateurs endocriniens de nombreux pesticides, bien répertoriés chez l'animal, ont été démontrés chez l'homme. Les intoxications peuvent intervenir chez les agriculteurs et leur famille lors de l'application des pesticides et, plus rarement, chez les consommateurs lorsqu'ils mangent des aliments contaminés.

Avec ce dernier rapport, le « scandale des pesticides », qui ravive les mauvais souvenirs de celui de l'amiante, vient d'éclater à la face des industriels et des responsables politiques. Les ministres sont régulièrement interpellés et les industriels accusés d'avoir sacrifié la santé des citoyens sur l'autel de la rentabilité des entreprises et des bénéfices des fonds de pensions. En 2020, la défense d'arrière-garde des grands céréaliers et de l'Union interprofessionnelle des produits phytosanitaires ne peut plus faire face à l'augmentation du nombre

1. Registration, evaluation and authorisation of chemicals.

de cancers inexpliqués chez les agriculteurs. N'aurait-il pas fallu prêter davantage attention aux écrits prophétiques de Noël Mamère et du toxicologue bordelais Jean-François Narbonne qui poussaient un cri d'alarme dès 2001 : « Les pesticides sont des produits dangereux pour ceux qui les manipulent et pour l'environnement…, une quarantaine de pesticides sont sur la sellette pour leurs effets perturbateurs du système endocrinien…, une exposition quotidienne à l'association de divers pesticides favoriserait l'apparition de la maladie de Parkinson »[1] ? L'industrie des produits phytosanitaires, mise au banc des accusés, ne s'en relèvera pas.

Les quantités d'eau pour l'irrigation sont réduites

La surface de la terre est recouverte d'eau à 70 %, dont 2,5 % seulement d'eau douce. La plus grande part de cette dernière n'est pas disponible pour l'homme, qu'elle constitue les calottes glaciaires de l'Arctique et de l'Antarctique (2,2 %) ou qu'elle soit stockée dans des nappes aquifères trop profondes pour être exploitables. L'eau douce disponible – on la trouve dans les lacs, les rivières, les barrages et les nappes aquifères superficielles – ne représente donc qu'un pour cent des réserves mondiales en eau douce, soit 0,025 % de l'eau présente sur terre !

Compte tenu de sa répartition inégale entre les régions du monde, cette eau n'est pas en quantité suffisante pour satisfaire les besoins de ses trois principaux consommateurs : l'agriculture (principalement l'irrigation), l'industrie (y compris la production d'énergie) et les ménages (tâches ménagères, eau potable, assainissement). Au début du XXI[e] siècle, la première mobilise 70 % des ressources de la planète, la deuxième 23 % et les troisièmes 7 %. De grandes diversités existent entre les pays, ceux en développement consacrant à l'agriculture la plus grande partie de l'eau dont ils disposent. Plus le développement est avancé, plus l'eau sert à des usages domestiques et à des fins industrielles[2]. Les raisons en sont multiples : les

1. Noël Mamère et Jean-François Narbonne, 2001. Toxiques affaires, Éditions Ramsay, Paris.
2. En Afrique, l'agriculture utilise 88 % de l'eau totale prélevée, tandis que l'utilisation domestique s'élève à 7 % et l'industrie à 5 %. En Europe, l'eau est surtout utilisée par l'industrie (54 %), tandis que la part de l'agriculture s'élève à 33 % et l'utilisation domestique à 13 %.

méthodes d'irrigation y sont plus efficaces, l'industrie plus développée et la consommation ménagère par jour et par habitant supérieure (300 à 600 litres en Europe et en Amérique du Nord, 10 à 40 litres en Afrique).

En 2002, dans le monde, les surfaces agricoles irriguées couvrent environ 300 millions d'hectares, soit près de 20 % des surfaces cultivées, et fournissent, selon la FAO, 40 % de la production alimentaire mondiale. Près de la moitié de ces terres est située en Inde (ce pays consacre 90 % de son eau à des fins agricoles), en Chine et aux États-Unis. Ces surfaces augmentent si régulièrement que les experts des Nations unies estiment au début des années 2000 que les deux tiers des habitants de la planète pourraient manquer d'eau douce en 2025. Après sa révolution verte, le prix Nobel de la paix Norman Borlaug pousse un cri d'alarme et soutient la « révolution bleue ». Le nouveau mot d'ordre est « produire plus avec chaque goutte d'eau ». On estime que les besoins en eau douce vont s'accroître de 40 % d'ici 2025. La nécessité de préserver les ressources en eau est à l'origine de réglementations, de plus en plus contraignantes, et de taxes qui s'accroissent année après année.

Mais quoi qu'on y fasse, les plantes ont besoin d'eau pour se développer. Les quantités varient au cours du cycle végétatif et dépendent des espèces végétales, de la nature du sol et du climat. Les agronomes savent depuis longtemps qu'il existe une relation directe entre la quantité de matière produite par un végétal dans un champ et la quantité d'eau consommée, et que certaines cultures sont moins consommatrices que d'autres pour fournir la même quantité de matière. Ainsi, avec un litre d'eau « utile », le maïs synthétise 2,6 grammes de matière alors que le blé en fabrique 1,9 gramme et le riz seulement 1,4 gramme. Il faut donc 400 litres d'eau pour produire un kilo de maïs, 500 litres d'eau pour un kilo de blé ou 700 litres d'eau pour un kilo de riz. Et donc 500 mètres cubes par hectare pour y récolter 100 quintaux de blé. Par ailleurs, et selon la FAO, la production d'une même quantité de calories demande cinq fois plus d'eau quand elles sont d'origine animale que quand elles sont d'origine végétale.

De ce fait, et alors que les besoins physiologiques de l'homme en eau sont faibles – deux à huit litres par personne et par jour selon les climats et l'activité physique – la quantité d'eau nécessaire à la satisfaction des besoins alimentaires quotidiens d'un adulte est comprise entre 2 000 et 5 000 litres.

Bilan en eau d'une culture

Le bilan en eau d'une culture est la somme de trois facteurs : l'eau de constitution, l'eau de transpiration et l'eau d'évaporation.
Le premier facteur est l'eau qui entre dans la composition de la plante, dont elle représente 80 à 95 % du poids. Une étape essentielle de cette intégration est la photosynthèse, un processus chimique par lequel les végétaux, en utilisant l'énergie du soleil, transforment l'eau et le gaz carbonique en glucides.
Le deuxième traduit l'activité physiologique de la plante. Tout végétal respire. Dans un premier temps, les racines des végétaux captent l'eau – et les minéraux qui y sont dissous – présente dans le sol. Une fois parvenue aux feuilles, une partie de celle-ci s'évapore par les stomates (des microvannes assurant les échanges gazeux à la surface des feuilles entre la plante et l'air environnant). La plus grande partie de l'eau captée par une plante est rejetée dans l'atmosphère selon ce processus. Lorsque l'eau se fait rare, les stomates se referment et la transpiration se ralentit. La plante se protège ainsi contre le manque d'eau.
Le troisième est le résultat de l'évaporation d'une partie de l'eau du sol.

La pluie ne suffit pas toujours à apporter au bon moment les quantités d'eau nécessaires au développement des végétaux. C'est notamment le cas en France pour le maïs, et beaucoup plus rarement pour le blé, cela bien que le premier soit moins gourmand en eau que le second. Le maïs est en effet une culture d'été qui doit être pratiquée dans des régions suffisamment chaudes pour assurer la maturité des épis. Il faut donc l'irriguer. En 2000, les cultures de maïs représentaient environ 50 % des 2,6 millions d'hectares de surfaces agricoles irriguées – le maïs n'occupait que 0,8 million d'hectares en 1970 –, loin devant les légumes frais, les fraises et les melons (8 %), les vergers et les petits fruits (7 %), les pommes de terre (4 %) et le blé tendre (1 %)[1].

Certes, la France métropolitaine ne manque pas d'eau. La pluie en apporte chaque année 175 milliards de mètres cubes. Mais selon l'Institut français de l'environnement, l'irrigation des cultures a consommé[2] en 2002 la moitié des 33,1 milliards de mètres cubes d'eau prélevés pour satisfaire les activités humaines. L'impact de ces prélèvements est très important car ils ont lieu pour l'essentiel au moment où le niveau des cours d'eau est le plus bas. Aussi est-ce moins la question

1. Source : Service central des enquêtes et études statistiques du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, recensement agricole, 2000.
2. La consommation est égale à la différence entre les volumes prélevés et les volumes restitués au cycle de l'eau à proximité du lieu de prélèvement.

des ressources totales qui inquiète que celle des ressources effectivement disponibles à un moment donné.

En 2020, avec l'évolution des conditions climatiques, dont l'une des principales conséquences est d'accroître les besoins en irrigation alors que les disponibilités en eau diminuent, les Européens ont dû faire face à la pénurie. Les agriculteurs se sont tournés vers des plantes moins exigeantes pendant les mois les plus secs, les ménages ont modifié leurs habitudes de consommation. Ils y ont été poussés par le prix de l'eau qui s'établit maintenant autour de 10 euros le mètre cube après avoir franchi le seuil des 5 euros en 2012. Le pic de leur consommation avait été atteint en 2015, année durant laquelle celle des Parisiens avait rejoint celle des New-Yorkais en 2000, soit 1 000 litres par tête et par jour avant de retomber à 700 litres au tournant des années 2020. Le « choc de l'eau » occupe dans les médias la place occupée dix ans plus tôt par le choc pétrolier.

Pour assurer les besoins en eau des agriculteurs, deux stratégies ont été menées de front : cultiver des plantes moins consommatrices d'eau pendant les périodes de pénurie et optimiser les systèmes d'irrigation. La troisième voie, qui eût été d'accroître le nombre de retenues d'eau et de lacs artificiels, a été abandonnée. Les écologistes, qui s'inquiétaient des conséquences sur l'environnement de modifications jugées trop importantes des équilibres hydriques dans les régions concernées, ont en effet obtenu de la Commission européenne un moratoire de vingt ans sur tous les nouveaux projets. Leur credo est qu'il faut diminuer les besoins et non pas augmenter les ressources.

La première voie est donc de réduire les besoins en eau des plantes en saison sèche. Deux approches complémentaires sont envisageables : décaler la période de maturité d'une plante avant ou après la saison sèche, accroître sa résistance à la sécheresse.

Au début des années 2000, les producteurs de maïs sont en effet l'objet de violentes critiques. En 2006, la ministre de l'Environnement estime qu'il faut faire « reculer la culture du maïs » alors que son collègue de l'Agriculture défend une production dont la France a besoin pour conserver son élevage. En 2020, la production de maïs a fortement régressé, surtout dans le Sud-Ouest de la France. Elle est dix fois moins importante qu'au début des années 2000. En 2030, elle a retrouvé ses niveaux d'antan grâce à la mise au point d'hybrides très résistants au stress hydrique de l'été et dont la maturation retardée, d'environ deux mois, permet aux grains de se remplir avec l'arrivée des pluies de l'automne.

C'est en Australie que la société Graingene a ouvert la voie en créant en 2002, après vingt années de recherche, une nouvelle variété de blé qui utilise moins d'eau pour produire la même quantité de

matière que les variétés connues. Sous des conditions de sécheresse, cette variété produit près de 25 % de grains de plus à l'hectare que les variétés traditionnelles. Comment les généticiens australiens sont-ils arrivés à ce résultat ? Tout simplement en modifiant le fonctionnement des stomates et d'une manière plus générale les mécanismes photosynthétiques afin que le rapport entre la quantité de gaz carbonique qui pénètre dans la plante (la plante va ensuite le transformer en glucides, puis en protéines et en lipides) et la quantité d'eau rejetée dans l'air soit supérieur à celui des autres blés. Ainsi, cette nouvelle variété se caractérise par une meilleure capacité d'utilisation de l'eau que les variétés connues : elle a besoin de moins d'eau pour produire autant de grains. Dans la suite de ces travaux, en 2020, la quantité d'eau nécessaire pour produire 1 kilo de céréales a été divisée par deux. Ce qui est un résultat particulièrement remarquable et utile quand on se souvient que la production de 80 % des terres cultivées, non irriguées, dépend entièrement du régime des pluies.

L'autre voie est d'améliorer les performances de l'irrigation. N'a-t-on pas calculé que si on augmentait d'à peine 10 % l'efficacité de celle-ci dans les plaines de l'Indus, au Pakistan, on pourrait mettre sous irrigation deux millions d'hectares supplémentaires ? Le diagnostic est fait depuis des années : l'irrigation des terres agricoles est un système particulièrement efficace pour gaspiller l'eau destinée à la croissance des plantes ! En règle générale, seulement 40 à 50 % de l'eau sont utilisés. Le reste est perdu dans des conduites défectueuses et par évaporation. Un grand espoir a été mis dans les méthodes d'irrigation au goutte-à-goutte, en pensant généraliser l'exemple d'Israël, pays où 50 % des terres irriguées font appel à cette technique en 2005. Mais ces espoirs ont été déçus en raison des coûts d'investissement et d'entretien.

Ce sont donc les efforts consentis, année après année, pour limiter le gaspillage de l'eau, en optimisant l'utilisation de celle prélevée dans les milieux naturels, en évitant les pertes et en assurant une meilleure adéquation entre les quantités d'eau apportées et les besoins des plantes, qui ont fini par porter leurs fruits.

L'agriculture biologique généralisée à l'agriculture française, un rêve impossible

L'agriculture biologique constitue un mode de production qui trouve son originalité dans le recours à des pratiques culturales et d'élevage soucieuses du respect des équilibres naturels. Les plantes

sont produites sans herbicides, ni pesticides, ni fongicides ni engrais chimiques : on utilise du fumier et d'autres déchets organiques pour apporter aux plantes les éléments minéraux dont elles ont besoin pour se développer. Les organismes génétiquement modifiés sont bannis, les aliments donnés aux animaux ne contiennent pas d'antibiotique. La terre ne doit pas avoir reçu d'intrants chimiques, l'épandage des boues résiduelles est interdit et les ravageurs sont combattus par lutte biologique. Les labours sont peu profonds, l'aération du sol et le maintien d'une flore active sont préconisés. Quant aux modes de fabrication des aliments biologiques, ils se distinguent des procédés traditionnels par l'exclusion de quelques additifs alimentaires et d'un recours aux radiations ionisantes pour conserver les produits. Un agriculteur désirant devenir « producteur biologique » doit déclarer son activité auprès de la direction départementale de l'Agriculture dont dépend son exploitation. Tout produit commercialisé doit ensuite obtenir un certificat que seuls des organismes, privés et agréés par les pouvoirs publics, peuvent lui fournir. Une fois agréé, le produit est signalé à l'attention des consommateurs par la marque « AB ».

Si elle apparaît en France peu après la seconde guerre mondiale, la reconnaissance officielle de l'agriculture biologique doit attendre la loi d'orientation agricole de 1980. Mais ce n'est qu'en 1997 que les pouvoirs publics veillent à assurer son développement. Le plan de cinq ans présenté par le ministre de l'Agriculture permet aux opérateurs français de reconquérir le marché du bio et de répondre à l'engouement des consommateurs. Depuis les années quatre-vingt-dix, les produits issus de l'agriculture biologique sont en effet de plus en plus présents dans les assiettes des Français. L'ambition du plan est de « placer l'agriculture biologique au cœur de l'agriculture française comme ferment et peut-être comme moteur du développement durable, lui reconnaissant ainsi son rôle dans l'aménagement du territoire et la tenue de l'espace ». En 2001, l'Agence française pour le développement et la promotion de l'agriculture biologique, dite « Agence Bio », est créée.

En dix ans, depuis 1995, le nombre d'agriculteurs bio a triplé et les surfaces certifiées ont été multipliées par cinq. Fin 2004, en France, 11 000 exploitations agricoles réparties sur 550 000 hectares produisent selon le mode biologique. Plus des deux tiers disposent de surfaces en herbe ou en cultures fourragères, la moitié cultive des céréales, 30 % élèvent des vaches laitières ou allaitantes, 38 % cultivent des fruits ou des légumes, 14 % des raisins biologiques et 12 % des plantes à parfum, médicinales et aromatiques. Une

partie des produits agricoles biologiques est transformée à la ferme et fait l'objet de vente directe. Mais les activités de transformation se sont également développées : près de 5 000 entreprises de conditionnement, de transformation et de distribution sont certifiées bio. Plus de 80 % d'entre elles travaillent dans les filières végétales, 40 % sont des boulangeries ou des terminaux de cuisson[1].

En 2005, 45 % des Français achètent au moins une fois tous les mois des produits biologiques, tandis que 25 % d'entre eux déclarent ne pas être convaincus de leur intérêt. Ce sont les fruits et légumes, suivis par les œufs, les produits laitiers, le pain et les viandes qui sont les produits biologiques les plus consommés. Revers de la médaille, les prix sont perçus comme trop élevés.

Les partisans de l'agriculture biologique reprochent à l'agriculture moderne des pratiques qui appauvrissent les sols : les microorganismes naturellement présents disparaissent, les sols sont carencés en bore et en cuivre disponibles, l'assimilation du calcium est freinée, les métaux lourds s'accumulent. Ils lui reprochent également de dégrader la qualité de l'eau et de l'air, les ressources en eau s'épuisent, les concentrations en nitrate des nappes phréatiques croissent au-delà de l'acceptable. L'activité des usines d'engrais et de produits phytosanitaires contribue à la pollution de l'air. L'agriculture moderne est également rendue responsable de la disparition de certaines races animales (poules, porcs, ovins), perdues pour toujours car inadaptées aux conditions modernes de l'élevage.

Pour de nombreux consommateurs, les produits biologiques répondent à leur demande en produits naturels, « à l'ancienne » et bons pour la santé. Jugement contredit en 1999 par l'Institut national de la consommation qui estime que « manger bio, c'est faire le choix de préserver l'environnement […] et que rien ne permet de supposer que la consommation de ces produits est bénéfique pour la santé », même si, compte tenu de l'utilisation réduite d'intrants de synthèse dans l'agriculture biologique, les aliments qui en sont issus contiennent moins de pesticides et de résidus de médicaments vétérinaires et, dans bien des cas, moins de nitrates[2].

Forts de ces arguments, confortés dans leur mobilisation contre les agressions croissantes de l'environnement par une agriculture

1. Source : Agence Bio 2005 – Observatoire national de l'agriculture biologique.
2. L'apparente contradiction entre les conclusions de l'Institut national de la consommation et les résultats des analyses tient au fait que la contamination des produits alimentaires non biologiques proposés à la vente est inférieure aux doses présentant un risque pour le consommateur.

ultraproductiviste, soutenus par des consommateurs qui refusent massivement de manger des produits contenant des pesticides, même à l'état de traces – avec les progrès de la chimie analytique, les chimistes sont devenus des détectives impitoyables – les partisans de l'agriculture biologique gagnent du terrain. En 2018, 20 % des surfaces cultivables en France ont été converties au bio et les experts observent une amélioration de la qualité de l'environnement (milieux terrestres, aquatiques et atmosphériques). La biodiversité des espèces est moins menacée que dix ans auparavant.

On a oublié que plusieurs études engageaient à la prudence dès la fin des années quatre-vingt-dix. Un accroissement trop important des surfaces agricoles consacrées à l'agriculture biologique faisait craindre une contamination accrue des céréales par des mycotoxines[1] et une pollution microbiologique des produits agricoles en raison d'un emploi exclusif et insuffisamment contrôlé de fumier et de diverses substances organiques, en substitution des engrais de synthèse chimique. Beaucoup plus inquiétante, la prolifération des ravageurs des plantes et des maladies chez les animaux, consécutive à la réduction massive des traitements phytosanitaires et vétérinaires, a pour effet de diminuer significativement les rendements des champs cultivés et la production des élevages et d'amoindrir la qualité des fruits et des légumes. Tant que l'agriculture biologique n'occupait qu'un pourcentage minime des surfaces agricoles, les traitements réalisés dans le cadre d'une agriculture intensive et raisonnée suffisaient à contenir le développement des maladies des végétaux. Ce n'est plus le cas maintenant que l'agriculture bio s'est répandue sur 20 % des terres cultivées. L'effet protecteur des cultures biologiques par les traitements appliqués aux cultures traditionnelles a disparu ! Les rendements baissent, la France doit procéder à des importations significatives de produits agricoles pour nourrir sa population, il devient difficile de satisfaire les besoins alimentaires des grandes métropoles, les prix augmentent. Les Français se demandent s'ils n'ont pas été les dindons d'un marché de dupes. La multiplication des jardins potagers chez les néoruraux (des familles qui travaillent à la ville mais vivent à la campagne) ne suffit pas à résoudre la crise. Un nouveau tournant s'impose à l'agriculture française. L'agriculture biologique doit modérer ses ambitions en limitant son emprise à moins de 5 % de la sole agricole française, soit environ trois fois les surfaces qui lui étaient consacrées en 2005.

1. Voir note 1 page 126.

La porte est désormais grande ouverte aux « nouveaux OGM », seuls à pouvoir répondre aux exigences d'une agriculture durable, celle qui est capable de satisfaire la demande alimentaire mondiale d'une population qui n'en finit pas de s'accroître, sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire ses besoins.

Les économies d'énergie imposent une mutation des habitudes alimentaires

La crise de l'énergie, liée aux tensions sur les ressources pétrolières et aux dégâts de plus en plus visibles des conséquences de l'effet de serre sur notre vie quotidienne, a profondément modifié les habitudes de consommation.

En 2005, des chercheurs de l'université de Chicago avaient noté que l'énergie nécessaire à la production (par les agriculteurs), à la fabrication (par les industriels) et à la commercialisation (par les distributeurs) des aliments représentait, aux États-Unis, 10,5 % de la consommation totale d'énergie et 17 % de l'énergie fossile[1]. Ils notaient également que le système alimentaire américain produisait chaque jour 3 800 kilocalories[2] (kcal) par personne alors que les besoins moyens des individus s'élevaient à 2 100 kcal. Soit 1 700 kcal perdues en raison d'une consommation excessive – on connaît le nombre d'obèses dans ce pays – et d'un volume important d'aliments gâchés et jetés à la poubelle. Poursuivant leurs calculs, et observant que le système alimentaire américain utilisait 2,57 millions de milliards de kcal pour produire le 0,35 million de milliards de kcal dont les Américains ont besoin pour satisfaire leurs besoins énergétiques alimentaires, ils concluaient leurs travaux sur un constat de gaspillage. L'efficacité énergétique du système alimentaire américain était désastreuse. Il fallait 100 kcal pour en produire 7,6 utiles !

Trois voies s'ouvrent pour diminuer les dépenses. Manger moins, réduire les pertes ou restreindre la consommation de produits d'origine animale. Les deux premières sont faciles à comprendre, sinon à suivre. La troisième mérite quelques commentaires. Aux

1. Source : G. Eshel et P. Martin, 2006. Diet, energy and global warming, earth interactions, (John Foley Editor), volume 10, University of Wisconsin, Madison, USA.
2. Une kilocalorie vaut 4,18 kilojoules.

États-Unis, pour produire 100 kcal d'un aliment, il faut dépenser 500 kcal d'énergie fossile dans le cas du lait, 550 kcal pour le poulet, 900 kcal pour l'oeuf, 1600 kcal pour le bœuf ou 2700 kcal pour le porc, alors que, compte tenu de la photosynthèse, il ne faut que 25 kcal d'énergie fossile dans le cas du soja, 40 kcal pour le maïs, 80 kcal pour la pomme de terre ou 90 kcal pour la pomme[1]. Produire une calorie d'œuf va donc consommer 10 fois plus d'énergie fossile que produire une calorie de pomme de terre ! Comparés aux produits végétaux, les produits d'origine animale sont particulièrement énergivores. Exception faite, bien sûr, des bovins et des ovins qui se nourrissent de l'herbe des pâturages et des estives, concentrés d'énergie solaire captée par photosynthèse.

Ces chiffres ne peuvent être extrapolés sans précaution aux autres pays du monde. L'efficacité énergétique d'un poulet élevé en liberté dans un poulailler familial est évidemment supérieure à celle d'un poulet élevé en batterie. De même que la culture de plants de tomate dans son jardinet réclame beaucoup moins d'énergie que les cultures sous serre. Mais quelle que soit la précision des chiffres, ce qui est sûr, c'est que l'efficacité énergétique des produits animaux est loin d'atteindre celle des produits végétaux. Il n'est pour s'en convaincre que de se rappeler que le taux de transformation des protéines végétales en protéines animales est, dans les meilleures conditions d'élevage, d'environ 15 % chez les bovins. Sur le plan énergétique, se nourrir avec des produits d'origine animale (viande, lait, fromage et œufs) est donc un grand gâchis. Sur le plan environnemental également, quand on se rappelle que les animaux, en particulier les ruminants, relâchent dans l'atmosphère de grandes quantités de gaz à effets de serre – le méthane par exemple – alors que les végétaux, au contraire, fixent des quantités non moins considérables de gaz carbonique.

C'est sur ces bases que de grandes campagnes ont été lancées par des associations écologistes, à partir des années 2010, pour favoriser la consommation de produits végétaux aux dépens des produits animaux. D'autant plus qu'un rapport de la FAO, publié en 2006, expliquait que « l'élevage est l'un des premiers responsables des problèmes environnementaux ». Manger de la viande nuirait à l'environnement car la contribution de l'élevage au réchauffement climatique serait plus élevée que celle des transports, directement

1. Source : David et Marcia Pimentel, 1996. Food, energy and society, University Press of Colorado, USA.

par l'activité physiologique des animaux (émission de méthane), indirectement par la mobilisation des surfaces agricoles nécessaires à leur alimentation et par la fermentation du fumier, aux dépens des forêts. La même année, Greenpeace reprochait aux entreprises américaines, comme Cargill, de « dévorer » l'Amazonie pour cultiver du soja destiné au bétail dont la viande se retrouvait dans les rayons des supermarchés et dans les fast-foods européens.

Les hommes ont besoin d'énergie pour vivre

Sur le plan énergétique, un individu est comparable à une ampoule de 100 watts. En vingt-quatre heures, comme cette dernière, il consomme 2,4 kilowattheures (kWh), soit environ 2 000 kilocalories. Les six milliards d'hommes qui peuplent la terre brûlent donc chaque année l'équivalent de 0,5 Gtep (500 millions de tonnes-équivalent pétrole) pour assurer leurs activités physiologiques et physiques, c'est-à-dire un peu plus de 5 % de la consommation totale d'énergie dans le monde (9 Gtep). Soit 1,8 fois l'énergie consommée en France ou 4,2 fois l'énergie produite par le parc français de centrales nucléaires.

Cette énergie, ce sont les aliments qui la fournissent. Mais pour produire, distribuer et préparer des aliments, il faut de l'énergie. Grâce à la photosynthèse, une partie importante de cette énergie est fournie directement aux végétaux par le soleil. Mais cela ne suffit pas. Le complément provient de l'énergie domestiquée par l'homme (électricité, produits pétroliers, charbon).

Si on ne prend en compte que cette dernière, les produits de cueillette (baies sauvages, champignons) et le gibier sont particulièrement économes en énergie. À l'inverse, des plats cuisinés, riches en viande de porc ou de poulet, sont très énergivores. Ainsi, les produits végétaux de saison, locaux, frais et en vrac, consomment moins d'énergie que les produits animaux, ou hors saison, ou importés, ou transformés ou emballés.

Plus globalement, le paysan africain utilise beaucoup moins d'énergie que le citadin américain pour se nourrir. On a pu calculer qu'il fallait dépenser dix calories pour fournir à ce dernier une seule calorie alimentaire. Ce qui veut dire que si tous les hommes se nourrissaient comme les habitants de New-York, il faudrait dépenser 5 Gtep chaque année – soit près de la moitié de l'énergie totale dépensée dans le monde – pour nourrir l'humanité. Ce qui n'est pas possible. De ce seul point de vue, le modèle alimentaire occidental n'est donc pas transposable à tous les habitants de la planète.

Dix ans plus tard, il a fallu se rendre à l'évidence, la composition de nos repas doit changer. La planète Terre ne peut continuer à supporter le gaspillage d'une alimentation dans laquelle la viande

continue à tenir une place de choix, comme c'était le cas au début des années 2000 dans les pays développés. En 2030, la consommation de viande issue d'élevages industriels est en chute brutale. Avec les animaux élevés sur l'herbe, seuls le poulet, une « machine » devenue plus efficace – les taux de transformation des protéines animales atteignent maintenant 65 % –, et les œufs ont résisté à la déferlante des fruits, des légumes, des laits de soja et autres steaks hachés à base de protéines texturées et aromatisées, extraites du coton ou du tournesol, et – c'est le début d'une ère nouvelle – d'algues cultivées dans des usines.

La crise des transports, liée à l'accroissement du prix du fuel, affecte durablement nos habitudes alimentaires. Manger des fraises importées d'Afrique du Sud en plein hiver ou des gigots surgelés en provenance de Nouvelle-Zélande, pratiques considérées comme normales en 2000, est devenu un luxe inabordable pour nos concitoyens. C'est, de plus, un comportement « écologiquement » incorrect. Pour limiter les dépenses de fuel, les zones de pêche se concentrent au plus près des côtes, ce qui provoque une chute significative de la variété et du tonnage des poissons proposés aux consommateurs. Avec la généralisation du commerce électronique, les consommateurs n'ont plus besoin de se déplacer avec leur voiture car des livreurs dont les camionnettes sont équipées d'un moteur électrique parcourent villes et campagnes en apportant le plein d'aliments et de boissons.

C'est en 2015 que les écologistes avaient lancé les premières campagnes expliquant aux Français comment se nourrir en consommant moins d'énergie. L'indice d'efficacité énergétique (IEE) d'un produit alimentaire est obligatoirement porté à la connaissance des consommateurs à partir de 2020. Il les informe sur la quantité totale d'énergie dépensée pour produire, transformer, emballer et distribuer un aliment. Pour faciliter les comparaisons, l'indice est calculé en pourcentage des calories alimentaires présentes dans le produit[1]. Plus cet indice est faible, plus il faut d'énergie pour produire une calorie. L'indice varie de 1 (plats cuisinés riches en viande de porc) à 500 (fruits cueillis dans son verger). Cet indice intègre toutes les dépenses en énergie, y compris celles liées aux transports et à la fabrication des emballages. Plus ces derniers sont lourds et volumineux, plus les produits sont riches en produits d'origine animale, plus ils ont voyagé et plus l'indice est défavorable. La pression

1. IEE = 100 x énergie disponible/énergie fournie.

citoyenne pour protéger l'environnement est si forte que les produits dont l'IEE est inférieur à dix enregistrent une chute des ventes. Les professionnels doivent s'adapter en imaginant des modes de conditionnement à faible « contenu énergétique ».

Les végétariens et les végétaliens triomphent. Mais les diététiciens s'inquiètent face aux risques de carences en micronutriments. Aussi, et depuis 2010, dans la suite de travaux entrepris depuis le début des années 2000, les généticiens s'efforcent d'accroître les teneurs en minéraux – en particulier en fer et en calcium – et en vitamines des végétaux. En 2025, une ration alimentaire dont les composantes principales sont à base de céréales, d'oléoprotéagineux, de fruits et de légumes ne pose plus de problème pour assurer un bon équilibre alimentaire aux consommateurs. Les animaux, agents de la transformation des végétaux en produits carnés, ont partiellement disparu du paysage de notre alimentation (40 % des calories consommées par les Français étaient encore d'origine animale en 2000).

Adieu fraises, haricots, tomates, raisins…

Entre les mois de novembre et d'avril, des avions-cargos en provenance du Sénégal (en 2006, l'Europe a importé de ce pays plus de 350 000 tonnes de haricots verts, de tomates cerises, de mangues et de melons), du Burkina Faso, du Niger ou du Kenya déchargent leurs cargaisons de légumes de contre-saison destinés à la consommation des Français. D'autres avions atterrissent, les soutes remplies de fraises, de raisins, de papayes ou de mangues récoltés à des milliers de kilomètres de la France.

Il serait plus économique de transporter des fruits tropicaux par bateau mais ce n'est pas possible car leur mûrissement après la récolte et leur détérioration sont très rapides. Sensible au froid, la majorité des espèces ne peut pas être conservée à basse température (comme dans le cas des pommes). Il faut donc les expédier par avion sur de longues distances à destination des pays tempérés.

En 2030, sous le double effet des contraintes énergétiques et environnementales, les importations de fruits et légumes en provenance de l'hémisphère sud, des pays tropicaux ou d'Israël ont quasiment disparu. En hiver, les étals des marchands de légumes et les linéaires des grandes surfaces ne sont plus achalandés comme au début du XXIe siècle. Plus question de s'approvisionner en produits qui ne sont pas de saison, sauf dans quelques magasins de luxe où le kilo de fraises est vendu trente euros.

Les Français ont dû modifier leurs habitudes alimentaires et les Africains reconvertir les terres dédiées aux cultures d'exportation afin d'y cultiver des plantes vivrières.

Les Français ne s'en laissent pas conter

Les Français n'acceptent plus de se faire imposer des modes d'alimentation qu'ils n'ont pas choisis. Ils en ont assez de la pression permanente des ministres et des experts qui les exhortent à manger « sûr et sain » et ils ne supportent plus cette intrusion dans leur vie privée. Les instituts de sondage et les sociologues qui les dissèquent, comme les entomologistes les insectes, ont fini par les lasser. Le matraquage publicitaire auquel ils sont soumis de la part des entreprises les exaspère, d'autant plus que les messages concoctés dans les ateliers de créativité des services marketing vantent les mérites de produits qui ont perdu toute référence à ce qui fait les bonheurs de la table et la convivialité des repas. Sans parler de tous ces bons docteurs Knock qui leurs découvrent mille maux et les invitent à des régimes minceur, anticancéreux ou protecteurs du système cardio-vasculaire. Pour eux, l'alimentation a ses raisons que la raison ne connaît pas. La façon de se nourrir est affaire de goût, de plaisir partagé, d'amitié et de culture.

En 2015, dans un monde où les espaces de liberté individuelle sont de plus en plus réduits et où la société porte un regard critique sur des comportements jugés déviants par rapport à des pratiques alimentaires « socialement et politiquement correctes », nombreux sont ceux qui regrettent l'âge d'or de leurs grands-parents, pas si lointain, où on se laissait volontiers aller aux plaisirs de la bonne chère, et où les journées étaient rythmées par des repas qui laissaient le temps aux échanges familiaux et amicaux autour d'une tablée bien garnie.

Les Français dénoncent une approche « physiologiquement utilitaire » de l'alimentation. On ne leur propose plus de manger des fruits ou des légumes : on leur vend les antioxydants et les minéraux qu'ils contiennent. Et peu importe le goût, ce qui compte ce sont les nutriments qu'ils fournissent à la diète quotidienne ! On les invite à supprimer les repas entre amis, à la campagne, autour d'une bonne grillade car la viande cuite au barbecue, cancérigène, est fortement déconseillée. La traque de la « calorie vide » porte un coup fatal à la baguette à laquelle il est reproché d'être fabriquée avec des farines trop purifiées. Les fromages au lait cru et les yaourts traditionnels, riches en ferments lactiques encore vivants, sont bannis des assiettes car le « tout stérile » serait le seul garant d'une alimentation sans risque pour la santé. Un combat sans merci est engagé contre le sel, le sucre et le vin, et tant pis si les aliments sont insipides et les repas tristounets.

En 2020, c'est le temps de la révolte des consommateurs contre la dictature du mieux-disant nutritionnel. La voix de ceux qui veulent cuisiner et manger des produits directement issus de l'agriculture commence à se faire entendre. Le consommateur exige des produits frais et sains. Ce n'est plus un mouton auquel on peut faire tout avaler. Il consomme pour son plaisir et non plus pour paraître, la silhouette minceur ne s'impose plus comme un parangon de beauté et de vertu, l'idéal féminin s'est enveloppé, comme au XIX^e^ siècle. Rejoignant le combat des associations et des mouvements pourfendeurs de la mauvaise bouffe, il a progressivement pris conscience des risques de voir disparaître, au fil des ans, le patrimoine alimentaire et culinaire de la France. En même temps, il en assez de ces produits coûteux que lui vantent et lui vendent les industries alimentaires. Celles-ci doivent modifier leurs procédés de transformation pour s'adapter à la désaffection croissante de leurs clients pour des aliments contenant des additifs, auxiliaires et autres ingrédients alimentaires. Même s'ils ne sont pas nocifs pour la santé – c'est du moins ce qu'affirment toutes les agences de sécurité sanitaire en Europe – le rejet manifesté par les mouvements consuméristes, puissamment relayés par les médias, prônant des boycotts ruineux pour les entreprises, conduit les laboratoires de celles-ci à éliminer de leurs « recettes » nombre d'agents texturants, aromatisants, colorants et de conservation.

En contrepartie d'une exigence retrouvée pour des repas conviviaux, familiaux, structurés et réguliers, les Français sont prêts à consacrer davantage de leur temps libre – ils en ont davantage depuis les trente-deux heures votées par le Parlement en 2020 –

pour bien manger. Ils sont de plus en plus nombreux à faire leurs courses dans des marchés qui sont revenus en nombre au centre des villes, comme autrefois. Friands de bons petits plats, ils consacrent, hommes et femmes réunis, trois heures par jour à la cuisine. Délaissant les produits industriels, ils mangent mieux pour moins cher. Ils désertent les rayons des produits surgelés, des plats cuisinés et des desserts lactés. Parodiant le Petit Prince de Saint-Exupéry, à ceux qui leur expliquent qu'ils gagneraient du temps à acheter des plats cuisinés, ils répondent que ce temps, ils l'utiliseraient bien volontiers pour se faire une « petite bouffe »[1] !

Le mouvement consumériste impose ses points de vue

C'est à partir de 1940, aux États-Unis, que les consommateurs manifestent une attention collective aux problèmes de consommation alimentaire. À cette époque, les progrès importants de la microbiologie et de la nutrition donnent lieu à de nombreuses publications dont certaines, reprises par les médias, sensibilisent le grand public aux effets positifs (nutrition équilibrée) et négatifs (accidents de santé) de l'alimentation. Le débat sur la qualité sanitaire des aliments est ouvert. Alors que les pulsions d'achat, conditionnées par la publicité, reposent sur les réponses des sens à l'aspect, à l'arôme et aux sensations en bouche des aliments, le consommateur se remet encore entièrement entre les mains des professionnels et des scientifiques pour deux des composantes essentielles de son alimentation : la valeur santé et l'innocuité des produits. La découverte par le grand public du caractère « invisible » de certains dangers alimentaires commence à alerter la population. Progressivement, le consumérisme affiche son activisme, surtout après que le président John Kennedy a défini en 1962 les principaux droits des consommateurs : le « droit à la sécurité », le « droit d'être entendu », le « droit d'être informé » et le « droit de choisir ».

En France, les mouvements de consommateurs commencent à trouver une audience après la seconde guerre mondiale. L'Union

1. « C'était un marchand de pilules perfectionnées qui apaisent la soif » raconte Saint-Exupéry dans le Petit Prince. « On en avale une par semaine et l'on n'éprouve plus le besoin de boire… C'est une grosse économie de temps. On épargne cinquante trois minutes par semaine… Moi, se dit le Petit Prince, si j'avais cinquante-trois minutes à dépenser, je marcherais tout doucement vers une fontaine ».

fédérale des consommateurs (UFC) est créée en 1951, avec le soutien des syndicats et des pouvoirs publics, suivie en 1960 par le Comité national de la consommation au sein duquel doit s'instaurer « une confrontation permanente des représentants des pouvoirs publics et des représentants des intérêts collectifs des consommateurs », et en 1966 par l'Institut national de la consommation. Le premier numéro de « Que Choisir », édité par l'UFC, paraît en 1961, celui de « 50 Millions de consommateurs » en 1970 (il devient « 60 Millions de consommateurs » en 1995). Les années soixante-dix marquent le passage à l'état adulte du mouvement consumériste. Celui-ci se bat pour faire admettre aux pouvoirs publics son indépendance et obtenir la reconnaissance de la fonction « consommation ». Les premières campagnes contre les colorants alimentaires et le veau aux hormones sensibilisent le grand public aux risques que font courir certaines pratiques de la chaîne alimentaire. Après Ralph Nader aux États-Unis, le mouvement associatif français se transforme en groupe de pression, les années quatre-vingt sont celles de sa reconnaissance avec l'existence d'une vingtaine d'associations. Avec la déclaration du ministre de l'Économie Jacques Delors qui souligne que « la politique de la consommation – inséparable d'une politique économique et sociale d'ensemble – est un volet essentiel de la politique de défense du pouvoir d'achat », les consommateurs sont considérés comme des partenaires économiques.

Jusqu'aux années quatre-vingt, les professionnels agissent comme bon leur semble, affirmant que les solutions mises en œuvre pour proposer et garantir une alimentation de qualité et sans risque sont trop techniques pour être comprises par les consommateurs et être utilement ouvertes à un débat citoyen. « Sachez que notre seul souci est le bien-être de la population », affirment-ils. « Faites-nous confiance, se nourrir est affaire de spécialistes et d'experts, la complexité du sujet empêche *a priori* toute discussion publique ». « Tais-toi et mange », ainsi que le rappelait récemment, de manière volontairement provocante, le titre d'un ouvrage sur l'alimentation[1], est le credo stratégique des industriels. En 1990, les consommateurs sont mieux informés, notamment sur la qualité des produits et services. Les associations soutiennent le développement d'une information de qualité en s'impliquant dans la certification

1. Guy Paillotin et Dominique Rousset, 1999. Tais-toi et mange ! L'agriculteur, le scientifique et le consommateur, 182 pages, Éditions Bayard, Paris.

des produits et services. Au tournant du IIIe millénaire, en dépit de l'amélioration de la qualité des produits, la sécurité alimentaire suscite toujours de fortes interrogations : le poulet à la dioxine, les organismes génétiquement modifiés ou la vache folle sont autant de questions qui suscitent des débats publics.

En 2000, les Français sont devenus plus sensibles au contenu technique de leurs aliments, ils ne sont plus des ignorants en matière de nutrition et de sécurité sanitaire. Les associations de consommateurs et les mouvements prônant le droit des citoyens à choisir leur nourriture font progressivement évoluer le rapport de force entre les industriels et les citoyens. La majorité des consommateurs ne fait pas confiance à l'industrie, même si plus des deux tiers d'entre eux reconnaissent que les conditions de fabrication des aliments et les contrôles sanitaires se sont améliorés au cours des dix dernières années. Ils sont 60 % à estimer que les risques pour la santé, liés à la consommation de produits alimentaires, se sont accrus, les femmes et les personnes âgées étant les plus inquiètes[1]. Les associations – auxquelles ils accordent une très grande confiance, bien davantage qu'aux médias, aux pouvoirs publics, aux scientifiques et aux industriels – jouent un rôle important dans l'évolution des pratiques en matière d'alimentation. Bien organisées et bien informées, elles font pression sur les gouvernements et sur les professionnels au travers de leurs multiples interventions (publications, colloques, manifestations, lobbying parlementaire).

Fondé en Italie en 1986, le mouvement Slow Food est en 2015 une puissante organisation internationale qui est parvenue, dans le cadre de sa lutte contre « les effets dégradants de la culture du fast-food qui standardise les goûts », à sauvegarder et à promouvoir une conscience publique des traditions culinaires. Il comptait 80 000 militants dans 50 pays en 2005, il en compte vingt fois plus, dix ans plus tard. Sous son impulsion, les éleveurs font la promotion des races de pays, les agriculteurs récoltent des tomates qui ont du goût, les artisans fabriquent des produits « comme autrefois », l'art de bien manger est enseigné dans les collèges, des écoles du goût et de cuisine – soutenues financièrement par les collectivités locales – couvrent le territoire français, les recettes régionales et locales ont

1. Enquête réalisée à la demande de l'Association nationale des industries alimentaires (Ania) entre le 11 et le 21 avril 2000. À cette date, les quatre risques perçus comme les plus importants sont la maladie de la vache folle, les OGM, la pollution de l'eau par les nitrates et les *Listeria*.

reconquis un espace déserté par les jeunes générations. Surfant sur cet engouement, les médias s'emparent du thème – comme ils le faisaient en 2000 pour les aliments-santé – et vantent quotidiennement les bienfaits et les plaisirs de l'alimentation de grand-maman. Émissions spécialisées et pages publicitaires fleurissent sur toutes les chaînes. Les blogs où chacun décrit ses expériences culinaires et ses dernières trouvailles envahissent Internet. Les jeunes sociologues s'interrogent pour tenter d'expliquer le succès, il y a une trentaine d'années, des fast-foods et concluent à la nécessité de contre-pouvoirs pour s'opposer à la mainmise sur nos consciences par les multinationales.

En 2018, les citoyens-consommateurs sont placés au centre du processus d'innovation. Ils s'intéressent de plus en plus à ce qu'ils mangent, expriment de nouvelles exigences sur le contenu de leurs assiettes et exercent un droit de regard sur toute la filière alimentaire. Les agriculteurs et les industriels ont été obligés de se plier à leur demande, de plus en plus pressante, pour une alimentation saine, naturelle et festive. Les laboratoires des entreprises où sont conçus les nouveaux produits ont repensé leurs stratégies et trouvé des réponses alternatives aux solutions de facilité qui consistaient, pour eux, jusqu'à ces dernières années, à faire appel à une gamme toujours élargie d'ingrédients chimiques pour donner du goût, des arômes et de la texture aux aliments sortant des chaînes de fabrication. Certes, les produits industriels existent toujours, mais leur composition a très sensiblement évolué.

En 2030, les peuples (et en France les régions) ont retrouvé les traditions alimentaires qui fondent leur culture et leur comportement. Se nourrir est redevenu un plaisir de la vie. Les additifs alimentaires ont disparu ainsi que les fast-foods. Les vignerons ont fini par convaincre les pouvoirs publics que le vin était meilleur pour la santé que les jus de fruits trop sucrés : « à table, plutôt un verre de vin qu'une bouteille de coca-cola » est le nouveau slogan derrière lequel se range la très grande majorité des Français. Ceux-ci modifient sensiblement la composition de leur repas tout en dépensant moins pour se nourrir.

Les Français en veulent pour leur argent

Au début des années 2000, les Français ont conscience du fait que se nourrir leur revient de plus en plus cher. S'ils considèrent dans leur grande majorité, près des deux tiers, qu'ils mangent mieux que quelques années auparavant, les trois quarts estiment que la

situation s'est dégradée concernant les prix[1]. Mais ils n'en ont pas la preuve, les responsables politiques et les industriels s'employant à leur prouver le contraire à l'aide de chiffres ne présentant que partiellement la réalité.

Et pourtant, les chiffres parlent pour eux. Pour leurs achats de nourriture et de boissons, entre 1960 et 2004, ils ont dépensé en moyenne 2,25 % de plus chaque année en francs constants, donc en tenant compte de l'inflation. Durant cette période, passant de 44 à 117 milliards d'euros, les sommes qu'ils ont consacrées à leur alimentation (produits alimentaires, boissons, cafés et restaurants, cantine) ont été multipliées par 2,6. Corrigées de l'accroissement de la population – 45 millions en 1960 et 60 millions en 2003 –, elles ont doublé par tête d'habitant.

Ceux qui ont voulu leur faire croire qu'ils dépensaient moins leur ont expliqué qu'ils consacraient presque 28 % de leurs dépenses à leur alimentation en 1960 (premier poste de dépenses devant le logement) et seulement 15,5 % en 2004. Près de moitié moins ! Mais au cours des mêmes quarante-cinq années, la totalité de leurs dépenses est passée de 258 milliards à 1107 milliards d'euros – 4,3 fois plus –, soit une augmentation moyenne de 3,4 % chaque année. En fait, c'est le poids relatif des dépenses consacrées à l'alimentation qui a baissé. Et s'il est vrai que les dépenses alimentaires ont augmenté moins vite que la plupart des autres dépenses, comme celles de la santé (multipliées par douze pendant la même période), des communications, du logement, des transports, des loisirs et de la culture, la quantité d'euros que les consommateurs doivent sortir de leur porte-monnaie pour nourrir leur famille a par contre régulièrement augmenté (tableau 7). Leurs dépenses sont encore plus élevées en tenant compte des frais annexes (réfrigérateur, congélateur, four, énergie de cuisson). De fait, en 2006, l'alimentation est le domaine dans lequel les Français font le plus attention aux prix et le troisième, après les loisirs et les sorties culturelles, où ils cherchent à diminuer leurs dépenses !

Pour leur part, les ménages défavorisés sont les plus sensibles à l'augmentation des prix des produits alimentaires. Ils y consacrent une part plus importante de leur budget, près du quart des dépenses par ceux qui vivent en-dessous du seuil de pauvreté. Dans ces conditions, le prix des aliments est l'un des principaux paramètres qui dictent leurs choix alimentaires et il leur est difficile de suivre les recommandations des nutritionnistes.

1. Source : Sondage de la Sofres réalisé en 2006 pour l'Association nationale des industries alimentaires.

Tableau 7 – Quarante-cinq ans de consommation des ménages (en euros constants 2000)

Secteur de dépense	Part de la consommation des ménages en % de leur consommation totale					
	1960	**1970**	**1980**	**1990**	**2000**	**2004**
Santé	4,2	5,8	7,9	10,3	11,4	12,1
Logement	18,7	22,5	23,8	23,4	23,9	24,0
Transport	9,8	12,0	12,8	13,2	12,1	11,5
Alimentation et boissons	27,7	22,6	19,0	17,5	16,5	15,5
dont produits alimentaires et boissons non alcoolisées	17,1	14,8	12,6	12,0	11,2	10,6
boissons alcoolisées	2,9	2,2	1,8	1,4	1,3	1,2
cafés et restaurants	7,7	5,6	4,6	4,1	4,0	3,7
Type de dépense	**Dépenses des ménages (en milliards d'euros)**					
	1960	**1970**	**1980**	**1990**	**2000**	**2004**
Dépenses effectives des ménages	258	442	664	853	1 010	1 107
Dépenses des ménages pour se nourrir (alimentation et boissons)	44	65	84	102	113	117

Source : statistiques de la section « Consommation des ménages » de l'Insee. Tableau réalisé avec l'aide de Georges Consalès, chef de cette section.

L'examen des comptes de la Nation, que l'Insee publie tous les ans, éclaire ces chiffres. En 2003, tous produits alimentaires confondus, la part des prix agricoles dans le prix des aliments vendus dans les grandes surfaces est de 20 % seulement. Les 80 % restants se répartissent entre les industries alimentaires (22 %), les distributeurs (22 %), les activités tertiaires de transport et de publicité (13 %), les industries non alimentaires tels les fabricants d'emballages (9 %) et l'État (14 %) sous forme d'impôts et de taxes. Ainsi, ce n'est plus de la nourriture que les consommateurs achètent, ce sont des services et des impôts. Et c'est bien ce qu'illustrent les petits problèmes d'arithmétique qui suivent.

À la ferme, un litre de lait est vendu par un éleveur environ 20 centimes. Dans un supermarché, un litre de lait semi-écrémé longue conservation se vend 60 centimes. Par combien est multiplié

le prix du litre de lait entre la ferme et la grande surface ? La réponse est facile : par trois. Autre problème, plus compliqué celui-là. Sachant qu'un quintal de blé est vendu 10 euros par un agriculteur, qu'un meunier fabrique 65 kilos de farine avec 100 kilos de blé, qu'il faut 165 grammes de farine pour faire une baguette et que cette dernière est vendue 70 centimes par votre boulanger, quelle est la part du prix du blé dans le prix de la baguette ? Le résultat est environ 3,5 %, soit 2,5 centimes. Troisième et dernier problème : un kilo de carotte est acheté 35 centimes à un maraîcher, un petit pot de carotte pour bébé de 150 grammes est vendu 62 centimes, question : quel est le coût du service rendu aux mamans en leur vendant des purées de carotte ? Réponse : 12 fois le prix des carottes. On pourrait continuer cet exercice avec une pâtisserie, un plat cuisiné surgelé, un dessert lacté et une salade de quatrième gamme. Le degré d'élaboration des aliments et les coûts logistiques expliquent donc, en grande partie, l'accroissement des dépenses dédiées à l'alimentation. Les agriculteurs n'en bénéficient pas.

Des changements dans les habitudes alimentaires contribuent également à l'accroissement des dépenses. Les Français consacraient près du quart de leur budget alimentation à l'achat de produits bon marché (pain, pâte, pomme de terre, légumes secs) en 1960. Ils n'y consacrent plus que 10 % en 2000 ! Inversement, ils dépensent davantage pour acheter des aliments pour enfants, des produits laitiers transformés, des volailles, des boissons non alcoolisées, des céréales pour petit déjeuner, des produits biscuitiers et pâtissiers. La part des boissons industrielles s'accroît. Les consommateurs privilégient l'aspect pratique des aliments et sont friands de produits préparés. Ils achètent plus de pommes de terre sous forme de chips, de frites surgelées, de purée instantanée ou de gratins ! On observe le développement des produits prêts à consommer : pizzas, crèmes glacées, desserts lactés ou chocolatés, produits surgelés (légumes prêts à l'emploi, produits à base de pomme de terre, plats cuisinés traditionnels et exotiques, poissons, crustacés, viandes, pizzas, quiches, desserts, herbes aromatiques…). Dans les grandes surfaces, on assiste à l'explosion des rayons « traiteur ». Le poisson, produit alimentaire facile à cuisiner dès lors qu'il est vendu préparé, est mis en avant pour satisfaire la demande. L'offre se diversifie pour répondre à des besoins spécifiques. Dans le rayon des « produits frais », on trouve des produits qui s'adressent aux sportifs, des substituts de repas, des produits-santé, des produits ciblés pour les enfants. Les consommateurs sont prêts à dépenser davantage pour se procurer des aliments-santé et ne rechignent pas à acheter des produits exotiques venus du bout du monde. Vu leurs origines, les nutriments et les calories sont plus coûteux qu'autrefois (tableau 8).

Tableau 8 – Évolution des dépenses consacrées à l'achat d'aliments entre 1960 et 2001 (pourcentage du total des achats)

Catégorie d'aliment	Dépense par catégorie d'aliment acheté (% du total d'achats)	
	1960	2001
Pomme de terre, légumes secs, farine, riz, pain, pâtes	23,1	9,5
Sucre, miel, édulcorant	2,0	0,6
Beurre, huile, margarine	4,3	2,5
Viande rouge	11,2	6,6
Porc, triperie et graisse animale	2,8	2,5
Veau et poisson frais	8,5	4,5
Volaille	3,8	5,7
Poisson et produits de la mer préparés	1,7	4,2
Lait, crème de lait, yaourt frais ou préparés	7,4	13,0
Aliments pour enfants, aliments diététiques, soupes et potages, céréales pour petit déjeuner, eau, jus de fruits ou de légumes	2,0	5,5
Fruits et légumes frais	14,8	11,2
Fruits et légumes préparés	2,0	4,4
Charcuterie, plats préparés et conserves à base de viande	5,9	11,7
Biscuits, biscottes, chocolat et confiserie, pâtisserie, glaces et sorbets, boissons non alcoolisées hors jus de fruits	8,8	14,1

Source : Insee.

À partir de 2015, pour lutter contre la vie chère, les Français ont donc décidé de modifier progressivement, mais assez profondément, leurs pratiques alimentaires. En 2030, ils achètent et mangent différemment. En écho à l'altermondialisation, ils sont devenus des « alterconsommateurs ». Ils ne veulent plus subir la dictature des industriels et de la grande distribution. Ce qu'ils demandent, c'est d'avoir accès à des produits agricoles, à des prix raisonnables, de qualité et bien conservés, moins chers que les produit industriels, sans avoir à payer les services associés à leur nourriture qu'ils jugent inutilement coûteux. Ils en veulent pour leur argent. Le marché des eaux minérales, deux à trois cents fois plus chères que l'eau du robinet,

s'est effondré. Des réseaux de vente « de la ferme au consommateur » – et non seulement sur les routes de vacances – s'installent partout en France, d'autant plus aisément que les néoruraux constituent une part croissante des familles françaises. Le règne du bien-manger s'impose avec le retour des cuisiniers et de la bonne cuisine. Avec la réduction du temps de travail et le ras-le-bol de la télévision, les Français prennent le temps de préparer de bons repas et de se retrouver en famille ou entre amis. Afin de diminuer leurs dépenses, nombreux sont ceux qui cultivent leur jardin potager. Une tradition culinaire retrouvée donne aux Français le plaisir de manger. Ils se nourrissent mieux et à moindre coût. En même temps, ils ont le sentiment de protéger l'environnement et leur santé.

Dans les grandes villes, les surfaces de vente consacrées aux produits végétaux et animaux non transformés se sont considérablement agrandies. Les consommateurs achètent ces produits, principalement sur les marchés et dans les magasins de proximité, débarrassés d'emballages coûteux et superflus[1], à un prix bien inférieur à celui des produits industriels sophistiqués qui leur étaient proposés au début du siècle. Ils fabriquent leur yaourt et préparent leur mousse au chocolat. Les plats cuisinés, ce sont eux qui les font !

Le grand bouleversement, c'est la redistribution des valeurs ajoutées au sein de la chaîne alimentaire, au profit de ses deux extrêmes, les agriculteurs et les consommateurs.

Les Français redécouvrent la cuisine traditionnelle

Ayant décidé de moins dépenser pour se nourrir, les Français doivent modifier leurs habitudes alimentaires.

En 1959, 25 % des ménages du Nord de la France expriment déjà de sérieuses préoccupations diététiques vis-à-vis de leur alimentation. Ils s'inquiètent de leur cholestérol et de leur adiposité. Encore provinciale et agricole, la population française est conditionnée dans ses comportements alimentaires par des traditions dont les trois origines principales sont le milieu social, l'habitat rural et les ressources régionales. Dans trois quarts des cas, le menu type se compose d'une entrée, d'un plat de résistance accompagné de légumes, d'un fruit ou d'un fromage suivant la saison. En 1975, le petit déjeuner s'est standardisé : café au lait avec du pain et du beurre pour 66 % des

1. En 2006, 73 milliards d'unités d'aliments sous emballage ont été vendus.

Français. Les desserts individuels sont apparus : fromages blancs, yaourts et desserts frais fabriqués par les industriels. Le comportement alimentaire se socialise. Régulièrement nourris avec des menus mieux équilibrés mais peu variés, les enfants perdent le goût pour les plats régionaux tels que potée, choucroute, poule au pot, bœuf gros sel, ragoût, daube et sauces épaisses. Près de la moitié des familles sert du potage le soir, dans la moitié des cas des soupes ou bouillons en sachet, en cube ou en boîte, auxquels ne s'oppose plus le rejet culturel lié à leur origine industrielle.

Du 19 au 21 mai 1976, tout ce que compte la France de spécialistes de l'alimentation se penche sur le comportement alimentaire des Français. Ils notent déjà qu'une consommation calorique excessive et une sédentarité croissante font le lit de l'obésité. Pour ces experts, la ration des Français contient trop de protéines et de lipides animaux en raison du déclin, au cours des dix années précédentes, de la consommation de protéines végétales au profit de la viande et du fromage. Elle est également trop riche en matières grasses car les Français cherchent à compenser la baisse de leur consommation en glucides sur lesquels l'opprobre a été lancé. C'est l'époque où chacun est convaincu que le pain et les pâtes font grossir. En conclusion de leurs travaux, ils livrent leur règle d'or : chacun doit veiller à avoir « un régime alimentaire équilibré ».

À partir des années 2000, selon différentes enquêtes et institutions, les consommateurs français sont catalogués en différentes familles de mangeurs.

Ainsi, L'Inpes[1] distingue les « appliqués » (18 %) qui sont influencés par les habitudes du foyer, le temps de préparation des repas, leur budget et leur santé, les « avertis » (17 %) qui respectent le mieux les consignes du Programme national nutrition santé, les « petits consommateurs » (15 %) qui déclarent une faible consommation de tous les aliments, les « hédonistes » (14 %) pour qui, manger est avant tout un plaisir gustatif, les « utilitaires » (14 %) qui considèrent le fait de manger comme un acte indispensable pour vivre, les « traditionnels » (12 %) qui se nourrissent plus fréquemment que les autres de pomme de terre, de vin, de pain, de charcuterie et de viande et enfin, les « pratiques » (10 %) qui déclarent manger plus souvent que les autres des pâtes et des céréales prêtes à consommer.

L'Afssa[2] préfère parler de « petits mangeurs diversifiés » pour les grands consommateurs de fruits et légumes qui se satisfont d'un

1. Institut national de prévention et d'éducation pour la santé.
2. Agence française de sécurité sanitaire des aliments.

faible apport énergétique, de « gros mangeurs diversifiés » pour qui l'alimentation est variée et très énergétique en raison d'une surconsommation de pain, viande, beurre et sucreries, de « mangeurs standards » caractérisés par des niveaux moyens de consommation de toutes les catégories d'aliments, de « jeunes mangeurs » qui se nourrissent de grandes quantités de biscuits sucrés, de riz, de pâtes, de sodas et de chocolat, de « petits mangeurs pressés » dont les apports énergétiques sont faibles, bien qu'étant de forts consommateurs de viennoiseries, pizzas et quiches et de « gros mangeurs monotones », surconsommateurs de boissons alcoolisées et gros consommateurs de fromage, charcuterie et pomme de terre.

Pour la Sofres (2006), les Français se répartissent en 4 catégories : les « vulnérables » (24 %) qui souhaitent manger sain et équilibré et bénéficier d'un suivi médical, les « hygiénistes » (32 %) pour qui se nourrir est un plaisir mais aussi une hygiène de vie au quotidien, les « minimalistes » (16 %) qui considèrent qu'un repas, une simple nécessité, doit être rapidement pris et les « voluptueux » (28 %) qui estiment que manger, c'est se faire plaisir dans la convivialité.

Quoi qu'il en soit, les pratiques alimentaires évoluent et ne sont pas uniformes. Avec l'urbanisation et les modifications des conditions de travail, le rythme et la composition des repas se modifient. Celui de midi tend à perdre de son importance au profit de celui du soir. En 2000, le petit déjeuner est léger, le repas de midi – de structure assez fixe – est pris en entreprise avec ses collègues de travail, le repas du soir est le plus abondant. On observe également un « effet génération ». Le grignotage concerne plutôt les jeunes qui sont également grands consommateurs de produits les aidant à garder la forme (jus de fruits et produits diététiques). On note aussi des différences entre les catégories sociales. Les agriculteurs préfèrent les produits traditionnels à forte valeur nutritive (huiles et sucres) aux fruits et légumes. À l'inverse, les cadres privilégient les produits-santé, les produits laitiers et la pâtisserie.

En 2002, les Français mangent en moyenne 2,4 fruits ou légumes dans la journée, les femmes plus que les hommes, et moins pendant le week-end durant lequel les desserts sont plus festifs (pâtisseries et glaces y sont à l'honneur). Le fromage est le produit laitier le plus consommé – ce sont les hommes qui en mangent le plus – devant les yaourts, préférés des femmes, et les boissons lactées. Au total, ce sont 2,3 produits laitiers qui sont consommés tous les jours. Huit personnes sur dix mangent une à deux fois par jour de la viande, des produits de la pêche ou des œufs. Les trois quarts des Français mangent des céréales et des féculents (pain, pâtes, riz, semoule et pomme

de terre) au moins trois fois par jour, les hommes plus que les femmes, et les jeunes – friands des céréales prêtes à l'emploi – plus que les seniors. En six ans, depuis 1996, les principaux changements ont touché les matières grasses et les boissons. La consommation d'huile d'olive s'est accrue de 86 % au détriment de l'huile de tournesol, celle de beurre et de margarine a baissé, celle de produits allégés et d'huiles en mélange s'est accrue. Un tiers des Français buvait de l'eau minérale en 1996, ils sont la moitié en 2002. La consommation de jus de fruits, particulièrement appréciés par les jeunes au petit déjeuner, s'est également accrue, contrairement à celle de boissons alcoolisées qui a baissé (le pourcentage des Français de 18 à 75 ans ayant pris une boisson alcoolisée au moins une fois dans la journée est passé de 45 % à 39 %). Le vin rouge reste la boisson alcoolisée la plus consommée, mais avec une tendance à la baisse.

Ces évolutions sont lentes, très progressives, de l'ordre de plus ou moins 1 % par an pour la majorité des produits, mais néanmoins marquées le temps d'une génération. Si l'on en croit les travaux de l'Insee, en trente ans, (entre 1970 et 2002), les quantités de produits alimentaires de base consommées par les Français ont fortement évolué. Baisse importante du sucre, des vins courants et, à un moindre degré, du pain, des pommes de terre, du bœuf, du lait et de la bière. Forte augmentation des volailles, des yaourts, des eaux en bouteilles et des vins AOC. La consommation d'autres produits (huile, œufs, légumes frais, fromages et produits aquatiques) augmente aussi mais plus lentement. Sur cinquante ans, les Français ont divisé par deux leur consommation de pain (60 kilos au lieu de 122), de pomme de terre (65 kilos au lieu de 153) et de vin (68 litres au lieu de 124), celle des légumes est passée de 60 à 116 kilos, celle de la viande de 44 à 85 kilos et celle des fruits de 38 à 65 kilos (tableau 9).

En 2006, le rapport que les Français établissent avec leur alimentation est pour le moins paradoxal. Ils y consacrent une part de plus en plus faible de leurs ressources financières, tout en se plaignant de ce que les poulets et les tomates ne sont décidément plus ce qu'ils étaient. Ils recherchent un nombre croissant de services tels que la facilité d'achat des produits dans les grandes surfaces, la facilité de conservation des denrées à la maison et la facilité de préparation des repas et ils veulent dépenser moins pour se nourrir ! L'intrusion de la science et de la technique dans leurs assiettes les inquiètent et, en même temps, ils s'étonnent de ce qu'à l'ère du portable, des ordinateurs et de la télévision numérique, des aliments puissent être encore contaminés par des micro-organismes pathogènes. Ils sont préoccupés. Oubliant que c'est grâce aux efforts, à la mobilisation

et à la créativité de tous les acteurs de la chaîne alimentaire qu'ils ne souffrent plus de malnutrition, ils s'inquiètent de l'industrialisation de l'alimentation. Ils lui reprochent d'altérer les goûts et les saveurs qu'ils aiment et de ne pas garantir à 100 % la sécurité sanitaire des aliments. Devenus plus exigeants, ils attendent de leur alimentation qu'elle leur permette de vivre plus longtemps et en bonne santé. Lors de l'achat d'un produit alimentaire, ils sont 72 % à porter leur attention sur la date de péremption et 57 % sur le prix.

Contrairement aux idées reçues, 90 % des Français affirment qu'ils sont attachés à leurs trois repas quotidiens. Les deux principaux sont constitués de plusieurs plats, trois le plus souvent, mais la tendance est à la simplification. Ils sont pris majoritairement à la maison, même le déjeuner, rarement seul, souvent en regardant la télévision (une fois sur deux lors du dîner). En moyenne, déjeuner et dîner durent une quarantaine de minutes. Les repas restent donc encore un temps de plaisir partiellement partagé.

Tableau 9 – Évolution de la consommation alimentaire des Français (consommations de 2002 en % des consommations de 1970)

Produit consommé	Quantité consommée par Français		
	1970	2002	%
Sucre (kg)	20	7	35
Pain (kg)	81	55	68
Pommes de terre (kg)	96	69	72
Bœuf (kg)	16	14	87
Huile (kg)	8	10	125
Œufs (kg)	11	14	127
Légumes frais (kg)	70	91	130
Fromages (kg)	14	19	136
Produits aquatiques (kg)	10	14	140
Volailles (kg)	14	24	171
Yaourts (kg)	9	21	244
Lait (l)	95	64	67
Vins courants (l)	96	35	36
Vins AOC (l)	8	27	337
Bière (l)	41	32	78
Eau en bouteille (l)	40	162	405

Source : Insee.

En 2020, la tendance des années 2000 qui voulait que l'on consacre plus de temps aux loisirs et moins à la cuisine s'est retournée. Le comportement alimentaire des Français a progressivement changé sous l'effet de l'évolution des modes de vie, du souhait d'un retour vers des produits plus naturels et vers un respect des traditions, de la demande d'un environnement mieux protégé et du désir de moins dépenser pour se nourrir.

Les consommateurs se rebellent contre la tyrannie des grands groupes alimentaires et des grandes surfaces qui leur imposent des pratiques alimentaires ne satisfaisant plus leurs aspirations. Ils se rappellent qu'en 2004, pour 95 % des Français, bien manger faisait partie des plaisirs de la vie. Ils cherchent à retrouver les plaisirs de la table et de la cuisine. Les repas rythment la journée et redeviennent l'un des supports essentiels du fonctionnement de la cellule familiale. Malgré les services rendus, les consommateurs se méfient des produits industriels. Ceux-ci manquent de personnalité et brisent les valeurs traditionnelles autour desquelles se retrouvent les habitants d'une même région, voire d'un même pays. En position défensive, ils accusent de tous les maux ces aliments « artificiels » qui ont perdu leur âme et leur identité. Que le moindre incident survienne, l'anxiété succède à l'inquiétude. La psychose balaie sans pitié tout argumentaire qui, reposant sur la seule froideur des analyses des scientifiques, ne prend pas suffisamment en compte les composantes culturelles et émotionnelles de notre alimentation. Ce qui est inconnu, chimique et artificiel, est suspect. Le retour aux traditions et une certaine nostalgie du passé pour les plats mijotés et le pain d'autrefois font le reste.

En 2000, pour de nombreux observateurs, l'art culinaire était entré dans un déclin irrémédiable. On assistait, prédisaient-ils à un assèchement de la sensibilité gourmande dans un univers alimentaire, inodore, incolore et sans saveur, dominé par des ersatz et des substituts. En 2030, une cuisine de loisir et de divertissement est au cœur de la vie sociale. La gastronomie familiale et entre amis est devenue le hobby préféré des Français. Les mets connotés rustiques et naturels, tels que pain noir, au levain et au feu de bois, produits de ferme, buffets campagnards, jouissent d'une faveur nouvelle.

Conclusion

Dans un mouvement irréversible de mondialisation des échanges, il y aurait une certaine myopie à imaginer notre avenir sans intégrer la question de la sécurité alimentaire des citoyens du monde, c'est-à-dire, selon la définition de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), « la capacité des hommes à assurer, de manière permanente et à toute personne, un accès physique et économique à une nourriture saine, nutritive et suffisante, leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires, pour mener une vie saine et active ».

Les pays les plus riches ne doivent pas oublier que le monde sera bientôt peuplé de 8 à 9 milliards d'individus de plus en plus âgés et dont 60 % vivront dans de grandes métropoles[1]. Il faudra nourrir 5 milliards de citadins et donc assurer le conditionnement, la conservation, le transport et la commercialisation d'aliments souvent périssables dans des conglomérats urbains dont les plus grands abriteront entre 15 et 30 millions d'habitants. En 2030, il est probable que la totalité des terres cultivables ne soit toujours pas exploitée et que les gouvernements, à moins que ce ne soit de très puissantes multinationales, aient profondément réorganisé le partage des tâches entre les grandes régions du monde amenées à se spécialiser.

Le système alimentaire de nombreux pays évoluera donc sous la pression de facteurs qui les dépassent singulièrement, tels que l'accroissement de la population mondiale, l'entassement de populations rurales de plus en plus pauvres dans les périphéries des villes des pays toujours en développement, la nécessité de protéger notre environnement et l'intensification des échanges internationaux. Dans ce contexte, comment pourrions-nous faire abstraction du fait que les Européens importent 50 % des produits agricoles et industriels qui leur sont nécessaires pour manger à leur faim, qu'ils font souvent « leur marché » sans tenir compte des besoins alimentaires des pays en développement, et que des hommes en grand nombre souffrent de malnutrition ?

1. Source : Programme des Nations unies pour l'habitat (PNUH).

Comment mangerons-nous dans une trentaine d'années ?

Cela dépendra de la manière dont chaque citoyen saura peser sur les politiques que mèneront les gouvernements afin de répondre aux défis auxquels fait face l'humanité : la maîtrise des changements climatiques et de ses conséquences sur la disponibilité des terres arables et des productions agricoles, la gestion des ressources en eau, la capacité des États à satisfaire les besoins quotidiens des hommes et ceux, plus périodiques, des agriculteurs, une meilleure efficacité dans l'usage des ressources énergétiques, l'évolution de la démographie caractérisée par un allongement de l'espérance de vie dont on ne peut, *a priori,* que se réjouir.

Cela dépendra aussi de l'équilibre qui sera trouvé entre l'aspiration des Français à une alimentation saine, sûre et conviviale, la réduction, ou au minimum, la stabilisation des dépenses de santé, la protection du milieu rural, le poids des investisseurs à exiger le maximum de profit de la part des grands groupes auxquels ils apportent leurs capitaux, la capacité des scientifiques et des ingénieurs à développer des technologies à des fins de « progrès raisonné, choisi et partagé », pour reprendre la devise de l'Académie des technologies.

Si nous en croyons l'Insee, la France pourrait abriter 66 millions d'habitants en 2030, soit un gain de cinq millions d'individus par rapport aux 61 millions que nous sommes aujourd'hui. Cette évolution ne sera pas uniquement quantitative. Les personnes de plus de soixante ans, qui constituaient le cinquième de la population au tournant du III^e^ millénaire, devraient compter pour plus du quart. L'accroissement du nombre de personnes âgées dont l'alimentation doit s'adapter aux besoins biologiques particuliers de leur âge pèsera lourd sur les habitudes alimentaires moyennes des Français.

Pour imaginer ce que nous mangerons dans trente ans, il faut prendre en compte la composante biologique de chacun d'entre nous. Nous ne saurions nous abstenir de manger « à notre faim », c'est-à-dire de manière à satisfaire les besoins quantitatifs et qualitatifs de notre corps. De ce point de vue, notre ration alimentaire devra fournir calories et nutriments dans les proportions requises par notre état physiologique et notre activité, comme cela a toujours été et le restera dans l'avenir. Il y a là une constante que notre système alimentaire ne peut que prendre en compte.

N'oublions pas non plus, ainsi que nous l'apprennent les sociologues[1], que l'homme se nourrit non seulement de nutriments mais

1. Jean Pierre Poulain et Claude Fischler par exemple.

aussi de symboles, de souvenirs et de rêves. L'acte alimentaire mobilise de nombreuses facettes, biologiques, sociologiques et psychologiques. Le mangeur s'identifie à ce qu'il mange et fait siennes les propriétés des denrées alimentaires ingérées. Acte éminemment social, le repas s'inscrit dans une culture collective qu'il conforte. Moment privilégié de la journée, il contribue à la connaissance des autres en facilitant rencontres et échanges. Prélude au repas, la préparation des mets est un acte dont la noblesse résiderait dans la convivialité qui lui succède. Notre alimentation, demain, dépendra de la relation très particulière que l'homme établit avec sa nourriture et qui ne se retrouve pas avec les autres biens de consommation.

Que mangerons-nous dans une trentaine d'années ?

Pour le savoir, laissons courir à nouveau notre imagination en reprenant les conclusions d'une « Étude comparée des comportements alimentaires des Français en 2005 et 2035 » publiée par un historien de l'alimentation en 2040. La principale leçon à tirer de cette étude est que rien, ou presque rien, n'a changé dans nos assiettes, mais que les méthodes de production agricole, de fabrication des aliments, de distribution et de préparation des repas ont profondément évolué. Les changements techniques et sociologiques se sont arrêtés à la cuisine sans franchir le seuil de la salle à manger.

La première observation est que l'ordonnancement des repas et les contenus des assiettes sont en 2035 à peu près identiques à ce qu'ils étaient dans les années 2000, eux-mêmes sensiblement les mêmes qu'en 1970. La majorité des repas est toujours prise en famille et la mode du grignotage, contraire aux bonnes pratiques nutritionnelles, n'a pas pris l'importance redoutée par les médecins et espérée par certains industriels. Entrée ou potage, plat garni, fromage ou dessert constituent la trilogie immuable des repas de midi et du soir. Dans les restaurants des entreprises et des écoles, les plats sont des plus classiques avec les éternelles salades mixtes, le demi-pamplemousse, les grillades-frites ou haricots verts, le poulet rôti, les filets de poisson, les parts de camembert, les yaourts aux fruits, la tarte aux pommes et les fruits de saison. Comme boisson, seulement de l'eau ou du vin car les boissons sucrées ont été interdites dans la restauration collective. Autre modification notable, la consommation de produits carnés, notamment de viande de bœuf, a très sensiblement chuté, ce qui ne fait que confirmer la tendance notée dès la fin des années quatre-vingt-dix.

La deuxième observation est que les OGM ont conquis le paysage agricole français, du moins les surfaces consacrées aux céréales (blé, maïs, orge), à la betterave (dont une partie très significative est

transformée en biocarburant) et, en moindre proportion, au tournesol et au colza. On commence à voir dans les campagnes des machines agricoles qui assurent les travaux des champs sous la surveillance des agriculteurs restés à la ferme, devant leur ordinateur. Toutes les opérations se réalisent automatiquement, grâce à des capteurs détectant la position des machines sur les parcelles et l'état des sols et des cultures, tous reliés à un réseau de satellites européens. Cette agriculture de précision a un effet positif sur l'environnement car elle consomme moins d'eau, moins d'engrais et moins de produits phytosanitaires.

La troisième observation est que la frontière entre les aliments et les médicaments a retrouvé la place qu'elle n'aurait jamais dû perdre. Les pouvoirs publics ont su convaincre les consommateurs qu'une alimentation variée et équilibrée et une activité sportive sont meilleures pour leur santé que quelques aliments miracles. Sous cette pression, l'industrie alimentaire, après avoir misé sur les alicaments au début du XXIe siècle, s'étant adaptée à l'évolution de la demande, est revenue à une conception plus classique et plus saine de l'alimentation en proposant des nourritures conservant à chacune des grandes classes d'aliments (céréales, produits laitiers, fruits et légumes) son identité nutritionnelle. Les céréales aux oméga-3, les yaourts aux phytostérols et les beurres sans cholestérol ont progressivement disparu. Délaissant les scoops « santé », les entreprises ont porté leurs efforts d'innovation sur la qualité sanitaire des aliments (toujours et encore), la durée de conservation des denrées (sans altérer leurs propriétés sensorielles), la facilité d'achat et de préparation, la diversité des saveurs et des textures.

La quatrième observation est que la haute technologie est reine dans les usines. L'automatisation des chaînes de fabrication, y compris l'asservissement des machines à la variabilité des propriétés des matières premières, s'est généralisée à toutes les transformations alimentaires. Certains secteurs de l'industrie alimentaire sont des industries d'assemblage dont le métier est de fractionner les produits agricoles en leurs principaux constituants, avant de réassembler ces derniers dans les proportions désirées pour obtenir les goûts, les textures et les arômes recherchés. Le tout « assaisonné » d'additifs et d'auxiliaires technologiques aussi nombreux que variés. D'autres secteurs ont joué la carte de la microbiologie en utilisant des micro-organismes génétiquement modifiés pour améliorer la qualité des aliments issus de fermentations (yaourts, bière et pain par exemple). Quant à la traçabilité, et grâce à la fiabilité et la miniaturisation des systèmes d'identification et de localisation par radiofréquence

(RFID), elle permet de suivre les aliments et leurs constituants depuis les champs et les usines d'ingrédients jusqu'aux réfrigérateurs des consommateurs.

La cinquième observation est que les ménages ont modifié leurs habitudes d'achat. Ils se rendent moins souvent dans les grandes surfaces dont le nombre et la taille tendent à diminuer et qui se sont partiellement transformées en des établissements d'où partent les camions qui livrent les commandes reçues par Internet. En effet, de plus en plus fréquemment, les consommateurs utilisent à la maison un « kit de gestion et de commande » qui assure le suivi, en temps réel, des denrées stockées dans les congélateurs, les réfrigérateurs et les étagères et permet de passer commande avec un téléphone portable. Les magasins de proximité ont retrouvé une deuxième vie et assurent la fourniture des denrées les plus périssables ayant de courtes durées de vie. Les économies d'énergie qui en résultent accélèrent cette tendance. Les plats cuisinés industriels se sont diversifiés et sont plus souvent utilisés que dans les années 2000. Ce qui n'est pas en contradiction avec le plaisir, retrouvé par nombre de familles, à passer un bon et long moment, de temps en temps, à mijoter de bons petits plats.

Et les Français, qu'en pensent-ils ? Ils ont récemment exprimé leur opinion, tout du moins à l'horizon des dix prochaines années[1]. Ils prévoient une « alimentation qui soigne davantage plutôt qu'un retour aux produits naturels ». Ils pensent que nous mangerons de façon équilibrée et que nous serons particulièrement attentifs à l'alimentation de nos enfants. Ils sont une forte majorité à considérer que nous achèterons davantage d'aliments bons pour la santé, de produits bio et d'OGM, que l'alimentation industrielle l'emportera sur les produits naturels et que nous utiliserons de plus en plus de produits prêts à l'emploi. Et pourtant, plus de la moitié croit que les produits du terroir et traditionnels seront davantage consommés.

Mais ce que les Français prévoient n'est pas obligatoirement ce qu'ils souhaitent. Et il est peu probable qu'ils se laissent imposer un mode d'alimentation qui ne leur conviendrait pas. C'est à eux de choisir comment ils mangeront dans trente ans, se rappelant Henri Bergson pour qui « l'avenir n'est pas ce qui arrivera, c'est ce que nous ferons ».

1. Sondage TNS Sofres des 11 et 12 janvier 2006.

Les biotechnologies, les nanotechnologies et les sciences de l'information vont-elles bouleverser les modes de production, de fabrication et de distribution des aliments ? Que se passerait-il si les pouvoirs publics imposaient un mode d'alimentation sauvegardant la santé pour réduire les dépenses de la Sécurité sociale? Ou si le complexe agro-industriel plaçait les consommateurs sous le contrôle de ses messages publicitaires et d'appâts moléculaires mélangés aux produits alimentaires ? À moins que la société ne choisisse un modèle de développement durable qui impose un système alimentaire assurant, avant tout, la sauvegarde de notre environnement et la limitation des dépenses énergétiques. Ou que les consommateurs, en révolte contre une alimentation industrialisée et physiologiquement utilitaire allant à l'encontre de leurs plus profondes inspirations, ne se tournent vers des produits festifs et conviviaux et ne retrouvent au quotidien les plaisirs de la cuisine et de la table.

Comment mangerons-nous dans trente ans ? Après un voyage à travers l'histoire, de la maîtrise du feu à l'invention des OGM, le lecteur est invité à parcourir différents scénarios, tous imaginaires et donc imaginables. À lui de faire sa propre synthèse, selon son intuition, et peut-être son désir, sans oublier que l'avenir est ce qu'il en fera.

Pierre Feillet, auteur de « Le bon vivant, une alimentation sans peur et sans reproche », est directeur de recherche émérite à l'Institut national de la recherche agronomique, membre de l'Académie des technologies et de l'Académie d'agriculture de France. Ses travaux portent sur le système « technologie, alimentation et société ».

En couverture : Jaune d'œuf. © MAITRE Christophe, Inra.

Prix TTC : 29 €

ISBN : 978-2-7592-0049-8

9 782759 200498

Réf. : 02043

éditions Quæ

Éditions Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra
www.quae.com