

GILLES-ÉRIC SÉRALINI

Tous cobayes !

OGM,
pesticides,
produits
chimiques

AVEC UN
DROIT DE
RÉPONSE
DE
L'AUTEUR



Champs **actuel**

Gilles-Éric SÉRALINI

TOUS COBAYES !

OGM, pesticides, produits chimiques

Flammarion

L'expérience scientifique relatée dans la deuxième partie de cet ouvrage a fait l'objet d'un article publié dans l'une des meilleures revues internationales de toxicologie alimentaire *Food and Chemical Toxicology* (Elsevier Ltd, États-Unis) en octobre 2012 : « Long Term Toxicity of a Roundup Herbicide and a Roundup Tolerant Genetically Modified Maize » de Gilles-Éric Séralini, Emilie Clair, Robin Mesnage, Steeve Gress, Nicolas Defarge, Manuela Malatesta, Didier Hennequin et Joël Spiroux de Les réponses à toutes les critiques ont été publiées dans la Vendômois. même revue en janvier 2013 : « Answers to critics : Why there is a long term toxicity due to Roundup-tolerant genetically modified maize and to a Roundup herbicide » par Gilles-Éric Séralini *et alii*.

Flammarion, 2013

Table

Avant-propos

Préambule

Introduction

I - 60 années d'intoxication physique et mentale !

1 Les bombes à retardement de l'agrobusiness

II - Une première scientifique mondiale

2 Des hommes de bonne volonté

3 Recherche désespérément graines ...

4 Des rats à trois millions d'euros

III - Comment la sous-évaluation sanitaire a été organisée

5 Intérêts privés ou intérêts publics ?

6 Des agences sanitaires au service des citoyens ?

7 Les accommodements de l'establishment

IV - Changeons de cap !

8 La nécessité d'un nouveau paradigme sanitaire

9 Œuvrer pour un environnement durable

Conclusion - Les OGM au miroir de Fukushima

Remerciements

Avant-propos

Hormis son avant-propos, cet ouvrage a été écrit avant la recherche qui en est le cœur. Je n'aurais jamais imaginé être si violemment et subjectivement mis en cause par les pro-OGM, ni soutenu et encouragé par le grand public. J'ai consacré cinq années de ma vie à ce travail, et il a été publié dans *Food and Chemical Toxicology*, la meilleure revue internationale de toxicologie alimentaire. Il a en outre été évalué par des chercheurs du monde entier.

En d'autres temps, j'aurais sans doute été brûlé vif ; je l'ai senti à la violence des réactions. En d'autres lieux, j'aurais fini incarcéré, comme ces manifestants contre les OGM en Chine. Sans l'aide juridique et le soutien indéfectible de mon association, le CRIIGEN, j'aurais tout simplement été mis au rancart, comme certains autres lanceurs d'alertes. J'aurais été déstabilisé sans l'imperturbable sérénité, au laboratoire, de mon équipe, certaine des résultats que nous avons patiemment remâchés et vérifiés au fur et à mesure qu'ils arrivaient, et ce durant plus d'une année, tout en soulevant systématiquement toutes les questions possibles, y compris sur notre protocole. Beaucoup plus, d'ailleurs, que ne l'ont fait nos détracteurs.

Nous avons découvert, prouvé et expliqué la toxicité d'un OGM et du pesticide le plus utilisé au monde, en menant l'expérience la plus longue et la plus détaillée jamais faite, nous le verrons, comme dans une douloureuse enquête d'espionnage. Évidemment, elle aurait pu être plus détaillée encore, et améliorée, avec plus d'animaux par exemple. Mais nous n'en avons plus les moyens. Elle demeure cependant la seule et la plus pointue, l'expérience la plus complète du genre. Personne n'avait auparavant analysé le sang d'autant d'animaux confrontés aussi longtemps à une ingestion d'infimes doses d'un pesticide tel qu'il est vendu dans le commerce (pas une seule molécule chimique, mais un mélange avec des détergents toxiques), et ceci en laboratoire, bien contrôlé. Nous verrons que, malgré sa toxicité, le Roundup est l'herbicide le plus utilisé, entre autres en épandage, pour la culture d'un maïs génétiquement modifié essentiellement pour le supporter, le tolérer, « vivre avec » – donc le contenir. C'est le même cas pour plus des trois quarts des OGM agricoles, et pour cette raison notamment, c'est très grave.

Cette histoire hors norme a révélé le pire : tout comme on soulève des nuages de poussière sur un chemin difficile, certaines pratiques ont été à l'occasion de notre recherche dévoilées – ces pratiques qui justement, jusqu'alors, empêchaient d'accéder à ce que nous avons découvert. Il s'agit des méthodes « mafieuses » entre certains politiques, certains « experts » scientifiques, et les industries qui les influencent. Ils enfantent ensemble ce laxisme, d'abord non apparent, des agences sanitaires. C'est ainsi que l'on parvient à mettre si rapidement sur le marché cent cinquante mille substances chimiques,

déversées dans l'environnement sans recyclage ! Puis, lorsqu'elles sont scientifiquement évaluées – pour un petit pourcentage d'entre elles seulement –, et toujours en secret, selon les mêmes critères que nous mettons en évidence dans cet ouvrage, elles provoquent des conséquences dramatiques et empoisonnent nos familles de manière chronique.

J'ai mis en lumière ces pratiques aussi pour avoir biberonné dans ce bain d'experts, hélas condescendants face aux plus grandes industries du vivant, et pour m'en être extrait à temps.

Nous avons donc observé que les analyses de sang et d'urine de nos rats traités (avec cet OGM dit NK603, et avec le Roundup, à des doses comparables à celles présentes dans l'eau du robinet – deux produits de la firme géante Monsanto) étaient anormales. Les marqueurs perturbés étaient rénaux, hépatiques ; il s'agissait aussi des hormones sexuelles, celles qui « amplifient » certains cancers comme celui du sein. Le personnel technique travaillait à l'aveugle, selon des normes internationales drastiques. Les pathologistes, n'ayant pas connaissance des résultats des biochimistes, ont reconnu, au vu des organes et de leurs échantillons, des maladies rénales, hépatiques, et ces fameuses tumeurs mammaires hormono-dépendantes des femelles, qui ont fait la une des journaux et le tour du monde.

Pour cela, nous avons reçu des insultes de personnes défendant la cause animale. Oui, mais c'est cette même nourriture à base d'OGM que l'on sert aux animaux de compagnie et de ferme, et dont s'alimentent sans doute

aussi les bêtes sauvages... Ne vaut-il pas mieux tester deux cents rats de laboratoire que de mettre en péril nos animaux sans même le savoir ? Et nos enfants ?... Cette attaque est pourtant la moindre que nous ayons subie.

Plus grave : on nous a opposé que l'espèce de rats que nous avions testée développait spontanément des tumeurs, et n'était donc pas la souche convenable à utiliser. Or, voilà qu'ils étaient recommandés par les instances internationales, et que la vaste majorité des recherches portent sur eux, y compris dans les laboratoires des industriels. Ils « ressemblent » à la population humaine, et constituent donc un bon « modèle biologique ».

Mais ce n'est pas tout. Nos rats « normaux » montraient effectivement une seule grosse tumeur pour dix mâles – trois au maximum sur dix femelles pendant plus de vingt et un mois de leur vie, et au moins deux à trois fois plus chez les rats traités. Ne pas s'en inquiéter eût été malhonnête. Nous en fîmes état. Nos opposants y virent l'occasion de minimiser nos conclusions catastrophiques concernant les populations ayant consommé des OGM : tous les rats développeraient des tumeurs, indépendamment de leur alimentation... Ils argumentèrent à l'aide d'études montrant que 30 à 80 % de *tous* les rats âgés développaient des tumeurs, et que c'était observé depuis les années 1930. Je leur mis sous le nez, en séance contradictoire au Parlement français, que leurs rats « normaux » mangeaient des résidus d'OGM depuis 1996 au moins (date des premières mises sur le marché de ces OGM), sans que les éleveurs n'y prêtent attention – nous l'avions vérifié –, et que depuis bien plus

longtemps, leur alimentation non biologique était parsemée de pesticides. Leurs rats témoins correspondaient en fait à nos rats traités, et leur erreur était grossière. Je ne réussis qu'à provoquer leur fureur.

C'est toujours dans ces moments que l'on change brusquement de registre et de sujet... « Mais pourquoi le *Nouvel Observateur* avait-il eu les photos des tumeurs le premier et en exclusivité ? » Nos détracteurs auraient alors aussi bien pu évoquer les dents manquantes de nos grands-mères. On comprend là leur mauvaise foi. En fait, c'est dramatique. Ils révèlent en creux leurs propres pratiques iniques d'évaluation. Si Monsanto leur avait fourni des résultats similaires aux miens, ils auraient aussi conclu : « Circulez, il n'y a rien à voir ! » Je tremble en pensant aux milliers de produits qui ont pu passer ainsi confidentiellement – c'est la règle – sous les fourches caudines de ces raisonnements biaisés en faveur d'intérêts privés.

Mal nous a pris de souligner ces compromissions !

Si la compagnie commercialisant l'OGM et le pesticide en question avait eu à l'avance connaissance de nos résultats par un journaliste – je veux dire : avant la publication scientifique –, elle aurait pu faire pression sur l'éditeur scientifique, par une action en justice par exemple. Et ce sont cinq années d'efforts incroyables pour une équipe universitaire, et cinq années de financements, qui seraient parties en fumée. Ceci explique et justifie notre « embargo ». Et pas seulement cela. Car il y a de fortes probabilités que notre étude n'eut pas eu un tel retentissement, et donc que la connaissance de ses

résultats par le grand public eût été moindre, et ainsi la connaissance du risque sanitaire encouru par tous. Quant à la publication qui contenait les photos des animaux souffrant des tumeurs, je pense qu'elle aurait probablement été suspendue. Et chacun aurait tranquillement continué à manger, au quotidien, sans se douter un instant que ses choix – ou son absence de choix – mettaient en péril sa santé...

Les cerbères des industriels ont réagi en vingt-quatre heures, depuis le 19 septembre 2012, ainsi que Monsanto, et ils ont demandé le retrait de la publication au prétexte qu'elle « ne valait pas un clou ». Puis, jusque dans l'Hémicycle, on a demandé le boycott de la revue qui avait, par équité, publié leurs avis. (Certains voudront même la « fermer ».) Ils ont clamé et redit l'inutilité de tests si longs – deux ans, presque la vie d'un rat. Monsanto et ses soutiens ont ressassé partout les mêmes mensonges – nos études auraient été invalidées par la communauté scientifique –, prenant les avis de leurs propres sbires pour universels.

Ceux qui ont réagi avec une telle violence sont ceux-là mêmes qui avaient facilité la mise sur le marché de ces produits par des avis positifs appuyés au sein des agences sanitaires, ceux-là mêmes qui sont soutenus par les organismes de recherche, ceux-là mêmes qui partagent de juteux contrats avec les industriels des biotechnologies, ceux-là mêmes contre lesquels j'avais déjà gagné un procès pour diffamation un an plus tôt, ceux-là mêmes qui me faisaient des yeux doux pour que j'épouse leurs avis laxistes sur les contrôles sanitaires onze ans auparavant – et sur le même maïs OGM – dans

les commissions officielles d'évaluation dont nous faisons partie ensemble (et dont je suis sorti pour mener cette expérience), ceux-là mêmes qui, à l'Académie des Sciences ou aux parlements, soutiennent par des actions, voire des investissements, les biotechnologies végétales. Ceux-là mêmes, enfin, qui ont des accointances avec l'industrie du tabac ou des pesticides... Ceux qui ont réagi avec une telle violence sont ceux avec lesquels j'avais débattu depuis quatorze ans, et qui clamaient l'inutilité d'étudier les risques à long terme de ces produits consommés par des milliards de gens. Ces produits ne sont pas identifiables par tous. Pourquoi ? Parce que si ces plantes sont suffisamment « différentes » pour être brevetées, pour eux, elles ne le sont pas assez pour être « étiquetées ».

Les tentatives de diffamation se sont donc multipliées : « fraudes », données « falsifiées », j'étais « sectaire », « fou », « à interner », « à rayer de la fonction publique »... « *Fraud* », a répété jusqu'au très fameux magazine économique américain *Forbes*, fasciné par l'industrie. Et j'en passe. Des articles dans toutes les langues, qui me traînaient dans la boue un jour, me caressaient le lendemain, publiaient des caricatures de moi, ou de mes rats.

Des enquêtes ont révélé les liens de ces experts avec l'industrie des semences transformées, tant au niveau international que national. Au final, nous avons intenté cinq procès à venir. Il n'est pas question de laisser sans réagir broyer nos études et nos preuves, et de laisser tout simplement bafouer la santé publique.

Lorsque nous avons été donner des conférences sur cette affaire aux agences ou aux commissions – deux fois au Parlement français, et deux autres fois au Parlement européen –, lorsque nous avons participé aux débats américains, chinois, africains, et à bien d'autres dans la presse, les attaques n'ont pas pour autant cessé. Lorsque, début 2013, nous avons publié dans la même revue scientifique *Food and Chemical Toxicology* nos réponses détaillées à toutes les critiques, nos détracteurs ne se sont pas calmés. Pendant que les citoyens s'organisaient en cent trente associations françaises et internationales pour nous défendre et réclamer la transparence sur les données qu'on leur cache mais qui sont pourtant à la base des autorisations de la commercialisation de ces deux produits, ils sont passés aux attaques *ad hominem*.

Ainsi, je serais lié à une secte, car des actionnaires d'une firme dont j'ai testé des produits sur la vitalité des cellules humaines (c'est mon métier) seraient liés à une telle organisation (IVI, cf. *Le Monde*, *Le Figaro*, et ma réponse). En 1987, s'il vous plaît, ces activités leur ont été reprochées, et ils ont été réhabilités au tribunal depuis. Je l'ignorais d'ailleurs complètement. Je me suis senti ivre ; moi, l'homme qui aurait vu la femme qui aurait vu l'homme qui a vu l'homme qui a vu l'ours ! Le journal *Le Monde* a mené l'enquête sur le financement de ce blogueur qui avait fait noircir trois quarts de page du *Figaro*, rubrique « sciences et OGM ». Il était financièrement lié aux industriels des biotechnologies et des semences. Je ne suis pas non plus responsable du *curriculum* ou de la religion des actionnaires de Monsanto – dont je me fiche. Pourtant, j'ai testé leurs produits.

Mais c'est tout. Enfin presque. Plus de trois cents chercheurs de trente pays et cinq continents nous ont félicités, encouragés, nous ont écrit, directement ou à *Food and Chemical Toxicology*. On m'a proposé de diriger un réseau de scientifiques sur ce thème. Le public doit être remercié chaleureusement pour son soutien indéfectible – les dizaines de milliers de signatures dont je connais l'existence, mais encore de nombreux appels aux radios et télévisions après nos interviews, et aussi les manifestations de soutien spontanées de sites, en plus du criigen.org, comme gmoseralini.org ou mesopinions.com.

Notre article est devenu le plus consulté au monde parmi les banques de données scientifiques. L'Agence de sécurité française a admis qu'il fallait réaliser une étude à long terme. La Russie, entre autres, en met déjà en place ; ce que nous avions appelé de nos vœux. L'Inde et les États-Unis mènent des campagnes pour l'étiquetage des OGM. Une grande première, qui met à mal l'économie sournoise liée à l'absence d'identification possible de ces dérivés de végétaux. Sauf en Europe – ce qui fut notre combat. L'Agence sanitaire européenne, qui a tant malmené notre étude, est aujourd'hui vivement critiquée dans ses méthodes par un rapport de l'Agence environnementale européenne, mais aussi par la Cour des comptes ou le Parlement européen, qui l'ont tancée pour des conflits d'intérêts – notamment sur le dossier OGM. Ces conflits ont provoqué des départs, notamment celui de la présidente de l'agence EFSA. On le verra dans le livre.

Arrivé après la publication de nos travaux, suite à la démission du précédent commissaire européen à la Santé

– toujours pour conflits d'intérêts –, le nouveau commissaire a plié le bras de son agence sanitaire, lui faisant avaler ce que son comité OGM considérerait presque comme irrationnel, et ce qu'il avait refusé jusqu'alors : faire un test à long terme. Elle l'a admis, du bout des lèvres. Elle a avoué, comme l'agence française, que les analyses de sang de Monsanto sur des rats buvant de l'eau contaminée au Roundup n'existaient pas. Ces instances ne pouvaient donc rien comparer à mes résultats. Elles n'avaient jamais exigé ces tests des industriels, ni même des essais de plus de trois mois avec cet OGM donné à des rats de laboratoire. Pire : les données détaillées réglementaires sur les impacts sanitaires du glyphosate, un des composés du Roundup, s'avèrent avoir été mises sous clé quelque part en Allemagne. Personne n'en aurait de copie... Adieu la transparence !

Nous, nous avons remis nos données à un huissier en attendant les leurs sur un site public, et statistiquement exploitables (pas ces dossiers sous forme d'images tels qu'on peut en voir en ligne, et seulement pour l'OGM – rien pour le Roundup). Juste pour voir comment ces gens travaillent. J'ai bien peur que ce soit catastrophique, sous couvert de science « dure ».

Il semble que le grand public a pris conscience de la manipulation de vaste envergure que je vais à présent vous raconter. C'est une histoire détonante, pleine de rebondissements. Mais l'espoir chevillé aux artères et aux poumons, nous savons que nous pouvons nous en sortir, car l'humanité qui sait est une humanité en marche.

Préambule

J'ai côtoyé trop de compromissions pour continuer à me taire. Ce sont sans doute elles qui ont causé dans la seconde moitié du XX^e siècle le plus de décès sur la planète, non par mort brutale, mais par de longues maladies qui détruisent la vie à petit feu. Dans le monde entier, il n'est pas une famille qui ne soit touchée par les cancers, la malnutrition, ou encore par des problèmes de reproduction, des maladies nerveuses, hormonales, immunitaires, ou des malformations congénitales.

La forte augmentation de ces pathologies n'est pas le fait du hasard, ne s'explique pas par une recrudescence de bactéries ou de virus. Elle n'est pas due non plus à des mutations génétiques qui se seraient transmises en un demi-siècle. Elle ne relève pas davantage de l'allongement de la durée de vie, qui demeure un phénomène régional et momentané sur le globe.

Une poignée de géants de l'industrie – parmi lesquels Monsanto, Bayer, Aventis, DuPont, Syngenta, BASF, Dow Chemical, Zeneca, et leurs fournisseurs de matières premières – remplissent nos assiettes de colorants, de conservateurs, de plastifiants, d'OGM, de pesticides, d'antibiotiques...

Il y a donc des criminels et des complices. Pas toujours ceux que l'on croit. Je les ai coudoyés. La société les connaît peu car ils échappent très souvent à sa justice en se drapant dans ce qu'on nomme abusivement le progrès et l'appartenance aux élites. La société s'abuse sur leur compte en leur vouant admiration et reconnaissance pour leurs prétendues réussites technologiques ou financières.

Ces compromissions ont pour origine des intérêts financiers énormes, mais elles recouvrent aussi des enjeux de pouvoir, y compris dans le champ scientifique. Elles sont le fait d'une tribu de technocrates silencieux et de chercheurs spécialisés, qui s'interdisent de parler ou qui anesthésient leur conscience au nom d'une raison supérieure : l'efficacité financière ou l'intérêt corporatiste. Ces démiurges modernes appartiennent au monde de la chimie, lourde ou fine (pesticides, médicaments, etc.), à l'empire des biotechnologies et à celui du pétrole. Leurs procédés de corruption passent par les lobbies industriels – en particulier ceux qui sont récemment devenus plus riches que les États nations – et s'infiltrèrent jusqu'aux institutions politiques et surtout scientifiques.

Les racines des malversations remontent aux principes mêmes de la réglementation des produits sur lesquels le monde technologique du XX^e siècle a fondé sa rentabilité. C'est en effet par des procédures parfaitement opaques (les experts débattent en secret de résultats confidentiels) que les composés chimiques, apparus en grand nombre depuis la Seconde Guerre mondiale, obtiennent des autorisations permettant leur commercialisation rapide et massive (par centaines et centaines de millions de

tonnes) et, par voie de conséquence, transforment notre planète en poubelle. Par des procédures parfaitement opaques, disais-je, et dangereusement insuffisantes. Ces composés chimiques entrent ainsi insidieusement dans chaque forme de vie et la polluent de l'intérieur. Ils pénètrent dans chaque kilogramme de chair vivante sur notre petite planète bleue. S'y ajoutent encore la pollution génétique vivante, la pollution électromagnétique et nucléaire. Toutes ces agressions finissent par meurtrir nos corps.

J'ai vécu avec une amertume grandissante ces disputes sur des autorisations de commercialisation, qui ont été finalement accordées avec un laxisme d'autant plus grand qu'il se parait de l'autorité de la science et de celle du pouvoir politique. Ces turpitudes, je les ai vécues de l'intérieur pendant plus de dix ans, alors que je siégeais dans les commissions gouvernementales qui conseillent les politiques sur les OGM – ces fameux « organismes génétiquement modifiés » entrés avec leur sigle brutal dans la civilisation et le dictionnaire du XXI^e siècle. J'ai tellement combattu ces systèmes, avec des amis courageux et déterminés, que j'ai vu de très près leurs tactiques, toujours les mêmes. Ils dissimulent à la société les effets secondaires et funestes, connus ou soupçonnés, des médicaments, des produits chimiques issus du pétrole, des nanotechnologies, des OGM bien sûr.

Ces OGM sont les premières formes de vie transformées très envahissantes en agriculture. Ils sont dotés d'un patrimoine héréditaire qui a été muté à une vitesse industrielle au regard de celle de l'évolution, selon un procédé qui permet de contaminer les caractères

généétiques d'une espèce par ceux de n'importe quelle autre. J'ai lutté contre les pratiques scandaleuses dont j'ai été le témoin (voyant les arguments malmenés) en participant à des commissions officielles, mais aussi à des débats publics et conférences, par des recherches scientifiques, des articles et des livres, par des procès que j'ai gagnés ou contribué à faire gagner et qui ont révélé des collusions incroyables, dont il sera question ici.

Lorsqu'on voit un enfant se noyer, on plonge ! Lorsqu'on lit sa vie à son dernier soir, on préfère naturellement s'endormir en ayant dit la vérité et riche d'amis sincères. C'est ce sentiment tout simple qui m'a animé.

Parce que j'ai peu à peu compris notre faiblesse relative, la fragilité de nos corps aux prises avec les rouages d'un système destructeur et malsain, j'ai voulu mettre en place une action d'un autre genre, qui correspondait à mon métier de chercheur. C'est en secret qu'il m'a fallu la mener, car sa découverte prématurée aurait compromis son efficacité. On aurait multiplié les pressions et empêché qu'elle soit réalisée, comme on a tenté de le faire pour certaines de mes études antérieures. J'y reviendrai.

C'est aujourd'hui le temps des révélations. Voici tous les détails de cette expérience scientifique, unique par son coût, par les soutiens qu'elle a trouvés et par sa mise en place. Elle fait d'ores et déjà apparaître de nombreux résultats, alarmants pour la santé humaine – celle des femmes au premier chef. Elle met en perspective les raisons pour lesquelles les systèmes d'évaluation des OGM et des pesticides, et par contrecoup de tous les produits chimiques autorisés de manière similaire, sont

criminels et aussi scandaleux que l'affaire Madoff [1] – avec laquelle ils ont en commun l'absence de transparence des contrôles, et même l'absence de contrôles dignes de ce nom.

Mais prenons les choses par le début. Avant d'entrer dans le récit de l'expérience inédite que nous avons menée, il convient d'en brosser le contexte pour les lecteurs qui le connaîtraient mal, de donner les informations nécessaires pour comprendre les intérêts en jeu, de mettre au jour les carences et l'opacité volontaires d'un système qui perdure depuis plus de soixante ans.

1. Bernard Lawrence Madoff, né en 1938, ancien président du marché boursier NASDAQ, a été condamné en 2009 à cent cinquante ans de prison aux États-Unis pour avoir fomenté la plus grande fraude financière de l'histoire de ce pays. Les montants détournés s'élèveraient à environ 65 milliards de dollars. Notons que, dès 2008, Jacques Diouf, alors directeur général de la FAO (Food and Agriculture Organization) avait clamé que 30 milliards par an auraient suffi pour apaiser la faim dans le monde. Les pays les plus riches ne les ont pas trouvés ; leurs industries ont alors annoncé que les plantes transgéniques (avec brevets sur les semences) contribueraient à cet apaisement.

Introduction

La plupart d'entre nous croient vivre au sein d'une société dont la sécurité des personnes constitue l'une des priorités. On entend tellement parler de l'insécurité liée à la délinquance et des mesures prises pour l'endiguer qu'on n' imagine pas que les tueurs en série les plus sournois et les plus impitoyables se prélassent sans être inquiétés dans nos aliments, dans nos boissons, nos maisons, nos jardins et dans l'air ambiant.

Arrêtons au retour de ses courses n'importe quel passant. Demandons-lui s'il craint de mettre au cou de son chien le collier antipuces qu'il vient d'acquérir, dans son café les sucrettes qu'on aperçoit dans son panier, et s'il a bien examiné, avant de faire son choix, la liste des additifs de sa tablette de chocolat. Interloqué, il passe son chemin, il est persuadé que la présence de ces produits sur les rayons des magasins fournit la preuve de leur innocuité. S'ils n'étaient pas inoffensifs, on ne les trouverait pas là, tout de même ! D'ailleurs, il a entendu parler comme tout un chacun des tracasseries et de la lourdeur de la réglementation. Il doit y avoir plutôt trop de contrôles, de vérifications, d'évaluations que pas assez, non ?

Ce passant sait-il que, depuis plus de soixante ans, ce sont les industriels – ceux-là mêmes qui commercialisent les médicaments, les pesticides et les produits chimiques – qui conduisent les expériences en vue d'obtenir les autorisations de mise sur le marché de leurs produits. Des expériences abusivement classées confidentielles et qui, le plus souvent, sont menées à court terme et de façon partielle afin de pouvoir conclure à l'innocuité : on teste sur quelques mois le seul principe actif, pour un pesticide, mais pas le produit commercialisé, c'est-à-dire le mélange dans lequel ce principe actif est intégré et qui potentialise son effet. Qui le sait ?

Les seules études réalisées par les industriels pour l'autorisation de mise sur le marché d'une plante transgénique [1] alimentaire n'ont jamais dépassé trois mois, ce qui permet au maximum de tester la toxicité à court ou moyen terme, à savoir les conséquences nocives de la consommation de ces produits sur une courte période.

Pourtant, c'est tout au long de leur vie que les consommateurs et les animaux ingèrent les substances chimiques contenues dans leurs aliments. Ce sont donc les effets à long terme [2] de celles-ci, liés à une ingestion répétée, même à des doses infimes, qu'il est important de connaître.

Régulièrement éclatent de nouvelles « affaires » révélant l'effet cancérigène ou toxique à long terme de produits qu'on a longtemps considérés à tort comme banals : l'amiante après le tabac, ou le bisphénol A, l'aspartame, les phtalates, pour se cantonner à des cas récents. Au lieu

de se décider à revoir les modalités d'évaluation de tous les produits industriels et d'accroître la durée des tests réalisés par ceux qui les fabriquent (généralement une seule fois, et ils sont valables dans tous les États du monde), ainsi que la transparence de leur déroulement, on laisse l'histoire se répéter, et les produits ne sont éventuellement retirés du marché qu'après avoir tué et qu'après les avoir laissés se répandre dans l'environnement où ils continuent de circuler, perpétuant ainsi leurs ravages dans la clandestinité.

Pour quelques poisons maintenant repérés et plus ou moins contrôlés, combien, parmi les centaines de milliers d'autres, poursuivent en nous leur œuvre de désorganisation silencieuse, en particulier par le biais de notre alimentation ?

Mais comment et pourquoi les autorités demeurent-elles aveugles ? Comment l'interprétation des résultats en arrive-t-elle à être à ce point déformée ? Quel est le jeu des industriels ? Celui des experts scientifiques, bizarrement laxistes ? Comment les anges de la médecine réglementaire sont-ils devenus des démons ?

Les défaillances de l'évaluation sanitaire ne s'expliquent pas seulement par le fait que les organismes qui en sont chargés crouleraient sous les demandes d'autorisation ou n'auraient pas les moyens d'être plus exigeants en matière de contrôle, ni même par la pression des gouvernements au nom de la course au développement économique. Mais bien parce qu'il s'est noué une forme de collusion délétère entre les intérêts des industriels et ceux d'une certaine partie des scientifiques. Hormis

quelques cas de fraude et de corruption fortement soupçonnées [3], il s'agit généralement d'une complicité plus diffuse, plus dangereuse parce qu'elle permet à ceux qui la pratiquent de rester de bonne foi. Il arrive que des scientifiques ne fassent que défendre des intérêts corporatistes (l'obtention de crédits pour leurs projets de recherche, le prestige de leur discipline) en adoptant le point de vue des industriels. Pour feutrée qu'elle soit, la connivence entre quelques experts scientifiques et des lobbies industriels produit cependant des effets désastreux sur l'évaluation des risques. Elle conduit ces « experts » à examiner avec laxisme les demandes d'autorisation de commercialisation ou de culture expérimentale de certains produits et à bâillonner l'esprit critique d'une autre partie des scientifiques. C'est ainsi qu'un certain *establishment* se fait passer pour toute la science !

Devant les insuffisances avérées des tests fournis par les industriels dans le domaine des pesticides et des OGM, une initiative s'imposait d'évidence. Pourquoi des scientifiques indépendants ne referaient-ils pas ces tests ? Pourquoi ne leur donnerait-on pas la possibilité de les prolonger ?

Pourquoi enfin les pouvoirs publics, par des appels d'offres aux chercheurs, ne prendraient-ils pas sérieusement en main le contrôle de toutes les substances dangereuses mises sur le marché ?

Mon domaine de recherche scientifique, la biologie moléculaire, mes travaux sur la cancérogenèse et sur les effets des polluants, me mettaient à même de reprendre

les tests de toxicité sur les pesticides et sur les OGM et d'apporter des éléments d'information autres que les seuls auxquels on se réfère – à savoir ceux des industriels eux-mêmes.

Depuis des années je me bats, au sein d'organismes de recherche, dans les commissions où j'ai tenu le rôle d'expert pour des membres gouvernementaux ou des ministères (français bien sûr, italien, canadien, estonien, australien...), des institutions (européennes, indiennes...), ou encore au sein du CRIIGEN [4], cette association indépendante qui réclame la transparence sur les résultats des études des risques menées par les industriels, ainsi qu'une expertise contradictoire et des études toxicologiques approfondies à long terme (sur deux ans ou plusieurs générations) sur les effets sanitaires des OGM et des pesticides. Seules des expériences de ce type permettraient d'évaluer la toxicité chronique des aliments transgéniques et des pesticides associés [5], c'est-à-dire leurs éventuels effets nocifs à long terme.

Eh bien, ce qu'il faudra dire d'entrée de jeu, c'est l'impossibilité jusqu'à présent [6] de faire aboutir une telle initiative par les voies qui sembleraient naturelles, c'est-à-dire par la recherche publique ou dans le cadre des organismes de contrôle et de surveillance sanitaires.

La détermination de quelques chercheurs, le soutien logistique du CRIIGEN, la conjonction de bonnes volontés et un financement inattendu et original nous ont permis en fin de compte de réaliser une telle expérience, dont le coût total a dépassé les 3 millions d'euros.

En elle-même, cette expérience constitue une première absolue. Elle s'est déroulée dans le plus grand secret à partir de 2006 (le temps de rassembler les fonds et que soient plantées et récoltées les cultures expérimentales transgéniques), et surtout entre l'automne 2008 et l'automne 2010. Une grande partie de l'année 2011 a été consacrée au rassemblement et à l'interprétation des données.

Pour la première fois, une équipe de chercheurs indépendante a pu mener une étude *in vivo* longue et rigoureuse sur l'effet de substances utilisées dans l'alimentation du bétail et des hommes. Cette étude a été conduite au-delà de ce que demandent les exigences réglementaires en vigueur dans le monde. Ses résultats soulignent l'insuffisance de ces dernières, confirmant ce que n'ont cessé de répéter au cours de ces dernières décennies quelques lanceurs d'alerte sur lesquels *l'establishment* scientifique tente de jeter systématiquement le discrédit.

Autant que l'expérience proprement dite, les obstacles de divers ordres qui se sont élevés contre sa mise en œuvre et que nous avons dû contourner sont intéressants pour le public. Ils révèlent à quel point celui-ci est pris pour cobaye, à quel point nous sommes tous cobayes, non par inadvertance ou ignorance, mais sciemment et cyniquement, dans la vie de tous les jours.

Afin d'échapper aux pressions, aux « accidents », aux censures possibles, l'expérience s'est déroulée « à l'aveugle » (le personnel ne sachant pas ce qu'il testait), et de façon très confidentielle. Une révélation prématurée

aurait risqué de compromettre l'aboutissement du projet et la diffusion de ses résultats. Tant d'intérêts, on le verra, sont en jeu ! Ni les agences réglementaires ni les autorités universitaires n'ont été mises dans la confidence.

Tous les chercheurs associés, tous les assistants ont signé un contrat de confidentialité les engageant à ne rien divulguer de la nature ni des objectifs de l'expérience – même à leurs proches.

Au laboratoire de l'université, mon groupe de recherches partage ses locaux avec d'autres équipes de biochimie. Aussi avons-nous pris l'habitude, mes étudiants et moi, de ne parler que de « l'étude », sans préciser laquelle. Le classeur qui en contenait le protocole était conservé sous clé et orné d'une étiquette qui trompait sur son contenu. Nous n'avons pas utilisé les ordinateurs de l'université pour stocker les données qui nous parvenaient dans des logiciels cryptés, nous les avons réparties sur trois sites différents. Il fallait un fil rouge secret pour réunir les informations pertinentes. Nous avons veillé à ne pas échanger de mails ni de coups de téléphone au sujet de « l'étude ». Les factures dont s'occupait ma secrétaire étaient affectées au contrat « In vivo », nom de code très général de notre accord avec nos donateurs. Nous avons même réalisé une autre expérience « In vivo », plus courte, qui nous a aussi servi de leurre dans le cadre de l'université.

Et voilà comment la vie de quelques universitaires paisibles peut prendre des allures aventureuses. *My name is... In vivo*, bien sûr !

1. Les plantes transgéniques comportent un gène ou un fragment de gène issu d'une autre espèce – c'est le cas de tous les OGM alimentaires actuels. Dans le futur, il pourrait y avoir des OGM dits cisgéniques, comportant un ou des gène(s) artificiellement modifié(s) issus de la même espèce que la plante au sein de laquelle ils sont introduits – il ne s'agirait donc pas de plantes transgéniques.

Dans cet ouvrage, les mots « OGM » et « transgénique » caractérisent la même chose et sont utilisés indifféremment.

2. En toxicologie, on distingue l'exposition aiguë (de quelques jours à quelques semaines, selon l'espèce), l'exposition chronique (de quelques mois à la vie entière) et l'exposition subchronique (de durée intermédiaire). Tout dépend de l'espèce testée et de sa durée de vie.

3. « Ancien responsable de l'Agence du médicament devenu ensuite consultant pour trente à quarante laboratoires pharmaceutiques dans le monde, le Pr Jean-Michel Alexandre a perçu entre 2001 et 2009 près de 1,2 million d'euros de rémunération des laboratoires Servier, révèle Le Figaro du 19 décembre 2011. Ce professeur de pharmacologie a été l'un des hommes les plus influents en matière de médicaments en France de 1980 à 2000. Sa mission consistait, selon les demandes de Jacques Servier, à analyser des dossiers touchant à l'efficacité des médicaments en développement ou déjà mis sur le marché. » Jean-Michel Alexandre a été président de la commission d'autorisation de mise sur le marché à l'Agence du médicament de 1985 à 1993, puis directeur de l'évaluation des médicaments de 1993 à 2000 et président du Comité des médicaments de 1995 à 2000.

4. Comité de recherche et d'information indépendantes sur le génie génétiques. Voir www.criigen.org.

5. L'ensemble des OGM agricoles ont été conçus pour tolérer un herbicide ou fabriquer un insecticide. Éventuellement les deux. Nous y reviendrons.

6. La publication de notre étude a commencé à faire bouger les lignes.

I

**60 années
d'intoxication
physique et mentale !**

Les bombes à retardement de l'agrobusiness

Les pesticides : des poisons destinés à tuer les herbes, les insectes, à lutter contre les maladies dues aux moisissures ou champignons, à se débarrasser d'animaux dits nuisibles. Grâce à eux, pas de limaces dans la salade ! Mais des récoltes abondantes, et de belles !

L'agriculture intensive les utilise massivement. Elle en déverse des centaines de milliers de tonnes par an sur les cultures. Les amateurs de jardin les emploient aussi, en quantité beaucoup plus réduite, mais régulièrement. Et nombre d'insecticides et de fongicides sont vaporisés dans les foyers. La France en est le premier utilisateur européen et le quatrième au niveau mondial derrière le Brésil, les États-Unis et le Japon. Chaque année, environ 76 000 tonnes de pesticides sont épandues sur le territoire français [1].

Ces substances, même utilisées longtemps avant la récolte, demeurent en partie fixées sur et même dans les plantes, et leurs résidus subsistent dans les fourrages, les produits alimentaires fabriqués à partir des récoltes et les viandes, les graisses et produits (beurre, lait, fromage,

œufs) issus des animaux qui les consomment. Ils se disséminent aussi dans l'environnement, notamment dans les eaux [2]. Au début du XXI^e siècle, selon des prélèvements effectués par le ministère de l'Écologie, la moitié des cours d'eau de France contenait des résidus de molécules présentes dans des herbicides [3], résidus qui se retrouvent ensuite, à des doses faibles mais non négligeables, dans l'eau du robinet. Au Danemark, entre autres, une étude publiée en 2003 par l'Institut de recherche géologique a montré que même les eaux souterraines étaient contaminées, entraînant la pollution de l'eau potable. Ces constatations sont généralisables à travers le monde. En Allemagne, la ville de Munich a considérablement diminué la pollution de l'eau en incitant depuis 1991 les exploitants agricoles situés dans la zone d'influence des points de captage d'eau à se convertir à l'agriculture biologique et en assurant des débouchés aux récoltes dans les écoles et les crèches. Aujourd'hui, l'eau du robinet est beaucoup moins traitée.

On sait maintenant que certaines de ces substances chimiques ont causé beaucoup de dégâts, alors qu'on les avait vantées comme des produits miracles. Est-il besoin de rappeler les ravages causés par le DDT, premier insecticide moderne, utilisé dans la lutte contre les moustiques ? Pourtant, en 1948, le chimiste suisse Paul Müller reçut le prix Nobel pour avoir découvert l'efficacité de ce produit contre les insectes. Puis, les effets cancérigènes du DDT ayant été reconnus, l'insecticide couronné, plébiscité, a été interdit dans de nombreux pays au début des années 1970.

Histoire ancienne, dira-t-on. Funestes erreurs d'un âge d'ignorance aujourd'hui dépassé, qui ne risquent pas de se reproduire. Vraiment ?

Aujourd'hui, les lobbies et les ministères n'osent pas nommer ces produits par leur vrai nom : poisons. Ils apparaissent dans nos magasins sous la rassurante appellation de « produits phytosanitaires » (« soignant les plantes ») – un comble ! Pourtant, ils restent bien des tueurs, tueurs d'herbes, tueurs d'insectes, de champignons, de rongeurs... Et qu'est-ce qui nous garantit qu'ils s'arrêtent là ? Les tests des industriels et la bénédiction des agences sanitaires, sans doute.

Les modalités d'évaluation des pesticides

Tous les pesticides fabriqués à partir de la chimie de synthèse sont testés sur des animaux de laboratoire, par exemple des invertébrés, des poissons, avant d'être mis sur le marché. Ces tests de toxicité dits *in vivo* sont censés rechercher aussi les effets indésirables sur les mammifères, le plus souvent des rats, dont la physiologie est proche de celle des humains et qui sont peu coûteux.

Ces expériences reposent sur des analyses de sang et d'organes (après autopsie), durent de six mois à deux ans (au plus), durée de vie moyenne d'un rat. Ils sont pour cette raison nommés « tests de toxicité chronique ». Les entreprises procèdent à différents types de tests selon des normes aux références précises, qu'elles ont contribué à élaborer au sein d'un organisme qui gère le commerce international, l'OCDE. Les résultats, classés confidentiels pour le public, sont présentés à des groupes restreints

d'experts dans des ministères ou des agences de sécurité alimentaire et environnementale de différents pays, ou directement à l'Union européenne. Commence alors un vrai débat sur l'interprétation et la gravité des effets secondaires possibles.

Une lacune majeure dans l'évaluation des pesticides : seule leur molécule active fait l'objet de ces tests de toxicité chronique, et non le produit commercialisé, c'est-à-dire le mélange vendu, pourtant toxique. Et il en est d'autres : pas de détection systématique des perturbations hormonales, en mesurant, par exemple, les effets des produits sur les taux d'hormones sexuelles dans le sang. Pas de détection des perturbations de dégénérescence, en observant la transmission nerveuse chez l'animal de laboratoire. Pas d'évaluation correcte des effets sur le développement des descendants et sur plusieurs générations (sachant qu'un rat ou une souris est apte à se reproduire et à donner des descendants matures tous les trois mois).

Des mensonges qui rapportent gros

Parmi les produits pesticides, les herbicides se taillent la part du lion. Ils représentent 46 % du marché mondial. Et parmi ces derniers, le Roundup, fabriqué et commercialisé par la firme Monsanto depuis 1974, bat tous ses concurrents. C'est le désherbant le plus vendu au monde, celui dont on arrose les grandes cultures et les allées de jardin tout autour de la planète. En France, le Roundup est utilisé à hauteur de 10 000 tonnes par an. Il agit comme un herbicide systémique, pénétrant dans la plante (la plupart des plantes transgéniques n'en meurent

pas) et investissant tout son organisme jusqu'à ses racines et ses graines. Des résidus de ses molécules subsistent à l'intérieur des récoltes traitées et jusque dans les organes des animaux qui en mangent. La mention « biodégradable » ou « écologique », qui figurait il y a encore peu sur les bidons, n'était sans doute pas pour rien dans son succès. La publicité du produit en affirmait l'innocuité tant pour les usagers que pour l'environnement. On y voyait un gentil toutou se servir de Roundup pour débroussailler le coin de jardin où il avait enterré un os. Et l'os reparaissait aussi appétissant et inoffensif qu'au premier jour !

Comme tous les produits phytosanitaires, le Roundup a été testé. Mais comment ? Aux États-Unis, dans les années 1980, le laboratoire IBT (Industrial Bio-Test Labs) de Northbrook, l'un des principaux laboratoires chargés de la réalisation des tests sur les pesticides en vue de leur homologation, fait l'objet d'une enquête de l'EPA (Environmental Protection Agency). En examinant les archives du laboratoire, les agents de l'EPA constatent une « falsification routinière des données » destinée à cacher un « nombre infini de morts chez les rats et souris » testés. Parmi les études biaisées se trouvaient trente tests conduits sur le seul principe actif du Roundup, le glyphosate. Les techniciens de laboratoire se livraient-ils à des tests de toxicité ou à des plaisanteries de potache ? En effet, certains rapports se fondaient sur l'examen histologique d'« utérus » prélevés sur des lapins « mâles » [4] (sic) ! De quoi jeter de l'ombre sur tout le processus d'homologation des pesticides.

La réglementation des « bonnes pratiques de laboratoire » (ou BPL ; GLP en anglais)

Les évaluations nécessitent de se conformer à ce qu'on appelle les « bonnes pratiques de laboratoire » qui encadrent de manière précise la mise en place des expériences. Fixées par l'OCDE, elles régissent de très nombreux détails dont les spécificités obligatoires du laboratoire dédié : appareils précis et standardisés, manière de procéder, produits et animaux à utiliser, comportement et encadrement du personnel, archivage, gestion des déchets... Elles laissent cependant une certaine marge à des adaptations.

Voir : www.utc.fr/qualite-recherche/referentiels/doc_referentiels/BPL/01_BPL-1997.pdf ;
[www.afssaps.fr/Activites/Elaboration-de-bonnes-pratiques/Reglementation-des-bonnes-pratiques-de-laboratoire/\(offset\)/3](http://www.afssaps.fr/Activites/Elaboration-de-bonnes-pratiques/Reglementation-des-bonnes-pratiques-de-laboratoire/(offset)/3).

Mais, depuis, les « bonnes pratiques de laboratoire » (BPL) sont arrivées, qui sont des normes de travail industriel plutôt qu'universitaire. Elles améliorent sans doute les choses. Règlent-elles pour autant tous les problèmes et garantissent-elles la fiabilité des tests pratiqués par les industriels ? Non. Récemment, ces BPL ont encore été controversées dans la communauté scientifique : des recherches indépendantes, menées selon des protocoles matériellement moins coûteux, sont négligées au motif qu'elles n'offriraient pas toutes les garanties – ce qui est très discutable [5]. Tout ce qui découle de protocoles nouveaux, de recherches non encore standardisées, a donc été écarté depuis 2005 par

certaines autorités, dont l'Autorité européenne de sécurité alimentaire (EFSA, sous tutelle de la Commission européenne). Cet état de fait a été dénoncé par l'Agence européenne pour l'environnement (AEE), sous dépendance directe du Parlement européen. On voit se profiler ici une contradiction assez fréquente entre la loi du marché, édictée par l'Organisation mondiale du commerce, que la Commission respecte, et les intérêts primordiaux des citoyens dont se soucie davantage le Parlement européen.

Des lacunes meurtrières dans l'évaluation des produits

Les herbicides se composent de un ou plusieurs ingrédients actifs (sur les plantes) et d'adjuvants destinés à améliorer l'efficacité des propriétés chimiques ou des matières actives : des détergents qui favorisent la solubilité, des surfactants destinés à faire mieux pénétrer la molécule active dans les insectes et dans les végétaux, et d'autres substances qui améliorent l'indice de pulvérisation du produit, son pouvoir d'étalement, sa stabilité, etc. Or, les tests à long terme sur les animaux (les seuls susceptibles de mesurer les maladies chroniques) prévus par les règlements sanitaires vérifient en détail l'ingrédient actif, considéré comme la principale source de toxicité, tandis que les adjuvants (ou produit de formulation) sont souvent prétendus « inertes ». Le mélange de l'ensemble constitue le produit commercialisé ou ladite « formulation commerciale ».

Pour ce qui est des ingrédients actifs, ils sont en principe assez bien testés. Les fabricants sont tenus de présenter

des études sur des mammifères (en général, des rats ou des souris) d'une durée initialement égale à la vie moyenne de l'espèce (deux ans pour les rats, dix-huit mois pour les souris). Mais plus ça va, plus les industriels les réduisent à six mois, arguant que tous les signes de maladies sont alors visibles, ou presque. Souvent, il manque dans la batterie de ces tests le dépistage complet des perturbations hormonales, de la neurotoxicité et de l'immunotoxicité (nocivité du produit sur le système nerveux et sur le système immunitaire), ainsi que l'évaluation de la toxicité de la substance active sur les nouveau-nés, sur les petits en développement, et sur plusieurs générations.

Quant au produit tel qu'il est vendu (la formulation commerciale), il ne donne pas lieu, lui, à des études de toxicité approfondies. On le soumet seulement à des tests de toxicité aiguë (donc de court terme), voire de pénétration dermique, et l'on évalue l'exposition de la personne qui l'utilise. Mais pas de tests de toxicité à moyen terme, de toxicité chronique, de toxicité sur la reproduction, de génotoxicité (toxicité sur les gènes).

En 2006, le commissaire européen à l'Agriculture, interrogé par le parlementaire Paul Lannoye, a reconnu le vide réglementaire concernant l'évaluation des mélanges, donc du produit formulé [6]. Mais, depuis cet aveu, aucun progrès significatif n'a été accompli. Pourtant, le simple bon sens incline à penser que les adjuvants qui aident la substance active à pénétrer dans l'organisme des insectes et des plantes doivent aussi l'aider à entrer dans les cellules humaines – d'autant que les membranes de ces dernières sont moins résistantes que celles des plantes.

Ajoutons que les molécules actives de bon nombre de produits chimiques (matériaux, colles, cires, peintures, dérivés de plastiques, métaux lourds...) sont elles aussi toujours testées isolément. Or, on se doute que dans l'environnement, dans l'eau d'un fleuve par exemple, c'est la totalité des substances entrant dans la formulation d'un produit qu'on retrouve. Rien qu'en France, il peut se déverser dans les eaux celles des 550 matières actives entrant dans la composition de plus de 2 500 spécialités commerciales homologuées. Sans compter les résidus de médicaments. Les poissons qui vivent dans ces rivières les accumulent dans leur organisme : les eaux du robinet, même traitées et filtrées, en conservent des résidus.

Au bout de la chaîne alimentaire, elles se retrouvent ensemble dans le corps humain ; surtout les PCB, dioxines et pesticides, qui ont tendance à s'accumuler. De plus, les dioxines, certains dérivés de plastique et certains pesticides ayant une structure chimique en grande affinité avec les graisses y pénètrent et y restent, y compris dans le sein ou le cerveau. Ces substances sont souvent fabriquées pour ne pas se dissoudre facilement dans l'eau, ce qui rend difficile leur élimination par l'urine et la transpiration. Leurs taux dans les tissus animaux et humains peuvent atteindre des limites toxiques bien au-dessus des normes établies pour les eaux courantes [7].

Les tests sur lesquels on se fonde pour autoriser l'utilisation de ces poisons ne prennent donc en compte ni l'effet global du produit commercialisé, ni ses effets chroniques ou cumulés dans le temps, ni les effets de synergie (il n'est pas exclu, en effet, que la présence de

divers produits dans l'environnement combine leur action respective d'une façon encore plus néfaste pour l'organisme vivant).

La scandaleuse négligence des pouvoirs publics

Des études scientifiques menées depuis quelques décennies tendent toutes à mettre en lumière les conséquences très graves des herbicides sur la santé humaine. Elles alertent sur les perturbations de la grossesse et les malformations plus nombreuses dans les régions où sont utilisés massivement les pesticides. Des études épidémiologiques réalisées sur des cohortes d'agriculteurs, en Ontario par exemple, ont montré que l'exposition à des herbicides contenant du glyphosate doublerait le risque de fausses couches et de naissances prématurées, et jouerait un rôle dans le développement de certains cancers (myélomes, lymphome non hodgkinien) [8]. En 2011, l'équipe du Pr Charles Sultan, qui dirige l'unité d'endocrinologie pédiatrique du CHU de Montpellier, a décelé, en examinant un groupe de 1 442 bébés, un lien très significatif entre les malformations génitales de garçons nouveau-nés et l'exposition de leurs parents aux pesticides [9].

De fait, des scientifiques se posent des questions sur les effets nocifs du Roundup depuis la fin des années 1990. Robert Kremer, microbiologiste à l'université du Missouri et attaché au département de l'Agriculture du gouvernement américain, consacre depuis 1997 ses recherches à l'impact du glyphosate sur l'environnement, sur les micro-organismes du sol notamment [10] En examinant les interactions des groupes microbiens qui

permettent l'incorporation de l'azote, nécessaire à la bonne santé des racines, il a constaté que la croissance du maïs et du soja transgéniques tolérants au Roundup était affectée par celui-ci. Il en a aussi conclu que la productivité des espèces transgéniques n'est pas supérieure à celle des espèces conventionnelles.

Robert Bellé, professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie, chercheur dans l'unité « Mer et Santé » du CNRS, a montré dès 2002 que le Roundup perturbait le processus de division cellulaire et les phases de développement précoce de l'embryon d'oursin [11], et ce à des doses 500 fois plus faibles que celles recommandées pour l'usage par le fabricant – il a mis en évidence que ces dérégulations du cycle cellulaire sont des processus similaires à l'apparition de cancers [12].

Mon équipe de l'université de Caen a mené pour sa part des recherches *in vitro* sur des lignées et des cellules fraîches, primaires, d'embryons humains (issus de placentas et de cordons ombilicaux, donc sans destruction d'embryons), dans le but d'observer l'effet causé par des doses infinitésimales de Roundup (du produit tel qu'il est commercialisé) [13]. Ces études ont prouvé que même à des doses extrêmement diluées (jusqu'à 100 000 fois ou plus), le Roundup programme la mort cellulaire en quelques heures, par les dommages qu'il cause aux membranes et à l'ADN et parce qu'il entrave la respiration cellulaire. Elles ont également établi que le produit de formulation des nombreux Roundup qu'on trouve sur les rayonnages des magasins amplifie l'action de l'ingrédient actif, le glyphosate.

L'hypothèse dictée par le bon sens se trouve donc vérifiée : les adjuvants, notamment un surfactant (le POEA ou polyoxyéthylèneamine) ayant une toxicité importante en lui-même, permettent à la substance active de pénétrer dans la plante ou l'insecte, d'être plus stable, de s'y fixer et éventuellement de s'y accumuler : ensemble, les deux composés atteignent le plus haut niveau de toxicité. Si le produit touche des organismes non ciblés (animaux ou humains), la même chose se produit. Souvent de manière encore plus grave, car les combinaisons de détergents adjuvants pénètrent mieux dans les membranes fluides des cellules de petits d'hommes que dans les carapaces dures des insectes ou sous la paroi vernissée de certaines feuilles.

La réglementation actuelle sous-estime complètement ces phénomènes synergiques. Elle a fixé un taux de résidus acceptable dans l'eau ou les produits alimentaires en ne prenant en compte que le glyphosate et son principal produit de transformation ou métabolite, appelé l'AMPA (acide aminométhylphosphonique). Et cela, quelle que soit la version du Roundup considérée. C'est le cas pour tous les autres pesticides. Une négligence proprement scandaleuse.

Les métabolites sont issus de la transformation par l'organisme vivant (sol, végétal, animal, humain) des molécules chimiques de synthèse. Aux adjuvants employés dans les pesticides correspondent autant de métabolites. Il n'est donc pas normal de ne prendre en compte que l'AMPA, celui du glyphosate. Ces métabolites persistent souvent bien plus longtemps dans l'environnement que la molécule originelle. Ainsi l'AMPA,

dont les effets de génotoxicité ont été démontrés [14], se dégrade très lentement : il est capable de persister 958 jours dans le sol. Des résidus d'AMPA ont été retrouvés dans des plantes un an après leur traitement au glyphosate. On trouve également de l'AMPA dans 55 % des eaux contaminées.

Voilà qui rend bien difficile de prétendre que le Roundup est « biodégradable » ou « écologique » ! Pourtant, sur la foi d'étiquettes le présentant comme un produit bon enfant, beaucoup de jardiniers amateurs l'utilisent, s'exposant ainsi à ses effets, mais exposant aussi leurs enfants, leur entourage en général et leurs animaux domestiques.

Pour obtenir que la firme Monsanto retire ces mentions trompeuses des étiquettes du Roundup, il a fallu des procès. Aux États-Unis, à la suite d'une action en justice intentée contre Monsanto par le procureur général de l'État de New York en 1996, la société a été contrainte de retirer les termes « biodégradable » et « écologique » de sa publicité pour les produits contenant du glyphosate – dans l'État en question du moins. Nos études sur la nocivité différentielle du Roundup et du glyphosate [15] ont été jugées utiles par le bureau scientifique du procureur général [16]. Le mensonge peut se poursuivre dans les autres États américains, tant que la justice n'aura pas tranché.

À la suite d'un procès comparable en France, Monsanto et son distributeur, Scotts France, ont été condamnés en janvier 2007 pour publicité mensongère à propos des mentions « 100 % dégradable ou biodégradable »,

« propre », « respecte l'environnement », « efficacité et sécurité pour l'environnement », « utilisé selon le mode d'emploi, le Roundup ne présente pas de danger particulier pour l'homme et les animaux domestiques ». La peine a été confirmée en appel en octobre 2008, et le pourvoi des firmes a été rejeté en 2009. La justice s'est appuyée là encore sur plusieurs de nos travaux scientifiques [17].

La marque Roundup recouvre toute une gamme de désherbants qui se prétendent adaptés à divers usages (jardins, terrasses, etc.) et sont des variantes du produit originel. Des analyses en laboratoire ont aussi révélé la présence, dans certaines d'entre elles et en proportions variables, d'adjuvants appartenant entre autres à la famille des POEA (amine grasse de suif éthoxylée). Or le POEA, dit substance inerte, est bien actif (selon la définition de la directive de mise sur le marché des produits appelés phytosanitaires [18]) : il endommage les membranes cellulaires, modifie leur perméabilité, amplifie la toxicité déjà produite par le glyphosate et conduit les cellules à leur mort (par apoptose – une forme de suicide cellulaire – et nécrose – une sorte de pourrissement).

Ainsi, en ce qui concerne les pesticides, dont la mise sur le marché est pourtant bien mieux encadrée que celle d'autres produits industriels, la mauvaise foi des industriels n'est pas efficacement corrigée par les règlements sanitaires. Des procès sont en cours à ce sujet.

En février 2012, le Conseil d'État a demandé au ministère de l'Agriculture un nouvel examen de la toxicité du

Roundup Express, sur la requête du MDRGF (Mouvement pour le droit et le respect des générations futures, devenu récemment Générations futures). Le Conseil a rappelé qu'il revient au ministre de procéder à une évaluation complète des risques que ce produit peut présenter pour la santé humaine, la santé animale et l'environnement : « Cette évaluation doit tenir compte, le cas échéant, des effets synergiques entre la substance active et les autres substances entrant dans la composition du produit lorsque leur prise en compte est pertinente pour l'évaluation de ces risques. » Le même mois, le tribunal de grande instance de Lyon a jugé Monsanto responsable de l'intoxication au Lasso (désherbant) de l'agriculteur Paul François, qui souffre de graves troubles neurologiques depuis qu'il a inhalé les vapeurs d'une cuve d'épandage. De son côté, le CRIIGEN a attaqué le ministère de l'Agriculture français pour évaluation insuffisante du Roundup. Celle-ci doit aussi considérer les effets synergiques chroniques de ses adjuvants. Le Conseil d'État n'a pas pris en compte cette requête.

Le rayon des « phytosanitaires », c'est le royaume des mensonges qui rapportent gros mais coûtent cher à nos santés.

Comme par hasard... les OGM stimulent l'emploi des pesticides

Quitterons-nous la contrée des sourires empoisonnés ? Eh bien, non ! Avec les OGM, on reste dans l'empire des pesticides.

Comme je l'ai dit, l'écrasante majorité des OGM cultivés sur la planète, soja, maïs, coton, colza, est en effet composée de plantes transformées pour tolérer un herbicide ou pour fabriquer un insecticide, éventuellement les deux. Qui dit OGM dit donc pesticide associé. Comme on n'arrête pas le « progrès », la prochaine génération d'OGM produira plusieurs insecticides et tolérera plusieurs herbicides à la fois. Toutes les plantes transgéniques cultivées et commercialisées ont des variétés conçues pour pouvoir tolérer le Roundup, l'herbicide le plus utilisé au monde. Les grands céréaliers américains cultivent du maïs ou du soja RR (« Roundup Ready »), autrement dit prêt pour être arrosé de Roundup. Dans les faits, il s'agit de soja au Roundup puisque l'épandage est systématique. Même les graines en contiennent des résidus. Depuis l'introduction du soja transgénique « Roundup Ready », les ventes de l'herbicide associé ont augmenté de 72 % aux États-Unis. Il faut savoir que dans les années 1990 le soja au Roundup est arrivé à point pour créer un nouveau marché : le brevet du glyphosate détenu par Monsanto approchait de son terme et où sa formule allait tomber dans le domaine public (en 2000).

Or, lorsqu'on évalue les risques potentiels des plantes transgéniques pour autoriser leur culture ou leur commercialisation, le problème des pesticides dont elles stimulent l'usage (de plusieurs kilos par hectare) – et par suite les ventes (plusieurs dizaines de millions de tonnes par an) – est peu évoqué : il est considéré comme une question distincte. Le pesticide ayant reçu l'autorisation de mise sur le marché, on l'écarte de l'examen du dossier [19]. Décision très discutable dans la mesure où,

permettant un emploi massif des pesticides, les plantes transgéniques en absorbent davantage que les plantes conventionnelles. Aux États-Unis, on autorise jusqu'à 400 mg/kg [20] de résidus de Roundup dans les plantes OGM (alors qu'avant les OGM le seuil était de 1 mg/kg dans les pays à réglementation). Alors que Monsanto préconise de « tenir [cet herbicide] hors de portée de l'alimentation, même des animaux », il entre à présent dans la composition des aliments. Plus stupéfiant encore : la consommation en Europe de soja transgénique au Roundup a été autorisée sans même que la toxicité de l'association plante-pesticide ait été étudiée.

L'histoire ne s'arrête pas là pour les plantes faites pour mieux tolérer un herbicide. En 2012, la firme Dow Chemical a demandé au gouvernement américain l'autorisation de mise sur le marché d'un maïs tolérant à l'agent orange ! Ce puissant défoliant, produit par Monsanto lors de la guerre du Vietnam, contient de la dioxine. Son utilisation massive par l'armée américaine pendant ladite guerre a provoqué parmi les civils et les soldats en présence des cancers mais aussi, par la suite, des malformations congénitales chez les nouveau-nés. Des résidus d'agent orange dans la plante constitueraient donc un risque avéré pour les consommateurs.

Dans le cas où la plante transgénique a été modifiée pour produire son propre insecticide, le plus souvent il n'y a pas de tests effectués sur celui-ci. On confère cette propriété à la plante en insérant dans son ADN un des gènes resynthétisé et modifié d'un bacille (le plus souvent *Bacillus thuringiensis*, abrégé en Bt) qui produit lui-même une toxine insecticide mutée ou une combinaison de ces

protéines insecticides. Mais premièrement, pour être inséré dans l'ADN de la plante, le gène du bacille est modifié (de quelques pourcent jusqu'à 44 %, selon les OGM) ; deuxièmement, on sait bien qu'un gène ne se comportera pas forcément de manière identique selon l'espèce et la place où il s'est introduit au sein du réseau de gènes. Les tests préalables ne garantissent donc absolument pas l'innocuité de la plante telle qu'elle sera consommée par le bétail, voire par nous-mêmes !

Nous en revenons au même problème qu'avec les pesticides : les tests de toxicité ne s'appliquent pas au produit tel qu'il est réellement utilisé.

Ceux qui ont vu le film de Marie-Monique Robin *Le Monde selon Monsanto* se souviennent probablement de la scène où l'on découvre le président Bush visitant ladite multinationale. Stupéfié par la simplicité de la technologie qu'on lui présente au pays de Disney, animé par les idéaux du libéralisme, il promet de déréglementer ces nouveaux types d'organismes. Le but a été atteint : absence d'étiquetage (sur le continent américain ; il est relatif en Asie ; nous l'avons imposé en Europe) ; évaluation sommaire par des tests dits de l'équivalence en substance, qui visent à démontrer que l'aliment transgénique a une composition identique à celle de l'aliment traditionnel ; absence d'obligation de tests de nutrition sur animaux.

Des dangers qui ne sont pas chimériques !

On parle de « chimère génétique » pour désigner les OGM, par référence à l'animal mythologique composé de

parties d'animaux différents. Les OGM réalisent le mythe en brisant la barrière des espèces. À cela s'ajoutent les zones d'ombre liées à la construction génétique elle-même et à toutes les incertitudes qui l'entourent.

Cela ne m'a pas empêché de pratiquer les biotechnologies, ni de construire des bactéries transgéniques de laboratoire, pour mieux découvrir la fonction ou la place de gènes humains, pendant les quatre années où j'ai travaillé à l'université de Western-Ontario (Canada), puis à celle de Laval (Québec), de 1987 à 1991. J'ai continué à mon retour en France, dès 1991, dans mon laboratoire de Basse-Normandie, lorsque je suis devenu le premier professeur de biologie moléculaire de l'université de Caen (cette discipline en était alors à ses débuts dans de nombreuses universités). J'apprécie et trouve utiles les connaissances et les médicaments générés par les OGM de laboratoire (insuline, hormone de croissance...) qui ne se répandent pas dans l'environnement. Mais, à mes yeux, cela n'autorise pas à prendre les champs des agriculteurs et les assiettes des consommateurs pour la paille des scientifiques, en y mettant les OGM les plus mal faits qui soient.

Alors que leurs promoteurs insistent sur les performances et la sophistication des biotechnologies, ceux qui les connaissent d'un peu plus près savent que la biologie moléculaire n'est encore qu'une science balbutiante. Ils savent que la mise au point d'un OGM est une suite de tâtonnements comportant beaucoup d'échecs – jusqu'à 98 ou 99 %, tant l'insertion d'un gène dans l'ADN d'une autre espèce est aléatoire.

On doit littéralement violer la cellule (par une ouverture liée à un choc électrique, physique, chimique ou thermique) pour qu'avec de la chance un peu d'ADN artificiel se recombine avec un ou très souvent plusieurs endroits imprévisibles (on en utilise d'innombrables copies pour s'assurer de l'efficacité de ces manipulations) de son patrimoine héréditaire. Ainsi les OGM actuels sont-ils encore des brouillons scientifiques. À preuve, l'introduction de gènes marqueurs de résistance à un antibiotique dans certains d'entre eux. Ces gènes, présents par exemple dans le maïs Bt 176 de Novartis et dans le MON 863 de Monsanto, ou encore dans la pomme de terre transgénique de la compagnie BASF [21], n'ont d'autre raison d'être que de faciliter le tri des transformations en OGM [22] et d'abaisser ainsi le prix de fabrication. Ils représentent une commodité pour le producteur mais un risque (même minime) pour le consommateur, à l'heure où la résistance des infections aux antibiotiques dans les hôpitaux cause déjà un nombre significatif de maladies, d'amputations, voire de décès.

Conscients de ce risque difficilement évaluable, les pays européens ont refusé en 1997 l'introduction du maïs Bt 176 en Europe. La France a été la seule à lui donner le feu vert en 1999, sur l'incitation du médecin généticien Axel Kahn, alors président de la CGB (commission du Génie biomoléculaire). En 2000, c'est Novartis qui décide de retirer ce maïs de la vente. Un tel exemple est significatif du fait que les OGM sont créés à la hâte, dans le rush de la concurrence économique, sans attendre que des techniques vraiment fiables aient été mises au point.

Dans ces conditions, faut-il vraiment s'étonner que les industriels n'aient pas souhaité multiplier et approfondir leurs tests ? Ils y auraient perdu sur deux plans : ces tests auraient révélé les approximations et incertitudes des techniques de production et considérablement augmenté le prix de revient des OGM, qui serait passé de 50 à 150 millions d'euros environ – une augmentation non rentabilisée par la vente d'une semence brevetée qui demeure seulement quelques années sur le marché, vite remplacée par une autre, comme tous les produits marchands !

Au départ, donc, les semenciers ont réussi à imposer aux États-Unis l'idée que les OGM n'étaient pas des plantes différentes des autres, et ne nécessitaient aucun test particulier. Cette banalisation reposait sur un raisonnement spécieux : l'ADN étant universel (sa structure est en effet identique quelles que soient les espèces considérées), l'insertion d'un gène, même issu d'une espèce différente, ne changeait rien à la nature propre de l'ADN ni au risque – on n'introduisait aucune hétérogénéité à ce niveau. Et puis, disaient encore les semenciers, les agriculteurs ont toujours opéré des croisements pour améliorer les espèces, en intervenant de fait sur l'ADN de celles-ci. La biotechnologie, permettant des interventions beaucoup plus précises que les hybridations de nos grands-parents, n'est-elle pas beaucoup plus sûre que les procédures d'autrefois ? Certes, mais les croisements pratiqués par les jardiniers ne franchissaient pas la barrière des espèces... Par ailleurs, il y a un fossé entre la greffe d'un arbre qui ne pourra pas se reproduire naturellement et l'insertion d'un gène de poisson dans les fraises pour les rendre

résistantes au gel, ou la fabrication d'un maïs transgénique en vue de produire une enzyme (par exemple, une lipase gastrique de chien permettant d'élaborer un médicament qui soulagerait les désordres digestifs des malades atteints de mucoviscidose [23]) – maïs planté à ciel ouvert dans le Puy-de-Dôme, où se trouvaient jusqu'au début des années 2000 les plus grands champs de pharmaculture d'Europe. Et si l'on veut éviter la propagation de certains gènes dans l'environnement, les précautions à prendre sont aux antipodes selon les OGM.

La banalisation des OGM se fondait en deuxième lieu sur un principe qui allait faire figure de dogme : celui de l'équivalence en substance (comparaison de la composition et de la structure : calories, protéines, vitamines, lipides, glucides, minéraux, acides nucléiques, aminés, etc.). Les fabricants d'OGM disaient que l'analyse nutritionnelle des plantes génétiquement modifiées et de leurs parentes conventionnelles les plus proches ne faisait apparaître entre elles aucune différence importante. Ils se dépêchaient d'en conclure que les plantes transgéniques n'avaient rien de particulier. C'est sur ces bases que se sont faites sur le continent américain la culture et la commercialisation des plantes transgéniques, qui devaient partir à la conquête du monde. Notons en passant que leurs fabricants-promoteurs les jugeaient néanmoins assez différentes pour revendiquer des brevets !

Mais la résistance de l'Europe aux OGM a fini par exercer une telle pression sur les semenciers (dont Monsanto) qu'ils ont mis en place les premiers tests de trois mois sur

des mammifères. Au début des années 2000, nous avons été quelques-uns dans les commissions sanitaires à jouer un rôle dans cette avancée. Depuis 2002, les firmes agrosemencières font parfois figurer des tests de nutrition de 90 jours sur des rats dans les dossiers présentés aux gouvernements européens pour obtenir l'autorisation de culture ou de commercialisation de leurs plantes OGM. Une telle avancée n'a pas été le résultat de l'action des politiques, mais celui des objections précises de quelques contradicteurs scientifiques au sein des commissions. Malgré cela, aujourd'hui encore les dossiers des firmes agrosemencières ne comportent pas obligatoirement des tests de nutrition sur des mammifères (rat, souris, lapin, cobaye, cochon, vache... elles ont le choix de l'espèce). Certaines n'en font pas du tout.

La durée de ces tests, au regard des résidus de pesticides contenus dans la plupart des OGM, au regard aussi de l'absence totale de certitude sur l'effet à long terme d'une nutrition à base d'OGM, me paraît criminellement insuffisante. L'ensemble des tests constituant le dossier d'un OGM est le même partout dans le monde : ils ne sont réalisés qu'une fois et par la firme qui le commercialise. Lorsque la commercialisation ou la mise en culture d'un OGM a été acceptée dans un pays, ce pays n'est pas tenu de réexaminer le dossier, même si un autre pays fait valoir des insuffisances dans l'étude des risques sanitaires ou soulève certaines questions. Ainsi, une divergence (autorisation, ou moratoire, ou interdiction) peut apparaître entre les pays au sujet d'un même OGM.

Qu'omettent de dire les résultats des tests de 90 jours ?

Les résultats des tests de nutrition de 90 jours, comportant des analyses de sang de mammifères, ne permettent pas de conclure à l'innocuité des principaux OGM agricoles que sont le maïs et le soja.

Rappelons qu'en 2003 les professeurs Ian Pryme, du département de biochimie et de biologie moléculaire de l'université de Bergen (Norvège), et Rolf Lembcke ont analysé plusieurs études toxicologiques fournies à la FDA (Food and Drug Administration), dont une étude de Monsanto [24] sur l'éventuelle toxicité du soja Roundup Ready, publiée en 1996. Pryme et Lembcke ont révélé que le protocole expérimental et l'analyse des résultats comportaient toute une série d'imprécisions scientifiques [25]. S'ils n'ont pas pu étudier les données brutes des tests de Monsanto (arguant du secret commercial, la firme n'en a pas autorisé l'accès), leurs résultats se révèlent néanmoins troublants : les analyses toxicologiques de Monsanto auraient été très limitées ; l'examen des intestins ainsi que celui des estomacs des rats auraient été négligés (une négligence grave dans un examen de toxicologie) ; au final, l'étude manquerait de rigueur scientifique, et par suite de fiabilité. Il suffit de lire les conclusions de cette dernière : « les études toxicologiques fournissent une certaine assurance qu'aucun changement majeur ne s'est produit avec le soja modifié génétiquement ». Plusieurs questions sont donc passées sous silence : Quels sont les changements mineurs ? Est-ce qu'une « certaine assurance » est un gage de sécurité alimentaire suffisant pour la

commercialisation d'un produit ? Or c'est sur la base de cette étude qu'a été justifiée l'introduction des OGM dans la chaîne alimentaire.

Au début des années 2000, la firme Monsanto joue pourtant l'ouverture et invite ses contradicteurs. Je me retrouve alors aux côtés de Roland Vaxelaire, responsable du développement durable du groupe Carrefour, autour d'une immense table ovale avec le P-DG et le conseil scientifique international de Monsanto, dans le sous-sol doré d'un grand hôtel bruxellois. Deux mondes se rencontrent les yeux dans les yeux : celui qui voudrait substituer à tous les sojas du monde le sien, transgénique et breveté, et la distribution alimentaire qui demande plus de clarté sur les contrôles sanitaires. Je suis ce qu'ils appellent « le scientifique témoin ». Le P-DG de Monsanto exprime d'abord sa fierté d'avoir réuni et revendu l'essentiel des brevets issus des biotechnologies des plantes alimentaires, devenues leur activité phare. Mais lorsque je lui demande pourquoi il ne prolonge pas la durée de leurs tests sanitaires, c'est le blanc. Puis il ajoute le plus simplement du monde : « Si cela avait été exigé, on l'aurait fait. » Pourtant, en 2005, Monsanto ira jusqu'à attaquer en cour de justice puis en cour d'appel un pays européen, l'Allemagne, qui voulait rendre publiques les analyses conduites par la firme sur 40 rats ayant mangé son maïs transgénique MON 863, pour lequel elle avait déposé une demande d'autorisation de commercialisation. Monsanto a perdu ce procès. L'accès aux tests nous apprendra que l'expérience portait sur 400 animaux. La moitié d'entre eux ont fait l'objet d'analyses sanguines et urinaires. Et sur les 80 soumis au

régime OGM, seulement 40 ont fait l'objet d'analyses de sang.

En 2007 [26] et 2009 [27], nous avons contre-expertisé plusieurs évaluations sanitaires conduites par Monsanto (sur les maïs Mon 863, Mon 810 et NK 603) et mis en évidence des signes de toxicités sur les foies et les reins – signes que les firmes et les autorités sanitaires ont voulu négliger. En 2011 [28], nous avons contre-expertisé les tests portant sur la toxicité de 19 variétés de maïs et soja OGM comestibles, commercialisées. Il y eut de nombreuses controverses, et nous avons longuement répondu par voie scientifique aux militants pro-OGM. Il est rare, dans notre milieu, qu'une polémique enfle à ce point. Pour preuve, notre dernière contre-expertise a été consultée près de 86 000 fois par la communauté scientifique [29]. De surcroît, ces tests, nous les avons obtenus par voie juridique ou officielle. Ils étaient tenus confidentiels par les compagnies (tout comme le sont ceux qui concernent les pesticides et autres produits chimiques) au prétexte du secret industriel ; il a fallu se battre contre elles pour y mettre le nez.

La publication ou le libre accès aux données sont les conditions fondamentales de l'objectivité et de la transparence de la science. Pourtant, ni les producteurs d'OGM, ni (fait bien plus scandaleux) les agences sanitaires, telles la FDA (USA) ou l'EFSA (Europe) ou la FSANZ (Australie), n'acceptent d'éclaircir le doute, comme ils le pourraient en ordonnant ou en commanditant la répétition des tests et leur prolongation.

Autre motif, certainement : les tests de toxicité subchroniques sur les animaux (c'est-à-dire limités à une durée de quelques mois, ou de quelques années chez les espèces vivant une ou deux décennies) ont un coût très important (entre 200 000 et 800 000 euros selon les analyses pratiquées). Cela explique qu'ils ne soient ni systématisés pour tous les OGM ni systématiquement refaits lorsque le doute s'installe. La rentabilité économique des OGM – qui repose essentiellement sur les subventions accordées par les États – serait compromise si leurs fabricants étaient obligés de pratiquer les tests très coûteux qui seuls assureraient de leur innocuité. Les bénéfices attendus de la vente d'une semence particulière ne permettraient pas toujours d'amortir le coût de ces vérifications et certainement pas celui d'expériences complémentaires en cas de résultats douteux.

Pourtant, les États financent directement la recherche par le biais de grands organismes publics et accordent en outre de très généreux dégrèvements fiscaux sous la forme de crédits d'impôts pour la recherche, permettant ainsi aux firmes de développer biotechnologies et nanotechnologies. Ainsi, en 1999, Claude Allègre, à l'époque ministre de l'Éducation nationale et de la Recherche, fervent promoteur des OGM, a lancé le projet Génoplante sur l'incitation d'Axel Kahn, devenu après sa démission de la CGB directeur scientifique adjoint pour les sciences de la vie de Rhône-Poulenc. Budget prévisionnel : 1,4 milliard de francs. Environ 40 % des fonds devaient provenir des organismes publics de recherche partenaires (INRA, CNRS, CIRAD, IRD), 30 % de l'État et 30 % des entreprises privées fabricantes

d'OGM (dont Rhône-Poulenc, devenue Aventis après sa fusion avec Hoechst, ou Biogemma, qui réunit plusieurs groupes semenciers importants). L'un des deux grands objectifs : le séquençage et le clonage de cinq grandes espèces agricoles cultivées en Europe (maïs, blé, colza, tournesol, pois), et la protection des connaissances acquises à travers un portefeuille de brevets. Amélioration des variétés, création d'espèces nouvelles : quels magnifiques cadeaux aux semenciers ! Mais quel avenir pour le vivant, pour nos agriculteurs ?

Voilà beaucoup de raisons pour que les industriels cherchent à contourner les tests. Les réaliser prendrait assurément du temps, augmenterait les coûts et ralentirait la course aux brevets. Leurs résultats risqueraient de freiner encore plus les choses : les zones d'ombre éventuelles obligeraient à pratiquer d'autres tests, prolongeant les délais et occasionnant de nouvelles dépenses. Ils accroîtraient d'autant le prix de revient des OGM, des pesticides ou des produits industriels (matériaux, plastifiants, etc.), dont la mise au point est déjà fort onéreuse. Or, les produits transgéniques ne peuvent pas se permettre d'être plus chers que les autres sur le marché. Qui, alors, les achèterait ? Le consommateur ne voudrait pas payer plus cher des produits qui n'offrent ni une meilleure qualité gustative ni un avantage diététique.

Il faut bien y revenir, malgré les beaux discours présentant les OGM comme des solutions d'avenir aux problèmes cruciaux de la planète (sécheresse, maladies, carences alimentaires...), ceux actuellement cultivés à travers le monde servent :

1. à faire vendre plus de pesticides par les mêmes compagnies ;
2. à généraliser le modèle de l'agriculture intensive, le plus subventionné de par le monde, même aux États-Unis ; ce modèle n'est pas seulement le plus polluant, il est aussi le plus coûteux (dans tous les sens du terme) en conséquences environnementales ;
3. à amorcer la privatisation des ressources alimentaires mondiales par la mise sous brevet (la confiscation) progressive de la majorité des semences cultivées.

On comprend donc que les fabricants n'aient aucune envie d'encourager un point de vue critique sur cette bien discutable manifestation du progrès. Un vrai débat finirait inévitablement par poser la question de l'(in)utilité sociale des OGM et les obligerait à mettre le pied dans l'engrenage d'un débat fondé sur des preuves factuelles.

Il est exorbitant que des principes de base soient remis en cause dans un domaine comme celui de l'alimentation, dont l'impact sur la santé et l'environnement est si crucial.

1. Ce qui représente un tiers de la consommation européenne. Voir <http://cdurable.info/Congrès-Pesticides-Sante-Paris-Semaine-sans-Pesticides-2012.html>.
2. « Rapports sur la pollution des eaux de rivières et de surface », IFEN (Institut français de l'environnement, www.ifen.fr).
3. En France, les herbicides représentent environ 40 % des ventes de pesticides ; les fongicides environ 30 % ; les insecticides environ 20 %.
4. EPA, Data Validation. Memo from K. Locke, Toxicology Branch, to R. Taylor, Registration Branch, Washington, 9 août 1978.
5. Ainsi, les travaux qui ont mis en évidence la perturbation hormonale provoquée par un composant des plastiques (tétines de biberon, jouets), le bisphénol A, n'ont pas été immédiatement pris en compte, notamment parce qu'ils ne s'étaient pas déroulés de façon tout à fait conforme aux BPL. Ceux de Sakaue et de son équipe, par exemple, qui montrent dès 2001 que des rats mâles soumis à des doses très faibles de bisphénol A (2ng/kg) présentent une altération de la fonction de reproduction (M. Sakaue et al., J. Occup. Health [2001], 43, p. 185-190). Ou ceux de Chitra et de Herath qui démontrent les effets de ce composant des plastiques sur la production spermatique (diminution du nombre de spermatozoïdes) de l'animal adulte (K.C. Chitra et al. (2003), Toxicology, 185, p. 119-127 ; C.B. Herath et al. (2004), Endocrine, 25, p. 163-172. Ainsi que ceux de Ropero et ses collaborateurs, qui constatent en 2008 que l'exposition de souris mâles au bisphénol A provoque un dysfonctionnement du pancréas et une augmentation du risque de diabète de type II (A.B. Ropero et al. (2008), Int. J. Androl., 31, p. 194-200).
6. À la suite de la publication de nos premiers travaux sur les effets du Roundup sur les cellules placentaires humaines : S. Richard et al. (2005), Environ. Health Perspect., 113 (6), p. 716-720.

7. Voir G.-É. Séralini, *Génétiquement incorrect*, Flammarion, 2003, p. 120-123.
8. D.A. Savitz et al. (1997), *Am. J. Epidemiol.*, 146, p. 1025-1036.
9. L. Gaspari et al. (2011), *Hum. Reprod.*, 26 (11), p. 3155-3162.
10. Il a participé en octobre 2009 à la rédaction de cinq articles sur ce sujet publiés dans la revue scientifique *European Journal of Agronomy*.
11. L'oursin est reconnu comme un excellent modèle expérimental du cycle cellulaire.
12. Voir J. Marc et al. (2002), *Chem. Res. Toxicol.*, 15, p. 326-331 ; R. Bellé, *Journal de la Société de biologie* (2007), 201 (3), p. 317-327.
13. Le résultat de ces recherches a donné lieu à plusieurs articles dans des revues scientifiques internationales depuis 2005. Citons notamment : S. Richard et al. (2005), *Environ. Health Perspect.* ; N. Benachour et al. (2007), *Arch. Env. Contam. Toxicol.* ; N. Benachour & G.-É. Séralini (2009), *Chem. Res. Toxicol.* ; L. Gasnier et al. (2009), *Toxicology* ; L. Gasnier et al. (2010, 2011), *J. Occup. Med. Tox.* ; Mesnage et al. (2012), *J. Applied Tox.* ; E. Clair et al. (2012), *Tox. in Vitro*. Détails sur www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed.
14. F. Manas et al. (2009), *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 72, p. 834-837.
15. Voir supra p. 49, note 3.
16. Il publia à ce sujet une lettre dans la revue *Environmental Health Perspectives* (2005), 113.
17. À cette occasion, j'ai été amené à témoigner longuement à la Répression des fraudes.
18. Selon le règlement 1107/2009 : « les substances actives sont destinées à [...] exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives ».

19. Lorsque je siégeais à la CGB (commission du Génie biomoléculaire, 1998-2007), plusieurs représentants du ministère de l'Agriculture ont reconnu cette lacune dans l'évaluation du soja transgénique tolérant au Roundup, sans s'en alarmer pour autant.
20. On écrit aussi ppm ou partie par million.
21. À la suite de nombreuses polémiques, BASF a renoncé à la culture de cette pomme de terre au début de l'année 2012.
22. L'introduction d'un gène de résistance aux antibiotiques est un moyen commode de trier les cellules dans lesquelles la transplantation de gènes a réussi : ainsi ne succombent-elles pas aux antibiotiques, alors que les cellules dans lesquelles la transplantation n'a pas réussi meurent. Cette technique réduit considérablement le prix de revient.
23. Alors que ceci est parfaitement réalisable en incubateur, comme pour l'insuline.
24. Bruce Hammond et al. (1996), « The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance », *The Journal of Nutrition*, 126 [3], p. 728-740.
25. Voir Pryme & Lembcke (2003), *Nut. and Health*, 17, p. 1-8.
26. G.-É. Séralini et al. (2007), *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 52, p. 596-602.
27. J. Spiroux et al. (2009), *Int. J. Biol. Sc.*, 5, p. 706-726.
28. G.-É. Séralini et al. (2011), *Env. Sc. Europe*, 23, p. 10-20.
29. www.springeropen.com/mostviewed (janvier 2013).

II

Une première scientifique mondiale

Le philosophe Karl Popper a défini les sociétés ouvertes comme celles qui admettent la possibilité de remettre en cause les certitudes, de les vérifier rationnellement ou de prouver leur fausseté. Une proposition, pense-t-il, est scientifique quand elle accepte le risque de la réfutation. Le refus de soumettre à cette épreuve des propositions telles que « les OGM même arrosés de pesticides sont absolument inoffensifs » témoigne non d'une attitude scientifique mais d'un dogmatisme moderne, non moins autoritaire et obscurantiste que celui de l'Église à l'époque où elle « instruisait » le procès de Galilée.

Aujourd'hui, grâce à la sensibilisation d'une partie des acteurs sociaux, cette expérience inédite a pu se dérouler, et il est temps de prendre l'opinion à témoin, de lui donner les éléments pour comprendre le dossier et se former un jugement indépendant des arguments d'autorité que ne manqueront pas de faire valoir les parties intéressées au statu quo.

Des hommes de bonne volonté

La question des OGM et des polluants intéresse les citoyens [1]. L'auditoire des conférences, qu'il s'agisse du public scientifique, associatif ou entrepreneurial, ne souffre pas de la même surdité que les experts scientifiques des commissions sanitaires. Quand on lui présente, arguments à l'appui, les zones d'ombre qui entourent des problèmes touchant directement à sa santé, il s'émeut, réagit, saisit qu'il faut approfondir les tests. Les responsables des métiers de l'alimentation (viticulteurs, agriculteurs, producteurs, transformateurs, cuisiniers, restaurateurs, directeurs et cadres de la grande distribution) forment un public particulièrement intéressé, du fait de leur responsabilité professionnelle.

La grande distribution face aux problèmes de sécurité alimentaire

C'est de ce désir de « faire quelque chose » contre un statu quo intolérable et dangereux qu'est née une solution pour réaliser l'expérience que je ne réussissais pas à faire inscrire au programme des organismes de recherche publics. Certains professionnels de la distribution, sensibilisés aux alertes, ont commencé à en parler autour d'eux. Car ce sont eux qui sont responsables des produits

qu'ils mettent en vente, ce sont eux qui avaient été victimes des millions de méventes lors de la crise de la vache folle : or, ils n'étaient pour rien dans l'autorisation d'utiliser des farines non chauffées qui avaient véhiculé l'agent pathogène, le prion, ils ignoraient même ce qui se passait. Et voilà que la nourriture des animaux qu'ils vendaient changeait encore de nature avec ces maïs et soja transgéniques qui n'étaient pas soumis à des contrôles !

La grande distribution a été sensibilisée aux questions de sécurité sanitaire à partir de scandales de cet ordre apparus dans les années 1990. Il n'est pas inutile d'y revenir un peu, afin de comprendre pourquoi elle nous a apporté une aide décisive.

Les scandales qui se sont succédé ont mis en cause tantôt le domaine médical (affaires de l'hormone de croissance, du sang contaminé, du Distilbène, de l'Isoméride, tout récemment du Mediator...), tantôt le domaine de l'environnement (amiante, chlordécone...), tantôt celui de l'alimentation (crise de la « vache folle », poulets et œufs à la dioxine en Belgique...).

À la suite de la crise de la « vache folle », la mise en évidence de carences indéniables dans la sécurité sanitaire a poussé le gouvernement français à créer, en 1998, plusieurs organismes chargés de mieux veiller sur elle : le Comité national de la sécurité sanitaire (CNSS), l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), qui deviendra l'ANSES. La traçabilité des produits alimentaires a été améliorée.

Le gouvernement français s'est aussi résolu à retranscrire dans la loi une directive européenne de 1985 concernant les produits défectueux. La loi n° 98-389 du 19 mai 1998, « relative à la responsabilité du fait des produits défectueux », marque un tournant important. Elle s'applique entre autres aux denrées alimentaires transformées et aux matières premières agricoles (issues du sol, de l'élevage, de la chasse et de la pêche). Elle élargit la responsabilité de la nocivité d'un produit à tous les professionnels : les producteurs au sens strict, mais aussi les distributeurs, qu'ils apposent ou non leur marque sur ce produit. Le vendeur ou tout autre fournisseur professionnel est rendu responsable par cette loi, au même titre que le producteur. Il lui est loisible ensuite de se retourner contre ce dernier. Du fait de cette loi, les distributeurs se sont donc trouvés mis en demeure par l'État de veiller à la sécurité sanitaire de leurs marchandises. Mais l'État leur fournissait-il, par le biais de son propre système de contrôle sanitaire (la délivrance d'autorisations de commercialisation par les agences gouvernementales), des certitudes sur lesquelles ils pouvaient se reposer ? Justement pas : les scandales cités prouvaient que le contrôle gouvernemental sur les produits industriels était trop laxiste.

C'est à partir de là que la grande distribution a commencé à se montrer attentive à la qualité chimique des produits qu'elle commercialisait et à communiquer sur ce choix. Sa responsabilité juridique se trouvant désormais engagée, elle s'est intéressée davantage aux conditions de production des denrées qu'elle distribuait. Il s'agissait aussi de lutter contre l'image dégradée d'un commerce de masse, augmentant ses marges au détriment des

producteurs, de ses employés et des consommateurs, abaissant les coûts en distribuant des produits de piètre qualité gustative et diététique. Les grandes chaînes de distribution étant devenues l'un des emblèmes de la « malbouffe », on comprend qu'il ait été urgent de réagir. La sensibilisation d'une partie de l'opinion publique à la qualité des produits alimentaires et aux bienfaits du « bio » ouvrait aussi un marché que la grande distribution aurait eu tort de ne pas vouloir conserver ou conquérir.

Bien sûr, pour que ce virage soit pris, il a fallu que des hommes et des femmes de bonne volonté s'en mêlent, motivés par des convictions d'ordre moral plus qu'économique. Les choses ne bougent en général que sous l'impulsion d'individus dont les prises de position éthiques rencontrent à point nommé les intérêts des forces économiques dont ils sont les représentants.

Chantal Jacquet, par exemple, directrice des produits de la marque Carrefour dans les années 1990, s'est impliquée avec courage et ténacité dans la création de produits sans OGM. Elle l'a fait au nom du civisme : les OGM arrivaient, elle s'est informée à diverses sources sur ce qu'on en savait, et son intime conviction a été que l'on n'avait aucune certitude de leur innocuité. Elle a donc voulu que les produits commercialisés sous la marque Carrefour en soient exempts. Ce faisant, elle a été conduite à faire identifier les composants de tous les produits vendus sous cette marque, et, lorsque des ingrédients dérivés d'OGM étaient repérés, à demander au fabricant des solutions de substitution. De proche en proche, Chantal Jacquet s'est aperçue qu'elle ne pouvait

faire autrement que de remonter jusqu'au point de départ, c'est-à-dire jusqu'aux agriculteurs et aux semences, et de créer des filières sans OGM dans les pays exportateurs de soja ou de maïs.

Ces producteurs respectent un cahier des charges élaboré par les dirigeants de Carrefour et se plient à des procédures de contrôle. La grande distribution peut ainsi se poser en promoteur du développement durable. Elle a souvent demandé conseil au CRIIGEN, qui a régulièrement expliqué à l'opinion et aux pouvoirs publics pourquoi l'étiquetage et la traçabilité des OGM étaient indispensables. Le CRIIGEN a aidé la Fédération européenne du commerce et de la distribution et le groupe Carrefour dans leurs efforts pour éclairer le choix du consommateur et obtenir que les règlements européens prévoient l'étiquetage des OGM, pour établir un premier frein à une évaluation mal faite.

La grande distribution est donc un acteur économique sensibilisé à la question de la sécurité alimentaire, en partie par crainte des retombées (juridiques et financières) qu'auraient sur elle d'autres scandales sanitaires, en partie par opportunisme ou intérêt bien entendu. Et cela bien que la mise en place des filières non-OGM n'ait pu bénéficier d'une publicité adéquate, du fait des difficultés juridiques qu'elle rencontrait. Les préoccupations environnementales, qualitatives et sanitaires de la grande distribution lui permettent également de reprendre la main par rapport à l'industrie agro-alimentaire, notamment en amorçant le contrôle des filières de production. Le puissant consortium de la distribution alimentaire apparaît ainsi comme un agent

économique capable, en développant les filières bio, non-OGM, et les contrôles de pollution chimique dans les aliments (au sein de laboratoires privés ou de ses propres laboratoires), de veiller efficacement à l'écologie. Il se donne pour plus vertueux que d'autres industriels et plus efficace que l'État. Beau renversement, après avoir écrasé les petits commerçants et favorisé à outrance l'agriculture intensive !

Gérard Mulliez, le fondateur d'Auchan (douzième groupe de distribution alimentaire dans le monde), participe à ce mouvement. Il a créé l'association Fontaine qui, entre autres choses, forme les cadres du groupe et de firmes (associées ou non) aux problématiques de l'environnement et de la sécurité sanitaire. Il a pris fait et cause pour notre projet, ainsi que Jacques Dublancq, l'un de ses bras droits, et c'est à partir de là que les choses se sont mises à bouger. La possibilité de mener notre expérience a commencé à s'esquisser. Leur conviction intime est que le XXI^e siècle ne pourra éviter de gérer les énormes problèmes liés à la croissance de la population mondiale, à l'épuisement des ressources naturelles et à la dégradation accélérée de l'environnement. Ils sont persuadés que les entreprises qui sauront les premières s'adapter à cette nouvelle donne réussiront mieux que les autres.

Entre les premiers frémissements et le moment où le million d'euros sans lequel rien ne pouvait démarrer a été réuni, de l'eau a coulé sous les ponts. Il a fallu revenir à la charge, persuader, convaincre.

Le soutien original du CRIIGEN

Nous avons cependant dû sortir de ce cadre pour organiser le montage financier nécessaire à l'expérience. Pour éviter tout rapprochement disqualifiant avec les méthodes des industriels, il fallait un cloisonnement net entre les scientifiques, qui menaient cette expérience dans le respect d'une éthique de l'indépendance et de l'objectivité, et les associations qui la subventionnaient. L'association Fontaine a permis de recruter plusieurs dizaines de donateurs qui se sont eux-mêmes regroupés sous le nom de CERES [2]. Cette autre association, créée par Jacques Dublancq, a débloqué une première somme d'environ 500 000 euros qui nous a permis de mettre en route les premières phases de l'expérience.

Il n'était toutefois pas concevable qu'elle soit le commanditaire direct de l'étude. Nous ne pouvions nous exposer à apparaître aux yeux de nos détracteurs comme des scientifiques financés directement par le lobby de la grande distribution – d'une façon symétrique aux experts influencés par celui de l'agro-alimentaire. Et cela même si de nombreux autres métiers étaient représentés au sein de CERES.

Le CRIIGEN, alors sous la présidence efficace de Corinne Lepage, a joué un rôle capital dans le montage de l'expérience car il a assuré l'interface entre les associations donatrices (CERES, puis, on le verra, la fondation Charles Léopold Mayer pour le progrès de l'homme avec son directeur Matthieu Calame, spécialiste de l'agriculture de proximité et durable, et quelques autres) et le comité directeur de l'expérience.

Le CRIIGEN, déjà lié par une convention financière et de recherche avec l'université de Caen, subventionne régulièrement des bourses de recherche pour les étudiants, des expériences, des achats de matériel, comme le font les organismes de recherche d'État (INRA, CNRS ou INSERM), sinon qu'il s'agit dans son cas de l'apport d'une association. Dans le cadre de ladite expérience « In vivo », le CRIIGEN a géré les fonds à l'aide d'un cabinet d'experts-comptables et d'un commissaire aux comptes. Le projet « In vivo » s'est appuyé sur un comité d'administration et un conseil scientifique. Mon équipe de recherche a été coordinatrice.

Des chercheurs à toute épreuve

Comme la plupart des recherches scientifiques, cette expérience n'aurait pu aboutir sans un étroit travail d'équipe. Depuis plusieurs années, un petit groupe de chercheurs à toute épreuve s'est associé aux travaux de mon laboratoire sur les polluants et les OGM. Je dis à toute épreuve car nous avons traversé ensemble bien des difficultés : nous avons été décriés, nous avons dû faire face à des mécomptes et à toutes sortes d'obstacles imprévus sur notre parcours.

Le directeur scientifique adjoint de l'expérience, Joël Spiroux, est un médecin au parcours étonnant, ce qui explique son intérêt pour les pathologies environnementales. Sa double formation en agronomie (il a d'abord été technicien agricole) et en médecine le prédispose à aborder l'influence de l'environnement sur l'homme. Et sa vivacité d'esprit, son dévouement sans limite l'ont rendu prompt, au cours de l'expérience, à

proposer des investigations en profondeur et systématiques (de paramètres sanguins sur le fonctionnement rénal, par exemple), qui n'ont pas été sans nous causer des soucis budgétaires ! Enfin l'équipe s'est agrégée, évidemment : les chercheurs de mon laboratoire de l'université de Caen, les maîtres de conférences, mais aussi les étudiants en mastères et les doctorants, dont les sujets de recherches sont en rapport avec les problèmes soulevés par les polluants et les OGM. Ce petit monde de biologistes et d'apprentis chercheurs constitue une communauté plutôt bien soudée, dont la base est le campus de Caen.

1. Depuis dix ans, je prononce entre trente et cinquante conférences par an, en France et à l'étranger. Elles me permettent d'ailleurs de financer les recherches de mes doctorants – j'aurais peut-être du mal à trouver d'autres bourses compte tenu des préventions de certaines personnes de mon université à l'encontre de l'orientation de mes travaux.

2. L'association CERES a pour objet l'étude et l'information relatives à l'influence de l'alimentation, de l'environnement et des modes de vie sur le bien-être et la santé. Dans la mythologie romaine, Cérès est associée à la croissance végétale et la terre.

Recherche désespérément graines génétiquement modifiées

Avant de démarrer l'expérience, il fallait d'abord déterminer sur quel OGM nous allions la faire porter. Le soja ? Plante génétiquement modifiée la plus cultivée au monde, c'est aussi celle qui a le plus de chances de se glisser à notre insu dans l'alimentation par le biais des produits alimentaires industriels [1]. Il aurait donc été logique de la choisir. Nous importons du soja OGM mais sa culture n'est pas autorisée en Europe, tandis que l'est celle d'un type de maïs transgénique, du moins expérimentalement [2]. L'Europe cultive du maïs : plusieurs millions d'hectares selon les années, ne serait-ce qu'en France. C'est bien plus que les cultures de soja, réparties sur environ cent mille hectares. En effet, dès 1993, les États-Unis et l'Europe ont conclu un accord commercial limitant les surfaces européennes d'oléagineux, donc de soja. Cela nous a rendus artificiellement et commercialement dépendants du soja OGM, qui devait être breveté et voir le jour une ou deux années plus tard aux États-Unis, et que nous importons. La plupart des demandes d'autorisation d'importations ou de cultures OGM sur lesquelles les commissions européennes ont à trancher concernent donc des variétés de maïs pesticide (maïs tolérant à l'herbicide ou maïs produisant son propre insecticide, comme on l'a vu).

L'idéal, bien sûr, aurait été de tester le soja au Roundup (quasiment le seul caractère du soja transgénique à travers le monde) et les deux principaux types de maïs transgénique (tolérant à l'herbicide et producteur d'insecticide), et ce de deux façons (sur des mammifères adultes et sur le développement de jeunes mammifères). Mais cette expérience complète aurait multiplié par cinq un budget qui paraissait déjà presque impossible à réunir. C'est pourquoi il a été finalement décidé d'étudier sur une population de mammifères adultes les effets d'une alimentation à base de maïs transgénique NK 603, tolérant à la molécule herbicide la plus utilisée au monde, le glyphosate, donc au Roundup commercialisé par Monsanto. Nous allions ainsi tester à la fois la plante la plus représentative des cultures OGM en Europe et celle dotée du caractère génétiquement modifié le plus répandu dans le monde : la tolérance à l'herbicide Roundup.

A pesé également dans cette décision le fait que le Roundup et moi sommes devenus de vieilles connaissances. Je ne m'en laisse plus conter par lui, malgré ses airs de sainte nitouche. Je connais son action pernicieuse à des doses infinitésimales sur différents types de cellules humaines (des cellules embryonnaires, des cellules de placenta, des hépatocytes, des cellules de cordon ombilical...). Les expériences menées par mon équipe de recherches [3] à Caen ont établi que le glyphosate, molécule active de l'herbicide, bloque l'activité de l'aromatase, l'enzyme indispensable à la synthèse des estrogènes. L'herbicide complet (l'ingrédient actif et ses adjuvants de formulation) provoque la mort des cellules. Il est plus nocif que le glyphosate seul.

J'insiste encore là-dessus, car l'idée selon laquelle le glyphosate est le nom chimique du Roundup et la seule substance à tester est extrêmement répandue et dommageable à la santé.

Je me sentais donc bien préparé non seulement pour observer ses effets, mais encore pour en expliquer les causes. Si j'avais choisi d'étudier en premier lieu les effets d'un maïs insecticide (le MON 810, par exemple), j'aurais eu besoin d'isoler l'agent insecticide produit par cette plante, afin de comprendre d'où provenaient les effets indésirables possibles. Or, lorsque l'expérience a démarré, je n'avais pas encore les moyens techniques ou les collaborations pour l'obtenir. Avec le Roundup, on n'a pas ces problèmes : il suffit d'aller l'acheter en magasin !

Pour les graines génétiquement modifiées, c'était plus délicat. Il nous fallait des semences certifiées pour que l'expérience soit probante. Mais comment se les procurer ? Les producteurs de semences OGM veillent jalousement sur elles. Nous étions seulement au point de départ de l'expérience et nous allions y rester un certain temps. De 2006 à 2008, pour tout dire. Deux années de tentatives avant de trouver le moyen d'obtenir le produit nécessaire à l'expérience ! Nous avons songé à nous adresser aux agriculteurs. La culture du maïs NK 603 n'est pas autorisée en Europe à des fins commerciales, mais elle l'est de façon expérimentale. Nous aurions pu en trouver. C'était compter sans les contrats mis en annexe par ses propriétaires.

À cette époque, je ne prononçais pas une conférence sur les OGM devant le monde agricole, scientifique ou autre,

sans conclure sur la nécessité de mener des tests de nutrition vraiment révélateurs sur une population de rats durant deux ans comme pour les médicaments. Et j'ajoutais que pour cela il faudrait trouver des volontaires qui mettent à la disposition des chercheurs une certaine quantité de maïs NK 603. Cependant les agriculteurs risquaient gros à répondre favorablement à cette demande : le contrat les liant le cas échéant à Monsanto comporte en effet une clause interdisant l'utilisation des semences pour la recherche.

Même en Espagne, pays d'Europe où il y a le plus de cultures OGM, pas de volontaires. À chaud, les réactions étaient très positives ; ensuite, personne ne voulait prendre le risque de nous fournir des semences et de les faire pousser à titre expérimental (les cultures commerciales étant pourtant seules interdites) dans des conditions déterminées et contrôlées. On craignait qu'après la publication scientifique Monsanto ne retrace la route que nous avons empruntée pour nous les procurer. Nos recherches nous ont conduits jusqu'en Roumanie, où l'on cultivait non du maïs mais du soja OGM tolérant au Roundup, du moins avant que le pays n'intègre l'Union européenne. L'espoir d'aboutir m'a un temps convaincu de modifier mes plans et de mener l'expérience sur cette plante. Mais là encore, tout est tombé à l'eau. Pas davantage de succès aux États-Unis. Certains agriculteurs, alertés par les pathologies des animaux qu'ils nourrissaient aux OGM, nous prêtaient une oreille favorable, mais n'osaient jamais passer à l'acte en faisant pousser des semences. De contact en contact, la quête a fini par s'orienter vers les lycées agricoles, qui pratiquent des cultures expérimentales. C'est au Canada

que l'un d'eux s'est décidé à cultiver les maïs dont nous avions besoin.

Nous avons établi un cahier des charges très précis. Il a fallu trouver un maïs conventionnel génétiquement aussi proche que possible de la variété OGM testée pour nourrir le groupe de rats témoins (celui non soumis au traitement). Il devait être cultivé sur le même terrain que le maïs transgénique de sorte que sa composition ne soit pas modifiée par des différences de sol ou de climat. Nous avons passé un accord avec le lycée en question sur le nombre d'hectares cultivés en maïs NK 603 d'une part, en maïs non transgénique de l'autre, sur la localisation des parcelles ensemencées (elles devaient être assez éloignées les unes des autres pour limiter les risques de contamination), sur le suivi régulier de la croissance, sur l'épandage d'herbicide, sur les procédés de récolte, de séchage, de stockage. C'était un protocole de recherche et non de simple culture qu'il fallait fixer, et chaque détail devait être contrôlé. On ne pouvait se permettre aucun imprévu, aucun facteur de variation inattendu. Mais toutes ces précautions avaient évidemment un coût et faisaient grimper l'addition des récoltes à venir.

Une fois tout fixé, nous avons cru respirer. Mais le lycée a reçu les semences qu'il devait cultiver pour nous, et avec elles les nouveaux contrats que la firme semencière demandait de signer. Ils stipulaient (comme d'habitude) que les acheteurs ne doivent en aucun cas se livrer à des recherches sur les semences. Révoltant ! De nombreux chercheurs américains l'ont dénoncé par des pétitions musclées. Des revues scientifiques les ont relayés. Mais que faire ? Nouvelles craintes de nos interlocuteurs, et

nouvelles réticences. Après le premier moment de découragement, nous avons réfléchi.

Avions-nous l'intention de faire des recherches sur les semences ? En aucun cas. De les replanter pour les croiser avec d'autres variétés ? Non plus. C'est surtout leur recherche agronomique que les semenciers craignent de voir piratée. Ils ne veulent pas prendre le risque de voir leurs brevets s'envoler en fumée, et limitent donc les échanges usuels de graines entre paysans, entre ceux qui ont pourtant fondé grâce à ces échanges l'activité immémoriale de l'agriculture et la biodiversité comestible que nous connaissons. Notre étude, elle, ne porterait que sur la santé des animaux nourris avec la plante issue de ces semences.

Les graines récoltées, précisait encore le contrat, devraient être strictement réservées à la consommation animale. Là encore, pas de problème ! Aucun grain de maïs n'aurait d'autre destination que les vérifications d'usage et l'estomac des rats.

Des juristes du CRIIGEN et d'autres pays que la France ont confirmé la validité de notre raisonnement.

Pendant l'été 2007 ont donc mûri outre-Atlantique les épis de maïs qui portaient nos espoirs. Ne précisons pas exactement où, car le lycée agricole a exigé que nous ne révélions pas son nom, par crainte de représailles de ses fournisseurs, et de ne plus avoir accès à leurs semences à tester.

Des croquettes de maïs pas comme les autres

C'est à Noël 2007 que notre maïs a traversé l'océan. Passons sur les complications administratives occasionnées par l'embarquement de la commande transgénique expérimentale et par l'entrée en France via le port du Havre de ces gros sacs de jute marron. Une tonne au total. Il a fallu organiser en pleine période de fêtes l'acheminement de notre trésor du Havre jusqu'au lieu où allait se dérouler l'expérience. Que de formulaires n'a-t-il pas fallu remplir ! Le personnel du laboratoire n'en revenait pas de voir arriver cette montagne de sacs, le plus légalement du monde.

Ouf ! les rats vont donc pouvoir se jeter sur ces provisions. Halte-là ! Ne les imaginons pas grignotant les grains tels quels comme des campagnards. Il faut s'occuper de la fabrication de croquettes. Alimentation équilibrée, c'est impératif. On aurait beau jeu, sinon, de dire que leurs éventuels problèmes de santé découleraient d'un nourrissage aberrant. Ces croquettes équilibrées doivent correspondre au régime standard des rats, comme Monsanto l'a fait dans ses tests : elles contiendront 33 % de maïs et 67 % d'autres plantes et éléments (céréales, légumineuses, féculents, sels minéraux, etc.), tout ce qu'il faut pour constituer une ration alimentaire normale, bien dosée en nutriments. Une composition que nous avons pris soin de faire contrôler.

Après qu'un autre laboratoire spécialisé dans le dosage des OGM eut certifié que les maïs reçus correspondaient

à ce que nous avions commandé (un maïs NK 603 traité au Roundup, un maïs NK 603 non traité, et un maïs isogénique non-OGM), nous avons confié les graines à une entreprise spécialisée dans la fabrication de granulés pour les animaux de laboratoire. Nous avons pris soin de faire auditionner ce laboratoire, avec lequel nous n'avions jamais collaboré, pour nous assurer du sérieux de ses pratiques. Le dosage en OGM a été vérifié après la fabrication des croquettes pour s'assurer que les constituants n'avaient pas été dénaturés ou mélangés au cours de leur élaboration. À ce stade, trois laboratoires hautement spécialisés avaient déjà été mobilisés et avaient travaillé en aveugle (sans connaître la nature exacte de ce qu'ils dosaient, ni surtout les objectifs).

Nous voilà donc à la tête d'un bon petit lot de croquettes... à consommer dans les douze mois. Comme l'expérience va se poursuivre au-delà, il faudra recommencer toute l'opération. Bingo !

1. La lécithine de soja est utilisée comme agent émulsifiant ou stabilisant dans 60 à 80 % des aliments transformés. Elle est susceptible de contenir des résidus de pesticides.

2. Le maïs NK 603 disposait d'une autorisation communautaire de mise sur le marché pour l'importation, la transformation et l'utilisation en alimentation animale et humaine. Monsanto a aussi demandé l'autorisation de mise en culture de ce maïs dans l'Union européenne (seul le MON 810 avait reçu cette autorisation). En juillet 2009, saisis par le ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, le Haut Conseil des biotechnologies et le Comité économique, éthique et social ont émis l'avis suivant : « Tant que le binôme NK 603-herbicide à base de glyphosate ne sera pas évalué par des instances coordonnées entre elles ni un plan de gestion de l'herbicide défini, il ne pourra en effet se prononcer sur l'acceptabilité éthique et sociale de la PGM [plante génétiquement modifiée] ni même sur l'intérêt financier et la commodité d'utilisation du maïs NK 603 pour l'agriculteur. »

3. Elle est aujourd'hui l'équipe qui a publié le plus grand nombre d'articles scientifiques sur les effets sanitaires des OGM et pesticides associés (Roundup, insecticides Bt). La note 3 p. 49 en répertorie les principaux.

Des rats à trois millions d'euros

Le bâtiment neuf, fonctionnel, est implanté dans un nouveau parc technologique quasi vide. Des pignons de bois couleur miel adoucissent ses lignes géométriques. Ses coursives blanches, ses lignes pures lui donnent de la légèreté. Au-delà, jusqu'à la lisière des bois, des champs de maïs, conventionnels cette fois. Qui imaginerait qu'on mène dans ce cadre champêtre des tests utilisant les technologies de pointe ? Malgré son apparence banale, on n'entre pas là comme dans un moulin. Il s'agit d'un lieu d'expérimentation très spécialisé. D'abord, un portail surveillé par une caméra. Tous les accès du laboratoire sont protégés par des sas et des codes, des grillages ; tout ou presque est sous vidéosurveillance. Ici, chaque visiteur est sous contrôle, y compris les infiniment petits indésirables : bactéries, microbes, polluants, susceptibles de s'introduire de l'extérieur.

Nous voilà dans un laboratoire de recherche pharmaceutique, qui teste les médicaments sur des cellules et des animaux avant qu'on ne vérifie leur innocuité sur des êtres humains.

Après avoir montré patte blanche, les rares visiteurs agréés doivent se déguiser en scaphandriers : enfiler

combinaison stérile, capuchons, bottes spéciales, gants, mettre un masque devant leur bouche. Bien sûr le personnel lui-même n'intervient dans l'animalerie qu'ainsi vêtu. On n'y pénètre que deux par deux et selon le principe de la « marche en avant » : ne jamais revenir sur ses pas, de façon à limiter les risques de contamination. Les techniciens font le ménage eux-mêmes. Pas de détail qui n'ait son importance, car une inadvertance ou une maladresse peut ruiner la crédibilité d'une expérience aux normes des « bonnes pratiques de laboratoire ».

Au fond d'un dédale de couloirs neutres, oppressants et blafards, une pièce blanche au sol de lino bleu. Odeur douceâtre, pharmaceutique et animale. Des portoirs supportent cent cages contenant deux cents rats. Ce sont des Sprague Dawley, une souche de rats dits Harlan blancs sélectionnée pour les expériences scientifiques et utilisée pour les tests des industriels.

Ils ont une croissance assez rapide : ils atteignent l'âge adulte au bout de cinq semaines. Les Sprague Dawley sont des rats paisibles, qui se laissent volontiers manipuler. Vendus en animalerie, certains passent leur vie comme rats de compagnie et flânent sur les épaules des artistes de rue. J'ai appris à les connaître en recherche dès ma cinquième année d'université (j'étudiais alors l'effet de l'alimentation contaminée par des produits chimiques sur la cancérogénèse hépatique et sur le cycle vaginal des femelles). On élève les Sprague Dawley en les croisant entre eux de façon à obtenir des lignées d'individus quasi identiques génétiquement. Nos deux cents rats ne sont pas des clones, mais il s'en faut de peu,

ce qui réduit au minimum le facteur de la différence génétique dans une étude. En effet, pour mener à bien une expérience scientifique, on doit faire en sorte de réduire toutes les variables, sauf celles qu'on veut tester.

Toutes les précautions possibles sont prises pour que les rats aient une vie uniforme. La pièce n'a pas de fenêtres : elles occasionneraient des différences d'éclairage et d'exposition. L'air contrôlé et filtré est amené par la ventilation. La lumière électrique crée dans la salle un jour artificiel invariable de douze heures. La température est elle aussi constante, entre 20 °C et 22 °C. Tout semble intemporel, au point qu'on se croirait dans un film de science-fiction.

Les rats sont traités dans le respect des normes fixées pour l'expérimentation animale [1] Celles-ci prescrivent notamment la taille des cages destinées aux différents types d'animaux. Pour un rat adulte, la surface au sol minimale doit être de 250 cm². Les cages que nous avons utilisées, prévues pour accueillir deux rats, avaient une hauteur de 18 cm et une surface d'environ 800 cm². Les cent cages, contenant chacune deux animaux, sont placées sur des portoirs à double face. Afin d'éviter que l'emplacement des cages n'introduise des différences (d'exposition, d'éclairage, de ventilation...), le personnel déplace celles-ci régulièrement. Ainsi, à tour de rôle, les cages occupent toutes les positions possibles les unes par rapport aux autres grâce à un roulement après chaque nettoyage. Les soins sont prodigués par les mêmes personnes pendant toute la durée de l'expérience et les visites réduites au minimum. On évite toute perturbation et toute cause de stress. Lorsqu'il est nécessaire de

manipuler les rats pour les mesures et les analyses, les techniciens s'y prennent en douceur. Mais de toute façon, habitués à leurs soigneurs, ces gros rats de 25 cm se laissent examiner avec placidité et confiance. Sortis de leur cage pour la visite médicale, ils restent tranquillement sur les genoux de la personne qui enregistre les diverses mesures et leur prépare un test de comportement.

Tout va reposer pendant ces longs mois sur le travail des techniciens du laboratoire, qui agissent pourtant « à l'aveugle », sans connaître le but de l'expérience, ni la nature exacte des régimes. Vingt-quatre mois durant lesquels, jour après jour, les tâches se succèdent et se ressemblent, même les dimanches, même les jours fériés, même lorsque tout le monde est à la plage. Cette monotonie, cette régularité sont justement une condition essentielle du bon déroulement de l'expérience.

Les rats mâles et les rats femelles occupent des cages séparées et ne se rencontrent jamais. Cependant les deux sexes ne sont pas isolés, de façon à laisser circuler les phéromones, ces substances chimiques qui leur permettent de se sentir et d'être rassurés, et qui contribuent à l'équilibre biologique.

Il faut l'avouer, ils n'ont guère d'autre distraction que les visites des techniciens. Cette existence de prisonniers paraîtrait pourtant un paradis à des millions d'animaux, poulets, dindes, porcs, que l'élevage industriel confine dans des espaces insuffisants et dans une promiscuité terrible, telle qu'ils s'entre-dévoreraient si l'on ne les mutilait préventivement de leur bec ou de leurs cornes.

Maïs à tous les menus !

Les deux cents rats vont suivre quatre grands types de menus différents. Ces régimes sont chimiquement équivalents ; seule la quantité de maïs OGM varie. Les animaux se nourriront à volonté des croquettes dont nous avons suivi la préparation. Il est important qu'ils mangent et boivent à volonté pour ne pas créer chez eux de stress de gavage ou de manque, lesquels fausseraient l'expérience. Leur comportement alimentaire donne ainsi des indications utiles.

Le premier régime, celui des deux groupes témoins (10 mâles et 10 femelles), encore nommés « groupes contrôles », est à base de maïs conventionnel (c'est-à-dire non transgénique). Nous avons choisi la variété la plus proche génétiquement du maïs NK 603, cultivée à proximité. Les croquettes sont composées de céréales diverses dont 33 % de maïs conventionnel.

Le deuxième régime se compose de maïs NK 603 cultivé sans épandage de Roundup. Nous introduisons cependant une variante : le dosage de maïs transgénique dans les croquettes diffère (11 %, 22 %, 33 %) pour chacun des trois lots de 20 rats (chaque lot comporte un groupe de 10 mâles et un groupe de 10 femelles) soumis à ce menu. Dans les lots où la proportion de maïs transgénique est de 11 % et 22 %, on ajoute du maïs conventionnel jusqu'à ce que la céréale constitue 33 % [2] de leur régime.

Le troisième régime est constitué de maïs NK 603 qui a été cultivé à l'aide d'un traitement au Roundup, comme il

l'est très souvent dans l'agriculture intensive. Il a été génétiquement modifié pour ne pas mourir sous l'effet de ce désherbant total, qui tue les adventices (et la plupart des autres plantes) et facilite ainsi les récoltes. Là encore nous avons établi les trois mêmes dosages de maïs (toujours 11 %, 22 %, 33 %) pour trois lots de 20 rats. Cela permettra enfin de savoir si les potentiels effets indésirables révélés par nos précédentes contre-expertises des tests conduits par Monsanto sont dus à l'OGM seul, ou à l'association OGM et Roundup.

Enfin, dans le quatrième et dernier régime, trois lots de 20 rats mangent des croquettes de maïs conventionnel, comme dans les groupes témoins, mais boivent de l'eau contaminée au Roundup (nous en ajoutons des traces), là encore à trois concentrations différentes. Ce régime est destiné à constater les effets du Roundup seul. La plus faible concentration correspond à la dose infime et autorisée contaminant des eaux de robinet (10^{-8} % ou 0,1 ppb [3], soit 50 ng/l de glyphosate). La dose moyenne (0,09 % de Roundup ou 400 ppm, soit 405 mg/l de glyphosate) est celle qu'on trouve dans certains aliments américains transgéniques destinés aux animaux d'élevage, imprégnés des résidus de l'herbicide. La dose forte (0,5 % de Roundup, soit 2,25 g/l de glyphosate) correspond au taux présent dans les fossés d'irrigation proches des champs lors des traitements, ou encore à des concentrations que l'agriculteur ou le jardinier est amené à absorber et/ou inhaler, via la peau et les poumons. C'est la moitié d'une dilution minimale utilisée en agriculture pour désherber.

Récapitulons (chaque lot comprend 20 animaux, un groupe de 10 mâles et un groupe de 10 femelles) : un lot de rats est nourri au maïs conventionnel ; trois lots le sont au maïs transgénique (dosé à 11 %, 22 % et 33 %) cultivé sans épandage de Roundup ; trois autres au maïs transgénique (dosé à 11 %, 22 % et 33 %) cultivé avec épandage de Roundup ; trois lots mangent du maïs conventionnel mais boivent de l'eau contaminée au Roundup (à trois concentrations différentes : 0,1 ppb, 400 ppm, 0,5 %). On veille à ce que tous aient un régime nutritionnel équivalent en calories, vitamines et minéraux. Ils sont « équivalents en substance ».

On pourra regretter que deux cents rats de laboratoire, qui ne sont pour rien dans l'affaire, aient été soumis leur vie durant à ce menu potentiellement dangereux. Cependant, en l'état actuel de la connaissance, les tests les plus décisifs au niveau sanitaire et environnemental sont les analyses de sang de mammifères soumis à des doses minimales des produits à évaluer. On n'a pas encore trouvé mieux pour mesurer la toxicité d'une substance. Faudrait-il envisager des tests cliniques sur l'homme ? Cela ne manquerait pas de soulever un tollé. Les défenseurs à tous crins des OGM et certaines associations se récrient contre les sacrifices inutiles qu'impliquerait une évaluation sanitaire renforcée. Leur sensibilité peut-elle s'accommoder qu'on mette potentiellement en danger des millions de personnes et d'animaux sauvages et domestiques en autorisant la culture (donc la dispersion dans l'environnement) d'espèces végétales dont personne ne connaît exactement les effets ?

Les rongeurs constituent un modèle approchant des réactions de l'organisme humain à certaines substances, seulement approchant, bien sûr. Mais aussi un modèle de tous les petits mammifères sauvages des champs, ou encore des mammifères domestiques de ferme ou de compagnie susceptibles d'absorber ces OGM. Au moindre signe de toxicité avérée chez les rats, on doit, par prévention, ne pas commercialiser le produit testé pour les humains. Enfin, les résultats obtenus sur ces animaux peuvent être ensuite corroborés par des études *in vitro* portant sur des cultures de cellules humaines, et permettre ainsi de comprendre l'apparition des effets pathogènes.

Do (*Day zero*) !

Nous sommes à la fin novembre 2008. Après une période d'acclimatation de près de trois semaines, nécessaire pour que les rats nouvellement arrivés se stabilisent du point de vue physiologique et comportemental, les pensionnaires sont équipés d'une puce électronique. Cette précaution évite tout risque de les confondre lors des différentes mesures. Grâce à la puce, le poids du rat mis sur la balance s'enregistre automatiquement dans l'ordinateur à chaque pesée. Les autres mesures aussi. Grâce à la randomisation (distribution au hasard des rats dans les groupes), on est parvenu à constituer des groupes présentant des caractéristiques moyennes comparables.

Le moment du premier prélèvement, *To (Time zero)*, est venu. On enregistre les données physiologiques des animaux avant le démarrage du test.

Pour la première fois, on donne aux rats le régime qu'ils suivront pendant deux ans. S'ils restent vivants... Durant toute l'expérience, les rats n'éviteront pas spontanément la nourriture à base de maïs transgénique.

Tous les jours, l'état de santé global des « patients » est vérifié. Parfois, un animal en détresse requiert une intervention immédiate. Deux fois par semaine, on s'occupe des cages : nettoyage des litières et rechargement des mangeoires en croquettes, remplissage des biberons à bille auxquels les rats se désaltèrent. On en profite pour procéder à une série de mesures : pesée de la nourriture et de la boisson consommées depuis le dernier ravitaillement, pesée des animaux, mais aussi observation précise des signes cliniques (infections oculaires, taches sur le pelage, difficultés à se mouvoir, respiration embarrassée, comportement inhabituel, griffures, blessures, muqueuse irritée...). Ces indications, qui pourraient être révélatrices, sont aussitôt enregistrées – sur ordinateur et sur un dossier papier aux pages référencées selon les « bonnes pratiques de laboratoire ».

Tous les rats sont donc soigneusement examinés, palpés, auscultés. Ils subissent régulièrement des tests neurocomportementaux approfondis : études affinées de leurs réactions en présence d'obstacles, de leur comportement dans des labyrinthes, et contrôle de leurs réflexes. On les sort de leur cage et on les dépose dans un bac en plastique transparent à proximité. Combien de temps l'animal met-il pour repérer la cage d'où on l'a tiré et tenter de la rejoindre en escaladant le bac ? La vivacité de sa réaction renseigne sur sa forme. Sa démarche est-elle normale ? On le vérifie grâce à l'examen des traces

laissées sur le papier par ses pattes encrées. À voir la bonne volonté avec laquelle les rats blancs se prêtent à ces manipulations, on pourrait croire qu'elles mettent un peu de sel et d'imprévu dans leur vie monotone. On pourrait même se demander si elles n'ont pas pour eux une dimension ludique.

Une fois par mois, au début de l'expérience, et de façon plus espacée à partir du sixième mois, les technicien(ne)s procèdent à des prélèvements de sang et d'urine. On ponctionne dans la veine caudale des rats la quantité de sang nécessaire à l'analyse de trente et un paramètres (voir encadré p.122). Tout cela avec les mêmes précautions, la même méticulosité que dans un laboratoire d'analyses médicales : mêmes petits tubes, étiquetés, centrifugés. Mais au final, un coût plus important, car on ne fait pas d'économie d'échelle. Beaucoup moins de rats que de patients humains se font analyser tous les jours, et les dosages sanguins sont spécifiques. Par exemple, ils requièrent la mise au point de méthodes pour mesurer les protéines des rats, qui sont différentes de celles des humains. Des échantillons sources, conservés à chaque prélèvement, permettront en cas de besoin de refaire les dosages. Presque tout de la vie organique de ces rats est passé au crible.

Après chaque décès des autopsies sont pratiquées. Les organes de l'animal sont minutieusement observés (jusqu'à trente-quatre : cerveau, côlon, cœur, reins, foie, poumons, ovaires ou testicules, rate, surrénales, épididyme, utérus, prostate, thymus, etc.), au niveau microscopique si nécessaire ; de nouveaux prélèvements

sanguins et urinaires sont effectués. Rien ne doit nous échapper.

Après 90 jours, les premières tumeurs apparaissent

Pendant les quatre-vingt-dix premiers jours, aucun signe clinique particulier n'est apparu, si ce n'est dans le lot des rats qui mangent du maïs conventionnel et boivent la demi-dose agricole de Roundup (c'est-à-dire la plus forte). Quand ils ne maigrissent, ils grossissent moins que les autres (la croissance ne s'arrête pas totalement chez le rat adulte), et ils commencent à souffrir ; ils deviennent notre contrôle toxique positif.

À partir du quatrième mois, la palpation hebdomadaire des rats permet de repérer chez deux mâles des grosseurs abdominales énormes. Elles dépassent vite 25 % du poids du corps. Alors, pour des raisons éthiques liées à la souffrance qu'induisent ces tumeurs, on doit euthanasier les animaux atteints [4]. L'autopsie révèle qu'il s'agit de tumeurs du rein. Elles atteignent presque la taille d'un pamplemousse. Nous en restons bouche bée. Nous attendons les rapports de l'anatomopathologiste avec fiébrilité. Je suis l'un des seuls à connaître les codes des puces électroniques des rats [5], et je m'aperçois que ces troubles sont apparus dans deux groupes nourris au maïs transgénique (NK 603, traité ou non au Roundup). Stressé, je contrôle le bon suivi de l'expérience et de tous les paramètres. L'une des conditions expérimentales a-t-elle été faussée ? Le fait de consommer une céréale génétiquement modifiée pourrait-il provoquer cela aussi vite ? J'ai peine à le croire. Ces pathologies apparaissent

juste au-delà du terme où s'arrêtent les études commandées par les industriels (3 mois). Est-ce un hasard ? Le soir, je veux chasser les questions qui me poursuivent : certains membres des commissions d'autorisation se seraient-ils opposés à la demande de tests de plus de trois mois *parce qu'ils savaient*, parce qu'ils auraient été avertis des résultats de la prolongation, tenue secrète, des tests ?

Les deux mâles touchés sont encore bien jeunes et les tumeurs du rein qu'ils ont développées sont très rares ; il s'agit de tumeurs de Wilms, parfois liées chez les humains à l'utilisation ou l'absorption de pesticides. La première des trois anatomopathologistes, qui étudie en aveugle les organes des rats après leur mort, rédige alors un certificat affirmant qu'on ne peut pas ne pas relier cette pathologie au régime alimentaire.

Puis, durant des mois, c'est le grand blanc. Plus rien dans les groupes alimentés au maïs transgénique. Avec mes collègues, on se regarde. On se tait. Que se passe-t-il ? Ces deux-là étaient-ils plus sensibles ? Une anomalie génétique ? Le temps passe. Certains paramètres biochimiques se dérèglent. Chez les femelles, quelques tumeurs se développent au 7^e mois, inquiétantes.

En revanche, dans les groupes dont l'eau contient différentes dilutions de Roundup, la santé des rats se dégrade de plus en plus manifestement. Ils maigrissent, boivent de moins en moins, et leurs paramètres biochimiques se dérèglent davantage, surtout chez ceux qui boivent les dilutions les plus fortement dosées.

Au 13^e mois, c'est l'explosion des tumeurs palpables...

À partir du 13^e mois se produit un phénomène que nous n'avions pas prévu en commençant l'expérience : la multiplication des tumeurs.

C'est le début de la deuxième année de consommation et les corps des femelles sont déformés. Les anomalies dépassent vite celles constatées chez les mâles. Les tumeurs ne cessent plus d'apparaître. Les animaux font peine à voir. Plusieurs adénomes, fibroadénomes et carcinomes mammaires ont pris une telle ampleur qu'ils englobent toute la patte, le thorax ou l'abdomen d'une ratte : parfois on ne voit plus que cinq bouts de doigts roses sortir d'une espèce de manchon blanc. (Les rattes ont six paires de mamelles réparties à différents niveaux ; elles peuvent ainsi nourrir simultanément leurs petits.) Pectorales, abdominales ou inguinales, les tumeurs à ce niveau peuvent gêner considérablement la digestion, la respiration, la miction ou la défécation ; transposées à l'échelle humaine, elles seraient vraiment monstrueuses. Les quelques « visiteurs » extérieurs qui sont entrés dans le laboratoire en cours d'expérience, notamment les responsables du financement ou les équipes autorisées à filmer, en sont, comme nous, péniblement frappés. Rien chez les témoins.

Souvent, ces tumeurs s'extériorisent horriblement ou deviennent hémorragiques. C'est ainsi que les cancers les plus graves ne donnent pas les tumeurs les plus mortelles, mais les plus entravantes. Après autopsie, nombre d'entre elles ne se révéleront ni cancéreuses ni

invasives, mais elles grossissent si vite que l'animal en devient handicapé. Il ne peut plus bouger, il contracte parfois des infections par les blessures qui apparaissent sur les tumeurs ; il meurt ou doit être euthanasié. Des métastases se développent chez deux femelles, l'une dans un groupe nourri au maïs transgénique, l'autre dans le groupe buvant la plus forte dose de Roundup.

Au 14^e mois, le corps des animaux est toujours soigneusement palpé. Aucune femelle du groupe témoin n'est alors touchée (la première le sera au début du 15^e mois). Dans huit groupes de femelles sur les neuf soumis au régime OGM et buvant de l'eau contaminée, 10 à 30 % d'entre elles ont des tumeurs palpables (par opposition aux tumeurs internes, de l'hypophyse ou du pancréas, qui ne sont détectables qu'après autopsie) d'au moins 17 mm de diamètre. Les grosseurs supérieures à cette taille sont pour l'essentiel des tumeurs mammaires qui ne cessent de s'accroître. Il y a aussi un cas d'adénome ovarien avec des kystes et deux tumeurs de la peau très visibles. Certaines infections produisent des boules de plus petite dimension, qui seront toutes analysées, mais non comptées dans les statistiques de grosseurs.

C'est à ce moment-là que le budget a commencé à s'accroître dramatiquement. Car nous n'avons voulu laisser aucune pathologie au hasard. Tous les prélèvements ont été finement étudiés, avec la même attention que celle que requièrent pour leurs patients les médecins d'une clinique.

Chez les mâles, on constate beaucoup moins de tumeurs : en moyenne, cinq fois moins que chez les femelles. Il y a deux fois plus de mâles touchés dans les groupes nourris au maïs transgénique (où les tumeurs sont apparues dès le 4^e mois) que dans le groupe témoin, nourri au maïs conventionnel, où un seul mâle développera une grosse tumeur au 23^e mois. À la fin de l'expérience, 20 à 40 % des mâles seront atteints, selon les groupes. Les femelles se révèlent donc beaucoup plus sensibles.

De fait, il est courant que les rats présentent des tumeurs, même sans traitement particulier. C'est le différentiel de résultats entre les régimes qui doit être observé et qui nous informe.

Au début du 24^e mois, 50 à 80 % des femelles sont touchées !

Ces proportions se retrouvent dans tous les groupes traités (croquettes OGM et eau contaminée), tandis qu'il y a seulement 30 % de rattes affectées dans le groupe témoin, soit environ moitié moins.

Ces résultats nous font blêmir. La vérification de notre hypothèse est en passe de prendre des proportions dramatiques. En d'autres termes, un régime équilibré contenant du maïs transgénique, cultivé ou non au Roundup (induisant donc des résidus dans l'alimentation à très faible dose, comme dans certaines eaux du robinet), accélère les risques de tumeurs et les accroît jusqu'à plus de deux fois. Certaines femelles ont d'ailleurs jusqu'à trois tumeurs, tels des ballons sous leur peau tendue. J'ai peine à les voir ainsi souffrir. Et je ne peux m'empêcher

de penser à toutes les femmes qui ont des cancers du sein. Ce type de régime les favorise vraisemblablement – c'est ce que dénonce un collectif de médecins argentins : le Dr Medardo Ávila Vázquez, coordinateur du Mouvement des médecins des peuples victimes de l'épandage, parle de « douze millions de personnes affectées par l'épandage de l'herbicide sur le soja RR (Roundup Ready) [6] ». Oh ! bien sûr, du rat à l'homme, il y a beaucoup plus qu'un pas à franchir, et faire une démonstration chez le rat ne constitue pas une preuve de causalité irréfutable chez l'humain. Mais il n'empêche que la plupart des produits industriels sont testés sur des rats pour les raisons qu'on a dites.

Les femelles qui boivent l'eau contaminée au Roundup (quelle que soit sa dilution) sont les plus malades : 80 % d'entre elles sont atteintes de tumeurs dans chacun des trois groupes – en fin d'expérience, elles seront 90 à 100 %. Certaines rattes ont développé jusqu'à trois tumeurs, c'est considérable ! Elles finissent aussi par souffrir des glandes mammaires et présenter des hyperplasies et des hypertrophies, c'est-à-dire des grossissements atypiques et d'autres anomalies glandulaires. À l'exception d'une seule d'entre elles, qui a développé un carcinome ovarien métastatique (l'ovaire étant un des organes dépendant des hormones femelles que le Roundup perturbe).

Il devient certain que cet herbicide, le plus vendu au monde, est tumorigène et agit même à l'état résiduel dans l'OGM.

Chez ces femelles, les autopsies feront apparaître que le deuxième organe le plus atteint est l'hypophyse (dans sept à huit cas sur dix), ce petit chef d'orchestre des hormones qui se situe derrière le nez, sous le cerveau. Il présente deux fois plus d'anomalies que chez les rattes du groupe témoin en fin de vie – confirmant ainsi que le problème est hormonal. L'utérus est aussi touché (hyperplasies, hypertrophies, etc.). On savait que certains pesticides entraînent des tumeurs mammaires et hypophysaires [7]. Tenons-nous là l'explication ?

Elle est assez claire pour les femelles qui boivent de l'eau contaminée au Roundup à faible dose (celle qu'on trouve dans l'eau du robinet) et mangent du maïs transgénique traité à l'herbicide : les résultats sont similaires. Il n'y a pas additivité des problèmes, les mêmes perturbations ont lieu.

De plus, les taux d'hormones sexuelles dans les prélèvements de sang se révèlent souvent perturbés. On constate chez les femelles une augmentation du taux de testostérone et une diminution du taux d'estrogènes, au moment où les tumeurs explosent en nombre, au quinzième mois. En revanche, chez les mâles, pourtant moins hormonosensibles (ils sont plus stables dans leurs cycles hormonaux), on remarque la tendance inverse : ceux qui boivent l'eau avec la plus forte dose de Roundup voient leur taux d'estrogènes plus que doubler – phénomène très rare. Or, nous avons déjà montré lors de précédentes expériences que le Roundup altérerait l'enzyme aromatasase, laquelle équilibre la conversion desdites hormones androgènes en estrogènes – notons que cette enzyme est atteinte dans 60 % des cancers du

sein, qui sont appelés (notamment pour cette raison) cancers hormonodépendants.

Un élément marquant fait décidément pencher l'explication vers un dérèglement hormonal : les tumeurs n'augmentent pas proportionnellement aux doses ; les plus faibles induisent déjà un seuil où presque tous les animaux sont malades. De nombreuses études ont en effet mis en évidence qu'il faut très peu de polluants (par exemple) pour bloquer l'effet d'une hormone, laquelle agit elle-même parfois dans l'organisme à des dilutions de l'ordre du milliardième. À plus forte concentration, elle peut au contraire arrêter un phénomène : c'est ainsi que la pilule contraceptive empêche l'ovulation.

De quoi et comment sont morts les rats ?

Pour répondre à ces questions, la logique du chercheur est la suivante : on doit observer en détail la mortalité, les tumeurs, les autopsies, les analyses biochimiques et les statistiques.

Comment toutes ces tumeurs ont-elles influencé la durée de vie des différents groupes ? Précisons d'abord que dans les deux groupes témoins, les mâles ont vécu en moyenne 624 jours et les femelles 701 (à partir du jour 0). À cela il convient d'ajouter l'âge auquel les animaux sont arrivés au laboratoire (5 semaines), plus la période d'acclimatation (3 semaines). Le total constitue une durée de vie de rat de laboratoire tout à fait conforme ! Dans les groupes témoins, seulement trois mâles (le premier au 493^e jour) et deux femelles (la 1^{re} au 540^e jour) sont morts avant. Au-delà de ces 624 ou 701

jours, qui constituent un repère, il est difficile de savoir si les décès sont dus au vieillissement ou, dans le cas des animaux traités, aux divers régimes testés.

Par contre, dans certains groupes nourris au maïs transgénique NK 603 (traité ou non au Roundup), jusqu'à 50 % des mâles et 70 % des femelles sont décédés avant. Mais ces pourcentages ne sont pas proportionnels à la dose de maïs transgénique dans les croquettes : un maximum d'effets délétères a été atteint dès la plus faible proportion (11 %). Deux mâles ont développé leur première tumeur 600 jours avant que ceux du groupe témoin n'en développent, et ils sont morts environ un an avant eux ! Le premier décès dans les groupes de femelles buvant de l'eau contaminée a eu lieu 246 jours avant celui de la première femelle témoin ! Il est dû à un fibroadénome mammaire (cette femelle mangeait des croquettes de maïs normal).

La différence maximale a été atteinte au 17^e mois chez les mâles : il y a alors eu 5 fois plus de morts chez les mâles traités (croquettes dosées à 11 % de maïs transgénique) que chez ceux du groupe témoin. Et au 21^e mois chez les femelles : il y a eu jusqu'à 6 fois plus de décès chez les femelles traitées (croquettes dosées à 22 % de maïs transgénique).

À la fin de l'expérience (la barrière fatidique des deux ans), deux à trois fois plus de femelles traitées (tous dosages confondus) que de femelles témoins étaient mortes ! Cette différence n'a été observée que dans trois groupes de mâles traités (régimes dosés à 11 % de

NK 603 non cultivé au Roundup ; 11 % et 22 % de NK 603 cultivé au Roundup).

Converti en termes de vie humaine, cela correspondrait à une explosion des tumeurs après quarante ans de ce régime.

À quoi est due cette mortalité plus rapide et plus forte dans nos groupes nourris aux croquettes OGM ou buvant de l'eau contaminée au Roundup (pour les femelles) ? Ce sont les autopsies qui nous l'ont révélé. Résumons-les : les femelles ont été principalement victimes de larges tumeurs mammaires hormonodépendantes (ayant occasionné la mort indépendamment du grade de la tumeur) et leurs hypophyses étaient endommagées (les deux phénomènes sont liés, nous l'avons souligné). Les mâles ont eu 5 fois moins de tumeurs au total que les femelles ; ils ont souvent cédé à de graves congestions hépatiques et à des nécroses (2,5 à 5,5 fois plus que les mâles témoins vieillissants), doublées d'insuffisances et d'inflammations rénales sévères (jusqu'à 2,3 fois plus que les mâles témoins). Tout cela a été confirmé par microscopies optique et électronique, la seconde étant beaucoup plus puissante. Autre constat : des marqueurs hépatiques (dosés aussi chez les humains en cas de maladie métabolique), les gamma-GT et les cytochromes dits P450, sur lesquels nous avons l'habitude de travailler, sont en très forte augmentation chez certains rats traités.

Les effets des OGM et du Roundup dépendent du sexe, dont la vulnérabilité diffère. Chez les mâles traités, les grosses tumeurs palpables se situent aux niveaux des

reins et de la peau. Mais ils n'ont pas développé plus de tumeurs internes que les mâles témoins (les autopsies en attestent). Cependant, les analyses sanguines et urinaires ont révélé que les femelles aussi ont eu des problèmes hépatorénaux.

Des conclusions désespérantes

À présent, réfléchissons sur ce qui se passe dans ce maïs transgénique tolérant au Roundup : il est muté pour produire en grande quantité une enzyme [8] qui lui donne son insensibilité au glyphosate, le principe actif de l'herbicide. Or voilà que, en fouillant la littérature scientifique sur les plantes transgéniques, certaines expériences effectuées sur le soja nous apprennent que cette même enzyme module le métabolisme et la quantité de certains acides alimentaires protecteurs, susceptibles de devenir toxiques lorsqu'ils sont perturbés en quantité ou en qualité. C'est donc en perturbant le métabolisme du maïs que l'enzyme provoquerait – indirectement – une diminution de certains composés protecteurs et la survenue de composés toxiques. Ces deux phénomènes peuvent être responsables de pathologies comparables à celles que nous avons décrites précédemment. Et justement, les taux d'acides férulique et caféique, qui sont hépato et rénoprotecteurs, sont diminués de 16 à 51 % selon le pourcentage de maïs OGM dans les croquettes. Ce qui tendrait à expliquer que le maïs transgénique seul, non traité au Roundup, puisse produire les mêmes effets, à cause de sa modification génétique précisément. Mais cela est inattendu. Cette compréhension nouvelle pourrait permettre d'élaborer des traitements [9].

Il est une heure du matin dans la salle ovale de réunion du laboratoire. Les ordinateurs surchauffent. Les restes de plateaux-repas s'entassent. Nous sommes harassés mais nous tombons enfin d'accord. Les plus sceptiques d'entre nous sont convaincus et commencent à se détendre : les tumeurs des femelles sont explicables ! Mais que se passe-t-il dans le cas des mâles ? Plus résistants aux maladies, ils meurent cependant plus tôt que les femelles, comme dans le genre humain. Le profil pathologique est toujours dépendant des hormones, mais il diffère. Chez les mâles nourris au maïs transgénique, le foie présente deux à cinq fois plus de congestions et de zones de mort cellulaire que chez ceux nourris au maïs conventionnel.

Les rapports de microscopie électronique tombent : ma collègue italienne, la biologiste Manuela Malatesta [10], cosignataire de notre étude, et à qui nous avons envoyé des morceaux d'organes conditionnés en colis express, confirme tout ! Les traitements ont des effets qui peuvent induire cette mort cellulaire. Cela corrobore ce que nous avons observé dans notre étude *in vitro* de cellules humaines traitées au Roundup. Et ce que nous avons découvert lors des autopsies. Les reins des rats, qui ont un aspect gonflé, turgescents, montrent des signes de dégénérescence. Là encore, huit des neuf groupes de mâles nourris au maïs transgénique ou buvant de l'eau contaminée au Roundup font apparaître jusqu'à deux fois plus d'anomalies rénales marquées ou sévères, selon la terminologie officielle, que dans le groupe témoin. Ils présentent des néphropathies progressives chroniques, c'est-à-dire des inflammations et insuffisances rénales augmentant petit à petit. Les rats Sprague Dawley sont en

effet connus pour leur sensibilité rénale. Les reins, ces organes dits d'épuration, qui sont les usines de détoxification de l'organisme, détectent donc plus vite et plus fortement les anomalies alimentaires. Les viscères défectueux sont bien caractéristiques d'une toxicité alimentaire chronique.

Combien de temps faudra-t-il attendre avant de crier tout cela ? Le mettre immédiatement sur Internet, sans prendre le temps de publier scientifiquement tous les détails, provoquerait un tollé : personne n'y croirait. Cela a été le cas pour une expérience russe et pour une autre, autrichienne, sur des OGM. Dans leur hâte à annoncer leurs résultats, les chercheurs avaient mis en ligne des rapports préliminaires comportant des insuffisances ou des erreurs, sans attendre qu'ils soient passés au crible d'un éditeur scientifique. Du coup, même si les internautes et les médias sont de plus en plus nombreux à réagir, les pouvoirs publics, eux, ne lèvent pas le petit doigt. La communauté scientifique trouve toujours à redire, souvent à raison, lorsqu'on ne passe pas d'abord par ses fourches caudines : il peut y avoir des biais qui n'ont pas été détectés [11]. Une publication dans une grande revue scientifique internationale est un gage pour une expérience : la garantie qu'il ne s'agit pas de n'importe quoi, que l'hypothèse a été examinée avec soin par différents rapporteurs spécialisés.

Nous avons toutes les raisons d'être alarmés, car les marqueurs biochimiques rénaux des analyses de sang et d'urine s'allument aussi, et confirment ce que l'observation, les autopsies et la microscopie électronique ont mis au jour. L'ensemble aboutit à un tableau

cohérent. Mais avant de conclure, il faut d'abord réaliser des calculs statistiques longs et compliqués [12]. Didier Hennequin, biostatisticien à l'université de Caen, applique les méthodes les plus modernes, celles habituellement utilisées en génomique. Surprise : chez les femelles, qui commençaient à être atteintes de fuites et d'insuffisances rénales, les preuves sont encore plus évidentes au niveau biochimique, avec un degré de sécurité statistique édifiant de plus de 99 %. En fait, 76 % des paramètres rénaux sont altérés chez les deux sexes dès le quinzième mois de consommation. Une perspective très inquiétante pour les consommateurs d'OGM.

Toutes les contre-expertises que nous avons réalisées sur les tests de Monsanto (en 2007, sur le maïs MON 863 ; en 2009, sur le MON 810 et le NK 603 ; en 2011, sur 19 OGM, soit les variétés de sojas et de maïs les plus commercialisées), concluaient à des signes de toxicité qui se concentraient sur le foie et les reins des animaux de laboratoire ayant consommé des OGM. Mais la durée de ces tests-là (90 jours) était trop courte pour que se déclenchent de vraies maladies. Prolongés sur deux ans, tout se confirme ! On sait déjà, par différents travaux *in vitro* (notamment sur des cellules embryonnaires de rein), que le Roundup confère ces problèmes au niveau cellulaire. Il restait à le démontrer *in vivo*. Nous l'avons accompli.

Selon l'agence américaine EPA (Environmental Protection Agency), le principe actif du Roundup provoque des problèmes hépatorénaux à des doses supérieures aux limites autorisées dans l'eau du robinet. Là, nous démontrons que le produit formulé est aussi

toxique pour ces organes à des doses inférieures aux limites autorisées. Ce qui arrive, hélas, dans de nombreuses communes rurales où sévit l'agriculture intensive : on y boit régulièrement de l'eau du robinet faiblement contaminée.

Chez les mâles, l'eau la plus fortement dosée en Roundup a perturbé aussi les hormones sexuelles. Et le maïs cultivé au Roundup a également provoqué ces pathologies hormonodépendantes. Enfin, une famille de composés hépatoprotecteurs (acides férulique et caféique) déréglés ou mal métabolisés dans le maïs OGM non traité au Roundup, du fait de la modification génétique, pourrait aussi expliquer ces pathologies hépatiques et rénales. Eurêka !

En novembre 2010, le terme de l'expérience est atteint. Deux ans se sont écoulés depuis que les pensionnaires de l'animalerie ont grignoté leurs premières croquettes au maïs NK 603. Les 90 survivants sont de toute façon en fin de vie. Ils sont alors euthanasiés. Les 110 autres sont morts et ont dû être autopsiés en cours d'expérience, principalement du fait de leurs tumeurs invalidantes [13]. Il nous a fallu de longs mois de travail, une patience d'ange, des jours et des nuits de l'été 2011 pour compter et recompter tous les signes cliniques perturbés de chaque rat, afin d'être sûrs de nous. L'exploitation des données a révélé peu à peu leur gravité. Emilie Clair, Robin Mesnage, Steeve Gress et Nicolas Defarge se sont joints régulièrement à Joël Spiroux et à moi.

Retenons que, chez les rats mâles nourris au maïs transgénique, la mortalité a été globalement bien plus

importante et plus rapide et les tumeurs sont apparues beaucoup plus tôt que chez les rats nourris au maïs conventionnel. Chez les femelles traitées, la mort anticipée a été fortement due à l'énormité des tumeurs (93 % de tumeurs mammaires), qui ont provoqué des souffrances, des hémorragies graves ou des amaigrissements très importants (plus de 25 % du poids du corps). La quasi-totalité des groupes femelles traités a été touchée. Je ne m'en remettrai pas de sitôt – et d'autant moins lorsque je pense aux conséquences éventuelles en matière de santé publique. Les femelles sont plus sensibles que les mâles au maïs transgénique (traité ou non à l'herbicide Roundup) et aux traces de Roundup ajoutées dans leur eau de boisson.

Les deux principaux effets sont des actions tumorigènes (surtout chez les femelles) et des toxicités hépatorénales fortes. Nous attribuons cela en particulier aux résidus de pesticides dans l'eau et dans le maïs transgénique cultivé au Roundup. Nous avons également constaté ces effets dans les régimes composés de maïs transgénique non traité au Roundup. Et nous avons enfin compris pourquoi. Cela reste à être reproduit par d'autres. Vérifié, dira-t-on. Mais la réponse diffère selon le sexe, car les traitements perturbent les hormones sexuelles.

Au final, c'est une hécatombe. Et c'est à pleurer. Les géants de l'industrie alimentaire s'arrogent en toute arrogance le droit d'éviter, d'écarter les tests à long terme et les chercheurs non solidaires de leurs conclusions ; les autorités sont complices de laxisme et certains scientifiques tout bonnement véreux.

À présent, des études sur la reproduction et sur plusieurs générations doivent absolument être menées, et une interdiction de consommation, plus qu'un moratoire, devient indispensable, tout comme un retrait du marché.

Quelques éléments de comparaison entre notre expérience et les tests effectués par Monsanto

Durant ces deux années, nous avons réalisé 11 séries d'analyses de sang et d'urine sur 200 rats (20 groupes composés chacun de 10 animaux, mâles ou femelles) aux mois : 0 (jour 0), 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 (pour les rats restés vivants).

Rappelons que 12 groupes (soit 120 rats) ont consommé le maïs OGM NK 603 (à trois dosages, 11 %, 22 %, 33 %) ; 2 groupes témoins ont été nourris au maïs conventionnel (la variété la plus proche génétiquement de l'OGM) ; 6 groupes, nourris eux aussi au maïs conventionnel, ont bu de l'eau contenant des traces de Roundup (à trois dosages : 0,1 ppb, 400 ppm, 0,5 %).

Nos analyses (sang, urine, histologie de 34 tissus) ont porté sur 108 paramètres – ce qui est exceptionnel. Les principaux paramètres biochimiques mesurés équivalent à ceux d'un bilan complet ou à des analyses médicales humaines approfondies.

Citons juste quelques exemples :

- Analyses de sang : l'hématologie (globules rouges et blancs, plaquettes...), les paramètres de coagulation, l'albumine, la globuline, les protéines totales, la

créatinine, l'urée, le calcium, le sodium, le potassium, les chlorures, le phosphore inorganique, les triglycérides, le glucose, le cholestérol total, l'alanine aminotransférase, l'aspartate aminotransférase, la gamma glutamyl-transférase (GT), l'estradiol, la testostérone.

Aux mois 12 et 24, nous y avons ajouté le dosage du marqueur rénal protéine C-réactive.

- Analyses d'urine (urine des 24 heures), effectuées elles aussi à onze reprises : la créatinine, le phosphore, le potassium, les chlorures, le sodium, le calcium, le pH et la clairance.

- Analyses de tissus hépathiques (à l'autopsie) : dosage de l'activité des enzymes CYP1A1, 1A2, 3A4, 2C9 dans les fractions S9, ainsi que celui de la glutathione S-transférase et des gamma-GT.

Dans les tests qu'elle a menés durant 90 jours sur 400 rats, Monsanto n'a effectué des séries d'analyses qu'à trois moments : au début du traitement (jour 0), à 5 semaines et à 3 mois. Ces analyses ont porté essentiellement sur 31 paramètres sanguins et 18 paramètres urinaires.

4 groupes (composé chacun de 20 rats, 10 mâles et 10 femelles) ont été nourris au maïs OGM (à deux dosages seulement : 11 % et 22 %, alors que les organismes internationaux stipulent qu'il faut tester 3 dosages pour mesurer un effet lié à la dose !) ; 2 groupes témoins ont été nourris avec la variété de maïs conventionnel la plus proche génétiquement de l'OGM

testé et 12 autres groupes ont consommé 6 maïs conventionnels différents.

Monsanto n'a pas pris soin de démontrer que ces 6 maïs conventionnels étaient chimiquement équivalents. Qui plus est, une telle pluralité brouille les pistes des effets à découvrir. La firme n'a pas non plus testé, comme nous l'avons fait, l'OGM cultivé sans traitement au Roundup ni les traces de Roundup seul dans l'eau.

Plus grave encore : sur ces 400 rats, elle n'a effectué d'analyses que sur la moitié des 80 rats soumis au régime OGM, la moitié des 80 rats témoins et la moitié des 240 rats nourris aux 6 maïs conventionnels. Au final, les analyses ont porté sur 10 rats par groupe, comme nous l'avons fait.

Autres carences : Monsanto n'a pas étudié les hormones testostérone et estradiol – qui nous ont permis de détecter les effets hormonaux –, ni les enzymes du foie, ni effectué de microscopie électronique, etc.

Est-il besoin de qualifier les tests qui ont permis l'autorisation à la consommation dans le monde des OGM de Monsanto ?

1. La Convention européenne sur la protection des animaux vertébrés utilisés à des fins expérimentales ou à d'autres fins scientifiques (1986) veille « à ce que les dommages durables, les douleurs, les souffrances ou l'angoisse qu'ils subissent comme conséquences de procédures faites sur eux soient limités au strict minimum ». Elle donne des principes généraux et lignes directrices relatives à l'hébergement et aux soins des animaux. La règle éthique est : aucune souffrance inutile. On est dans l'obligation d'anesthésier avant d'opérer et d'administrer une anesthésie plus légère avant de prélever du sang, par exemple. Voir <http://conventions.coe.int/treaty/fr/Treaties/Word/123.doc>.

2. Signalons au passage qu'un Mexicain, par exemple, peut consommer de 10 à 30 % de maïs dans son alimentation quotidienne.

3. Un ppb (partie par billion, ou milliard) équivaut à un milliardième. Dose à laquelle agissent des hormones. Un ppm (partie par million) équivaut à un millionième.

4. Les « bonnes pratiques de laboratoire » le préconisent.

5. Seuls le directeur de l'entreprise qui héberge notre expérience, son directeur scientifique et moi avons connaissance des codes. Je les ai révélés à mon équipe au fur et à mesure que l'interprétation des résultats le nécessitait.

6. Voir www.reduas.fcm.unc.edu.ar/wp-content/uploads/downloads/2011/10/INGLES-Report-from-the-1st-National-Meeting-Of-Physicians-In-The-Crop-Sprayed-Towns.pdf.

7. Les triazines par exemple. Voir J. C. O'Connor et al. (2000), Drug Chem. Toxicol., 23, p. 575-601.

8. Le gène de cette enzyme n'existe que dans les plantes et certaines bactéries du sol – ce qui fait dire à Monsanto qu'il est spécifique et

inoffensif. Il se nomme enol-pyruvate shikimate phosphate synthase ou EPSPS pour les intimes, en l'occurrence muté.

9. Du reste, nous avons aussi démontré in vitro que des plantes contenant les acides férulique et caféique protégeaient les cellules hépatiques humaines de l'intoxication. Voir C. Gasnier et al. (2010), J. Occup. Med. Toxicol., 5, p. 29-41 et (2011), 6, p. 3-13. Voir infra, p. 254.

10. Elle est la troisième et dernière anatomopathologiste de l'expérience.

11. On appelle « biais » ce qui fausse une expérience sans que ceux qui la mènent s'en aperçoivent.

12. Dominique Cellier, qui avait participé à nos contre-expertises des tests de quatre-vingt-dix jours réalisés par Monsanto et suivi la mise en place de cette expérience, n'était malheureusement pas disponible pour des raisons de santé. Ajoutons qu'il aurait souhaité des groupes de rats plus nombreux, pour tirer des conclusions statistiques encore plus satisfaisantes. L'argument est recevable, et d'autres partageront son avis. Mais, en constituant des groupes de dix animaux, notre expérience se place parmi les meilleurs tests au monde. Et notre budget, déjà considérable, n'était pas extensible.

13. Rappelons que les « bonnes pratiques de laboratoire » imposent le sacrifice des animaux atteints de tumeurs dès lors que celles-ci dépassent 25 % de leur poids ou atteignent un volume invalidant, ou déclenchent des hémorragies, mais aussi lors d'une souffrance par prostration ou d'un amaigrissement grave.

III

Comment la sous-évaluation sanitaire a été organisée

Quand des intérêts privés se font passer pour l'intérêt public

Après les deux guerres mondiales du XX^e siècle, l'industrie chimique, dont le poids s'était accru par la mise au point et la fabrication d'armes de guerre, a trouvé à se reconvertir dans l'industrialisation de l'agriculture. Engrais et pesticides sont devenus les clés d'une agriculture productiviste, imposée pendant la seconde moitié du XX^e siècle aux paysans du monde développé, avant de devenir un modèle dominant sur toute la planète. La « révolution verte » (1960-1980), réalisée à grand renfort de mécanisation, de pesticides, de cultures intensives, était censée offrir une solution imparable aux besoins alimentaires croissants de la planète. Les États occidentaux ont apporté un soutien massif à cette évolution en créant et en épaulant les industries chimiques, selon une conception à très court terme de la croissance. Car si le remembrement, les engrais, les pesticides, la mécanisation ont permis une forte augmentation des rendements, ce fut au prix d'un coût écologique et humain peut-être irréversible : atteintes graves à la biodiversité (nombre d'invertébrés et de micro-organismes du sol, de champignons, d'espèces microbiennes animales et végétales, sont menacés de disparaître) et désertification des campagnes, soumises à

la logique industrielle et urbaine au détriment des savoir-faire de leurs habitants et de leur identité propre.

D'énormes consortiums se sont constitués, regroupant les industries chimiques, semencières, alimentaires, pharmaceutiques ainsi que les biotechnologies. Nous les avons déjà cités, mais retenons leurs noms : Monsanto, qui a été détenteur et/ou revendeur de 90 % des brevets des biotechnologies, en particulier agricoles, et qui siège, cela ne s'invente pas, à Creve Coeur, Saint Louis, Missouri, aurait été en 2010, selon le magazine *Science*, le meilleur employeur du secteur des biotechnologies après Genentech. Novartis et Syngenta, AstraZeneca ont aussi investi dans les OGM. Danone s'y est intéressé dans le but de modifier les levures et d'obtenir certaines molécules aromatiques. Certaines industries chimiques (BASF, Dow Chemical ou Agrosiences, Bayer, DuPont) fabriquent aussi des pesticides ou le couple obligé, OGM et pesticides.

Pourtant, les OGM ne sont actuellement rentables outre-Atlantique que parce qu'ils sont subventionnés par le gouvernement fédéral. Un rapport ministériel de Noëlle Lenoir, juge constitutionnel, datant de mars 2002, en fait état :

L'une des mesures les plus marquantes ayant dynamisé la recherche publique américaine est le « Bay-Dole Act » de 1980. Cette loi autorise les universités américaines, comme toute autre organisation « non-profit » [association à but non lucratif], à s'approprier les brevets sur les inventions réalisées par leurs chercheurs, en dépit des subventions du gouvernement fédéral dont elles ont

bénéficié. Elle a ainsi favorisé l'esprit de compétition dans la recherche publique. Les chercheurs eux-mêmes se sont vu reconnaître la faculté de valoriser leurs inventions en créant des sociétés privées. L'effet de cette législation a été immédiat sur le nombre des brevets déposés par les universités, avec l'aide parfois de compagnies privées de biotechnologies ou d'industries pharmaceutiques. Des plantes génétiquement modifiées, des animaux (la fameuse souris oncogène de Harvard), des cellules et des gènes humains ou non humains ont fait l'objet de brevets. Au point qu'il est reproché à l'Office américain des brevets de ne pas se montrer suffisamment rigoureux et d'accepter de breveter des éléments génétiques ou cellulaires dont l'utilité est peu probante et dont la viabilité économique et commerciale n'est pas possible[1].

Dans leur guerre pour la prépondérance, les États trouvent un intérêt à ces brevets qui assureraient à des firmes nationales un nouveau type d'avantage sur les autres pays.

C'est exactement ce qui s'est passé avec le caractère dit Terminator, qui rendait stériles les semences par insertion d'un gène. Les OGM dotés de ce caractère ont été mis sous moratoire, sous peine d'affamer les pays pauvres. La technologie Terminator supprime la possibilité immémoriale qu'ont les agriculteurs de replanter leurs semences et d'en obtenir une récolte convenable.

Les brevets sur les semences OGM, forme de stérilisation juridique au lieu d'être biologique, risquent aussi de

provoquer des famines, puisqu'ils interdisent aux paysans les plus nécessiteux cette liberté d'utilisation des semences qu'ils ont toujours connue. Songeons qu'il a fallu que les pays les plus riches, dits du G8, invitent encore en 2011 ces mêmes multinationales à instaurer la communauté de brevets pour les médicaments (contre le sida, le paludisme et la tuberculose), faute de quoi les continents du Sud ne pouvaient y avoir accès. Ces pays ne sont d'ailleurs pas parvenus complètement à leurs fins.

Les multinationales se sont organisées depuis longtemps en groupes de pression qui leur permettent d'influencer les décisions politiques et de perpétuer leur mainmise sur les marchés. Elles se sont liées à de gros cabinets de lobbying, comme les géants américains Hill & Knowlton ou Burson-Marsteller, chargés d'organiser des campagnes idéologiques en faveur de produits industriels, mais aussi des pressions beaucoup plus directes sur les politiques et leur entourage administratif et sur les « experts ». Inutile de dire que l'activité de lobbying se soucie comme d'une guigne de l'intérêt public, du développement durable et de la sécurité sanitaire, même si des spécialistes en communication sont chargés d'affirmer le contraire. Les lobbyistes disposent d'un arsenal de moyens de corruption qui va de l'enveloppe d'argent liquide au financement d'un parti, de l'embauche de proches à l'ouverture d'un compte alimenté à l'étranger, du financement de colloque à celui de gros contrats de recherche, du « détournement » d'argent public au profit de recherches appliquées (car les appels d'offres de la recherche publique sont décidés dans de petits comités ministériels où les lobbies industriels et scientifiques ont une influence puissante). Et la pratique des *revolving*

doors [2], bien connue aux États-Unis, ne s'arrête pas miraculeusement aux frontières de l'Hexagone.

D'après l'ONG Transparency International, en 2011, la France se classait au 25^e rang, juste derrière les États-Unis, le Qatar et le Chili..., dans l'Indice mondial de perception de la corruption [3]. Le gouvernement français traîne en effet les pieds pour mettre en place des procédures concrètes de régulation des activités de lobbying. L'initiative européenne en matière de transparence a abouti, en 2008, à la création par la Commission européenne d'un registre des groupes d'intérêts, très insuffisant puisque l'inscription y reste facultative. La question des lobbies et des conflits d'intérêts occupe une place prépondérante dans les problèmes économiques et sociaux, à l'échelle locale et globale. L'interférence des intérêts commerciaux, financiers, industriels dans les décisions politiques et dans le fonctionnement démocratique reste un fléau. Tous les ans, de nouvelles « affaires » en montrent les méfaits, aussi visibles que le nez au milieu de la figure.

Chacun a en tête un exemple récent, celui de la grippe A : l'OMS a assoupli sa définition de la pandémie et déclaré que ce virus avait un potentiel pandémique. Plusieurs gouvernements ont alors préconisé la vaccination de toute leur population, donc l'achat de doses (pour des milliards d'euros) qui n'ont finalement pas servi. Dans quelle mesure l'OMS a-t-elle subi l'influence des laboratoires pharmaceutiques pour déclarer que la grippe A représentait une telle menace ? Plusieurs enquêtes sont en cours qui impliquent de hauts consultants de l'OMS,

notamment David Salsbury, Albert Osterhaus et Bruno Lina.

Les grands scandales sanitaires que nous avons déjà évoqués (le scandale du sang contaminé, celui de l'amiante, que Claude Allègre, avec son aplomb à toute épreuve, osait qualifier de « phénomène de psychose collective », celui des hormones de croissance) ont fait apparaître des conflits d'intérêts à l'origine des dysfonctionnements qui ont eu les conséquences mortelles que nous savons. Mais là où les citoyens attendraient des États qu'ils corrigent les menées des multinationales, assurent une surveillance vigilante et un encadrement impartial au bénéfice de la santé et des intérêts de leurs administrés, on observe bien souvent le contraire. Agences d'évaluation et gouvernements concourent à l'opacité, refusent d'appliquer le principe de précaution, retardent des mesures de salubrité publique, étouffent les voix des lanceurs d'alerte, résistent aussi aux demandes d'une réglementation plus stricte, diffèrent ou évitent l'interdiction de certains produits.

Les pouvoirs publics ne disposent sans doute pas des moyens ni des structures pour réaliser des évaluations de grande envergure. Ils pourraient cependant exiger des contre-expertises et des processus de validation externes à l'entreprise – les agences sanitaires n'ont-elles pas été mises en place justement pour cela ? Hélas ! nous le verrons dans les pages suivantes, elles ont essentiellement une fonction d'« affichage », et ne disposent ni des prérogatives ni des statuts qui leur permettraient d'agir efficacement pour assurer la sécurité des consommateurs. Elles sont là telles des cautions, bien

peu indépendantes, entre la pression d'une administration ou d'une commission européenne toujours favorable aux innovations prometteuses de croissance à court terme et les tentations que leur font miroiter des industriels, prêts à tout pour obtenir leurs autorisations de mise sur le marché. Les agences devraient être des garde-fous contre les possibles compromissions du pouvoir politique. Mais à leur échelon se reconstituent d'autres compromissions, et le système tout entier s'en trouve biaisé.

Comment expliquer sinon qu'aucune d'elles n'ait exigé la mise en ligne des analyses de sang (sur mammifères) réalisées pour attester la sécurité sanitaire de tous les OGM destinés à la consommation, et pas seulement leurs interprétations fallacieuses ? Suite à notre étude, en janvier 2013, l'Agence sanitaire européenne mettra en ligne les données du NK 603, sous forme de fichier « pdf » non statistiquement exploitable. Comment justifier qu'elles n'aient pas exigé dès le départ des tests plus longs que trois mois sur les mammifères ? Ou qu'elles n'aient pas incité à la publication des analyses sanguines après ingestion de la molécule active des pesticides, et encore moins à tester le pesticide complet durant deux ans (durée de vie moyenne d'un rat) ? Ce serait la logique de base à suivre, mais elle est distordue par les raisonnements « abracadabrantiques » de quelques toxicologues « vieille école » ou controversés, sur lesquels les agences ne savent néanmoins que trop bien s'appuyer.

Heureusement, le monde politique n'est pas homogène et certaines personnalités ont des convictions éthiques et

veulent avant tout représenter les intérêts de leurs mandataires. En outre, l'avis des électeurs pèse également et sa prise en compte détermine certains élus à se battre contre l'opacité, la corruption et pour l'établissement d'une meilleure réglementation.

Ce combat est aussi mené très énergiquement par des associations de veille citoyennes. Elles sont nombreuses, d'Anticor à la fondation Sciences citoyennes, du CRIIGEN (qui a la spécificité de publier des recherches scientifiques fondamentales) à Agir pour l'environnement, à batailler contre les lobbies industriels et à élaborer des actions concrètes en vue d'une contre-expertise véritable. Les lobbyistes essaient de discréditer ce type d'engagement en entretenant à dessein la confusion ? À les en croire, le combat des associations ne serait qu'une forme de lobbying parmi d'autres, puisqu'il cherche à influencer les décideurs. Évidemment, ces arguments de mauvaise foi reposent sur la confusion entre intérêts particuliers (les seuls défendus par les lobbyistes) et intérêt général (qui, justement, transcende les intérêts particuliers au nom de valeurs comme la justice, le droit, la solidarité). N'en déplaise à ceux qui veulent tout niveler sous l'étiquette du « lobbying », militantisme et mercantilisme ne sont pas des mots synonymes !

1. N. Lenoir, « Relever le défi des biotechnologies ». Voir : www.minefe.gouv.fr/fonds_documentaire/minefi/.../entreprise/biot_echno.pdf.
2. Voir infra, p. 162.
3. L'ONG Transparency International établit chaque année un classement évaluant 183 pays en fonction de la perception du niveau de corruption affectant leur administration publique et leur classe politique : il s'agit de l'« Indice de perception de la corruption » (IPC). Voir Transparence internationale France : www.transparence-france.org/ewb_pages/i/indice_de_perception_de_la_corruption644.php.

Des agences sanitaires au service des citoyens ?

Les agences sanitaires gouvernementales sont des organismes consultatifs, composés en majorité d'administratifs et de membres nommés pour leurs compétences scientifiques, auxquels peuvent s'adjoindre des représentants de la société civile. Il ne leur revient pas de prendre des décisions, mais de formuler un avis à partir de l'examen de dossiers. Leurs recommandations sont en général suivies par leur ministère de tutelle (ou la Commission européenne, ou le gouvernement), lequel se fonde sur l'appréciation des spécialistes pour autoriser ou non un produit – sa responsabilité étant toujours engagée, contrairement à celle des spécialistes.

J'ai été l'un des onze experts de la Commission du génie biomoléculaire (CGB) de 1998 à 2007. Cette expérience de l'intérieur m'a convaincu des défaillances de ces organismes chargés d'une lourde responsabilité vis-à-vis de centaines de millions d'Européens. Aussi m'appuierai-je sur cet exemple que je connais bien pour l'avoir observé pendant trois mandats, soit neuf ans. Ce que je sais du fonctionnement des autres commissions en charge d'évaluations sanitaires ou environnementales ne me donne pas à penser qu'il en va différemment pour elles.

De bonnes résolutions peu suivies d'effet

Ma nomination à la CGB a suivi la première crise de cet organisme. En 1997, son président, Axel Kahn, avait démissionné avec fracas, s'estimant désavoué par le gouvernement français : la ministre de l'Environnement d'alors, Corinne Lepage, décidait, avec l'assentiment du gouvernement Juppé, de ne pas autoriser la culture du maïs transgénique Bt 176 de Novartis, alors que la CGB avait rendu un avis favorable à l'importation [1] et à la culture. En même temps s'élevaient les premiers doutes sur le bon fonctionnement d'une commission dominée par des biogénéticiens tout acquis à l'innovation.

Une nouvelle CGB fut constituée en 1998 avec la volonté de redonner du crédit à l'expertise publique. Il fut ainsi décidé d'intégrer au moins un biogénéticien (ou biologiste moléculaire) critique, en l'occurrence moi-même. Cependant, les biologistes moléculaires y demeuraient en nombre dominant et le nouveau président, le généticien Marc Fellous, allait peu à peu contribuer à reconduire la politique de son prédécesseur, en s'appuyant lui aussi sur la prééminence de sa corporation.

La nouvelle CGB conservait la même structure que l'ancienne, c'est-à-dire qu'elle réunissait dans un seul collège onze ou douze experts scientifiques, selon les années, spécialistes du génie biomoléculaire ou de disciplines proches, mais aussi un botaniste, un zoologue, un toxicologue... et sept représentants de la société civile. A priori, le fait de confronter des points de vue différents semblait positif, la discussion s'en trouverait sans doute

élargie. La présence de représentants de la société civile aurait pu par exemple instaurer un débat sur l'utilité sociale des plantes transgéniques, préalablement à l'examen de leurs risques éventuels. Est-il nécessaire de courir des risques si le bénéfice est loin d'être acquis (sauf pour le fabricant) ou réservé à un type d'agriculture intensive à pesticides dont on veut plutôt sortir ? Voilà une question qui n'aurait pas manqué de bon sens.

Cependant, comme la CGB était dotée d'une mission purement technique et devait fournir des avis fondés sur des considérations scientifiques, les représentants de la société civile se sentaient en porte à faux et certainement pas en situation de discuter sur un pied d'égalité avec les experts en génie biomoléculaire.

Un nouveau règlement fut mis en place, destiné à favoriser l'expression des opinions contradictoires. Le nombre de rapporteurs par dossier fut augmenté (deux, voire trois rapporteurs internes et un rapporteur externe). Le rapporteur externe était chargé du travail le plus important. Son mode de désignation est intéressant : il était choisi par l'entreprise dans une liste de noms établie par le président et le secrétariat de la CGB, c'est-à-dire dans un vivier composé essentiellement de personnes tout acquises aux biotechnologies (et souvent parmi les anciens membres de la commission). Il était rémunéré pour son expertise (contrairement aux autres membres) et autorisé à prendre contact avec la firme qui présentait le dossier pour demander des informations complémentaires. L'augmentation du nombre de rapporteurs internes a d'abord fait croire à une volonté d'obtenir des évaluations complémentaires. Dans les

faits, il s'est agi surtout de répartir les dossiers à examiner ; rarement un même dossier aura été lu par ses trois rapporteurs. L'avis final devait être pris au terme d'un vote à la majorité (auparavant il émanait d'un consensus). Dans 98 ou 99 % des cas, c'est celui de l'expert extérieur [2] qui était suivi par la commission.

Ajoutons, pour finir, que la participation à la CGB prenait beaucoup de temps : réunion tous les mois, pendant une journée complète (généralement de 9 heures à 19 heures), sans compter les séminaires de plusieurs jours ou les séances de deux journées consécutives lorsque les dossiers devenaient trop nombreux. L'examen des dossiers, qui nous étaient adressés quinze jours seulement avant la date de la séance, voire moins, mobilisait beaucoup d'énergie. Au total, c'était bien un à deux mois par an qui se voyaient dédiés à cette mission d'expertise bénévole [3]. Notons que ce bénévolat pouvait favoriser l'acceptation des compensations offertes par les lobbies.

Peu à peu, entre 1998 et 2003, certains experts, certains représentants de la société civile ont délaissé les séances de la commission. Il s'est ensuivi un remodelage progressif : les démissionnaires ont été remplacés par de nouveaux membres à l'esprit plus conciliant et, en 2003, il a été décidé d'abaisser le quorum de neuf à huit membres. La démobilisation compréhensible d'une partie des membres de la CGB a donc facilité l'infléchissement du travail de la commission en faveur des biotechnologies.

Évacuer les risques sanitaires plutôt que de les évaluer

Les experts scientifiques de la CGB, dans leur majorité, se faisaient une conception restreinte du risque, liée à leur discipline : ils considéraient surtout les éventuels défauts de la construction génétique. Leurs rares avis défavorables étaient motivés par l'imprécision de celle-ci ou par le fait qu'elle comportait de nombreuses séquences génétiques surnuméraires [4]. Leurs spécialités ne les engageaient pas à tenir compte des effets concrets des OGM sur l'environnement ou sur la santé, de leur comportement dans la nature (a-t-il le rendement annoncé ? favorise-t-il ou non la résistance des adventices ?). Les questions centrales – Quel est le vrai bénéfice pour le citoyen par rapport au risque qu'il encourt ? Y a-t-il des alternatives ? – n'étaient pas du ressort de la commission. Par contre, les prétendus bénéfices de rendement ou de réduction de pesticides (non chiffrés) constituaient l'introduction habituelle des scientifiques pro-OGM pour convaincre.

Dans l'examen des risques, jamais n'était prise en compte la question des pesticides, alors que 99,9 % des OGM, nous l'avons dit, sont conçus pour tolérer un herbicide ou produire un insecticide. Il était admis que la sécurité sanitaire des pesticides constituait un problème à part, évalué par une autre instance, la commission dite des Toxiques du ministère de l'Agriculture. Nous n'avions pas à nous en préoccuper...

Nul souci, donc, de juger les dossiers d'un point de vue global, en envisageant toutes les composantes de la

culture proposée (la plante et le traitement associé), la plante dans sa réalité et ses effets concrets (et pas seulement comme une structure créée en laboratoire), dans son utilité sociale et ses conséquences environnementales (notamment sur la biodiversité). Enfermés dans leur corporatisme de généticiens ou de spécialités apparentées, la majorité des membres de la CGB ne semblaient voir que l'intérêt et le prestige de leur discipline. Pour valoriser celle-ci, ils étaient prêts à se plier à la vision de la croissance économique commune aux gouvernements et aux grandes industries chimiques. J'en suis venu à croire, après neuf années passées à leurs côtés, qu'ils n'en avaient pas d'autre.

Dans leur réalisation concrète, les dispositions de la CGB reposaient sur le travail du secrétariat de la commission. Dans un premier temps, la composition de celui-ci n'avait pas changé ou presque. Ses tâches étaient assurées, selon le règlement, par des représentants des ministères de l'Agriculture et de l'Environnement ou de l'Écologie. Dans les faits, le ministère de l'Agriculture, chargé depuis toujours d'étudier les dossiers des industriels consignant les effets de *leurs* pesticides sur la santé (cherchez l'erreur !), s'arrogeait la part du lion. Éric Schoonejans, à l'époque représentant du ministère de l'Agriculture et secrétaire de la CGB, nous expliquait que, à devenir trop exigeants à l'égard des industriels, ceux-ci invoqueraient la « distorsion de concurrence » : jusque-là, on n'avait pas exigé de longs tests sur animaux avec les autres firmes. Le président acquiesçait, assurait de sa compréhension. Je croyais cauchemarder en boucle. Éric Schoonejans passerait un jour au ministère de l'Environnement, toujours pour suivre le dossier des

OGM. D'où pourraient donc venir les progrès dans l'évaluation des risques ? Or ces administratifs, qui étaient deux à cinq selon nos réunions, avaient forcément un poids dans le fonctionnement de la commission. C'étaient eux qui retranscrivaient les propos des experts, qui conseillaient le président dans le choix de ses rapporteurs.

À partir de 2003, la dérive de la nouvelle CGB par rapport à ses objectifs initiaux de transparence et d'expertise contradictoire s'était confirmée. La composition de la commission avait en effet évolué au fil des ans dans le sens d'une homogénéisation des opinions. La publicité des débats, inscrite dans le règlement de 1998, s'était considérablement restreinte. Les nouveaux responsables du secrétariat concevaient désormais les comptes rendus détaillés de séance comme des documents de travail internes et confidentiels. On commençait à parler de « comptes rendus synthétiques » (en gros, réduits à la taille de conclusions) qui seuls devraient devenir publics.

Or c'est justement en 2002-2003 que les premiers tests de trois mois apparaissaient dans les dossiers examinés par la CGB. Ce n'était pas systématique et les compagnies semencières n'entendaient pas rendre publics tous leurs résultats, et notamment les données brutes à partir desquelles elles avaient tiré leurs conclusions. Les producteurs d'OGM se barricadent toujours derrière le secret industriel.

Au lieu d'examiner attentivement ces nouvelles données, la CGB est entrée dans le jeu des entreprises en banalisant et minimisant systématiquement la portée de

ces études. Elle a augmenté les obstacles à la publicité des données. C'est pendant l'été 2003 que la demande de commercialisation du maïs NK 603 (tolérant au Roundup) a été déclarée recevable, alors que les tests de 90 jours effectués par Monsanto faisaient état de 50 effets significatifs sur le métabolisme des rats. La décision fut prise à la hussarde...

L'attitude de la CGB, dans ces années cruciales, allait démontrer que les agences fonctionnent comme un écran supplémentaire entre le public et les produits que lui proposent les industriels. Il semble bien que les agences aient à cœur d'*évacuer* les problèmes sanitaires plutôt que de les *évaluer*.

Conflit autour d'un maïs-insecticide

Revenons de façon plus détaillée sur le dossier du maïs MON 863, arrivé presque en même temps que celui du NK 603 sur le bureau de la CGB. Il s'agit d'un maïs produisant son propre insecticide pour lutter contre *Diabrotica virgifera*, chrysomèle dont la larve, très dangereuse, ravage les racines de maïs... aux États-Unis. Il n'aurait d'intérêt en Europe que si, soudain, l'on découvrait que *Diabrotica* avait franchi l'Atlantique pour coloniser les champs du Vieux Monde. Sait-on jamais ?... Quelques années plus tard, la chose fut avérée.

Conformément aux directives européennes réglementant les OGM, la demande d'autorisation de commercialisation avait été déposée auprès de la Commission européenne et d'un premier État pour un avis préliminaire. En l'occurrence, Monsanto avait

soumis cette demande au gouvernement allemand (à cette époque, n'importe quel pays européen pouvait être récipiendaire d'un dossier). Les experts de ce pays avaient formulé des réserves liées au fait que ce maïs contenait un gène marqueur de résistance à un antibiotique.

Après cette première étape, la Commission européenne avait distribué le dossier aux pays membres, afin de recueillir leur avis.

Il parvint donc à la CGB à la mi-2003. Je veille alors à ce que les choses ne se passent pas comme pour le maïs NK 603, qui fut un dossier escamoté. J'examine de près les résultats des tests effectués par Monsanto, et il me semble qu'ils soulèvent bien des questions : les rats nourris avec ce maïs présentent en effet plusieurs anomalies (augmentation du nombre des globules blancs, de la glycémie, baisse du nombre des globules rouges, etc.). Au sein de la Commission, le débat est vif en octobre suivant. Pour la première fois, les arguments pointant l'insuffisance du dossier de Monsanto sont entendus. À la majorité, la Commission émet un avis négatif et déclare « ne pas être en mesure de conclure à l'absence de risque pour la santé animale ». Elle demande des compléments d'information au semencier. Pourtant, en avril 2004, sans attendre les éclaircissements, l'EFSA tranche et déclare le maïs MON 863 « aussi sûr que le maïs traditionnel ». Mais ce n'est qu'un avis auprès de la Commission européenne, comme celui de la CGB l'est pour le ministère de l'Agriculture. Les décisions d'autorisation sont prises par le Conseil des ministres de l'Environnement ou, en cas de désaccord, par la Commission européenne.

À la suite de l'avis réservé de la CGB, Monsanto est pourtant obligé de revoir son dossier et présente sa réponse en septembre 2004. La préparation en a été confiée à deux experts américains choisis par la firme. Ces experts n'ont pas mené de nouvelle expérience sur le maïs MON 863, mais sur l'un de ses descendants, croisé avec un autre maïs génétiquement modifié ! De quoi embrouiller le problème... Ils confirment pourtant les conclusions du premier rapport : les lésions et anomalies (sanguines, poids des reins) constatées chez les animaux nourris avec ce maïs seraient uniquement dues à la variabilité naturelle. La réponse de Monsanto est examinée par la CGB en décembre 2004 et, cette fois, ceux qui tiennent les manettes entraînent la majorité des experts à capituler. D'autant qu'un avis contredisant celui de l'EFSA aurait fait tache. La CGB donne son feu vert, estimant alors que les différences significatives qui l'avaient inquiétée dans un premier temps n'ont plus de quoi troubler sa conscience. La procédure aboutit à un avis favorable à l'importation et à la commercialisation du maïs MON 863.

La censure du débat interne

Pendant les débats d'octobre 2003 sur le maïs MON 863, j'ai exprimé clairement mes réserves, et les raisons sur lesquelles je les fondais, de sorte que le compte rendu de nos délibérations porte trace de la discussion interne et des divergences entre les experts. Quelque temps après, je remarquai que les comptes rendus en question nous revenaient du ministère de plus en plus tard et s'amaigrissaient au fil des mois. Manque de personnel, comme on s'en justifiait, ou bien décision politique de ne

pas faire apparaître les dissensions de la CGB ? Réduites ou presque à l'avis rendu au terme du vote final, sans qu'apparaissent les résultats du vote ni les opinions qui les motivaient, les recommandations donnaient ainsi l'illusion d'être consensuelles. Cette impression était corroborée par les conférences de presse données par son président (ou d'autres membres influents), qui tenait sur les OGM un discours rassurant délivré comme étant celui de la quasi-unanimité. La parole des opposants se trouvait ainsi censurée : il n'en était pas question dans le discours officiel (communiqués de presse ou procès-verbaux des réunions), où les voix discordantes étaient considérées comme des épiphénomènes négligeables.

La question des procès-verbaux est devenue l'objet d'une lutte : obtenir qu'ils témoignent des désaccords réels, c'était s'élever contre le mensonge du consensus scientifique et aussi, dirai-je, prendre date : je n'aimerais pas, si dans quelques décennies le laxisme des agences était établi par des conséquences dramatiques, voir mon nom associé à des décisions que je me suis efforcé de combattre.

N'obtenant d'amélioration ni dans la manière dont étaient rédigés les comptes rendus ni dans le délai qui y était consacré, j'ai alors annoncé mon intention d'évoquer ouvertement devant la presse les discussions et les données qui en avaient fait l'objet au sein de la CGB. Les avocats du ministère n'ont pas tardé à me faire savoir que je m'exposais à être attaqué pour faute professionnelle. Les délibérations d'une commission chargée de conseiller le gouvernement sont, m'ont-ils signifié, soumises au secret, au même titre que les délibérations du

gouvernement. Si je divulguais les débats ou les données non reportés dans les comptes rendus officiels, je verrais ce qu'il m'en coûterait. À la suite de cet épisode, en 2004, Marc Fellous proposa une modification du règlement intérieur de la CGB. Jusqu'alors les délibérations de la commission auraient dû donner lieu à des procès-verbaux qui en consignaient la totalité (il n'en était rien) et être rendus publics. Le nouveau règlement institua que seuls les comptes rendus synthétiques le seraient.

Pourtant, les controverses font partie du développement normal de la science. L'histoire de la pensée scientifique en est jalonnée : vers 1830, le grand naturaliste Cuvier et son collègue du Muséum Étienne Geoffroy Saint-Hilaire s'affrontent énergiquement au sujet de l'hypothèse d'une structure commune à tous les animaux ; une trentaine d'années plus tard, Pasteur et Pouchet se querellent à propos de la génération spontanée, défendue par le second. Ainsi de suite. Il est dans la nature même de la théorie scientifique de mettre en jeu ses conclusions, en les soumettant aux objections et à la réfutation par le raisonnement et l'expérience, comme l'a souligné Karl Popper. Pour cette raison, elle constitue une pensée ouverte. En revanche, si l'*establishment* scientifique reprend à son compte une position d'autorité, intimant à ses contradicteurs le silence au nom d'une vérité de principe, il dénature la science et la fait régresser vers le dogme et le conformisme.

Je ne pouvais plus rien faire au sein de la commission, le nutritionniste Gérard Pascal et Marc Fellous se refusant à réclamer que les tests de toxicité soient prolongés et n'ayant pas cherché à obtenir la levée de confidentialité

des informations à partir desquelles nous prenions nos décisions.

Une opacité organisée

C'est grâce à l'action du CRIIGEN que la lutte pour la transparence a pu reprendre. En 2003, cette association s'adressa à la CGB pour lui demander communication des procès-verbaux de séances de l'année 2002 ainsi que des résultats des tests de nutrition sur les rats effectués par Monsanto. Au bout de trois mois, elle reçut une réponse négative : « secret industriel ». Le CRIIGEN saisit alors la CADA (commission d'Accès aux documents administratifs), qui se prononça favorablement en novembre 2003. Il fallut néanmoins attendre mars 2004 pour que les procès-verbaux détaillés des délibérations de la CGB au cours de l'année précédente parviennent au CRIIGEN. Les documents, blanchis par endroits, permettaient malgré tout de reconstituer un fonctionnement discutable (par exemple, l'avis positif sur le maïs NK 603 transmis par le président, sans débat de la commission). En août 2004, n'ayant toujours pas obtenu communication des tests de toxicité existants effectués sur les rats nourris pendant quatre-vingt-dix jours au maïs MON 863, le CRIIGEN les réclama de nouveau au ministère de l'Agriculture. Il reçut des documents qui avaient trait à d'autres essais. Demande réitérée. Le ministère se décida à envoyer au CRIIGEN (en exigeant le remboursement des frais de photocopie...) 5 000 pages relatives à l'évaluation du maïs MON 863, mais aussi du maïs NK 603, du maïs Bt 11 et du colza GT 73. Et dans ces 5 000 pages, toujours nulle trace des tests pratiqués sur les rats... De nombreuses autres

informations sont d'ailleurs absentes ou tronquées (séquence génétique, détail du transgène utilisé, etc.). Un courrier du ministère de l'Agriculture, adressé à la présidente du CRIIGEN au début de 2005, confirma que les tests sur la santé étaient considérés comme confidentiels par les autorités.

L'affaire du maïs MON 863 n'était pas close. C'est en fin de compte grâce aux lois allemandes que le CRIIGEN a pu obtenir la communication des tests sur les rats, après que Greenpeace Allemagne eut réclamé à son gouvernement le dossier des données brutes des tests déposés par la firme – l'affaire avait fait grand bruit dans la presse. Miracle ! Le gouvernement allemand, lui, s'exécuta, à la différence de son homologue français. C'étaient pourtant les mêmes données. Aussitôt Monsanto attaqua ce gouvernement, perdit, fit appel. La cour d'appel de Münster trancha et autorisa l'accès aux données brutes en 2005. Fortes de cet exemple et de cette jurisprudence, les autorités suédoises et allemandes communiquèrent en 2006, de nouveau à la demande des avocats de Greenpeace, les données des tests de trois mois sur lesquelles s'étaient fondées les autorisations d'importations pour consommation des maïs NK 603 et MON 810. La Commission européenne s'y opposa par lettre, arguant de la confidentialité d'entreprise et menaçant d'attaquer pour distorsion de concurrence. Le gouvernement français y alla aussi de sa protestation. Or, il n'aurait pas été envisageable sans ces données de procéder à nos contre-expertises et à nos réanalyses statistiques.

La rétention d'informations ne concerne-t-elle que les OGM ? Malheureusement non, comme le montre un exemple tout récent, datant de mai 2011. Le Réseau environnement santé (RES) a demandé à l'EFSA de lui communiquer les études ayant servi à fixer la DJA (dose journalière admissible [5]) de l'aspartame, cet édulcorant dont les effets neurotoxiques sont débattus. La réponse reçue le 24 mai 2011 mentionne que « l'EFSA ne dispose pas du dossier de demande d'autorisation de l'aspartame en Europe ».

L'AFSSA (devenue l'ANSES), l'agence française qui avait examiné en 2002 le dossier de l'aspartame avant l'agence européenne, faisait pourtant référence à trois études expérimentales de cancérogénicité, dont deux publiées avant 1980, ayant servi à définir la DJA de 40 mg/kg/j. Est-il vraisemblable que l'EFSA, qui a suivi en 2002 la position de l'AFSSA, n'ait pas eu connaissance de ces études ? Le Réseau environnement santé s'est ensuite tourné vers l'Agence nationale de sécurité sanitaire [6] (ANSES) pour lui demander communication des études en question. Après un très long délai, les études ont été transmises au RES, mais seulement sous la forme de rapports et non d'études publiées dans une revue à comité de lecture. Surtout, l'association n'a toujours reçu aucune réponse à sa demande de confirmation ou d'invalidation des accusations de fraude concernant les études à partir desquelles a été fixée la DJA du produit. Si l'on en croit la toxicologue Jacqueline Verrett, qui a travaillé pour la FDA et témoigné en 1985 devant le Congrès américain : « Aucun protocole complet n'a été rédigé avant que l'étude ne soit mise en route ; les animaux n'étaient pas étiquetés de façon permanente

pour éviter les mélanges [...] il y avait des mesures sporadiques de la consommation alimentaire et/ou un report inadéquat de la consommation et du poids des animaux ; des animaux auxquels des tumeurs ont été enlevées ont été réintégrés dans l'expérience ; certains animaux ont été enregistrés comme morts, mais des enregistrements ultérieurs les ont classés comme vivants [...]. Une seule de ces aberrations aurait suffi à annuler cette étude destinée à évaluer un additif alimentaire [...]. Il est impensable qu'un toxicologue, après une évaluation objective de ces données, puisse conclure autre chose que l'étude est ininterprétable et sans valeur, et doit être refaite [7]. »

En revanche, depuis 2006, plusieurs études de cancérogénèse publiées par l'Institut Ramazzini (Institut bolonais de recherche en cancérologie) démontrent un effet cancérogène chez le rat et la souris à partir de doses d'aspartame proches de la consommation humaine. Ces études publiées dans les meilleures revues scientifiques ont été néanmoins écartées par l'AFSSA, puis par l'ANSES, et par l'EFSA, encore récemment, au motif d'une interprétation divergente de certains paramètres (relation effet/dose ; différences selon le sexe, etc.), alors que celle sur laquelle se fondait leur autorisation était beaucoup moins rigoureuse, selon le témoignage précité. C'est aussi ce que j'ai pu constater et ce que de nombreux experts critiques m'ont confirmé en « off ».

Moralité : les agences sont extrêmement sévères avec les études indépendantes et garanties par une publication scientifique mais sont capables de prendre pour argent comptant les études déficientes, non publiées et même

confidentielles que font réaliser les entreprises et qui s'appuient sur des arguments d'innocuité plus que douteux. En résumé, les agences tirent les mêmes conclusions que l'industrie... jusqu'à la crise sanitaire.

Le retentissement de l'évaluation biaisée du médicament Mediator a poussé l'ANSM [8] à décider, à la fin de 2011, de filmer et de mettre sur Internet toutes les réunions d'experts. Heureuse initiative, mais ce sont surtout les données brutes des analyses de sang des patients ou des animaux testés qui devront devenir publiques, car c'est là le point crucial.

En 2008, le HCB (Haut Conseil des biotechnologies) a succédé à la CGB, mais il a perdu beaucoup d'autorité en s'occupant majoritairement des autorisations d'expérimentation des OGM, les autorisations commerciales relevant désormais de l'EFSA pour toute l'Union européenne. Or l'EFSA ne pallie pas les déficiences des commissions nationales. Elle constitue même un écran supplémentaire. Les avis des commissions nationales, « lissés » dans leurs comptes rendus (mentionnant seulement l'avis majoritaire, presque toujours favorable), sont fondus dans un jugement qui se donne toutes les apparences de reposer sur une consultation large et on ne peut mieux informée.

Ainsi, les agences sanitaires d'État introduisent elles aussi des causes d'opacité. Tandis que leur mission devrait être de s'opposer à la rétention d'informations par les industriels, les scientifiques de l'*establishment* semblent au contraire couvrir ces manœuvres. Ils ne soulignent pas l'insuffisance des dossiers, se satisfont des réponses des

sociétés dès lors que celles-ci affirment l'innocuité de leurs produits. La raison voudrait que les agences sanitaires refusent de statuer sur des dossiers peu clairs, mais elles répondent docilement aux injonctions gouvernementales qui les poussent à trancher vite et dans un sens favorable. Par souci de ne pas se déjuger et de conserver leur position dominante, des scientifiques influents font en sorte d'étouffer un débat pourtant bien réel au sein de leur discipline. On ne doit voir qu'une seule tête, celle qui opine invariablement aux OGM. Toutes les autres sont de mauvaises têtes.

Une telle attitude des gouvernements incite évidemment les agences à persévérer dans leur conduite irresponsable. En effet, les scientifiques des agences sanitaires ont pour fonction de conforter la légitimité des décisions politiques sans doute autant que de préparer celles-ci en les éclairant. Les États européens, soucieux de favoriser la croissance économique, ont adopté une position de principe favorable aux OGM, c'est-à-dire aux consortiums de l'agrobusiness. Les traités économiques qui les lient aux États-Unis dans le cadre de l'OMC les obligent à s'ouvrir aux produits importés selon les critères du pays exportateur. Les gouvernements attendent donc des agences qu'elles formulent des avis non seulement favorables mais franchement favorables. Il n'est pas besoin de contraintes explicites pour cela. Une carrière facilitée, le soutien accordé à un projet de recherche, quelques honneurs, un poste de prestige... ont bien des attrait et peuvent influencer le jugement de certains, qui s'exécutent parfois même de bonne foi.

Collusion d'intérêts à l'EFSA

Au niveau européen, il semble que les hauts responsables de l'EFSA ne se sentent pas vraiment tenus de déclarer leurs conflits d'intérêts – contrairement aux principes les plus élémentaires.

Ainsi, la directrice exécutive de l'EFSA, Catherine Geslain Lanéelle, a reconnu devant la commission Lepage pour le Conseil des ministres de l'Environnement européen que le responsable de son comité scientifique OGM, Harry Kuiper, n'était pas indépendant, puisqu'il avait travaillé aux côtés des multinationales pour définir les critères, que nous jugeons très laxistes, d'évaluations sanitaires des OGM (qui n'imposaient pas de tests de nutrition, même de trois mois, sur les mammifères).

Suzy Renckens a dirigé le comité administratif OGM de 2003 à 2008 à l'EFSA. C'est elle qui en 2007 a fait la sourde oreille à notre première contre-expertise alertant sur les signes de toxicité. C'est encore elle qui a causé un scandale en devenant, quelques semaines après avoir quitté l'EFSA, lobbyiste à un poste clé pour la firme Syngenta. Notons que Syngenta avait absorbé la compagnie Novartis, donc les maïs transgéniques Bt 176 et Bt 11.

En 2010, c'est Diana Banati, présidente de l'EFSA, qui est signalée en conflit d'intérêts par José Bové et son équipe : elle travaille alors pour le conseil d'administration de l'ILSI (International Life Science Institute), et a dû en démissionner, celui-ci étant cité comme un groupe de pression agro-alimentaire lié à de grandes firmes d'OGM.

Cet institut a été fondé en 1978 par de grandes firmes telles Coca-Cola, Heinz, Kraft, General Foods, Procter & Gamble, auxquelles se sont jointes ensuite bien d'autres firmes leaders du secteur agroalimentaire comme Danone, Mars, McDonald's, Kellogg's, Monsanto, Dupont, Novartis... L'ILSI constitue un lobby dont l'objectif est de modifier la réglementation des produits de l'industrie dans le sens d'un allègement.

Diana Banati, toujours présidente de l'EFSA, crée un nouveau scandale le 9 mai 2012 en annonçant sa démission pour devenir directrice exécutive pour l'Europe de l'ILSI ! Rejoint-elle ses amis « non indépendants » pour éviter la pression ? En tout cas, le lendemain le Parlement européen ne donnera pas quitus au budget de l'EFSA, qui doit être analysé par la Cour des comptes. Trop de liens entre les experts et l'industrie, dénoncent certains, dont Corinne Lepage, devenue en 2009 députée européenne en charge de l'environnement.

Vu le nombre des conflits d'intérêts non déclarés, s'étonnera-t-on que, sur un total de 125 dossiers d'OGM examinés depuis sa création, l'EFSA n'ait donné aucun avis défavorable et n'ait jamais tenu compte de l'important débat contradictoire de la communauté scientifique sur ce sujet ?

Il existe cependant des tensions et des oppositions au sein même des institutions nationales et européennes. Les électeurs se soucient de leur santé, de celle de leurs enfants et de leurs concitoyens, et les hommes politiques

sentent tout ce qu'ils auraient à perdre en prenant des décisions risquées. Au sein de l'Europe, par exemple, apparaissent des affrontements entre les ministres – représentants de leurs pays où l'opinion majoritaire n'est pas favorable aux OGM – et la Commission européenne, qui statue toujours positivement en dernier recours pour autoriser ceux-ci, comme si elle était un organe d'harmonisation avec l'OMC. Rien d'étonnant donc à ce que, dans l'émission « OGM : l'étude qui accuse » (Canal +, 2006), le journaliste Paul Moreira ait pu citer une note confidentielle, et non signée, par laquelle le gouvernement français demandait aux autorités européennes de ne plus communiquer les résultats des études sur la toxicité des OGM, parce que « la publicité faite autour d'elles pourrait nuire à la position concurrentielle des entreprises qui les fabriquent ».

1. La question de l'importation ne relevait pas du ministre de l'Environnement.

2. En 2004, à la suite de mes nombreuses critiques, la CGB réforma encore son règlement de manière que l'expert externe soit choisi par le président, sur proposition des membres de la commission. La firme demandeuse avait moins de latitude de choix, mais la liste des experts extérieurs ne s'est pas enrichie de beaucoup de scientifiques critiques. Il a même été entendu que les conflits d'intérêts devaient être déclarés...

3. Aucune compensation n'était prévue pour le temps consacré à cette mission, pas même la possibilité de se faire remplacer pour certains cours, par exemple. Pour les universitaires en début de carrière, c'était alors mon cas, les sommes déboursées en frais de déplacement et d'hébergement (les réunions se tenaient à Paris, j'habitais près de Caen) augmentaient sans que suive le remboursement des frais. J'en venais à me demander si la lenteur des services financiers n'était pas un moyen comme un autre de dissuader tout scientifique indépendant de participer à ces réunions.

4. Rappelons que la fabrication des OGM agricoles décrits jusqu'ici implique l'insertion dans un patrimoine héréditaire d'une séquence génétique étrangère. On injecte de nombreuses copies de la séquence dans une cellule. Parfois, plusieurs séquences se greffent en même temps à des endroits variés, parfois de simples morceaux de séquence, dans le sens de la lecture génétique ou à l'envers.

5. Calcul théorique de la dose d'un produit qui devrait pouvoir être consommé quotidiennement sans effets nocifs.

6. L'ANSES résulte de la fusion de deux agences nationales françaises, l'AFFSA (dédiée à l'alimentation) et l'AFFSET (à l'environnement).

7. D. Davis (2007), *The Secret History of the War on Cancer*, New York, Basic Books, p. 421.

8. ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé.

Les accommodements de l'establishment scientifique

Les défaillances des agences ne s'expliquent pas seulement par l'ampleur de la tâche qu'elles ont à traiter en un temps restreint ni parce qu'elles n'auraient pas les moyens d'être plus exigeantes en fait de contrôle, ni même par la pression des gouvernements au nom de la course au développement économique. Il s'est noué une forme de collusion délétère entre les intérêts des industriels et ceux d'une certaine partie des scientifiques. « Intérêt » dans le cas des scientifiques peut renvoyer à des motifs d'ordre privé (carrière favorisée, postes lucratifs...), mais le plus souvent il s'agit tout bonnement d'intérêts corporatistes (obtention de crédits de recherches dans leurs disciplines). La collusion des experts scientifiques et des lobbies industriels produit des effets désastreux sur l'évaluation des risques. D'une part, elle pousse les experts au laxisme au sein des commissions sanitaires, d'autre part, elle les encourage à se faire passer pour toute la science et à bâillonner l'esprit critique d'une autre partie de leurs collègues.

La sous-évaluation des risques sanitaires liés aux polluants et aux OGM est le résultat d'une imbrication d'intérêts structurelle. Cependant, elle suppose aussi la participation consciente d'individus qui sacrifient leur

éthique scientifique et citoyenne aux bénéfices personnels ou corporatistes qu'ils trouvent à cautionner un système objectivement injuste et dangereux.

Aux États-Unis, la pratique des *revolving doors* [1] (« portes tournantes ») est courante. Elle désigne le fait que des experts appartenant aux commissions gouvernementales d'évaluation des produits industriels se trouvent au sortir de leur fonction propulsés à des postes rémunérateurs au sein des entreprises dont ils examinaient peu auparavant les dossiers ; ou inversement, que tel chercheur ayant longtemps travaillé pour une grande société devienne membre d'une commission qui aura à statuer sur les projets de son précédent employeur.

En 2009, la FDA embauchait Michael Taylor, ancien vice-président de Monsanto dont les activités professionnelles n'avaient cessé d'alterner entre la firme et cette agence (c'est précisément lui qui, au début des années 1990, avait mis au point les normes de sécurité alimentaire qui ont conduit à commercialiser de nombreux produits sans tests suffisamment longs sur les animaux).

Ce qu'on évoque peut-être moins, c'est que la politique de la recherche, dans les pays occidentaux, infléchit notablement l'indépendance de la science. En effet, depuis quelques décennies, le ministère de la Recherche incite les directeurs de laboratoire à collaborer avec les industriels de façon à financer leurs activités : achat de matériel, bourses de recherche des doctorants, organisation de congrès, frais de déplacement... Le « bon » directeur de laboratoire, bien évalué par son

université et par les instances nationales, sera donc celui qui, en trouvant ces financements externes, prouvera l'importance de sa discipline et l'utilité de ses travaux. Par les contrats qu'il sait nouer avec l'industrie intéressée par les applications de ses recherches, il donne les moyens à son équipe et à sa spécialité de se développer. La récente loi relative aux libertés et aux responsabilités des universités ou LRU (votée en 2007 et mise en place progressivement) renforce cette tendance : l'autonomie financière qu'elle accorde aux établissements a pour contrepartie de les inciter, voire de les obliger, à rechercher leurs crédits par l'obtention de contrats avec des entreprises privées. Il faut bien prendre conscience du fait que la science labellisée « objective », officielle parce que rémunérée par le service public, est à l'heure actuelle dépendante des choix et des priorités du monde de l'industrie. Et, souvent en toute bonne foi, le chercheur va sélectionner des objets de recherche pour lesquels il sait qu'il rencontrera plus facilement un soutien : il souhaite la réussite de ses projets et un programme ayant trouvé des subsides externes aura d'autant plus de chances d'être aidé aussi par les grands organismes publics de recherche.

C'est une façon douce et peu visible de circonvenir la recherche scientifique. Et cela ne veut pas dire, bien sûr, que tous les scientifiques soient vendus aux industriels. Le plus grand nombre même garde une haute idée de la connaissance scientifique et continue de faire progresser celle-ci tout à fait impartialement, mais selon des tendances ou des objectifs insidieusement encadrés par les nécessités de la production industrielle. C'est le Service d'activités industrielles et commerciales (SAIC)

qui gère les bourses d'étudiants, quel que soit leur financement (Région, industrie, fondation ou association de bienfaisance). Car réellement tout est conçu pour le dialogue économique avec l'industrie dans nos disciplines biotechnologiques : les petits-déjeuners « Synergia » ou les « technopôles » sont des plates-formes d'interactions régulières entre chercheurs et industries. L'État ou la Région vous permettent de présenter à cette occasion vos résultats pour aguicher les entreprises locales et favoriser la commercialisation rapide de produits innovants. Les cellules dites de liaison avec les entreprises se multiplient dans toutes les universités. Les relais d'information de la propriété industrielle aussi. Fort bien.

Bien évidemment, dans les sciences du vivant, cela conduit au développement rapide et incontrôlé des OGM. L'intérêt citoyen est très rarement représenté en tant que tel dans les instances universitaires, notamment au niveau de la recherche – cela fera partie de nos propositions de conclusion. De plus, ralentir le système en réclamant contrôles environnementaux et sanitaires vous fait regarder comme un intrus dans le système, qui cherchera peu à peu à vous exclure. Je devrais dire à peu près, à l'instar de tel statisticien au Haut Comité des biotechnologies interrogé sur mes travaux de contre-expertise : « Ces statistiques de Monsanto sont impuissantes à démontrer la sécurité alimentaire de tel OGM » (le fond), mais, comme lui, ne pas m'opposer fermement à l'autorisation dudit OGM (la forme). Qu'ils aillent à Creve Coeur, Saint Louis, Missouri, siège de la firme, voir si j'y suis !

L'intégrité de la science se mesure pourtant au fait que, malgré les difficultés, il s'est toujours trouvé des chercheurs ou des médecins pour étudier les effets nocifs des produits chimiques, médicamenteux ou génétiquement transformés. Récemment, la ténacité du docteur Irène Frachon est parvenue à porter au jour le scandale du Mediator dont nous avons déjà évoqué les répercussions. Le courage de Pierre Meneton, chercheur à l'INSERM, est aussi exemplaire : il dénonce l'excès de sel, présent notamment dans les aliments transformés et les sodas, et son incidence catastrophique sur les maladies cardio-vasculaires. Cependant, au fur et à mesure que des articles révèlent la nocivité de certaines substances commercialisées et que les mouvements d'opinion font pression sur les politiques pour que la réglementation progresse, les lobbies industriels élaborent des moyens d'acheter les experts des nouvelles instances de contrôle ou de resserrer la solidarité d'intérêts entre universités et grandes entreprises.

Étouffer le débat scientifique

Certains scientifiques occupent à la fois des postes universitaires, des responsabilités dans les grands organismes de recherche (CNRS, INRA, INSERM, etc.), des sièges au sein de commissions gouvernementales, des fonctions de conseiller auprès d'hommes ou de femmes d'État. Je fais même partie de ceux-là. Mais certains de ces hommes et femmes d'institution et de pouvoir, reniant l'esprit même de la science, s'emploient à faire passer pour unanime leur avis sur l'absence de risques des innovations technologiques.

Dès 1997, Jean-Marie Pelt et moi avons été les instigateurs d'un « Appel des scientifiques et des médecins », signé par cent vingt et un chercheurs du monde entier [2]. Il ne s'agissait nullement de condamner le génie génétique, mais d'appeler à un contrôle de ses applications *fondé sur la recherche et la connaissance scientifique*. Malgré le souhait clairement exprimé par une partie de la communauté scientifique que le moratoire sur la culture des OGM en Europe s'accompagne d'une évaluation des risques fondée sur des tests de toxicité rigoureux, une poignée d'« experts », assez faciles à relier à un lobby, parcourt le monde en continuant d'affirmer qu'il n'y a aucun problème – la plupart n'ont pourtant jamais publié d'articles scientifiques sur les OGM agricoles ! La censure du débat scientifique passe par un éventail de pratiques bien rodées. Une partie de celles-ci consiste à noyer dans le « bruit » le débat reposant sur de véritables études.

L'Agence sanitaire européenne veut-elle justifier son a priori favorable aux demandes d'implantation ou de commercialisation d'OGM, par exemple à l'autorisation du MON 863 ? Elle entasse un grand nombre de références scientifiques sur l'innocuité des plantes transgéniques. Cependant, à considérer de près la liste des publications répertoriées, on constate qu'il n'y figure pas plus d'une étude *in vivo*, celle de 90 jours menée par la société Monsanto elle-même. Tout le reste n'est que poudre aux yeux. Une multitude d'études purement descriptives entourent la seule qui soit fondée sur des tests de toxicité (aux conclusions douteuses), et crée l'illusion d'une expertise contradictoire.

En décembre 2011, un article de Gérard Pascal, directeur honoraire de recherches à l'INRA, fait du bruit dans notre milieu [3]. Ce travail se présente comme une recension de vingt-quatre études de longue durée (ou sur plusieurs générations de rats) sur la toxicité des OGM. L'auteur prétend que ces études apportent la preuve de l'innocuité des plantes transgéniques dans l'alimentation ! Plus la peine de faire des tests *in vivo* : « Le débat est clos. » Des avis aussi caricaturaux sont pourtant rares dans le monde vraiment scientifique ! Sans aucune distance critique, les auteurs reprennent les conclusions des industriels expliquant que les effets significatifs constatés sur les groupes traités (comparativement aux groupes témoins) ne posent pas problème : ils relèvent de « la variation biologique normale ». Ils ne se sont même pas donné la peine de vérifier au préalable les statistiques présentées dans les études des industriels. Ils appellent « tests de long terme » des études de quelques mois sur des saumons ou des macaques, de deux ans sur des vaches (dont la durée de vie moyenne est d'une quinzaine d'années !), de quelques semaines sur des poulets ou des cailles. Ils ne relèvent pas non plus que ces études n'ont pas été exigées avant la commercialisation des produits. Ils omettent de citer notre contre-expertise de 2011 [4], pourtant très consultée par la communauté, aboutissant à des conclusions opposées – ce qui n'est pas conforme à l'éthique scientifique. Plus grave, les recherches au long cours de Manuela Malatesta [5] et de ses collaborateurs, souvent citées dans la littérature scientifique et réglementaire, mettant en évidence les effets négatifs du soja Roundup Ready (dérèglements hépatiques, pancréatiques, testiculaires jusqu'au tréfonds des cellules), sont considérées comme non pertinentes ! On

ne sait pas, dit-il, si les deux sojas (OGM et conventionnel/témoin) ont bien poussé au même endroit, dans les mêmes conditions, avant d'être consommés des mois durant par des souris... Et ils ajoutent : « Mais de quel soja au Roundup s'agit-il vraiment ? » Il n'existait à l'époque où Manuela Malatesta a mené son expérience qu'un seul soja transgénique. Une mascarade d'expertise contradictoire ! Ils vont jusqu'à conclure qu'il n'est plus besoin de faire des tests de nutrition. Ainsi, Gérard Pascal juge les publications internationales selon son bon plaisir, transforme leurs conclusions ou les ignore pour des raisons très discutables ou fallacieuses. Avec de tels exemples, comment ne pas « fabriquer » des générations d'étudiants qui auront honte de la science ? Gérard Pascal a été notamment membre de la CGB (il a permis la mise sur le marché français de nombreux OGM) et président du conseil scientifique de l'AFSSA (1999-2002).

Voyons maintenant la stratégie employée vis-à-vis des publications scientifiques critiques. Après que Dominique Cellier [6], Joël Spiroux et moi avons publié en 2007 notre première contre-expertise [7] des données brutes fournies par Monsanto (dossier de demande d'autorisation du maïs MON 863), très vite une réponse a été donnée dans la revue *Food and Chemical Toxicology* (dès l'été de la même année). Dirigée par un scientifique présenté par Monsanto comme une sommité de la toxicologie, John Doull, cette étude prend le contre-pied de la nôtre mais se contente d'amplifier l'argumentation utilisée par Monsanto pour minimiser les différences significatives reconnues à partir des tests de nutrition sur les rats.

Les auteurs font semblant de penser que notre article prétend démontrer la nocivité du MON 863, alors que son objectif explicite est de mettre en évidence les points soulevant des doutes. Nous ne prétendions rien établir à partir de résultats de Monsanto obtenus par la justice, dont nous avons lieu de penser qu'ils n'étaient pas très fiables ; nous voulions simplement démontrer que l'expérience devait être répétée, et même prolongée, de façon à dissiper les motifs d'incertitude. Nos contradicteurs se contentent de botter en touche en arguant de principes de toxicologie réglementaire (effet proportionnel à la dose, homologie de l'effet chez les mâles et les femelles) dont les études récentes ne cessent de montrer l'inadéquation. Beaucoup plus grave, ils témoignent que ces principes ont bien été invoqués pour minimiser la portée des effets significatifs observés dans l'homologation confidentielle des produits chimiques, pesticides et médicaments, révélant ainsi la sous-estimation organisée depuis cinquante ans. Quelle négligence délictueuse à l'égard de la santé humaine ! Sans surprise, ils ne proposent pas de mettre ces principes à l'épreuve de la seule procédure qui permettrait de les valider objectivement : l'approfondissement de l'expérience. Et en fin d'article, les auteurs remercient la société Monsanto (leur seul soutien) pour l'aide financière et technique qu'elle leur a apportée. Leur étude ne saurait donc se targuer de plus d'objectivité que le dossier déjà présenté par la société en faveur de son produit. On n'a pas affaire, comme il aurait été sain, au point de vue d'un tiers complètement indépendant. Enfin, même le titre de l'étude n'est pas sans arrière-pensées : « Rapport d'un groupe d'experts sur le réexamen *par Séralini et al.* (2007) d'une étude de

90 jours conduite par Monsanto pour prouver la sûreté d'une variété de maïs transgénique (MON 863) [8]». Une fois n'est pas coutume, *in capite venenum* ! Contrairement à toutes les règles en usage dans le milieu scientifique, ce titre affiche mon nom. Un article scientifique discute une hypothèse et ne combat pas l'avis d'une personne, c'est la raison pour laquelle les noms propres n'apparaissent jamais dans le titre des publications – à moins que l'auteur ne soit mort depuis longtemps, ou pour lui rendre hommage. La stratégie est banale : plutôt que de discuter les conclusions d'un chercheur, qui ne travaille jamais seul, on induit que sa personne est sujette à caution. Et si sa personne est sujette à caution, mieux vaut l'empêcher de s'exprimer, non ?

« Militants » ?... « Obscurantistes » ?...

Lorsqu'on veut discréditer à bon compte les scientifiques critiques, on brandit un terme magique, on les qualifie de « militants » – évidemment, les pro-OGM, eux, ne militent pas ! Le procédé est aussi vieux que le monde. Rappelons-nous les premières alertes environnementales de l'après-guerre : lorsque Rachel Carson a publié *Printemps silencieux* en 1962, les lobbies de la chimie et les autorités américaines ont répandu le bruit qu'elle était sûrement communiste... Comme s'il y avait d'un côté la science « pure », totalement objective, de ceux qui soutiennent les applications industrielles du génie génétique, de l'autre une science partielle, pis, une simple opinion cherchant à se faire passer pour scientifique. Je crois qu'il vaut la peine de s'attarder un peu sur ce cliché si commode.

D'un côté, donc, une recherche scientifique en synergie avec les besoins de l'industrie, des personnalités influentes que l'autorité institutionnelle pare d'un prestige pas toujours proportionnel à leur compétence scientifique, un accès facilité... et monopolistique aux médias. Ces personnalités se soucient-elles de donner la parole à leurs contradicteurs, de les écouter pour mieux réfuter, posément, rationnellement, en public, leurs objections ? Certes pas. Pourtant elles se disent les porte-parole vertueux d'une science résolument objective. De l'autre côté, ceux qu'on tente de discréditer en les qualifiant de « militants ». Ce terme implique qu'il n'existe qu'un seul discours impartial : celui du pouvoir, étatique et économique. Dès que l'esprit critique gratte un tant soit peu les évidences pourtant peu scientifiques sur lesquelles s'appuie ce discours, on en conclut qu'il est mû par la passion irréfléchie, le prurit de l'idéologie.

L'exemple du soutien que Greenpeace Allemagne nous a apporté en 2003 est emblématique. C'est pourquoi j'y reviens. L'occasion était trop belle pour nos détracteurs de crier au militantisme.

Lorsque Monsanto, se pliant contre son gré à la décision de la justice allemande, a remis au CRIIGEN les données brutes des études de nutrition sous forme de tirage papier (1 100 pages), Greenpeace nous a proposé son aide. Telles quelles les données brutes étaient inexploitables, à moins d'une nouvelle saisie informatique de leur contenu. Soit des centaines d'heures de travail fastidieux. Comment financer celles-ci ? Ce n'est pas le rôle de l'université. Greenpeace ne se satisfaisait pas d'avoir mené une action juridique pour obtenir ces documents sans que les choses

aillent plus loin. L'ONG proposa donc d'accorder une bourse de six mois à un jeune chercheur en mathématiques et biostatistiques qui entrerait les milliers de données de Monsanto dans un logiciel et les vérifierait en examinant les calculs de la firme. Cela permettrait à mon équipe de faire d'autres calculs à partir des mêmes chiffres, selon des méthodes statistiques plus appropriées.

À la fin du travail de réexamen des données, nous avons publié un article dans lequel le soutien de Greenpeace était mentionné, comme le demandent les règles de la transparence scientifique. Était-ce une aide symétrique au financement par Monsanto des tests destinés à évaluer ses propres produits ? Greenpeace n'est pas une entreprise commerciale animée par des intérêts concurrentiels à l'égard de Monsanto. Greenpeace ne s'est pas mêlé de notre réflexion scientifique. Greenpeace n'a exigé de nous aucun type de confidentialité. Au contraire, son action a consisté à vouloir rendre publiques des informations qui nous concernent tous. Nous avons été fiers, pour toutes ces raisons, de collaborer avec Greenpeace. Coopérer ne revient pas à approuver toutes ses actions.

Nous sommes « militants » au sens où nous voulons diffuser les résultats de nos études, menées en toute rigueur méthodologique ; et pour ce faire, emprunter la voie judiciaire par l'intermédiaire du CRIIGEN, si c'est nécessaire. Nous sommes « militants » parce que nous prenons au sérieux la science et ses conséquences sur la vie sociale et la santé des hommes. Soit ! Mais nous ne sommes pas « militants » au-delà. La publication de nos

études dans de grandes revues scientifiques à comité de lecture garantit leur pertinence, au regard de l'état actuel des connaissances. Or, ces résultats nous conduisent à mettre sérieusement en doute l'évaluation des risques concernant 450 millions d'Européens et, par conséquent, le monde entier.

Autre chanson. Parce que nous demandons un contrôle accru des applications de la génétique ou de la biologie moléculaire, nous serions des obscurantistes, hostiles par principe au progrès scientifique. Bien entendu, l'argument est destiné au public – comment des collègues qui connaissent notre travail pourraient-ils le croire ? On nous dépeint en passésistes, en prophètes de malheurs, en « marchands de peur ». Toute grossière que soit la manœuvre, elle est systématiquement employée. Ceux-là mêmes qui refusent le libre exercice de l'esprit critique et se retranchent derrière des pétitions de principe reprochent à leurs adversaires de trahir la science. Le savoir scientifique est toujours partiel et la science procède aussi par ratures.

Pourtant, les experts si conciliants avec l'industrie s'élèvent en véritable tribunal contre leurs collègues « dissidents ».

Tribulations des lanceurs d'alerte

Le dénigrement des chercheurs « dissidents » va bon train et s'accompagne de différentes mesures de vexation et d'intimidation de la part de leur hiérarchie ou des institutions auxquelles ils sont rattachés. Par exemple, Christian Vélot, chercheur à l'Institut de génétique et de

biologie moléculaire et cellulaire de l'université d'Orsay : son discours critique sur les OGM, sa participation aux travaux du CRIIGEN font qu'il a été en butte aux remontrances de sa hiérarchie, à des confiscations de crédits, à des pressions pour qu'il change de locaux ; on a dissuadé certains étudiants de suivre des stages sous sa responsabilité et il a fini par être exclu de son institut de recherche. Une importante manifestation citoyenne et des négociations se sont ensuivies. Il est aujourd'hui maître de conférences à l'université d'Orsay et chercheur au pôle « Risques, qualité et environnement durable » de l'université de Caen.

Dans les pays où l'implication des entreprises dans la recherche universitaire est encore plus forte qu'en France, un certain nombre d'affaires ont montré, depuis une quinzaine d'années, les incroyables pressions subies par la recherche en génétique.

Le biochimiste et nutritionniste Arpad Pusztai est un de ces cas historiques. Rappelons en quelques mots ce qu'il a subi pour ceux qui ne le connaîtraient pas. Depuis de nombreuses années, il s'occupait au Rowett Research Institute (université d'Aberdeen, Écosse) des lectines, des molécules insecticides produites par les plantes pour se défendre, au point d'en être devenu le spécialiste mondialement reconnu. Ses études de nutrition avaient prouvé l'innocuité de la lectine GAN sur les rats. En 1988, lorsque les autorités britanniques lancent un appel d'offres pour des recherches destinées à prouver l'innocuité des plantes transgéniques, Arpad Pusztai dépose un projet concernant une pomme de terre transgénique porteuse d'un gène qui lui fait produire de

la lectine GAN. Son projet fait partie des tout premiers projets européens retenus et il est doté d'un très gros budget (4 millions de livres). Il se propose de mener un test de nutrition sur des mammifères : étudier l'impact d'une nourriture à base de pommes de terre transgéniques sur la croissance de jeunes rats. Or l'expérience fait apparaître entre autres et assez vite une inflammation des muqueuses gastriques et intestinales et une prolifération des vilosités intestinales parmi les rats traités. Il s'en alarme et a le tort d'évoquer ses inquiétudes lors d'une émission télévisée portant sur les OGM, avant d'avoir publié son article, qui sera très critiqué [9]. La nouvelle remue fortement l'opinion publique et même le Parlement britannique, à une date où les Anglais consomment depuis deux ans des aliments transgéniques à base de soja sans que ceux-ci aient fait l'objet de tests toxicologiques. Aussitôt, une violente controverse se déchaîne contre Pusztai : il est désavoué par sa hiérarchie et discrédité sans fondement par certains de ses pairs et par la prestigieuse Royal Society. On lui interdit l'accès à son laboratoire pour « enquêter sur ses erreurs ». Le bruit court que le président américain en personne, entouré de nombreux anciens de Monsanto devenus conseillers à la Maison Blanche, aurait téléphoné au Premier ministre britannique à ce sujet. À la fin de 1998, son contrat avec le Rowett Institute n'est pas renouvelé. Mentionnons simplement que cet institut, déjà financé à hauteur de 1,5 million de livres par Monsanto, négociait un gros contrat avec cette entreprise au moment où l'intempestif Pusztai a pris la liberté de s'exprimer à la télévision.

L'écologiste Ignacio Chapela, quant à lui, effectuait avec David Quist des recherches sur les maïs des communautés indiennes du Mexique lorsqu'il s'aperçut incidemment que des variétés locales (dites « sources » car à l'origine de tous les maïs) avaient été contaminées par des séquences transgéniques. L'affaire n'était pas insignifiante, car le Mexique est considéré comme le berceau de cette plante et son centre de diversification génétique. Cette contamination pouvait entraîner la disparition de la biodiversité qui assure la variété nécessaire des semences. En 2001, Chapela et Quist publièrent dans la très renommée revue *Nature* un article rendant compte de leur découverte. Comme dans l'affaire Pusztai, cette publication déclencha une polémique sans proportion avec une controverse scientifique, tant par son ampleur que par sa virulence. Bien que les conclusions des chercheurs aient été confirmées par plusieurs laboratoires mexicains à la demande du gouvernement de ce pays, un éditeur de *Nature* écrivit par la suite que l'article en question comportait des insuffisances qui auraient dû empêcher sa publication. Il dévoilait par là même que cette revue n'est pas au-dessus de la mêlée. Chapela enseigne à Berkeley, la prestigieuse université californienne. En 2003, son contrat arrivait à échéance (puisque aux États-Unis les universitaires ont le plus souvent des contrats à durée déterminée), et il fut averti que celui-ci ne serait pas renouvelé. Il se trouve que son université s'était liée par un accord de recherche avec la société Syngenta. Chapela avait d'ailleurs protesté contre cette alliance au moment où la décision en avait été prise. Malgré l'avis de la majorité des enseignants de Berkeley et celui du comité de spécialistes formé pour examiner son dossier, Chapela fut renvoyé de Berkeley en 2004,

puis finalement réintégré. Quist, depuis, a rejoint la Norvège et cofondé le Réseau européen des scientifiques environnementalement et socialement responsables (ENSSER, en anglais) [10].

En 2005, notre consœur Manuela Malatesta dirigeait à l'université d'Urbino un programme de recherches concernant les effets des aliments OGM sur l'organisme. Elle entreprit de tester sur des souris l'effet d'un soja tolérant au Roundup Ready et de faire ce que personne n'avait encore fait : réitérer le test de Monsanto en le prolongeant de trois à neuf mois. Disposant d'un microscope électronique, Manuela Malatesta et son équipe ont pu examiner des cellules du foie, des testicules et d'autres organes. Le temps passant, elles constataient des altérations des cellules des souris traitées. Ces dernières n'étaient pas malades, mais les modifications de leurs cellules paraissaient des signes avant-coureurs de dérèglements plus importants. Chez les souris remises à un régime normal, les anomalies disparaissaient. Manuela Malatesta publia ses résultats [11]. Mêmes causes, mêmes effets. Ses travaux furent violemment critiqués et l'on ne tarda pas à lui retirer les crédits destinés à poursuivre l'expérience – bonne façon de préserver la santé des souris ! Elle se vit même obligée de changer d'université et de chercher un autre contrat. Je suis heureux que nous soyons parvenus à collaborer dans le cadre de l'expérience dont ce livre témoigne.

En 2005, c'est notamment avec Sophie Richard que je cosignai un article de recherche fondamentale qui portait sur les méfaits encore non pris en compte du Roundup dans les cellules humaines, donc sur la mauvaise

évaluation du produit [12]. Notre travail parut dans un journal scientifique reconnu pour son excellence, *Environmental Health Perspectives*, et les médias s'y intéressèrent, même outre-Atlantique. Mais les autorités de l'INRA se désolidarisèrent de cette étude, effectuée pourtant dans le cadre du programme de recherches que je menais alors sous leur égide ! Interdiction de faire valoir qu'elle avait été conduite grâce à leur soutien sur un plateau de télévision, me signifia ma hiérarchie, sans fournir aucune explication scientifique.

Quelques années plus tôt déjà, j'avais été désolidarisé du CNRS. « Séralini, si vous avez le temps de parler des OGM aux journalistes, c'est que votre recherche n'est plus prioritaire ! » m'avait susurré un haut responsable scientifique ministériel. À la suite de mon éviction, j'ai perdu mes crédits de recherche. C'est alors que j'ai commencé à me tourner vers des fondations pour soutenir mes travaux.

En 2006, c'est encore l'INRA qui refusa de prolonger mon programme de recherches, ce dont ont pâti mes étudiants et mes collègues. J'appris indirectement que l'ordre émanait de la direction. Il s'y trouvait d'anciens « collègues » de la CGB et du Comité de biovigilance sur les OGM qui avaient contribué à l'évaluation et à l'autorisation ministérielle de la commercialisation du Roundup. L'INRA me proposa tout de même de travailler sur... l'amélioration du sperme de porc industriel ou le clonage des vaches laitières. De quoi aurais-je pu me plaindre ? J'avais l'impression vive de me débattre dans un filet de pêche. Depuis, j'ai trouvé le couteau.

Au Royaume-Uni, depuis 1998, le Public Interest Disclosure Act protège ceux que l'on nomme les *whistleblowers* (en français, « lanceurs d'alerte ») du licenciement et des pressions de leur hiérarchie. Les cas où la ténacité de quelques-uns est parvenue à faire éclater des scandales sanitaires prouvent l'importance d'une protection juridique en faveur de ceux que leur profession conduit à repérer des dangers potentiels. En France, la nécessité d'une telle mesure a été inscrite dans le Grenelle de l'environnement en 2007. Mais elle n'est pas encore passée dans la loi. Des propositions pourtant se font jour. Corinne Lepage a soumis en 2009 au Conseil des ministres européens de l'Environnement des projets de lois sur la transparence et sur la protection des lanceurs d'alerte [13]. L'association Sciences citoyennes a élaboré en octobre 2010 un projet de loi pour la déontologie de l'expertise et la protection des lanceurs d'alerte qui propose la création d'une Haute Autorité de l'expertise et de l'alerte en matière de santé et d'environnement.

L'industrie manie le bâton et la carotte

En même temps qu'on tente de le coiffer du bonnet d'âne, il arrive qu'on tende une carotte au lanceur d'alerte. Meilleure méthode, peut-être ? La Fontaine le pensait : son pauvre homme avait beau être malmené, mordu, tordu par la bise, il refusait de quitter son manteau, mais que le soleil se montre et le caresse, voilà le manteau bas, car « *plus fait douceur que violence* ».

Racontons à notre tour une petite « fable »... Soit un professeur en biologie moléculaire, pas mauvais, publiant régulièrement dans des revues scientifiques

internationales, mais considéré comme un empêcheur de tourner en rond dans les commissions sanitaires dont il est membre. Un jour, il est approché par une personne qui lui explique qu'elle dirige des cabinets de conseil sur les biotechnologies et la pharmacie à travers le monde et travaille pour plusieurs groupements d'industrie. Elle lui dit qu'on apprécie son esprit critique : « C'est très dévalorisant pour vous d'en être encore là dans votre carrière, n'est-ce pas ? Vous donnez des conférences, bien sûr... À propos, combien cela vous rapporte-t-il ?... Ah !... Vous savez qu'un chercheur de votre valeur pourrait s'il le voulait être rémunéré 2 000 euros de l'heure pour des expertises professionnelles, pendant toute la durée de son déplacement ? Cela correspondrait davantage à ce que vous êtes en droit d'attendre. »

La conversation, commencée dans un de ces bars parisiens où se retrouvent les hommes d'affaires, reprend un autre jour dans un hôtel particulier de la même ville : « Et vous n'auriez pas à renier vos convictions. Il s'agirait justement de trouver des protocoles pour mieux étudier les risques, par exemple des OGM. C'est bien ce qui vous intéresse, non ? J'ai enregistré vos propos, l'autre fois. Tenez, lisez donc cet article sur le génie génétique. Vous pourriez le signer, non ?... Il ne correspond pas à ce que vous pensez ? Oh ! c'est un malentendu. N'en parlons plus. Mais vous ne risquez rien à expérimenter l'une de ces conférences très bien rémunérées dont je vous ai parlé... Alors c'est entendu, nous nous retrouverons ici dans quelques semaines. »

Quelques semaines plus tard, notre professeur revient, sa conférence sous le bras. Il est fidèle à son principe, qui est

d'accepter d'exposer ses travaux et ce qu'ils l'amènent à penser quel que soit l'auditoire. L'auditoire, en l'espèce, se réduit à deux personnes – il s'attendait à un petit cénacle d'industriels, mais pas à cela. Deux personnes qui ont plus envie de parler que d'écouter et qui commencent par déblatérer longuement contre José Bové. Notre professeur se demande à quoi cela rime.

Peu à peu les choses s'éclairent. Le premier « contact » était un chasseur de têtes. Les deux nouveaux interlocuteurs, représentant pour la France une très grande compagnie de biotechnologies, se proposent de recruter le conférencier comme expert externe pour examiner les projets des bureaux d'ingénieurs en compétition au sein d'une entreprise et déterminer leurs points faibles de façon à aider les décideurs à choisir ceux qui tiendront le mieux la route. Cette fonction porte un nom excitant : *project killer*, tueur de projets. Et cela rapporte beaucoup... On va sur place dans des pays étrangers, voyages garantis tout confort. « Si vous voulez bien signer ce contrat, vous êtes notre homme. Quoi ? La première mention ? Elle précise que vous ne pourrez plus vous exprimer en public sur vos expertises des OGM ? Ah ! mais bien sûr, cela va de soi. En effet, vous aurez accès à des dossiers confidentiels. Nous soutiendrons financièrement les colloques internationaux que vous organiserez avec les plus grands sur un sujet de recherche moins controversé. Les appels d'offres pleuvront... Comment, cela vous gêne ? Non, vous ne pouvez pas emporter le contrat chez vous pour demander conseil. Non ! et nous vous prévenons, cette rencontre n'a jamais eu lieu ! N'allez pas prétendre le contraire. Votre carrière, votre réputation, votre famille... »

Notre professeur a eu un instant l'impression d'être un Faust moderne. Il s'est demandé combien de ses collègues avaient été en contact avec des Méphistophélès en costume d'hommes d'affaires. Il a repensé à tous ceux qui, sollicités de donner leur avis en public sur des sujets tels que les OGM, s'y étaient refusés, ou s'étaient cantonnés à des banalités...

Quand l'aubergine-insecticide entre dans la danse

Abandonnons notre ex-futur *project killer* pour aller cette fois en Inde. La société Mahyco y a déposé une demande d'autorisation pour la culture et la commercialisation d'une aubergine transgénique produisant son propre insecticide. Or l'Inde est le pays d'origine de l'aubergine et de multiples variétés locales y croissent naturellement, constituant un véritable conservatoire de ce légume très prisé des Indiens. L'introduction d'une aubergine Bt menace ce précieux patrimoine génétique. La dissémination de la plante OGM pourrait contaminer les espèces proches, ce qui conduirait à faire disparaître irréversiblement les souches anciennes. Pour cette raison, mais aussi parce qu'elles appréhendent de façon générale l'impact sanitaire et environnemental des cultures OGM, des personnalités comme Vandana Shiva et surtout Aruna Rodrigues, qui avaient déjà pris parti contre l'implantation des plantes transgéniques en Inde, ont saisi la Cour suprême [14] pour tenter de bloquer le dossier de l'aubergine Bt, que le GEAC (l'équivalent indien de la CGB), lui, a laissé passer.

L'un des avocats engagés par ceux qui portent l'affaire devant la Cour suprême prend alors contact avec moi [15] et me demande si j'accepte d'être expert. Je ne peux m'y engager sans disposer des données brutes des analyses fournies par la société Mahyco à l'appui de sa demande d'autorisation. Or la chose est possible, puisqu'un *hacker* les a déjà capturées sur le site de Mahyco puis transférées sur celui du ministère de l'Agriculture indien qui les y laisse grâce à la justice... Il n'y a plus qu'à les télécharger. J'accepte la mission, en contrepartie d'une aide financière pour l'un de mes doctorants [16]. Pas le temps, cette fois, de reprendre l'analyse statistique comme nous l'avions fait pour les données du MON 863. Le dossier est urgent. En l'espace d'un mois, je peux seulement examiner en détail les analyses de chaque animal, avec l'aide de mon étudiant. Ce sont les meilleurs tests de nutrition que je n'aie jamais vus (évidemment payés par Mahyco), car ils portent sur trois espèces animales (rat, lapin, chèvre). Malheureusement, ils n'excèdent pas 90 jours. J'oubliais... J'apprends aussi que Mahyco est un avatar indien de Monsanto ; là-bas, les journaux ne désignent cette société que par « Mahyco Monsanto ». De son côté, le gouvernement indien, s'impliquant dans le procès, demande plusieurs autres contre-expertises à des spécialistes étrangers. Mon rapport est prêt en janvier 2009. Il est envoyé avec les autres contre-expertises à Mahyco pour que la société puisse préparer sa réponse. Pendant ce temps, le ministre indien de l'Environnement, Jairam Ramesh, a obtenu de son gouvernement un moratoire sur l'aubergine transgénique.

La réponse de Monsanto m'est communiquée à la fin de l'année 2009. Elle reprend encore les mêmes arguments :

les anomalies révélées par les analyses ne sont pas inquiétantes parce qu'elles diffèrent entre mâles et femelles et ne sont pas proportionnelles à la dose ingérée. Elles s'expliquent par la variation naturelle des réactions. J'envoie mes commentaires sur cette réponse que je ne trouve pas scientifique. Il n'y a plus alors qu'à attendre la décision de Jairam Ramesh ; le ministre annonce qu'il tranchera bientôt et que sa résolution sera définitive. Au cours de l'année 2009, je serai invité à donner des conférences en Inde, alors que l'agriculture y traverse une crise grave et que des paysans se suicident (en partie à cause des faillites causées par le coton transgénique, qui n'a pas eu le rendement escompté et a subi des attaques de parasites résistants). Au début du mois de février 2010, le gouvernement indien a pris sa décision : « Le moratoire [sur l'aubergine Bt transgénique] sera mis en place jusqu'à ce que tous les tests aient été menés pour satisfaire chacun... même si cela signifie que la production ne sera pas lancée immédiatement », déclare Jairam Ramesh, qui s'appuie sur mon analyse dans sa conférence de presse et son dossier explicatif.

Peu de temps après, Hillary Clinton, en voyage officiel en Inde, ne manque pas de mettre en garde Jairam Ramesh contre le retard économique que de telles décisions risquent de faire subir à son pays. Et dans la presse, plusieurs articles rapportent les commentaires du Belge Marc Van Montagu, spécialiste en biologie moléculaire, célèbre pour avoir mis au point le premier OGM (un tabac transgénique, en 1983). Cofondateur des sociétés Plant Genetic Systems Inc. et Cropdesign [17], Montagu préside l'European Federation of Biotechnology, une ONG qui promeut les biotechnologies. Fait baron par le

roi des Belges pour ses éminents mérites, Montagu sillonne le monde et se rend même à Cuba pour soutenir les biotechnologies dont le tabac OGM fait partie. Il parraine également l'AFBV (Association française des biotechnologies végétales) qui poursuit le même objectif. Le papa du premier OGM clame dans la presse indienne que les études de Gilles-Éric Séralini n'ont aucune valeur. Comment peut-il se prononcer, dit-il, alors qu'il n'a eu accès ni aux aubergines ni aux semences ! Montagu fait semblant de croire (ou peut-être n'a-t-il même pas pris la peine de s'informer) que je prétends avoir refait les tests. J'ai annoncé depuis le début que mon avis se fonderait sur le réexamen des tests effectués par Mahyco. Légèreté ou mauvaise foi ?

Un peu plus tard, c'est auprès des Philippines qu'une demande de commercialisation de l'aubergine Bt est déposée. Encore une fois, les réticences et les controverses se multiplient sur les risques sanitaires de cet OGM. Une coalition d'ONG, des politiques et des avocats nous demandent alors d'intervenir : en février 2012, le chef cuisinier Jérôme Douzelet et moi sommes allés exposer les risques encourus (cette aubergine recèle davantage de toxine insecticide que le maïs Bt) auprès des restaurateurs, des associations, des politiques, des scientifiques, etc. Comme en Inde, un moratoire juridique a été prononcé.

Diffamation et révélations

Confortés par l'exemple de leur sommité qu'est Marc Van Montagu, les champions des OGM s'enhardissent. Apprenant que je participe le 21 janvier 2010 à

l'émission « Magazine de la santé » de France 5, Marc Fellous et l'AFBV (que parrainent aussi Axel Kahn et Claude Allègre) décident de reprendre la main.

À la fin de l'année 2009, la publication dans *l'International Journal of Biological Sciences* de notre contre-expertise des tests effectués par Monsanto sur trois maïs transgéniques avait déjà déclenché les hostilités. Implicitement, cet article remettait en cause l'évaluation laxiste et lacunaire de ces trois plantes. L'AFBV, jeune association créée en juin 2009 par des promoteurs des OGM et présidée par Marc Fellous, publie un communiqué de presse qui ouvre contre moi une véritable campagne d'excommunication. Furieux de constater qu'une chaîne de télévision me convie malgré tout avec Joël Spiroux (coauteur), Marc Fellous prend sa plume cinq jours après l'émission et adresse aux responsables de celle-ci, ainsi qu'aux dirigeants de la chaîne et du Conseil supérieur de l'audiovisuel, deux lettres qui me mettent gravement en cause. Citons-en un passage pour donner le ton :

Nous sommes scandalisés que votre émission s'appuie sur les seuls propos d'activistes opposés aux OGM, comme G.-É. Séralini, chercheur avant tout militant anti-OGM, qui se prétend indépendant alors que ses études sont financées par Greenpeace. Ses déclarations médiatiques sont systématiquement contestées par la communauté scientifique comme l'a fait récemment le Comité scientifique du Haut Conseil des biotechnologies. [...]

Nous déplorons enfin qu'une chaîne de télévision publique se fasse le porte-parole de « marchands de peurs », d'organisations militantes, et par là participe à la campagne de dénigrement d'une technologie d'avenir répondant aux grands défis de notre siècle.

Dans un autre passage, Marc Fellous menace d'entamer une lutte médiatique impitoyable s'il se trouve encore des journalistes assez mal inspirés pour me donner à nouveau la parole.

Le procès en diffamation que j'ai intenté contre lui et l'AFBV a permis que soit soulevée ouvertement, au tribunal et dans les médias qui ont relayé l'information, la question cruciale de la prétendue indépendance des experts publics qui tiennent le haut du pavé et tentent d'empêcher par tous les moyens leurs contradicteurs de s'exprimer [18]. Reconnu coupable de diffamation à mon égard, Marc Fellous a été condamné à régler 4 000 euros, les frais du procès, et à verser l'euro d'amende symbolique que nous avions demandé.

À l'occasion des plaidoiries, la collusion entre les membres de l'AFBV et les grandes firmes de l'agro-alimentaire produisant des OGM a été publiquement évoquée. En effet, la plupart des membres fondateurs de cette association font valoir des brevets ou bien exercent des fonctions (parfois même les deux) au sein des conseils d'administration ou d'expertise d'entreprises telles que Syngenta, Novartis, Aventis Pharma, Bayer... Or, la plupart d'entre eux ont fait office d'experts dans les commissions gouvernementales qui ont autorisé avec largesse la culture expérimentale et la commercialisation

des plantes transgéniques. Certains, dont Marc Fellous lui-même, ont déposé des brevets pour ces sociétés alors même qu'ils présidaient les commissions en question. Comme l'a conclu M^e Dartevelle, au vu de l'ensemble des liens économiques ou de fonctions des membres de l'AFBV avec les grands groupes industriels, on ne peut nier l'intérêt de son président à attaquer les chercheurs auteurs de travaux qui font preuve de prudence à l'égard des OGM. Pour ces mêmes raisons, on comprend aussi que les membres influents de la CGB (ou de l'EFSA ou du HCB) soient à l'avance convaincus des bénéfices potentiels des OGM.

En 2012, un procès pour faux et usage de faux se poursuit, organisé par le CRIIGEN et moi-même contre les mêmes personnes. En effet, une lettre de soutien à Marc Fellous a été l'une des premières pièces produites lors du procès. Cette lettre qui me dénigrerait avait été signée, prétendait la partie adverse, par mon ancien directeur de thèse, de surcroît membre du CRIIGEN. L'avocat en faisait des gorges chaudes : n'était-ce pas la preuve que tout le monde me lâchait, tellement j'étais un mauvais chercheur ? Or, non seulement le Pr Sultan, auteur présumé de la lettre, n'a jamais été mon directeur de thèse, mais de surcroît il a attesté n'avoir jamais signé cette missive (sa signature était une copie au millimètre près de celle d'une autre lettre). Affaire à suivre, donc. Car la vérité doit apparaître sur ce type de pratiques qui gouverne la science industrielle.

1. La journaliste Marie-Monique Robin a longuement enquêté sur ce phénomène. Voir *Le Monde selon Monsanto*, La Découverte/Arte, 2008.
2. On trouvera le texte de cet « Appel des scientifiques, des médecins et des professionnels de la santé pour un contrôle des applications du génie génétique » dans l'ouvrage *Génie génétique*. Des chercheurs citoyens s'expriment, Sang de la terre/Ecoropa, 1997, p. 145-154.
3. C. Snell et al. (2012), *Food Chem. Tox.*, 50, p. 1134-1148 (parution électronique 2011).
4. G.-É Séralini et al. (2011), *Env. Sc. Europe*, 23, p. 10-20.
5. Notamment in Malatesta et al. (2005), *Eur. J. Histochem.*, 49, p. 237-242. Voir infra, p. 180.
6. C'est Dominique Cellier, responsable d'un mastère de biostatistiques à l'université de Rouen, qui a procédé à la contre-expertise du traitement des données dans les différents tests de Monsanto dont nous avons pu nous procurer les résultats.
7. G.-É Séralini et al. (2007), *Arch. Env. Contam. Toxicol.*, 52, p. 596-602.
8. J. Doull, D. Gaylor, H. A. Greim, D. P. Lovell, B. Lynch, I. C. Munro (2007), « Report of an Expert Panel on the reanalysis by Seralini et al. (2007) of a 90-day study conducted by Monsanto in support of the safety of a genetically modified corn variety (MON 863) », *Food Chem. Tox.*, 45, p. 2073-2085.
9. S.W. Ewen, A. Pusztai (1999), *Lancet*, 354, p. 1353-1354.
10. En mars 2011, sous l'impulsion du CRIIGEN, L'ENSSER s'est réuni en colloque international à l'université de Caen, autour du

thème : « Pour une évaluation durable des technologies et des biotechnologies ».

11. Notamment in Malatesta et al. (2005), Eur. J. Histochem., 49, p. 237-242. Les animaux ont été suivis durant plusieurs mois. « Nous avons étudié les organes des rats au microscope électronique, explique Manuela Malatesta dans une interview de Marie-Monique Robin, et nous avons constaté des différences statistiquement significatives, notamment dans les noyaux des cellules du foie des rats nourris avec du soja transgénique. Tout semble indiquer que les foies avaient une activité physiologique perturbée. Nous avons trouvé des modifications similaires dans les cellules du pancréas et des testicules. »

12. Alors étudiante, Sophie Richard a soutenu sa thèse sous ma direction avant de devenir chercheuse en biologie moléculaire à l'université Reutgers (New Jersey, États-Unis). Voir S. Richard et al. (2005), Environ. Health Perspect., 113, p. 716-720.

13. J'ai fait partie de la commission préparatrice des propositions. Voir les « Rapports de la commission Corinne Lepage » (2008), qui comprennent la proposition de méthodes et lois pour la réévaluation des biotechnologies et nanotechnologies sur le site du CRIIGEN : www.criigen.org (Nos dossiers/Commission Lepage).

14. En Inde, des particuliers ou des associations ont le droit de déposer une plainte devant ce tribunal.

15. Nos contre-expertises sur les maïs OGM de Monsanto venaient d'être publiées (2009). Le maïs Bt MON 810 fabrique la même toxine que l'aubergine Bt.

16. Aruna Rodrigues prend alors contact avec Greenpeace qui accepte de participer à hauteur de 7 000 euros. Une bourse annuelle s'élève à 36 000 euros environ.

17. CropDesign est une compagnie de biotechnologies agricoles qui fournit des constructions génétiques pour le marché des semences.

18. En vue du respect de la controverse scientifique, plus de mille deux cents scientifiques issus de trente pays et plus de quinze mille personnes m'ont apporté leur soutien en signant une pétition (Internet). Le jour du procès, vingt-sept fourgons de police bloquaient l'accès du tribunal à quelques centaines d'entre eux. C'est la première fois qu'un procès opposant deux scientifiques se tenait. Ces manifestations montrent à quel point les citoyens veulent que la vérité soit faite sur les enjeux de santé publique.

IV

Changeons de cap !

La nécessité d'un nouveau paradigme sanitaire

Le paradigme de la médecine moderne s'est structuré autour de la découverte de la plupart des micro-organismes pathogènes au XX^e siècle. L'ennemi, c'était le virus, la bactérie, le microbe. Certes, cette médecine pasteurienne, fondée sur l'asepsie, la vaccination, les antibiotiques, a permis une diminution spectaculaire de la mortalité depuis cent cinquante ans. Il y a eu l'avènement de l'hygiène, de la chirurgie, de la protection sociale, et de quoi nourrir les populations, mais dans les pays développés seulement. Il ne faudrait d'ailleurs pas croire que les principes de la médecine actuelle se soient imposés sans mal. Ses pionniers se sont heurtés à l'incompréhension et au refus, à l'instar de l'obstétricien hongrois Philippe Ignace Semmelweis [1], le premier à avoir préconisé aux médecins de se laver les mains avant de procéder aux accouchements. Cette hypothèse nous paraît aujourd'hui une évidence, mais à l'époque (1850) elle fut rejetée par l'institution médicale, et des milliers de jeunes mères continuèrent à mourir de la fièvre puerpérale.

Bien entendu, il ne s'agit pas de dire que la médecine pasteurienne, à l'origine d'un si grand progrès de l'espérance de vie, devrait être maintenant négligée. Il

convient notamment de rester très vigilant à un moment où la paupérisation d'une partie importante de la population fait resurgir des maladies contagieuses qu'on croyait éradiquées (la tuberculose, par exemple). Les micro-organismes ne sont pas nos seuls adversaires, d'autant que la plupart sont neutres ou utiles ; surtout, nous les connaissons mieux et avons appris à lutter contre eux. Mais nous sous-estimons infiniment une autre catégorie de nuisibles : les *xénobiotiques* (des ennemis qui n'appartiennent pas au domaine du vivant), toutes ces molécules invisibles constituant les produits de synthèse créés en grand nombre par l'homme depuis une centaine d'années. Il est plus que temps d'ajouter à l'hygiène antimicrobienne celle, chimique et invisible, tenant compte des polluants.

Un monde imprégné de polluants

La nature de mes recherches m'a conduit à m'intéresser essentiellement aux polluants chimiques. Ils ne sont pas les seuls, les technologies modernes nous entourent aussi d'une pollution dont les causes sont physiques : le bruit omniprésent dans le monde urbain et industriel, les rayonnements ionisants ou non ionisants, les ondes mécaniques (ultrasons et infrasons), les ondes électromagnétiques, les nanoparticules non biodégradables... Une fois encore, les effets de ces phénomènes n'ont pas fait l'objet de tests à long terme.

Quant à la cohorte des polluants chimiques, on n'en finit pas de les dénombrer dans l'environnement (air, eau, aliments), donc dans les organismes : la tribu des solvants et des vapeurs (les hydrocarbures polycycliques

aromatiques répandus dans l'atmosphère par la combustion des énergies fossiles, mais aussi par les goudrons du tabac) ; la horde des pesticides (herbicides, insecticides, fongicides, raticides...), sur laquelle nous avons insisté ; la famille des métaux (plomb, mercure, nickel, cadmium...) ; enfin le vaste clan des polluants alimentaires (additifs et conservateurs dans les aliments transformés, hormones de croissance résiduelles dans les viandes et poissons, traces d'engrais dans les végétaux, plastifiants entourant les aliments...).

La pétrochimie nous encercle de produits dérivés des carburants fossiles ; d'autres tentent de se développer davantage, tels les gaz de schiste. Nous mesurons mal à quel point les premiers sont omniprésents : dans les emballages et contenants de notre alimentation (plastiques et films étirables), dans notre mobilier, nos canalisations, nos peintures, les couches pour bébés, les CD, les cartes à puces, les stylos, les vêtements. Ils sont là dans tous les produits de nettoyage et d'entretien, les liquides pour la vaisselle, les solvants, les colles, les cires et les cirages, les encres d'imprimerie, l'ensemble des plastifiants... Et même dans notre salle de bains, que nous croyions un havre de paix et de relaxation, nous ne réussirons pas à leur échapper : le parabène, utilisé comme agent de conservation des produits de toilette et qu'on commence à regarder d'un mauvais œil, dérive du pétrole. Déodorants, crèmes, dentifrices, vernis à ongles, shampoings, matériaux de nos armoires à pharmacie, pansements, emballage des médicaments, antiseptiques, sont pleins de rejets du pétrole ! Au-delà de la vie quotidienne, nous les retrouvons dans le domaine agricole, avec les engrais et les pesticides. Et l'on

est encore loin du compte. Notre société productiviste, d'une inventivité inégalée, ne cesse de répandre dans l'environnement des produits nouveaux dont elle n'a pas prévu le recyclage. Pourtant, ces substances sont loin d'être facilement dégradables. La plupart ont justement été conçues pour résister à la dissolution et à la corrosion, par exemple les PCB (polychlorobiphényles), ces plastiques gainant les fils électriques, parfaits comme isolants, lubrifiants (huiles de moteur) et composants des encres d'imprimerie, mais appelés à devenir des déchets imputrescibles, presque éternels à notre échelle. Moins utilisés actuellement, les PCB continuent cependant de se concentrer dans les baleines de l'Alaska, les cétacés de la Méditerranée, les saumons de l'Atlantique ou d'élevage, les animaux de ferme, et les seins de nos femmes...

Qu'il s'agisse de substances solides égrenant petit à petit leurs molécules dans l'environnement ou de produits qui se dispersent dans l'atmosphère, les molécules chimiques, perdurant sous leur forme initiale, s'insinuent en effet dans les organismes vivants, entrent dans les cycles biologiques et dans tous les maillons de la chaîne alimentaire. Le tributylétain (TBT), contenu dans la peinture des coques de bateaux, se désagrège dans l'eau de mer au fil du temps ; ce fongicide commun, destiné à éviter les moisissures, se retrouve ensuite dans la chair des crustacés. Trois cents grammes de moules ramassées dans la région du Havre contiennent les estrogènes de synthèse d'une pilule contraceptive [2]. Même les stations d'épuration ne peuvent aujourd'hui purifier complètement l'eau des estrogènes naturels ou de synthèse qui affluent dans les égouts. Ce ne sont que quelques exemples, mais à partir d'eux on imagine les

milliers d'occasions de s'imprégner au jour le jour de substances xénobiotiques par les gestes les plus anodins de la vie.

On objectera que seules des quantités infimes de ces produits s'introduisent dans notre organisme par ingestion ou inhalation. Dans le sang, on ne les retrouve d'ailleurs qu'à l'état de traces. Nous ne sommes donc soumis qu'à des doses insignifiantes et sans effet nocif. Même les goinfres n'avalent pas la barquette de plastique contenant des phtalates avec leur plat tout préparé ! C'est vrai, mais des quantités infimes tout au long d'une vie finissent par constituer des quantités importantes. Tout irait bien encore si ces substances étaient facilement éliminées par l'organisme. Or ce n'est pas le cas. La grande majorité d'entre elles sont hydrophobes (c'est pour cela qu'elles imperméabilisent bien) et ont une affinité particulière avec les graisses. Faute d'être éliminées (par le biais de l'urine, de la sueur, des fèces, de l'expiration), elles se concentrent dans les membranes huileuses de nos cellules et dans les liquides à fort taux de lipides comme le liquide amniotique, le sperme et le lait, et surtout dans les organes tel le cerveau, où elles peuvent être neurotoxiques. Pour cette raison, les fœtus et les nouveau-nés n'échappent pas à la contamination par ces substances. On trouve du DDT dans le lait des femmes esquimaux, et par conséquent dans le sang de leurs petits enfants. Les bébés qui naissent actuellement sont des bébés chimiques, imprégnés avant même de naître, par transfert placentaire, des résidus répandus universellement depuis plusieurs décennies : 2 000 échantillons de sang de cordons ombilicaux ont été analysés par des équipes américaines qui ont mis en

évidence jusqu'à 87 polluants chimiques [3]. Au cours de leur développement puis de leur vie, ces générations d'humains ne cesseront d'accumuler de nouvelles doses de ces substances, qui ne manqueront pas, au bout du compte, de se compter en grammes. Ils sont devenus littéralement les enfants du pétrole : dans quelques siècles, les archéologues (s'ils existent encore) qui examineront nos fossiles nous baptiseront peut-être ainsi.

Ayons confiance, disent certains, en l'espèce humaine, qui en a vu bien d'autres et qui a toujours fait preuve de sa capacité à surmonter les crises. Plus ils progressent dans le domaine des sciences et de la technologie, plus les hommes deviennent aptes à maîtriser la nature et à déterminer eux-mêmes leurs conditions de vie. À cela deux objections. L'optimisme triomphaliste à propos de la maîtrise de la nature veut ignorer les effets non contrôlés et pourtant terriblement destructeurs du progrès technique sur l'environnement naturel. Et puis, comme le soutient le biologiste américain Jared Diamond dans son livre *Effondrement*, certains groupes humains n'ont pas réussi à sortir d'une crise qui les a conduits à l'extinction. Les habitants de l'Ile de Pâques ont surexploité les ressources de leur milieu naturel, en l'occurrence les arbres, et se sont condamnés eux-mêmes à s'éteindre. L'île de Pâques certes est un microcosme aux richesses très limitées, perdu dans le Pacifique. Mais qu'est-ce que la Terre, sinon un microcosme aux richesses limitées perdu dans l'Univers ?

Ceux qui nous taxent d'être des marchands de peurs, voire des millénaristes, ne sont eux-mêmes que des

marchands d'illusions (aux conséquences criminelles) et surtout des promoteurs d'inertie, des défenseurs du système établi.

Comment agissent les polluants au sein de l'organisme ?

Les effets des polluants ont de quoi dérouter un praticien formé à la médecine pasteurienne. Ils demandent à changer de cadre de pensée. On ne les connaît d'ailleurs pas encore entièrement, on est seulement en train de les découvrir.

Les liens entre santé humaine et environnement ont longtemps été masqués par une méthode épidémiologique centrée sur des pathologies se déclarant à court terme et assignables à un agent bactérien ou viral identifiable. Contrairement aux germes des maladies infectieuses, les xénobiotiques ne se multiplient pas. Ils s'accumulent lentement et sont difficiles à doser car ils se transforment et se lient aux tissus vivants. Leurs effets sont multiples et peuvent se combiner ; il est impossible d'établir un rapport invariant entre tel polluant et telle pathologie. Ils ne ciblent pas un organe particulier. Une image permettra de mieux saisir leur action : ils se comportent comme du sable dans un moteur. Qu'un grain s'introduise par hasard dans tel engrenage, c'est celui-ci qu'il détraquera. On comprend les difficultés présentées par leur étude : une seule expérience ne suffit pas à cerner l'ensemble des influences toxiques d'un produit. Elle met seulement en évidence l'effet généré par une fourchette de doses pendant un temps donné sur une fonction métabolique spécifique. Une dose différente

produira peut-être d'autres effets, non proportionnels ou nouveaux, sur un temps beaucoup plus long, et ces effets altéreront peut-être d'autres fonctions. En synergie avec un autre xénobiotique, le même produit aura peut-être un impact à des doses bien moindres.

Mais revenons à ce que nous pouvons comprendre de l'action pernicieuse de ces substances dans l'organisme. Car quelques dizaines d'années de recherches en laboratoire permettent tout de même de commencer à saisir leur façon d'opérer.

Les xénobiotiques (étrangers à l'organisme vivant) ne provoquent pas d'infections comme les microbes et les virus. Ou très indirectement, en minant, en affaiblissant petit à petit un terrain physiologique. Ces particules microscopiques, de la taille d'une molécule, donc beaucoup moins volumineuses que des bactéries, agissent en fait au niveau de la cellule. C'est pourquoi elles en viennent à produire des effets cancérigènes ou à causer des maladies dégénératives. Parmi les millions de molécules qui parviennent à s'infiltrer au cœur de certaines cellules, seule une infime fraction de ce petit nombre échappe à tous les systèmes de protection et de réparation et finit par enclencher un dérèglement de la cellule. C'est une question de probabilité. Plus notre organisme se gorge de ces particules délétères, plus il court de risques de voir ses défenses déjouées ; et plus il se fatigue à éliminer les intrus, moins ses défenses sont efficaces, d'autant qu'il finit par être débordé par le nombre croissant de ces derniers.

Quand des molécules toxiques pénètrent dans l'organisme, elles passent facilement à travers sa première barrière défensive, les globules blancs. Ceux-ci font essentiellement barrage aux envahisseurs de plus grosse taille : bactéries, virus et microbes. Les molécules toxiques poursuivent donc leur raid jusqu'à ce qu'elles soient entraînées vers le foie, principal organe de détoxification. Là, elles subissent un traitement sévère : elles sont attaquées par des enzymes qui les découpent en morceaux, les oxydent et les liquéfient de façon qu'elles puissent être évacuées dans les déjections et la transpiration. Cependant un tout petit nombre de molécules toxiques, ou plutôt de leurs métabolites (c'est-à-dire des nouvelles formes qu'elles ont prises après le travail des hépatocytes), parvient à échapper à l'excrétion. Leur viscosité leur permet de se maintenir au sein même des cellules. Ainsi la spectrométrie de masse a-t-elle mis en évidence, au cours de l'expérience que nous avons menée, la présence de métabolites du Roundup jusque dans les cerveaux des rats qui avaient bu d'infimes doses de cette substance (eau contaminée).

Paradoxalement, c'est la transformation métabolique destinée à les éliminer qui a rendu les molécules toxiques encore plus nocives en leur donnant une certaine viscosité. Alors qu'elles n'étaient au départ que potentiellement cancérogènes, celles qui échappent au processus d'élimination (à l'issue de leur transformation par le foie) demeurent dans l'organisme à l'état de cancérogènes latents. Latents parfois pendant dix ou vingt ans. Leur viscosité permet à certaines d'entre elles, une fois parvenues jusqu'au noyau de la cellule, d'adhérer à l'ADN, de le distordre en formant ce que l'on nomme

des adduits. Ces adduits fixés de façon contingente restent parfois sans effet parce qu'ils bâillonnent des gènes qui, comme la plupart, sont endormis (sous une croûte de protéines) et ne servent pas. Mais il arrive qu'ils se fixent sur des gènes actifs, dérégulant ainsi leur fonctionnement. Lorsqu'un de ces adduits se fixe sur un oncogène, lequel dirige la reproduction cellulaire, l'oncogène perturbé va transmettre de mauvaises consignes aux descendantes de la cellule. Ce dérèglement pourra aboutir à la prolifération anarchique des cellules qui crée à terme une tumeur cancéreuse.

Comment l'environnement influe-t-il sur l'expression des gènes ?

Ainsi les polluants qui échappent au processus de détoxification sont-ils susceptibles de provoquer des altérations de l'expression des gènes, en modifiant non seulement leur structure, mais aussi leur habillage ou couverture chimique. L'étude de ces phénomènes porte le nom d'*épigénétique*. C'est un prolongement de la génétique classique, ainsi désigné par C.H. Waddington dès 1942 (*épi* signifie « sur » en grec), mais redécouvert et réellement appréhendé ces dernières années.

L'épigénétique prend en considération la façon dont l'environnement (milieu et habitudes de vie) influe sur l'expression des gènes. Elle explique pourquoi le même ADN produit des cellules différentes à l'intérieur de l'organisme, et, en changeant d'échelle, pourquoi les vrais jumeaux, s'ils grandissent au sein d'environnements différents, n'auront pas le même destin biologique. Les phénomènes épigénétiques désignent des modifications

du patron d'expression des gènes et non des gènes eux-mêmes. Les xénobiotiques, en formant des adduits sur la spirale de l'ADN, peuvent déformer l'enroulement de celle-ci et inhiber l'activité de certains gènes ou activer d'autres gènes en sommeil. L'habillage chimique que les polluants finissent par constituer autour des gènes en perturbent le fonctionnement, déclenchent des mutations génétiques susceptibles d'initier des cancers ou d'autres maladies chroniques, nerveuses, hormonales, immunitaires, de la reproduction... par lesquelles aujourd'hui il n'est guère de familles qui ne soient touchées.

L'action délétère des polluants, en altérant l'épigénome, brouille le réseau de communication que celui-ci constitue. Les adduits y interfèrent à la manière de parasites qui introduisent des erreurs dans les messages. Si ces erreurs se produisent dans les cellules de l'embryon au stade de la formation, elles peuvent provoquer des anomalies et des malformations, susceptibles de se transmettre aux générations suivantes, sans pour autant avoir modifié l'ADN lui-même. Si elles touchent le jeune enfant, elles risquent de perturber son développement.

Les perturbateurs hormonaux sont des spams des communications cellulaires

On a donné à certains polluants agissant plus particulièrement sur l'équilibre hormonal (qui est, avec l'équilibre nerveux, au fondement de la santé humaine) le nom de perturbateurs endocriniens. Les perturbateurs (encore désignés par l'anglicisme *disrupteurs*) endocriniens, ou hormonaux, agissent à très faibles doses

et ne sont pas toxiques au sens habituel du terme : ils perturbent l'organisme de façon plus ou moins discrète et leurs effets se manifestent parfois seulement chez les descendants de l'individu qui les a ingérés. Leur étude est en plein essor. Mon équipe a publié récemment une grande revue [4] sur ce thème (établissement d'une liste, fonctionnement, effets génétiques et épigénétiques, etc.), et différents travaux que nous avons menés ont permis de classer scientifiquement (mais pas encore au niveau réglementaire) l'herbicide Roundup dans cette catégorie.

L'exemple type et malheureusement bien connu est celui du Distilbène, ce médicament qu'on a prescrit pendant près de trente ans aux femmes enceintes pour limiter les risques de fausse couche. On s'est rendu compte de l'action perturbatrice de cette substance lorsque les filles de ces femmes ont présenté à l'âge adulte des cancers de l'appareil génital. Dans ce cas, le perturbateur endocrinien a agi *in utero* sur le fœtus, programmant une pathologie à très long terme. Des études récentes du Pr Charles Sultan ont même mis en évidence les effets du Distilbène sur la troisième génération[5] : on rencontrerait un taux sensiblement plus élevé d'hypospadias (une malformation de l'urètre) chez les petits-enfants des femmes traitées au Distilbène que chez la population non traitée. L'action pernicieuse à long terme des perturbateurs endocriniens tient à ce que les hormones sont capables elles aussi d'altérer le génome ou l'épigénome.

On sait que le bisphénol-A, utilisé pour tapisser l'intérieur des boîtes de conserve et des canettes, peut modifier au moins quatorze gènes parmi ceux qui ont fait

l'objet d'études, et ce jusqu'à vingt ans après son absorption. À l'origine, c'est en cherchant à fabriquer une hormone de synthèse qu'on a obtenu cette substance. Hormone ratée, le bisphénol-A était pourtant intéressant pour ses propriétés plastifiantes, qui furent donc exploitées. Ce xéno-estrogène est considéré comme un modèle de l'action des perturbateurs endocriniens dont beaucoup de pesticides font partie.

De nombreuses substances chimiques courantes dans l'environnement sont des perturbateurs endocriniens : les antioxydants (à certaines doses), le tributylétain, certains détergents, certains médicaments (comme les pilules contraceptives, le Distilbène), les pesticides organochlorés ou organo-azotés, voire organophosphorés, les plastifiants et en particulier les phtalates, les PCB (lubrifiants largement utilisés pour leurs propriétés isolantes)...

Elles sont plus vite fabriquées et rejetées que dégradées et ne cessent de s'accumuler sur la Terre, la transformant en une gigantesque poubelle de laboratoire où naissent nos bébés. Ces polluants interfèrent, tels des spams des communications cellulaires.

Qu'est-ce que les communications cellulaires ? Savez-vous comment nous tenons debout ou assis ? Non par notre squelette, puisque, comme dans la classe de sciences du pensionnat des *Disparus de Saint-Agil*, il ne tient pas droit tout seul. Pas non plus par nos muscles et nos nerfs. Mais grâce à des communications instantanées entre nos deux cent mille milliards de cellules, certainement des centaines de millions de fois plus

sophistiquées que le Web. Elles sont servies par deux grands réseaux : l'électrique, porté par le système nerveux, et le chimique, porté par le système hormonal. Tous les produits chimiques stables agissent comme du sable à ces deux niveaux au moins et en même temps. Et les pathologies environnementales sont toutes des maladies de la communication cellulaire. Comme les cancers, typiques de l'anarchie, de l'absence relative de reconnaissance entre nos cellules et de leur manque de cohésion, les diabètes, les dégénérescences nerveuses... Les polluants ne produisent pas un symptôme, de même qu'un spam n'est pas le ralentisseur possible d'un seul logiciel. Les PCB, par exemple, ont une demi-vie [6] de quatre-vingt-dix jours à deux mille sept cents ans selon les molécules ; ils s'accumulent dans les sédiments au fond des rivières, des lacs et à l'embouchure des fleuves. Comme les stations d'épuration d'eau ne parviennent pas à les éliminer complètement, ils vont toujours vers l'aval.

De façon générale, on estime aujourd'hui que ces molécules disséminées dans tous les milieux naturels provoquent une vaste féminisation de l'ensemble de la faune terrestre. Au début de notre siècle, on a observé que 1,2 % des ours polaires de l'archipel arctique du Svalbard étaient hermaphrodites (ce qui représente un taux élevé). Dans le fleuve Saint-Laurent, au Québec, la féminisation des poissons atteint des proportions de 30 à 50 %. De même, dans les eaux de la Seine et du Rhône, 40 % des gardons sont féminisés, les truites arc-en-ciel subissent une évolution comparable, ainsi que les flets pêchés dans la baie de Seine. Une étude américaine [7] a montré que l'atrazine, l'un des herbicides les plus répandus en France en dépit de son interdiction,

provoquait l'apparition d'organes reproducteurs féminins chez les batraciens mâles et les rendait stériles. Pourtant, l'expérience, conduite sur des crapauds à griffe, les exposait à une concentration moindre (2,5 ppb ou parties par billion, ou milliard) que celle autorisée par la norme américaine de potabilité (3 ppb).

L'industrie pétrochimique a déversé sur la planète un raz-de-marée d'hydrocarbures aromatiques polycycliques qui agissent comme des leurres hormonaux (autre nom donné aux perturbateurs endocriniens), dépassant souvent en durée l'effet des estrogènes naturels. Ils imitent ou perturbent l'action d'une hormone naturelle, ou bloquent celle-ci (par exemple par action antiandrogène). Jouant sur l'un ou l'autre sexe à la façon de sur- ou de sous-dosages hormonaux, ils rendent sans doute compte non seulement de la féminisation de la faune (voire, de manière plus surprenante, d'une certaine flore), mais encore de phénomènes constatés chez les humains depuis plusieurs décennies dans les pays développés. L'avancement de l'âge de la puberté (aux États-Unis on voit de plus en plus de petites filles de sept ans avoir leurs règles [8]), la diminution de la fertilité masculine, la fréquence accrue des cancers du testicule, de la prostate et du sein sont des faits avérés dans tous les pays industrialisés. Transmis au fœtus par le biais du placenta, les perturbateurs endocriniens peuvent favoriser une cancérogenèse de ce type lors de la vie adulte, ce qui expliquerait la multiplication par deux des cancers du sein depuis quinze ans (attestée notamment par les travaux de l'OCDE). Les polluants tels que le Roundup peuvent provoquer à terme des tumeurs mammaires chez le rat femelle. Nous venons de l'établir.

Le lien entre pollution chimique et malformations génitales a été reconnu chez certaines populations animales soumises à des taux chroniques même faibles de concentration de pesticides. De nombreux alligators du lac Apopka en Floride sont nés avec un pénis et des testicules atrophiés après une contamination accidentelle de leur milieu par des pesticides organochlorés. Le même type de conséquences commence à être mis en lumière chez l'humain. L'équipe du Pr Charles Sultan, confrontée au CHU de Montpellier à un nombre croissant de nouveau-nés présentant des cryptorchidies (testicules non descendus) ou des hypospadias (ouvertures de l'urètre sur la face inférieure du pénis), a constaté que ces malformations apparaissaient souvent dans des familles de viticulteurs ou de producteurs de fruits (maniant du fait de leur profession de nombreux pesticides) [9]. Il faut savoir par exemple que la culture des pêchers requiert la pulvérisation d'une vingtaine de produits chimiques différents – celles des pommiers non biologiques, jusqu'à une cinquantaine. Dans le Nordeste, région agricole très pauvre du Brésil, encore imprégnée de DDT, une augmentation comparable des malformations génitales des petits garçons a été enregistrée. Jouant sur le métabolisme, les perturbateurs endocriniens, qui peuvent avoir une incidence thyroïdienne, pancréatique, tiennent sans doute aussi, on le découvre, un rôle non négligeable dans l'épidémie d'obésité qui touche les pays industrialisés [10].

Pourquoi l'épidémiologie ne révèle généralement pas les effets combinés et à long terme des polluants

Bien que la corrélation entre polluants, maladies chroniques et malformations congénitales soit établie tant par des expériences que par l'observation de certains désastres écologiques, l'approche épidémiologique des maladies environnementales présente de multiples difficultés. Comme son nom l'indique, l'épidémiologie demeure surtout l'étude des épidémies au niveau des populations. Or, on l'a compris, les effets de la pollution chimique ne se perçoivent généralement pas sur le champ comme ceux d'une contamination bactérienne ou virale. Hormis les cas de pollution massive par un produit – on songe à la catastrophe de Bhopal (Inde) en 1984, où l'explosion d'une usine de pesticides d'Union Carbide répandit 40 tonnes d'isocyanate de méthyle dans l'atmosphère de la ville –, il est bien difficile de rapporter une maladie chronique à l'action d'un polluant précis. D'une part, ces substances nocives agissent souvent à long terme et de façon cumulative. Plusieurs dizaines d'années peuvent s'écouler entre une mutation causée par une molécule de dioxine et la mort par cancer, ou entre la trace de perturbation hormonale laissée chez l'embryon et la stérilité de la personne après la puberté. La cause déclenchant un cancer pourra être un adduit collé au noyau d'une cellule depuis vingt ans, mais qui n'en sera sans doute pas l'unique origine. Le processus cancérogène ne se serait peut-être pas déclaré si l'organisme, dont les mécanismes de défense et de détoxification sont multiples et perfectionnés, ne finissait

par avoir des défaillances face à son agression continue par les xénobiotiques et/ou les stress environnementaux.

On a vu aussi que les effets mutagènes des pesticides ou des estrogènes de synthèse se révélaient parfois seulement à la génération suivante, ou à celle d'après. C'est la combinaison de substances diverses dont l'organisme s'imprègne lentement au fil des décennies, et non l'action ponctuelle d'une seule d'entre elles, qui cause une maladie chronique. Il faudrait savoir au jour le jour ce qu'un individu ingère, respire, touche dans le milieu où il vit pour retracer le processus de cette lente intoxication. En fonction de sa profession, de son cadre de vie, de ses habitudes, chacun est soumis à un cocktail différent de substances nocives.

L'étiologie fine des pathologies dépend donc éminemment de l'histoire individuelle, sans doute tout autant que pour une infection microbienne d'ailleurs, dont les effets sont en général plus rapides. Il est impossible de dénombrer combien de maladies a causé tel ou tel polluant, l'action des mélanges étant sans doute déterminante. Mais au final, nous sommes tous imprégnés en permanence de dizaines de polluants. Plurifactorielles et diffuses, les maladies environnementales représentent une gageure pour l'épidémiologie classique, qui a cependant une place tout à fait prépondérante dans les décisions de santé publique. Cette discipline n'est pas outillée pour l'étude des effets à long terme d'agents multiples et non identifiés. Cette difficulté empêche de prendre conscience de la menace que les pathologies en question représentent pour la qualité et la durée de vie. Il est pourtant irréfutable que le

nombre de maladies chroniques a augmenté de façon spectaculaire au cours des dernières décennies sans qu'on puisse l'expliquer par d'autres raisons.

Celles qui sont habituellement invoquées pour rendre compte de l'augmentation du nombre des cancers, des dysfonctionnements de la reproduction, des affections neurodégénératives, des maladies hormonales, congénitales et immunitaires, des allergies, ne résistent pas à un examen objectif. La mauvaise hygiène de vie, par exemple, ne favorise certainement pas la santé. Mais les animaux sauvages, auxquels on ne peut reprocher d'abuser de sucre, de graisse, de tabac ou d'alcool, qui ne subissent pas le stress du travail ou des transports, sont atteints de même que les hommes. On avait invoqué le port du jean pour expliquer la diminution de la spermatogenèse chez l'homme. Il a fallu en rabattre lorsqu'on a constaté que les alligators du lac Apopka, les ours de la banquise, les aigles pygargues, les goélands ou encore les visons canadiens, naturistes depuis toujours, souffraient eux aussi de stérilité. L'autre argument fréquent, celui de maladies qui auraient frappé l'homme depuis l'Antiquité mais ne seraient diagnostiquées que depuis peu, ne tient pas davantage. L'accroissement des cancers du sein constaté depuis les quinze dernières années ne peut pas être expliqué seulement par la progression du diagnostic. Il en va de même hélas pour les leucémies ou les tumeurs du cerveau chez les enfants. Les facteurs environnementaux sont certainement plus déterminants dans cet accroissement que le stress ou le mode de vie. On sait aujourd'hui que l'hérédité, longtemps accusée de prédisposer à la maladie, est un facteur marginal dans les cancers majeurs du poumon, de

la prostate et du sein [11]. Autre signe irréfutable : l'apparition de cancers progresse chez les enfants dans tous les pays industrialisés depuis la seconde moitié du XX^e siècle. Deux études prospectives américaines, l'une menée en Caroline du Nord, l'autre dans le Michigan, ont lié l'exposition intra-utérine aux PCB à des déficits neurologiques et intellectuels dans la petite enfance [12].

Durée de vie ne signifie pas qualité de vie

La morbidité liée aux polluants n'affecte peut-être pas encore de façon sensible l'espérance de vie des pays occidentaux – bien que celle-ci diminue déjà aux États-Unis. Elle dégrade néanmoins indiscutablement la qualité de vie. Les progrès des soins curatifs sauvent des malades ou prolongent leur vie, mais au prix de thérapies lourdes et invalidantes. Les affections respiratoires et les allergies handicapent la vie au quotidien. Est-il besoin enfin d'évoquer les maladies neurodégénératives, comme celle d'Alzheimer, qui transforment en cauchemar la vie d'un nombre croissant de personnes, les malades et leurs proches, sans qu'on puisse dans certains cas l'imputer à la vieillesse ? Même si la médecine continue de progresser, pourra-t-elle le faire au même rythme que les problèmes environnementaux ? Quand les jeunes générations actuelles, conçues par des parents déjà imprégnés de polluants et élevées dans un monde saturé de toxiques, atteindront l'âge mûr, les traitements thérapeutiques seront-ils en mesure d'endiguer la progression des pathologies environnementales ? Ne verra-t-on pas alors l'espérance de vie baisser ?

La prise en compte des maladies environnementales suppose un changement de perspective dans plusieurs disciplines.

La toxicologie doit faire son aggiornamento

Les principes de la toxicologie classique et réglementaire (lien entre un agent et une maladie, effet proportionnel à la dose, homologie de l'effet chez les mâles et les femelles) sont, on l'a vu, sans pertinence quant à l'action des polluants. Qu'une substance modifie différemment le métabolisme des mâles et celui des femelles n'induit pas son innocuité. Les polluants ont des effets hormonaux qui atteignent de façon dissemblable. Les organismes sont touchés différemment selon leur stade de développement (embryon, enfant, adulte) au moment de l'exposition, mais aussi selon le moment du cycle chez la femme. La dose journalière admissible (pouvant être consommée sans risque) d'un polluant n'aura donc pas de sens pour un individu donné si l'on ne tient pas compte de ces facteurs. Le cancer du sein, par exemple, se profile différemment selon le sexe. D'autre part, s'enfermer dans l'idée que la toxicité d'un produit dépend de sa dose de pénétration dans l'organisme – et que les doses minimales n'auraient par conséquent aucun effet – n'est pas non plus un raisonnement valide dans le cas des xénobiotiques. Une dose minime mais régulière peut provoquer des perturbations métaboliques plus néfastes qu'une dose massive prise en une seule fois, tout comme le ferait une hormone. Ce n'est pas parce qu'on pourrait avaler un petit verre de Roundup sans en mourir que l'absorption régulière d'une eau contenant des traces de cet herbicide n'a pas d'effets néfastes : l'expérience que

nous avons menée pendant deux ans l'a montré sans conteste.

Une toxicologie environnementaliste développera davantage d'outils pour aborder la relation dose-effet, en faisant intervenir la notion de fréquence d'utilisation ainsi que la liste des produits utilisés régulièrement, de façon à prendre en compte la bioamplification résultant des mélanges. Elle n'oubliera pas non plus qu'une maladie chronique ne s'installe pas toujours de manière linéaire et progressive dans l'organisme mais souvent par flambées, comme beaucoup de cancers. Un mélange infinitésimal peut être plus délétère qu'un produit seul, et son effet se révélera à long terme. Ce n'est donc pas parce que la flambée retombe et que la maladie semble s'estomper tandis que la consommation du produit se poursuit qu'on doit conclure à l'absence de lien entre le produit et la pathologie en question. Il n'y a pas de linéarité effet-dose à long terme, ou entre le développement embryonnaire, l'enfance, la puberté et l'âge adulte.

La formation de nouveaux toxicologues au mode d'action et aux effets spécifiques des polluants est un préalable indispensable à la réforme de l'évaluation sanitaire. L'enseignement de la toxicologie dispensé aujourd'hui dans les facultés de pharmacie, de médecine ou de sciences ne répond pas aux besoins de la toxicologie nutritionnelle et environnementale. Ces deux spécialités sont en déficit du fait que les perspectives d'emploi conduisent les étudiants plutôt vers la pharmacie. Le Conseil pour les applications de l'Académie des sciences (CADAS) a déjà mené en 1999-2000 une étude sur la

disparition de la toxicologie, mais cet appel n'a pas été suivi d'effets, comme si la toxicologie était une science redoutée, voire maudite par l'industrie.

Une véritable évaluation des risques liés aux produits chimiques courants nécessiterait l'expertise d'une large gamme de disciplines scientifiques et cliniques. Les interfaces entre la toxicologie et l'épidémiologie devraient en particulier être développées. Cet enseignement, tout comme celui de la détoxification, sur laquelle je reviendrai, doivent pénétrer les études médicales et scientifiques. L'étude des risques et de l'environnement durable doit aussi y trouver sa place.

De la pluridisciplinarité à la transdisciplinarité. Un chemin nécessaire

La constitution d'une science et d'une médecine environnementales suppose une configuration nouvelle de la carte des savoirs, ou plutôt un décloisonnement des disciplines. La médecine doit s'appuyer sur une *science globale*, sans laquelle on ne pourra appréhender efficacement les problèmes cruciaux de l'environnement. Elle établira des liens entre la chimie analytique, la biologie cellulaire, la biologie moléculaire, les sciences de l'environnement, la géographie, l'hygiène industrielle, l'ergonomie, l'épidémiologie, la sociologie et j'en passe... C'est la voie dans laquelle s'est engagé le pôle « Risques, qualité et environnement durable [13] » de l'université de Caen, qui travaille sur les implications sociales, juridiques, sanitaires et scientifiques des biotechnologies, des nanotechnologies, de l'énergie nucléaire et des

énergies alternatives – une transdisciplinarité indispensable.

Au cœur de cette constellation d'approches, la génétique ne serait plus la technoscience arrogante qui prétend forger l'avenir de l'homme sans consulter l'humanité. Elle constituerait, ce qu'elle est d'ailleurs pour une bonne partie des généticiens, le lieu d'un continuuel approfondissement des connaissances. Les arguments des inconditionnels des OGM reposent sur une vision de l'ADN datée qui perdure bien que nous soyons un certain nombre à l'avoir dénoncée : un jeu de lego dans lequel chaque gène représenterait un élément isolable qu'on peut ajouter ou remplacer sans perturber en rien le reste de la construction. On sait aujourd'hui à quel point cette conception est réductrice. À la suite de l'introduction d'un gène étranger, l'ADN d'un organisme se recombine de telle façon que des résultats tout à fait inattendus peuvent se produire. Il arrive que la perturbation de la biochimie de l'organisme hôte déclenche la fabrication de toxines nouvelles ou d'allergènes. Nous l'avons constaté dans notre expérience sur des animaux nourris aux OGM.

En fait, l'ADN fonctionne comme un écosystème, un ensemble de rapports, où le changement d'un seul élément a des conséquences sur le tout. On a découvert aussi que l'ADN d'un organisme n'était pas un donné invariant de la naissance à la mort. D'une part il n'est pas indifférent à l'action du temps, de l'autre il est sensible à l'environnement. Certains gènes peuvent s'activer ou s'éteindre sous l'influence de ce dernier. Une écogénétique (plus large que l'épigénétique), étudiant les effets de l'environnement sur les gènes, reste une science

à développer. Elle irait de pair avec une écotoxicogénétique permettant de mesurer et par conséquent de prévenir l'action des polluants sur les gènes.

Un système de santé structurellement déficitaire

En refusant de se confronter au problème de la pollution chimique, notre société se condamne à une sorte de schizophrénie : d'un côté, elle construit un mode de vie qui produit des malades, mais aussi des malnutris et des pauvres ; de l'autre, elle se plaint de manquer d'argent pour les soigner. Pourquoi n'appliquerait-on pas le principe pollueur-payeur dans le domaine de la santé, comme on tente de l'appliquer dans celui de l'environnement ? Peut-on demander aux consommateurs de subir dans leur chair le préjudice causé par des produits mal évalués et de mettre toujours davantage la main à la poche pour payer ces terribles dégâts ? La part de nos impôts dans les subventions à l'agriculture intensive se double du coût pour épurer l'eau du robinet de ses nitrates et de ses pesticides ! Quand on sait que les huit plus grandes compagnies pharmaceutiques du monde sont liées aux fabricants de pesticides, de produits chimiques et d'OGM ou bien en fabriquent elles-mêmes, il y a de quoi se demander si elles ne font pas coup double, ajoutant aux profits générés par les produits agro-alimentaires et ménagers ceux des médicaments dont l'usage des premiers crée le besoin. Le marché des produits pharmaceutiques croît et rapporte à proportion des conséquences sanitaires de la commercialisation des produits toxiques. On comprend

alors pourquoi les entreprises ont intérêt à ce que l'évaluation demeure approximative.

Les offres de formations proposées aux médecins au cours de leur carrière proviennent aujourd'hui essentiellement des représentants des grandes compagnies pharmaceutiques. De ce fait, les connaissances et les opinions des praticiens sont orientées par des entreprises commerciales. Si l'on ajoute que, dans les études médicales, la biologie fondamentale, l'écologie, les sciences de l'environnement, la toxicologie chronique sont peu abordées, et que l'effort maximal de mémorisation porte sur les pathologies non chimiques, sur leurs symptômes, leurs traitements, leurs effets secondaires, on prend conscience que les gardiens de notre santé ne sont en rien préparés à prévenir, à diagnostiquer et à traiter un type de maladies aujourd'hui très répandu. En d'autres termes, nos futurs médecins, pharmaciens, diététiciens, nutritionnistes, ne reçoivent aucune formation sur les pesticides, les toxicités chroniques ou hormonales des produits chimiques, les détoxifications possibles, les OGM agricoles, les nanotechnologies, les effets des rayonnements électromagnétiques. Par conséquent notre médecine demeure palliative, elle se condamne à n'être qu'une médecine de soin et non de santé. Et nous n'avons pas fini de nous confronter au problème de l'augmentation massive des dépenses liées aux pathologies chroniques.

1. Auquel Louis-Ferdinand Destouches (le futur Céline) a consacré sa thèse de médecine.
2. F. Leboulenger (directeur du laboratoire d'écotoxicologie de l'université du Havre), communication orale au congrès international sur les Pathologies environnementales, Rouen, Union régionale des médecins libéraux, octobre 2009.
3. L.L. Needham et al. (2011), Environ. Sci. Technol., 45, p. 1121-1126.
4. N. Benachour et al. (2012), Adv. in Med. Biol., 29, p. 1-57.
5. N. Kalfa et al. (2011), Fertil. Steril., 95, p. 2574-2577.
6. On appelle demi-vie le temps que met une substance (molécule, médicament, noyau radioactif...) à perdre la moitié de son activité pharmacologique, physiologique ou radioactive, ou à se dégrader.
7. T.B. Hayes et al. (2010), PNAS, 107, p. 4612-4617.
8. A. Mouritsen et al. (2010), Int. J. Androl., 33, p. 346-359.
9. Une étude a mis au jour une multiplication par deux en cinq ans (1980-1985) des cas d'hypospadias : L.J. Paulozzi et al. (1997), Pediatrics, 100, p. 831-834.
10. K.A. Thayer et al. (2012), Environ. Health Perspect., 120, p. 779-789.
11. www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22177.
12. J.L. Daniels et al. (2003), Am. J. Epidemiol., 157, p. 485-492 ; J.L. Jacobson & S.W. Jacobson (2003), J. Pediatr., 143, p. 780-788.
13. Avec le sociologue Frédérick Lemarchand, je suis actuellement coresponsable de ce pôle qui rassemble une soixantaine de chercheurs issus d'une dizaine de disciplines ; ce pôle est associé à la Maison de la recherche en sciences humaines de l'université de Caen ainsi qu'au CNRS.

Œuvrer pour un environnement durable

La prise de conscience des risques environnementaux et de l'insécurité sanitaire s'étend sous le choc de drames qui auraient pu être évités sans la dérive de l'expertise, le défaut de connaissance et la mauvaise appréhension du risque. Des voix s'élèvent même aux États-Unis pour alerter les pouvoirs publics. Le 4 mars 2011, la revue *Science* publiait une lettre ouverte signée par huit sociétés savantes (représentant 40 000 chercheurs) qui proposaient leurs services à l'État fédéral pour réévaluer les risques des produits chimiques en circulation et définir de nouveaux protocoles à cette fin. Nous voilà sans doute parvenus à un tournant.

Il est urgent de réformer les procédures d'évaluation en appliquant ces trois principes fondamentaux : transparence, expertise contradictoire, étude de la toxicité chronique.

La transparence doit devenir un principe intangible

Transparence, tout d'abord. Cela signifie que les résultats des tests doivent cesser d'être mis sous le boisseau par les entreprises qui les commanditent. Les données brutes –

et plus spécialement, j'insiste, les analyses de sang, d'urine et d'organes des mammifères soumis aux produits testés – doivent être publiées, et sous une forme qui permette de les vérifier, de les retraiter par l'informatique. Le protocole des tests également. Il n'y a pas de raisons pour que les tests de toxicité réalisés par les industriels ne répondent pas aux mêmes critères que les expériences conduites aux fins de publication scientifique. On demande aux chercheurs d'exposer leur méthode et de rendre publiques les données permettant de vérifier les conclusions auxquels ils aboutissent afin que la communauté scientifique valide ou non leur démarche. Les enjeux des tests autorisant la mise sur le marché d'un produit industriel ne sont pas moindres que ceux d'une expérience destinée à augmenter la connaissance scientifique. Les conclusions de ces tests conditionnent une large diffusion de certains produits et engagent l'avenir sanitaire de vastes populations. Tandis qu'une publication scientifique n'engage qu'un résultat théorique – important pour le progrès de la connaissance, certes, mais toujours rectifiable –, alors que les préjudices aux personnes résultant d'une autorisation de mise sur le marché accordée à la légère ne sont pas rachetables.

Le simple bon sens indique qu'il n'est pas sain de laisser aux fabricants le soin d'organiser eux-mêmes les tests sur lesquels se fonde ensuite l'évaluation des produits. Ils n'ont évidemment pas intérêt à mettre en évidence les zones d'incertitude, voire les risques potentiels. D'un autre côté, les gouvernements estiment, sans doute à juste titre, qu'il ne leur revient pas d'assumer la charge de ces expériences coûteuses. Une façon de régler ce

dilemme serait que la réalisation des tests préalables à la mise sur le marché soit confiée à des laboratoires publics ou vraiment indépendants payés par l'État avec des fonds versés par les fabricants.

Il y a aussi beaucoup à faire pour que la transparence s'installe au sein des commissions sanitaires. Leurs membres sont tenus de déclarer les conflits d'intérêts susceptibles d'amoinrir leur objectivité. Mais qui le vérifie, et selon quels critères ? Les experts se font-ils toujours un devoir de déclarer ces conflits d'intérêts ? Peut-on conserver son esprit critique et son libre jugement lorsqu'on est soi-même détenteur de brevets de biotechnologies ou employé par les compagnies commercialisant les produits soumis à l'expertise ? N'est-on pas alors toujours juge et partie ? favorable *a priori* aux applications industrielles de la science ?

Si elle n'est pas contradictoire, l'expertise indépendante restera une mystification

Une réflexion sur la déontologie de l'expertise s'impose. L'expert, comme le remarque Aquilino Morelle (pilote du rapport sur le Mediator), s'arroge trop souvent le pouvoir au lieu d'être au service de la société [1]. Fort de son titre, il se conçoit comme le seul habilité à formuler un jugement sur le produit qui lui est soumis et balaie d'un revers de main les objections d'autres acteurs sociaux et celles de l'opinion en général, censée ne rien comprendre aux termes du débat. On peut estimer au contraire que l'avis de l'expert n'est qu'un élément parmi d'autres dans une décision qui concerne tout le monde et doit donc être

prise par tous, selon des modalités démocratiques à inventer.

L'expert s'interroge rarement sur l'utilité sociale d'introduire un nouveau produit sur un marché déjà saturé. Sur la question des OGM par exemple, le toxicologue généticien peut se prononcer quant à leur innocuité (à condition d'être vraiment indépendant), mais cet aspect du problème n'est pas le seul. Une fois son avis émis sur la part et la nature des risques, ne revient-il pas aux citoyens de prendre une décision sur l'acceptabilité ou non du risque, compte tenu des bénéfices attendus du produit [2] ? Enfermé dans sa spécialité, l'expert risque de perdre de vue l'intérêt général, de s'identifier à son objet d'étude et de le considérer comme une fin en soi. Comme le dit encore Aquilino Morelle : « Les experts doivent travailler sous le regard de la société et des citoyens. Cela s'appelle la démocratie sanitaire et nous en sommes loin. [...] Les commissions doivent être pluridisciplinaires et faire une place aux associations de patients et de consommateurs [3]. »

Il est sans doute illusoire de penser pouvoir mettre en place une expertise indépendante. L'indépendance est toujours relative, le système institutionnel infléchissant toujours de manière indirecte l'objectivité recherchée par ceux qu'il nomme experts. Nous avons vu par exemple que la structure de la recherche, dans les universités encadrées par la loi LRU, poussait les scientifiques à regarder avec les yeux de Chimène le monde de l'entreprise susceptible de financer leurs projets. Même de très bonne foi, certains risquent d'incliner vers les

intérêts de leurs sponsors potentiels (ou effectifs). La seule garantie d'une évaluation fiable est l'expertise contradictoire, qui peut neutraliser chez ceux qui pratiquent les tests ou examinent les dossiers l'intériorisation des intérêts d'une seule partie (scientifiques, industriels, distributeurs).

La mise en place de l'expertise contradictoire pourrait s'inspirer du fonctionnement juridique. Deux experts nommés par des instances différentes, l'une entrepreneuriale et l'autre sociale, examineraient le dossier de commercialisation d'un produit en se répartissant le diagnostic de ses qualités et de ses défauts à partir d'une véritable étude des bénéfices et des risques. Ils mèneraient cette étude dans les conditions de transparence requises, c'est-à-dire en ayant accès aux diverses analyses de ceux (animaux ou humains) qui ont consommé le produit. Il serait même normal que ces données soient disponibles pour tous, sur Internet. Les débats seraient rendus publics devant une commission transdisciplinaire et sociale reflétant la pluralité des acteurs concernés.

Des tests à long terme pour tous les produits auxquels nous sommes exposés à long terme

Les polluants ayant un effet à long terme sur l'organisme, seuls des tests à long terme – pour tous les produits avec lesquels nous sommes susceptibles d'être en contact durant notre vie entière – permettent d'en évaluer correctement les risques. Il est donc nécessaire de pratiquer des tests sur la durée entière de vie d'un animal de laboratoire, soit deux ans pour les rats. Mais

d'expérimenter aussi l'impact du produit sur le développement des animaux (en les soumettant au traitement pendant leur période de croissance), ainsi que sur leur reproduction (en observant l'influence du traitement sur leur fertilité, le déroulement de leur gestation, les malformations éventuelles de leur progéniture). Enfin, seuls des tests transgénérationnels paraissent à même de mettre en évidence les possibles effets cumulatifs et mutagènes des produits étudiés.

Pour les pesticides, c'est le produit formulé (tel qu'on le trouve dans le commerce) qui doit être testé et pas seulement sa molécule active. Les différentes versions d'un même produit commercialisé, correspondant à des formules légèrement différentes, doivent faire l'objet de tests distincts. Enfin, il faut obliger les fabricants à indiquer la formulation exacte du produit sans s'abriter derrière le secret industriel pour dissimuler la présence de certaines substances fortement suspectes de toxicité.

Selon le généticien anglais Michael Antoniou, du King's College de Londres, il conviendrait de tester la nourriture transgénique de la même façon que les produits pharmaceutiques :

[...] vu que l'on ne peut prescrire de test défini pour des risques sanitaires inconnus, il est clair que les risques liés aux aliments génétiquement modifiés seront évalués de façon adéquate seulement par des tests de toxicité de type pharmacologique. Si un nouveau médicament est produit au moyen d'organismes génétiquement modifiés, il doit alors faire l'objet de tests précliniques sur des animaux pour évaluer sa toxicité aiguë et, plus important encore,

d'essais cliniques prolongés sur des personnes volontaires, non seulement pour déterminer son efficacité mais aussi pour détecter tout effet inattendu, y compris les toxines inconnues qui résulteraient du moyen employé pour le fabriquer. Étant donné que la même technologie approximative est utilisée pour produire l'alimentation OGM, alors les mêmes règles doivent assurément s'appliquer à elle. Il existe incontestablement deux types de règles pour une même situation, ce qui demande rectification [4].

Une réforme de la réglementation sur les protocoles des tests est nécessaire pour les OGM, de manière à rompre avec le laxisme de l'EFSA. Nous l'avons longuement et précisément détaillée [5]. Elle fixera le nombre d'espèces animales sur lesquelles le produit devra être testé, et l'importance des groupes soumis au traitement (de façon à exclure les tests portant sur un nombre insignifiant d'animaux). Deux points sont capitaux : la nature de la substance testée et la durée du test.

Le principe de précaution au service de l'économie sanitaire, sociale et solidaire

Une évaluation des risques conduite selon des règles de transparence et d'indépendance soulignerait certainement l'importance du principe de précaution, si négligé malgré tant d'événements où son application aurait permis de sauver beaucoup de vies humaines. Le principe de précaution n'est pas un frein insupportable à la croissance et au progrès. Penser ainsi, c'est oublier que le bien de l'homme constitue la fin réelle de l'avancée technique. Aborder les questions sous cet angle

stimulerait la santé environnementale et organique, l'économie et les productions non polluantes. Le principe de précaution est, selon sa définition, une « prise de position en période d'incertitude scientifique devant un risque de danger grave, irréversible et coûteux pour la société ». Il n'implique pas une immobilisation de la science, au contraire il n'a de sens que s'il se trouve accompagné de programmes de recherches destinés à lever autant que possible l'incertitude scientifique. Ainsi le principe de précaution appliqué aux OGM ne stériliserait-il pas, comme certains feignent de le croire, la recherche génétique ; il inciterait à plus de recherches, susceptibles d'aboutir à terme à la mise au point d'OGM sains d'une réelle utilité pour l'homme.

Contrebalancer la pression du productivisme industriel par le principe de précaution implique un changement de rythme. Aujourd'hui c'est la logique de la concurrence, de la croissance économique qui impose son rythme effréné à tous les secteurs de l'activité humaine. La science doit s'y plier elle aussi : pas de temps pour effectuer le retour critique sur elle-même, ni pour élargir ses perspectives, ni pour passer d'un savoir approximatif à la réelle connaissance d'un problème. Le cours de la vie publique est lui aussi gravement perturbé par cette injonction de rapidité. Pas de temps pour le débat autour de l'utilité sociale des applications industrielles de la science, ni pour un réel choix de société. Chacun est sommé de favoriser la course haletante à l'innovation technique, à l'accroissement de la production, à l'industrialisation de toutes les activités. Les commissions sanitaires doivent respecter des délais très brefs pour se prononcer sur les demandes d'autorisation (trois mois pour les OGM, par

exemple), règle qui semble avoir été instituée pour interdire un examen approfondi du dossier ; en effet, une fois décomptée la partie proprement administrative, il ne reste aux experts qu'une à deux semaines pour étudier les dossiers qui leur sont soumis. Mettre en avant le principe de précaution, ce serait rompre avec ce rythme déraisonnable, respecter enfin le temps de l'information, la nécessité de la réflexion et d'une décision réellement collective, comme le requiert l'institution d'une démocratie sanitaire. On nous répondra que nous retardons l'innovation. L'expérience relatée dans cet ouvrage montre que nous accélérons aussi notre mort.

La traçabilité comme principe de précaution

Principe essentiel pour reconstituer au besoin le cheminement d'une contamination, pour avoir une information sur le système de production, pour mener des études épidémiologiques en cas de doute sur une substance, la traçabilité permet de suivre un produit fini de la conception de la semence à l'assiette. Retracer la provenance des différents composants d'un produit suppose la tenue de registres d'entrée et de sortie des marchandises (ces informations sont conservées pendant cinq ans), et l'attribution d'un code unique permettant d'identifier chaque événement de transformation.

En Europe, lorsqu'il entre plus de 0,9 % d'un ingrédient d'origine transgénique dans la constitution d'un produit alimentaire, la chose doit être mentionnée. Grâce à notre combat, les additifs servant de liant – comme la lécithine de soja, l'huile de colza et l'amidon de maïs utilisés dans 70 % des produits alimentaires transformés – requièrent

aussi un étiquetage spécial. En cas de risque, l'étiquetage et, mieux, la traçabilité de tous les produits (du tracteur ou de l'usine jusqu'à l'assiette) permettent de les retirer du marché. On les retrouve partout, des aliments pour bébés jusqu'aux dentifrices. Le règlement n° 1829/2003 étend l'exigence de traçabilité aux additifs et aux arômes. Mais lorsque l'on sait qu'aux États-Unis il n'existe pas de filières distinctes isolant les récoltes OGM des récoltes non-OGM, on reste dubitatif quant à la possibilité de retracer réellement le parcours d'une matière première, vu les contaminations auxquelles elle est forcément exposée dans les silos, les camions et toutes les chaînes de production industrielle traitant indifféremment plantes transgéniques et plantes conventionnelles. Saluons donc les initiatives d'étiquetage de la distribution alimentaire signalant les produits d'animaux nourris aux OGM (œufs, beurre, viande...). Elles obligeront peut-être à terme à une séparation étanche des filières.

Garantir le libre choix de produire et de consommer sans OGM : l'idée semble aller de soi. Sa réalisation est plus complexe qu'il n'y paraît, pour des raisons liées aux accords commerciaux internationaux et à la difficulté d'endiguer la contamination multiforme par les plantes transgéniques. Aux États-Unis, la banalisation des OGM fait qu'ils ne sont pas considérés comme des produits particuliers et que leur étiquetage, qui a été plusieurs fois mis à l'ordre du jour, n'a pas été rendu obligatoire. Plusieurs députés et sénateurs ont soulevé la question ces dernières années. Des projets de loi ont même été préparés, mais pour les lobbies industriels qui ont l'oreille du gouvernement, l'étiquetage est indéfendable et il est de toute façon trop tard pour le mettre en place.

L'investissement américain en la matière serait perdu, car les produits étiquetés OGM se vendent mal. Il subsistait un espoir en Californie : des citoyens, associations et fondations se sont rassemblés et ont obtenu assez de signatures pour mettre l'étiquetage au vote à la fin de 2012. Mais il a été perdu, le lobbying des compagnies ayant été très important. L'État de Washington devrait voter en 2013 sur le même sujet.

En Europe, depuis une vingtaine d'années, le refus de cette banalisation – par les citoyens, agriculteurs, distributeurs et scientifiques – a fait aboutir les efforts pour mieux informer sur la composition des produits. Quelles sont les étapes à franchir ?

Les produits végétaux doivent signaler qu'ils contiennent des OGM à partir de 0,9 % par ingrédient, avons-nous dit. Entre 0,1 % et 0,9 %, c'est la zone grise, qui ne correspond à aucun étiquetage particulier. Seuls les produits apportant la preuve qu'ils contiennent moins de 0,1 % de substances transgéniques par ingrédient peuvent afficher « sans OGM » [6].

Les enjeux de l'étiquetage sont économiques : ils supposent l'établissement de filières séparées entre cultures transgéniques et cultures non transgéniques, ce qui nécessite de gros investissements (silos, camions, containers séparés...). Ils requièrent aussi des procédures de contrôle pour éviter les fraudes. En Europe, aujourd'hui, seulement une trentaine de produits sont étiquetés OGM (essentiellement des produits importés des États-Unis et des huiles de soja). La définition d'un seuil toléré pour l'étiquetage « sans OGM », si bas

paraissent-ils (0,1 %), pose problème parce qu'elle reconnaît implicitement que la présence d'OGM est inévitable. Inversement, l'existence de ce seuil peut décourager des fabricants soucieux d'afficher des produits sans OGM, mais qui ne voudront pas prendre le risque, dans un contexte d'importations mélangées et mal identifiées par l'État, d'enfreindre sans le savoir la réglementation. En 2008 cependant, la France a défendu à Bruxelles la notion de seuil pour l'étiquetage OGM, poussant ainsi à normaliser encore un peu plus la contamination des filières non génétiquement modifiées.

Cet encadrement pourrait donner au consommateur européen le sentiment d'une transparence satisfaisante si l'on oubliait que les OGM pénètrent bien plus massivement la chaîne alimentaire par le biais de l'alimentation animale [7]. L'étiquetage pour les viandes, les produits animaux et laitiers issus d'élevages nourris (au moins pour partie, volontairement ou involontairement) avec des plantes génétiquement modifiées doit être légalisé en France en 2012. Certains distributeurs (Carrefour, par exemple) ont commencé à le faire, volontairement, sur plusieurs centaines de produits issus des animaux.

Autre raison de distinguer les viandes issues d'animaux nourris aux OGM : elles concentrent les pesticides résiduels des plantes conçues pour absorber ou fabriquer ceux-ci. Consommer régulièrement ces produits ne peut que favoriser l'accumulation dans l'organisme humain, en fin de chaîne alimentaire, de ces molécules toxiques, de leurs résidus ou de molécules nouvelles dont elles

provoquent la présence indirectement en perturbant le métabolisme.

L'Europe dépend, pour l'élevage intensif, des importations de soja en provenance du continent américain, sur lequel la séparation nette des filières OGM et sans OGM n'est pas encore acquise. Rappelons que 60 % du soja mondial provient de plantes génétiquement modifiées et qu'un cinquième seulement du soja importé par la France est certifié sans OGM.

Au début de 2010, l'étiquetage des produits fabriqués à partir d'animaux nourris avec des aliments génétiquement modifiés a été discuté au Parlement européen et pourrait être autorisé bientôt. Bien qu'une majorité de voix ait été favorable au signalement différentiel des produits animaux, le vote n'est pas encore acquis parce qu'une telle modification du règlement demandait une majorité qualifiée. En Allemagne, depuis octobre 2008, un premier étiquetage « Sans génie génétique » est apparu sur un lait de vache (correspondant à des animaux nourris avec moins de 0,9 % d'ADN génétiquement modifié). En France, certains labels rouges et marques privées élèvent des volailles ou des viandes sans soja du tout afin d'éviter les OGM et de garantir leur cahier des charges.

Toutefois, les règles d'étiquetage en vigueur en Europe ont permis de limiter considérablement l'entrée des OGM en Europe (ils occupent 0,5 % des surfaces cultivées), à l'exception des importations de soja au Roundup.

Les avancées mitigées de la réglementation

Comment les États peuvent-ils concilier une politique sanitaire et environnementale responsable avec le respect des traités économiques les liant à des pays plus laxistes en termes de contrôle et de réglementation ? Comment appliquer le principe de correction (retirer du marché des produits dont la nocivité est avérée) et celui de précaution (ne pas autoriser la commercialisation de produits sur lesquels des doutes demeurent) d'une façon qui ne soit pas préjudiciable ? Soucieux de prendre en compte les inquiétudes de l'opinion mais aussi les intérêts des industriels, les gouvernements affichent volontiers des réglementations aux principes généraux stricts, mais accommodantes en fait (par les délais, les tolérances, les exceptions) avec les fabricants.

Le système REACH[8], discuté et adopté par le Parlement européen, entré progressivement en vigueur depuis le 1^{er} juin 2007, statue sur l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques de façon à mieux contrôler les risques sanitaires et environnementaux. Il vise à renforcer la connaissance des effets éventuels des produits chimiques sur la santé et l'environnement, et à mieux prendre en compte les risques liés à leur production et à leur utilisation. Il prévoit d'évaluer la sécurité d'environ 100 000 substances. Il ne concerne ni les pesticides ni les OGM. En cas de nocivité avérée du produit, le fabricant doit proposer un produit de substitution moins dangereux. Une clause l'oblige à informer le public des substances chimiques contenues dans les articles qui ne paraissent pas de prime abord présenter de risques (meubles, peintures, maroquinerie,

cosmétiques...). La chaîne de distribution et les consommateurs qui le demandent devront être avertis de la présence de toute substance chimique en quantité supérieure à 0,1 % du poids total des produits. Ce règlement constitue un pas en avant vers l'hygiène chimique. Cependant, il faut relever plusieurs dérobades qui en compromettent l'efficacité.

D'abord, les demandes du Parlement européen concernant les garanties d'indépendance des membres de l'Agence européenne des produits chimiques (AEPC) vis-à-vis de l'industrie et la publication des déclarations d'intérêt ont fait naître une polémique. Ce type de situation est récurrent. Encore aujourd'hui, les budgets de l'Agence européenne du médicament (EMA) ou de l'EFSA ne sont pas totalement validés ou débloqués par le Parlement européen, et ce pour des problèmes similaires d'indépendance. En décembre 2011, des députées européennes comme Michèle Rivasi et Corinne Lepage dénoncent un cas trop fréquent : de nouvelles preuves de conflit d'intérêts sont venues accabler Thomas Lönngren, directeur exécutif de l'EMA de 2001 à 2010. Ce haut fonctionnaire suédois aurait monté, parallèlement à sa charge, son propre cabinet de conseil à l'industrie pharmaceutique.

Michèle Rivasi s'exprime sur son blog : « Deux mois avant qu'il ne quitte l'Agence, M. Lönngren installe Pharma Executive Consulting Ltd, son cabinet, dans les quartiers généraux du groupe NDA, qui conseille neuf entreprises pharmaceutiques sur dix afin qu'elles puissent obtenir l'approbation réglementaire pour leurs produits. Le but de cette manœuvre est donc clair :

favoriser l'accès de certains produits pharmaceutiques au marché européen. Comment les citoyens peuvent-ils ensuite faire confiance à une institution où se multiplient les conflits d'intérêts ? »

Nous n'avons pas encore évoqué les substances chimiques carrément exemptées d'évaluations du fait qu'elles sont produites en quantité inférieure à une tonne par an. Or elles représentent 30 % du total, soit environ 30 000 produits chimiques lâchés dans la nature sans assurance de leur innocuité. Enfin, la substitution d'un produit moins nocif n'est pas obligatoire pour les substances dites « avec seuil », c'est-à-dire dont on estime les risques suffisamment limités en dessous d'une certaine dose. Or, cette notion de seuil est arbitraire et les publications scientifiques montrent régulièrement qu'on a sous-estimé les valeurs minimales de nocivité. REACH a permis à Bruxelles d'interdire en 2011 six substances cancérogènes (dont trois phtalates) utilisées par l'industrie du cosmétique, du bâtiment, du cuir et de l'automobile – cependant cette interdiction prendra effet « dans les trois à cinq ans à venir » et des dérogations sont prévues pour certaines entreprises. Des compromissions ?

Pour ce qui concerne les OGM, le protocole de Carthagène a été signé en janvier 2000 dans le cadre de l'ONU. Entré en vigueur en septembre 2003, il a été ratifié à ce jour par plus de 160 pays. Il constitue l'un des rares moyens de contrebalancer le principe de libre circulation des produits commerciaux garanti par l'OMC. Le protocole de Carthagène sur la prévention des risques biotechnologiques est destiné à encadrer l'importation et

l'exportation d'OGM. Il ne concerne que les organismes vivants (semences, plantes...), pas les produits transformés. Il sécurise les échanges d'organismes génétiquement modifiés entre pays signataires, dans le but de protéger la biodiversité. Une procédure d'autorisation est nécessaire pour le passage des frontières, le transit, la manipulation et l'utilisation d'OGM. L'État exportateur doit notifier l'expédition d'un chargement d'OGM à l'État importateur – ce dernier restant alors libre d'en accepter ou refuser l'entrée. Une documentation doit accompagner le transport des OGM, précisant leur destination (alimentation humaine ou animale, utilisation confinée ou dissémination dans l'environnement). Des règles en matière de responsabilité fixent une réparation en cas de dommages dus aux OGM.

Appliqué au sein de la Communauté européenne, le protocole de Carthagène préside à la circulation des OGM entre les États membres. Cependant, d'importants États exportateurs d'OGM, tels que l'Argentine, le Canada ou les États-Unis – l'essentiel des pays producteurs –, ainsi que la Russie et l'Australie en particulier, n'ont pas ratifié cet accord. Il s'agit tout de même d'une avancée foudroyante, qui isole les principaux pays producteurs d'OGM alimentaires (États-Unis en tête), à l'instar du protocole de Kyoto sur le plan du climat.

Les problèmes de rapports bénéfice/risque : qui bénéficie ? Qui risque ?

Tests approfondis sur les nouveaux produits, réévaluation de produits anciens, retraits d'autorisation, mesures dilatoires de précaution... toutes ces initiatives

nécessaires à une meilleure sécurité sanitaire coûteraient très cher, dira-t-on. Si elles incombaient aux entreprises, elles grèveraient lourdement leur budget. Comment alors pourraient-elles mettre ces produits sur le marché à un prix attractif ?

L'expérience que nous avons menée montre que le coût d'un seul test de longue durée atteint plusieurs millions d'euros. Cependant, une évaluation rigoureusement menée sur l'ensemble des produits chimiques et sur ceux issus de la biotechnologie aurait des conséquences économiques spectaculaires. Elle provoquerait un renchérissement important des produits dérivés de la chimie et du génie génétique. Et ce surcoût ferait voler en éclats un mensonge. Il obligerait à prendre conscience du véritable prix des OGM et des produits chimiques pour la société et a contrario diminuerait celui des substances naturelles, biodégradables, écologiques, qui seraient alors encore plus popularisées.

Les prix de ces produits chimiques de synthèse sont en effet tout à fait artificiels et faussés. D'abord ils ne tiennent pas compte des aides publiques directes ou indirectes, puis des coûts induits comme la pollution de l'eau, la surexploitation des réserves d'énergie, les maladies des agriculteurs ou des consommateurs, l'accroissement des dépenses de santé qui s'ensuit, le préjudice causé à la biodiversité, la détérioration irréversible de l'environnement... Au début de la révolution industrielle, quand les fumées des usines se dispersaient dans une atmosphère encore vierge de polluants, quand les réserves de charbon et de pétrole paraissaient inépuisables, quand les rivières semblaient

capables de laver et de purifier tous les déchets chimiques, l'intégration de ces « externalités négatives » n'avait pas la même nécessité. Mais aujourd'hui que nous avons conscience d'habiter un monde fini et de devoir vivre avec les déchets plus ou moins délétères que nos habitudes de surconsommation accumulent, il devient urgent de changer de pratiques.

Concevoir les produits industriels du berceau à la tombe, intégrer à leur mise au point leur recyclage ou leur dispersion dans l'environnement fera partie du cahier des charges des industriels du XXI^e siècle. En intégrant les « externalités négatives » dans le prix de ces produits, on s'apercevra qu'ils coûtent très cher à la société parce qu'ils dégradent l'environnement de façon persistante, parfois irréversible, et qu'ils accroissent considérablement les dépenses de santé tout en détériorant la qualité de vie de l'ensemble de l'humanité et le fonctionnement même des entreprises par les maladies chroniques.

Le prix des OGM est encore plus artificiel que celui des produits chimiques. Cette biotechnologie très coûteuse ne peut être rentable que grâce aux subventions des gouvernements. Les subventions agricoles américaines ont augmenté au rythme de l'accroissement des surfaces consacrées aux cultures transgéniques, alors même que les ventes à l'exportation diminuaient (du fait du refus des OGM par un certain nombre de pays), provoquant une chute des prix agricoles. Au total, les cultures transgéniques pourraient avoir coûté à l'économie américaine au moins 12 milliards de dollars net entre 1999 et 2001. Onéreux à élaborer, les OGM n'ont pas

d'intérêt pour le consommateur par rapport aux produits équivalents non génétiquement modifiés. Ils n'apportent aucun surcroît de plaisir, de bien-être ou d'hygiène alimentaire (au contraire). Ils n'ont pour fonction que de faciliter l'agriculture intensive en simplifiant les traitements chimiques de grandes étendues cultivées. Commercialisés en fonction de leur prix de revient réel (c'est-à-dire sans les subventions dont ils bénéficient et en intégrant les dégâts qu'ils sont susceptibles de causer), les produits à base d'OGM ne trouveraient pas d'acheteurs.

Il est paradoxal que les États subventionnent des produits compromettant à terme le sort des générations à venir tandis que l'agriculture biologique demeure la parente pauvre des aides gouvernementales, de sorte qu'il est facile ensuite de lui opposer la cherté de ses produits. Il est donc urgent de promouvoir et de subventionner la production biologique, recyclable et biodégradable. Ce qui stimulerait au passage les emplois du secteur primaire.

La production de pétrole conventionnel amorce son déclin au moment même où les besoins des pays émergents explosent. Le renchérissement inévitable des produits pétroliers rejaillira sur l'industrie pétrochimique et rendra moins rentables ses douteuses molécules, donc ses produits dérivés.

Le défi du XXI^e siècle commençant est de changer de modèle et de passer du système productiviste à celui d'une société et d'un environnement durables. Je ne dis pas « de développement durable », car cette expression

laisse croire qu'il serait possible de maintenir le modèle actuel de la croissance économique tout en jugulant l'impact de nos activités de production sur l'environnement. Le deuxième objectif ne sera pas accessible sans sortir du système productiviste. Produire moins en dépensant moins améliorera véritablement et sur bien des plans la qualité de vie de chacun. La logique de production est en opposition avec de nombreux critères de santé qui se mesurent au jour le jour (épuisement, stress, accidents et maladies professionnelles) et aussi à moyenne échéance (cancers, affections respiratoires, cardiaques...).

La richesse d'un pays se mesure aujourd'hui à son produit intérieur brut, qui représente la somme de toutes les valeurs ajoutées créées par les entreprises dans un pays. Le calcul classique de ce PIB ne prend pas en compte les pollutions multiples ni l'épuisement progressif des ressources de vie. Il est donc devenu un indice complètement faux de la richesse et du développement sain de l'activité d'un pays. Les ressources nécessaires à la vie n'ont en effet rien à voir avec la définition des ressources économiques. L'irrigation à volonté de certaines cultures, qui vide les nappes phréatiques, donne lieu à des subventions alors qu'elle devrait faire l'objet de taxes dans une agriculture durable. Le refroidissement des centrales nucléaires au prix de la pollution des rivières est un autre exemple de ponction sans contrepartie dans la richesse matérielle du pays. Une usine peut générer des profits qui entreront dans le calcul du PIB bien que l'impact de son activité sur l'environnement épuise une partie des ressources naturelles pour les générations à venir.

Aussi est-il plus que temps d'établir de nouveaux critères de calcul de la richesse d'un pays, en tenant compte des ressources naturelles qu'il parvient à préserver pour l'avenir, des critères qui prennent en considération les effets réels et non théoriques de nos agissements sur notre vie. L'entretien, le démantèlement des centrales et la gestion de leurs déchets rendent assurément l'énergie nucléaire non rentable à terme. Il faudrait y ajouter les effets chroniques de la radioactivité sur la santé et l'environnement lors des explosions et des fuites : car il y aura toujours des accidents. Tchernobyl ou Fukushima sont là pour en témoigner.

Dépolluer les milieux

Nous produisons plus de déchets que nous ne pouvons en faire disparaître, même si nous savons de mieux en mieux éliminer certains d'entre eux. Nous devons prévoir ce que deviendront dans le cycle de la vie les produits que nous fabriquons. Nous ne devons pas croire que nous nous débarrassons définitivement de nos ordures en les enfermant dans les sacs poubelles : elles reviennent contaminer nos corps par le biais de l'eau, de l'air, des aliments. Il est urgent d'inverser le cours des choses. Mais de quels moyens disposons-nous ?

Pour ce qui concerne la pollution chimique, plantes et bactéries sont souvent de très bons agents naturels de dépollution des sols. Les recherches récentes ont mis au point des mélanges biologiques à base de bactéries ou de champignons qui digèrent au sein de fermenteurs les effluents de pétrole ou d'huiles ainsi que les déchets hospitaliers. Certains produits (comme le BioCrack)

accéléreraient de trois à dix fois la biodégradation dans une zone contaminée, par exemple des sols pollués par des hydrocarbures. Le principe est d'apporter aux bactéries qui transforment ces déchets un complément de nutriments organiques déclenchant leur prolifération. Une nuée de micro-organismes consomme alors les hydrocarbures en rejetant du gaz carbonique et de l'oxygène. De nombreux champignons et bactéries produisent des enzymes dépollueuses performantes (déshalogénases, mono-oxygénases, dioxygénases, hydroxylases, peroxydases). On cherche actuellement à identifier les espèces adaptées à la dégradation de chaque type de polluants. La flore microbienne du sol est adaptée à la dégradation des pesticides, que certaines bactéries transforment en minéraux. Des exploitations agricoles mettent déjà en œuvre les procédés de biodépollution fondés sur cette propriété : elles utilisent des bacs remplis d'un mélange du sol de la ferme et de paille broyée pour traiter leurs effluents de pesticides et d'engrais. On pourrait également tirer de l'énergie des fermenteurs. Des solutions sont au point.

De nombreuses plantes sont capables de fixer dans leurs cellules les métaux lourds, les radionucléides, les composés organiques polluants, etc. Elles aussi produisent des enzymes qui dégradent ceux-ci en produits moins toxiques ou non toxiques. Le coût de la phytoremédiation est peu élevé, et l'on peut même envisager un recyclage, en récupérant après incinération les métaux lourds stockés dans les plantes. Cependant, ne rêvons pas : on ne parvient pas à une dépollution totale par le biais de ces procédés naturels ; on parvient seulement à revenir à un taux acceptable selon les

normes de concentration maximale admises pour les polluants les plus toxiques. Et celles-ci sont bien subjectives sous leur apparence scientifique.

Détoxifier les organismes

L'écomédecine s'intéresse aux moyens de détoxifier l'organisme de ses parasites chimiques. Il ne s'agit pas de retourner aux remèdes de bonne femme, même s'ils fonctionnent bien dans un certain nombre de cas, mais de comprendre et d'utiliser l'inventivité du vivant – avérée depuis des milliards d'années ! – pour remédier aux agressions extérieures.

Les Japonais ont reconnu depuis longtemps les vertus de la chlorelle, une algue microscopique très riche en chlorophylle, dotée d'une épaisse paroi cellulaire constituée de dérivés de chitine, qui fait obstacle à la pénétration des virus. Sa paroi cellulaire, non digérée par le tube digestif humain, aurait la propriété de fixer les métaux lourds et les toxines et en accélérerait l'élimination par les voies naturelles. Elle contient de surcroît un cocktail de composés qui stimule le système immunitaire. La médecine du XXI^e siècle est confrontée à une nouvelle gageure, car elle est démunie face aux intoxications chimiques.

Lorsque mon équipe a testé les effets du Roundup, elle a constaté que des formulations à des doses dix fois inférieures au niveau maximal de résidus autorisé dans les aliments (400 ppm aux États-Unis) provoquaient la mort des cellules hépatiques avec lesquelles on les mettait en contact. Aussi ai-je accepté, après mûre réflexion,

d'expérimenter l'action protectrice d'extraits de plantes médicinales spécifiques sur ces cellules. L'un de ces mélanges [9] enrayait l'intoxication et la mort des cellules induites par le Roundup s'il était mis en présence de celles-ci dans les quarante-huit heures qui suivaient (on se souvient que cela nous a aidés à mieux comprendre, lors de notre expérience, les effets des acides férulique et caféique qui sont contenus dans ces plantes mais manquent dans le régime OGM).

Mon équipe a aussi mené une étude sur des polluants divers (des résidus de Roundup, de bisphénol A, d'atrazine) et sur cinq mélanges de trois plantes médicinales [10] – comme les polluants, elles agissent mieux en mélanges. Nous avons mesuré les effets préventifs et curatifs de ces derniers sur des cellules humaines hépatiques et des cellules embryonnaires de rein. La toxicité des polluants s'est manifestée de façon incontestable sur les deux types de cellules à des dilutions très inférieures aux doses utilisées en agriculture. L'action préventive des extraits de plantes est certaine : de 25 à 34 % sur les cellules embryonnaires rénales (lignée E293) et jusqu'à 71 % sur les cellules hépatiques (lignée HepG2). L'action curative est moindre. Aucun de ces mélanges de plantes médicinales n'a été capable de restaurer complètement la viabilité de ces mêmes lignées. Cependant deux d'entre eux ont restauré 24 à 28 % des cellules hépatiques (lignée HepG2) intoxiquées. Cette expérience nous apporte un espoir raisonnable : les effets intracellulaires des polluants environnementaux peuvent être prévenus ou guéris en partie par des extraits de plantes médicinales spécifiques – du moins dans le cas de ces deux types de cellules humaines.

Désintoxiquer les esprits

Lorsque la III^e République s'est fixé l'objectif de faire assimiler par l'ensemble de la population la révolution pasteurienne, elle n'a pas lésiné sur les leçons d'hygiène et l'apprentissage des conduites appropriées dès l'école primaire. Ne pourrait-on en faire autant pour l'hygiène chimique et alimentaire ?

Les matières qui abordent la question de l'environnement dans son sens large (biologie, sociologie, géographie, économie durable...) devraient être placées au centre de l'éducation, et ce dès l'école primaire, afin de développer la compréhension des interactions, des solidarités, des interdépendances, et rendre conscient du fait que l'homme n'est pas une exception dans la nature, mais un « échangeur de substances » qui, elles, pour la plupart sont éternelles. L'échange est le phénomène de base qui fait tourner la roue de la vie : pas seulement l'échange avec ses amis, ses parents ou voisins, mais avec les différents règnes vivants que chacun utilise à chaque seconde pour exister.

Dans l'enseignement supérieur et la recherche, on pourrait souhaiter que la loi d'autonomie des universités, plutôt que de subordonner le progrès de la connaissance aux nécessités de l'industrie, joue en faveur de la reconstitution d'un réel esprit « universitaire », c'est-à-dire de la conscience de la solidarité des savoirs et de la nécessité d'un point de vue global. Or, actuellement, cette réforme implique que le conseil d'administration des universités se restreint, qu'il réunit moins d'enseignants-chercheurs, alors qu'on y permet la représentation des

entreprises. Délicat. Une manière efficace de contrecarrer ce risque, mais surtout de mieux rapprocher la recherche publique de la connaissance fondamentale générale et aussi de l'intérêt citoyen à long terme, serait d'organiser une représentation paritaire des ONG et de la société civile au sein des conseils d'administration des universités. Nous ne pourrions qu'y gagner.

Nous savons à présent l'importance des relations de complémentarité et de coopération dans la nature. Il serait temps de se dégager d'un darwinisme social diffus pour privilégier une culture de la collaboration et de la synergie, la « force et la richesse que nous apporte le plus faible, le plus handicapé », comme aime à le dire mon collègue et ami Jean-Marie Pelt.

1. Voir l'article du Monde du 8 juin 2011 (Mediator : « Nous sommes loin de la “démocratie sanitaire” »). A. Morelle est médecin et énarque. Il a été maître de conférences à Sciences Po et professeur associé à l'université Paris-I Panthéon-Sorbonne. Il a corédigé le rapport de l'IGAS (Inspection générale des affaires sociales) sur l'affaire du Mediator.

2. C'est un peu la fonction du nouveau cercle social dont le gouvernement a doté le HCB (Haut Comité des biotechnologies). Mais il se trouve que ce comité n'est quasiment plus saisi pour des autorisations commerciales (du ressort de l'EFSA) ; il donne essentiellement son avis sur les expérimentations d'OGM en plein champ, et dès qu'il s'agit d'expérimentations, le maître mot est : « Laissons parler la recherche... » Alors que, dans les faits, il s'agit de développement industriel.

3. Le Monde, art. cité.

4. M. Antoniou (2011), « Is GM Food Devoid of DNA Safe ? » (traduit par nous-même). Voir www.purefood.org/ge/noDNA.htm.

5. G.-É. Séralini et al. (2011), Env. Sc. Europe, 23, p. 10-20.

6. Cet étiquetage n'a de raison d'être pour les autorités que pour les produits contenant des substances végétales susceptibles d'être génétiquement modifiées (soja, maïs, blé, coton...). Lorsqu'il n'y a pas sur le marché européen de version transgénique d'un légume, aucun étiquetage particulier n'est requis pour le légume en question. Mais le public ne saisit pas toujours ces subtilités.

7. Hormis, bien sûr, les produits « bio », « nature » et certaines AOC (appellations d'origine contrôlée) comme les produits du terroir labellisés.

8. REACH : Règlement (CE) n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement,

l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances.

9. Il s'agit de Dig 1 (*Taraxacum officinalis*, *Arctium lappa*, *Berberis vulgaris*), mis au point par une petite compagnie pharmaceutique cévenole, Sevene Pharma, qui est devenu le principe actif d'un médicament vendu en pharmacie. Voir C. Gasnier et al. (2010), J. Occup. Med. Tox. 5, p. 29-41.

10. C. Gasnier et al. (2011), J. Occup. Med. Tox. 6, p. 3-13. Ces travaux ont fait l'objet d'une partie de la thèse de biologie de Céline Gasnier.

Nous avons testé et comparé les capacités préventives et/ou curatives de cinq mélanges, constitués chacun de trois plantes (dosées très précisément). Elles ont toutes été cultivées dans le Gard selon les règles de l'agriculture biologique et irriguées avec une eau d'une grande pureté. Ces mélanges, élaborés par Sevene Pharma, agissent préférentiellement sur différents types d'organes et de fonctions ; par exemple le foie, les reins, la circulation sanguine, etc. Ils sont composés de : 1/ *Taraxacum officinalis*, *Arctium lappa*, *Berberis vulgaris* ; 2/ *Chelidonium majus*, *Rhamnus frangula*, *Raphanus sativus* ; 3/ *Carduus marianus*, *Pulsatilla vulgaris*, *Berberis vulgaris* ; 4/ *Pulsatilla vulgaris*, *Sambucus nigra*, *Rumex crispus* ; 5/ *Spirea ulmaria*, *Solidago virgaurea*, *Capsella bursa pastoris*.

En guise de conclusion

Les OGM au miroir de Fukushima

Le vendredi 11 mars 2011, l'expérience était terminée et les premiers résultats sanguins complets venaient de me parvenir. J'étais en train de les analyser. Mais je ne pouvais pas me concentrer. Les visages de mes collègues japonais défilaient devant mes yeux. J'aurais voulu les contacter. Allaient-ils répondre aux mails ?

Quelques mois plus tôt, j'avais été invité à donner une conférence à Nagoya sur la biodiversité et les OGM. C'était à l'occasion d'un grand colloque international sur la mise en place du protocole de Carthagène ; on se préoccupait de santé et d'environnement, le réseau de scientifiques responsables ENSSER était présent... Tout près de là, un peu au nord-est, une centrale nucléaire a été construite sur une zone sismique, à Fukushima. Les experts avaient estimé le risque d'accident quasi nul. On se demande bien comment. Mais il est vrai qu'ils avaient le soutien des politiques et d'une industrie elle aussi hautement subventionnée.

La légèreté vénale de ces hommes, ce sont les Japonais qui l'ont payée, d'une façon inqualifiable, mais aussi tous

les Terriens. Un séisme venait d'avoir lieu, suivi d'un tsunami. Un nouveau Tchernobyl. Irréparable pour des milliers d'années. La faune, la flore, les humains contaminés. Les descendants directs de ceux qui ont connu Hiroshima et Nagasaki. Cette fois, il s'agit de nucléaire civil, comme à Tchernobyl.

Alors que les chiffres effroyables des tumeurs de nos rats s'affichaient, je saisis comme jamais les trois points communs des deux technologies qui ont transformé le XX^e siècle.

Les Égyptiens nous ont légué voilà six mille ans le Sphinx et les pyramides, et les seules traces que nous sommes certains de laisser sur une période comparable sont ces verrues d'explosions radioactives. Les OGM introduisent aussi dans l'environnement des modifications irréversibles à l'échelle humaine. Premier parallèle. Première bombe, à retardement cette fois. S'arrogeant le droit de transformer le vivant à une vitesse industrielle, les créateurs d'OGM, couverts par des experts permissifs, ont inclus des séquences génétiques artificielles dans le patrimoine héréditaire des principales espèces cultivées, mais aussi dans celui des moustiques, des poissons, des animaux de ferme, et de tant d'arbres des forêts. Alors qu'une explosion nucléaire cause une pollution brutale et massive, destinée à diminuer au cours des milliers d'années suivantes (même si actuellement elle se concentre dans la chaîne alimentaire et dans celle de la vie), les OGM provoquent la seule pollution vivante susceptible de se multiplier avec le temps.

Deuxième parallèle : les deux phénomènes provoquent une contamination mondiale, inévitable et omniprésente. À Fukushima, des agriculteurs voyant leurs terres polluées par les rejets de l'explosion se sont suicidés, allongeant la liste des vingt mille victimes du tsunami. Et, tandis que cinquante mille âmes ont dû quitter immédiatement leurs logements à au moins vingt kilomètres à la ronde de la centrale, les flots marins, les courants aériens et les exportations entraînaient au loin les résidus radioactifs. Des contrôles de radioactivité ont été mis en place aux douanes de certains pays, notamment pour les produits de pêche japonais. Vaine barrière. L'onde de choc a été mondiale : l'Allemagne, la Suisse, la Belgique, l'Italie se préparent à sortir du nucléaire, comme on dit, ou confirment leur projet de le faire. Le nuage radioactif, on le sait bien depuis Tchernobyl, ne s'arrête pas aux frontières.

Les OGM, eux, sont censés être identifiés et déclarés aux abords des cent soixante-deux pays signataires de l'accord de Carthagène. On s'aperçoit qu'ils ont contaminé les soutes des bateaux dans tous les ports où transitent des importations de soja pour animaux. On nous a montré dans les ports du Japon des repousses géantes de colza OGM tolérant le Roundup dont les semences sont arrivées des États-Unis par cargos. Ce type de colza n'a pourtant jamais été autorisé au Japon, mais les contaminations sont inévitables. Qui plus est, ce sont des herbicides à base de glyphosate qui sont utilisés pour désherber les zones portuaires, ce qui confère au colza tolérant le Roundup un avantage sur les autres herbes envahissantes. On le constate aussi en France au bord des autoroutes. Le colza se dissémine vite et bien.

Troisième parallèle : la non-prise en compte, par la science réglementaire et certains experts atteints de cécité et de surdité, des effets des résidus faiblement radioactifs (métaux lourds, etc.) et des résidus chimiques s'accumulant dans le corps. On a compris que ceux de Roundup présents dans les plantes transgéniques pouvaient, comme les pesticides, laisser des traces, qui s'avèrèrent pathogènes pour les organismes qui les ont consommées.

Ce vendredi 11 mars 2011 me revint en mémoire ma visite à Tchernobyl et dans la ville toute proche de Pripyat en août 2008, lors d'une école d'été à Kiev organisée par mon ami le sociologue Frédérick Lemarchand, grand spécialiste des conséquences sociales et culturelles de Tchernobyl.

Au cœur de la zone dévastée et contaminée, la nature avait repris le dessus. Mais une nature surtout riche d'espèces à vie courte et foisonnante. Des troncs, de grandes tiges et des herbes poussaient dans le béton, dans la terre accumulée sur les balcons ou dans les chambres d'enfants aujourd'hui morts de cancers. Tout comme sont morts, contaminés, les liquidateurs, ces centaines de milliers d'hommes et de femmes qui avaient été mobilisés pour tenter de décontaminer les villages et les villes alentour. Certains animaux, à brève espérance de vie eux aussi (oiseaux, petits mammifères, insectes), s'étaient reproduits avant d'avoir subi les effets à long terme que nous, humains, subissons – d'où l'intérêt d'étudier ces effets. Sous le pont proche du réacteur n° 4 revêtu de son sarcophage, une vision étrange : d'énormes poissons-chats évoluaient dans l'eau courante. Dans cette

ex-ville nouvelle de luxe pour ingénieurs de l'industrie nucléaire et leurs familles, la grande roue du manège, lamentablement disloquée, surplombait des jouets en plastique rongés par les pluies acides. J'avais l'impression qu'elle en pleurait.

De fait, c'est moi qui pleurait. Et cependant j'ai confiance.

J'ai confiance en la capacité des hommes à réagir une fois qu'ils auront lucidement estimé la situation sur laquelle on les aveugle.

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à mes amis indéfectibles du CRIIGEN, et surtout à ses présidents successifs : Corinne Lepage, Jean-Marie Pelt et en particulier Joël Spiroux de Vendômois qui a joué un rôle prééminent dans l'encadrement de l'expérience. Que Jacques Dublancq et Matthieu Calame sachent combien mon équipe et moi leur sommes redevables, notamment au titre de l'expérience dont ce livre témoigne. Ce travail collectif, nous avons pu le mener grâce aux associations qu'ils président respectivement : CERES, au sein de laquelle Gérard Mulliez a été si stimulant et déterminant, et la Fondation Charles-Léopold-Mayer pour le Progrès de l'Homme.

Dans les moments difficiles, je me suis appuyé très fraternellement sur Jean-Michel Panoff, Frédérick Lemarchand, Jérôme Douzelet et sa famille. J'ai apprécié l'amitié à toute épreuve de Jérôme, et celle de son ânesse Mimosa, qui nous a conduits sur bien des chemins.

L'ambiance de travail stimulante et agréable qui règne au sein de l'équipe a compté pour beaucoup dans la réussite du projet, aussi bien à mon laboratoire qu'au Pôle multidisciplinaire « Risques, qualité et environnement

durable » de l'université de Caen – une structure très enrichissante sur le plan intellectuel.

C'est pourquoi je suis très reconnaissant à tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à l'expérience, au nombre desquels je voudrais citer (par ordre alphabétique) mes étudiants et mes collègues les plus proches, mais aussi mon assistante, qui me supporte avec patience : Estelle Cassault-Meyer, Emilie Clair, Nicolas Defarge, Isabelle Denis, Steeve Gress, Frédérique Hilary, Robin Mesnage, Carine Travert.

Enfin, je remercie chaleureusement mon éditrice Sylvie Fenczak pour son aide précieuse et son soutien.

G.-É. Séralini

DU MÊME AUTEUR

Après nous le déluge ? (avec Jean-Marie Pelt), Flammarion/Fayard, 2006 ; coll. « Champs », 2008.

Ces OGM qui changent le monde, Flammarion, coll. « Champs », 2004 ; rééd. revue et augmentée, 2010.

Génétiquement incorrect, Flammarion, 2003 ; coll. « Champs », 2005.

OGM, le vrai débat, Flammarion, coll. « Dominos », 2000. Épuisé.

Le Sursis de l'espèce humaine, Belfond, 1997 (prix Philips-Science Frontières) ; rééd. revue et augmentée sous le titre

Nous pouvons nous dépolluer !, Josette Lyon, 2009.

L'Évolution de la matière, de la naissance de l'univers à l'ADN, Pocket, coll. « Explora », 1994.

Participation à des ouvrages collectifs (extraits) :

(R)évolutions. Pour une politique en actes, Actes Sud, 2012.

Les OGM agricoles aujourd'hui. Que sont-ils et participent-ils à la faim dans le monde ?, Les Presses de Sciences Po, 2011.

Le Manque d'évaluation des technosciences. Le cas des biotechnologies, des pesticides et de la santé humaine, CNRS, 2010.

Vous avez dit cancer ? Des causes environnementales à la prévention, Jouvence, 2010.

Rayonnements, OGM, Nanotechnologies. Dangers ou progrès ?, Vuibert, 2009.

Médecines et alimentation du futur, Le Courrier du Livre, 2009.

Aux origines des plantes. Des plantes et des hommes, Fayard, 2008.

Regards croisés sur le commerce équitable, L'Harmattan, 2006.

Dictionnaire des risques. Approche socioanthropologique, Armand Colin, 2003.

La Guerre au vivant, Agone, 2001.

Les Organismes génétiquement modifiés face au droit, Annonces de la Seine, 2000.

Génie génétique. Des chercheurs citoyens s'expriment, Sang de la Terre/Écoropa, 1997.

GILLES-ÉRIC SÉRALINI

Tous cobayes !

« Par la faute de laboratoires et d'experts à la solde de lobbies surpuissants – agroalimentaire, biotechnologies, médicaments –, combien de foyers sont touchés aujourd'hui par des cancers, des maladies nerveuses, hormonales, immunitaires ? L'insuffisance des tests, leur absence de transparence et la compromission des agences sanitaires doivent cesser.

« Pour démontrer la dangerosité des produits artificiels et des polluants alimentaires qui inondent nos marchés, nous avons mis en place entre 2008 et 2011 une expérience visant à étudier pour la première fois sur le long terme les effets toxiques d'un OGM alimentaire majeur et du pesticide le plus utilisé dans le monde. Nos découvertes sont alarmantes. Elles remettent en cause toutes nos politiques sanitaires et environnementales. »

Gilles-Éric Séralini, professeur de biologie moléculaire à l'université de Caen, chercheur et codirecteur du pôle « Risques, qualité et environnement durable » (MRSH-CNRS), a été expert pendant neuf années pour le gouvernement français en matière d'évaluation des OGM. Il l'est désormais pour des gouvernements étrangers et des organisations internationales.

Le film *Tous Cobayes ?* de Jean-Paul Jaud, produit par J+B Séquences, a été librement adapté de cet ouvrage.

Édition revue et corrigée 2013.

En couverture : Photo © Gilles-Éric Séralini

Flammarion