



HAL
open science

Nourrir le monde : quelle position pour les biotechnologies ?

Yves Bertheau

► **To cite this version:**

Yves Bertheau. Nourrir le monde : quelle position pour les biotechnologies ?. Courrier de l'Environnement de l'INRA, 2016, 66, pp.9-24. hal-01578259

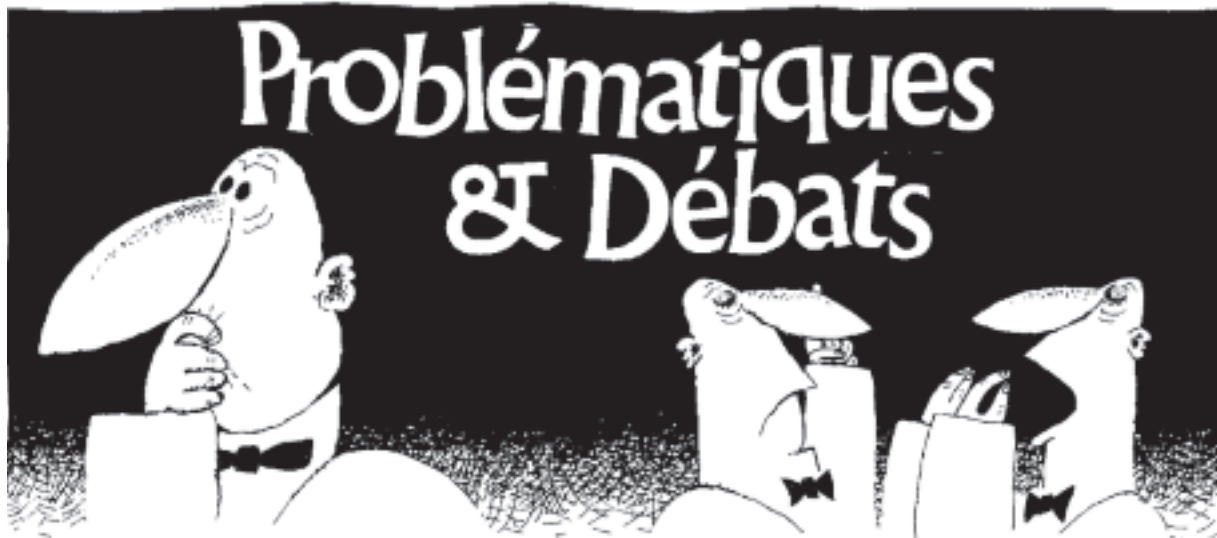
HAL Id: hal-01578259

<https://hal.science/hal-01578259v1>

Submitted on 28 Aug 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Nourrir le monde : quelles positions pour les biotechnologies ?

Yves Bertheau, Inra, MNHN

Ce texte est le résumé d'un chapitre intitulé « Feeding the world : are biotechnologies the solution ? » paru en 2016 dans le livre « Advances in biotechnology » édité par Ravishankar Rai V et paru chez Wiley. Il ne peut représenter totalement, par certains raccourcis employés, la complexité de ce chapitre dont il ne reprend qu'une partie de sa bibliographie. Les lecteurs sont donc renvoyés à ce chapitre pour plus ample information.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118864463.ch06/summary>

Introduction

Le rapport 2014 de la FAO (FAO *et al.* 2014) rappelle que, malgré les progrès de la production agricole, 805 millions d'humains sur 7 milliards - soit un humain sur neuf - souffrent directement de la faim à des degrés divers allant de la famine à de sévères carences alimentaires. En sus, près de 2 milliards connaîtraient une « faim invisible » c'est-à-dire des carences en micronutriments et en minéraux : Vitamine A, zinc, fer, iode, etc. (IFPRI 2014a). La malnutrition est un phénomène multi-forme dont les pays développés ne sont en outre pas exempts ; 19 millions de personnes y étaient sous-alimentées en 2010 (IFPRI 2014b).

La malnutrition sévirait principalement en Asie avec 526 millions de personnes concernées. Les petits exploitants agricoles en seraient les principales victimes (en raison d'importations de produits subventionnés par les pays exportateurs) et, plus particulièrement, les agricultrices n'ayant pas accès aux mêmes ressources et services que les hommes. Lever cette discrimination honteuse et choquante pourrait sortir 150 millions de personnes de la sous-alimentation.

Les nutritionnistes de la FAO associent la malnutrition à plus du tiers des maladies qui affectent l'humanité. La sous-alimentation, au-delà de ses coûts humains, représente donc une charge économique considérable qui impacte le produit intérieur brut (PIB) des pays.

La production et le commerce de calories alimentaires atteindraient actuellement 2700 à 3000 kcal par personne, une quantité largement suffisante pour nourrir la population mondiale (D'Odorico *et al.* 2014 ; FAO *et al.* 2014). Mais les pertes, entre semis et poubelles, représenteraient plus de 30% des denrées alimentaires soit près de 1,3 milliards de tonnes (FAO 2011).

C'est à partir de ce constat multiforme aux nombreuses incertitudes que doivent être considérées les diverses solutions techniques proposées dont celles mobilisant les biotechnologies et ce, dans la perspective de résoudre le problème de l'alimentation d'une population probablement croissante.

La situation actuelle

Se nourrir : des composantes à respecter

Le Droit à l'alimentation est un des droits constitutifs de La Déclaration Universelle des Droits de l'Homme de 1948 (Art. 25). Olivier de Schutter, Rapporteur Spécial de l'ONU pour le Droit à l'alimentation jusqu'en 2015, le précisait comme « le droit d'avoir un accès régulier, permanent et libre [...] à une nourriture quantitativement et qualitativement adéquate et suffisante, correspondant aux traditions culturelles [...] qui assure une vie psychique et physique, individuelle et collective, libre d'angoisse, satisfaisante et digne ». Le droit à l'alimentation confère, par conséquent, le droit à choisir sa nourriture selon ses convictions personnelles, religieuses, éthiques ou philosophiques. L'alimentation ne peut se réduire à une simple question d'apports en calories.

L'apport calorique, unité de mesure habituellement utilisée, n'exprime pas pour autant un statut nutritionnel ; 2 milliards de personnes restent sous-alimentées dans le monde. En effet, un apport de nourriture caloriquement suffisant mais déséquilibré, peut s'accompagner de carences. Des usages alimentaires impropres sont en outre souvent associés à une précarité sanitaire, à des manques d'eau potable et d'hygiène qui affectent en particulier les enfants. Le droit de choisir son alimentation nécessite en conséquence la coexistence de diverses formes d'agriculture et de systèmes alimentaires, un pluralisme conjuguant multifonctionnalité et prise en considération de la pauvreté (Dundon 2003 ; Morgan *et al.* 2006).

Par une cruelle ironie du sort bien connue, les petits paysans s'avèrent les plus atteints par la malnutrition. En cause ? La faiblesse de leurs revenus généralement liée aux subventions par les pays exportateurs de produits alimentaires. En 2012, ces 1,3 milliards d'humains, sur 7,1 milliards d'habitants, soit plus de 18% de la population, ne représentaient que 2,8% des revenus mondiaux (Alston & Parley 2014).

Vouloir résoudre le problème de la faim dans le monde pour lequel une augmentation de la population mondiale à 9 milliards d'habitants est prévue, par certaines projections, pour 2050 ne peut se faire sans analyse critique de la situation actuelle et ne peut se résumer à de simples postulats quantitatifs et technologiques s'ils n'ont su remédier à la situation alimentaire actuelle.

Le diagnostic d'un accroissement continu de la population est-il pertinent ?

Une majorité des institutions internationales s'accordent sur le fait que la population va continuer à croître même si les modalités ne sont pas celles de Malthus qui supposait que cette croissance se ferait selon des paramètres exponentiels constants. Les scénarios de l'augmentation démographique restent invérifiables au sens de Karl Popper (Popper 2002) : est-il néanmoins nécessaire de craindre la « bombe démographique » prévue par Ehrlich (1968) ? Probablement pas, comme le défendent divers démographes, mais il semble que l'on ne puisse pas faire grand-chose quant à la réfutation de ces prévisions du « mainstream ». On peut alors réduire le problème à une autre préoccupation de Malthus : quel est le nombre d'individus dont la Terre peut satisfaire les besoins ?

Des modèles en compétition ?

Le modèle d'alimentation occidentale, qui fait référence auprès des institutions internationales comme la Banque Mondiale, est considérablement différent des régimes plus frugaux traditionnels et mieux équilibrés de la Crète, de l'Inde ou du Japon. La ration alimentaire minimale nécessaire à chaque être humain est évaluée, sur le plan calorique et pour un métabolisme basal de 1650 kcals par jour, entre 2200 et 2900 kcals par jour (suivant les auteurs, et variant suivant le niveau de sédentarité). D'un point de vue théorique, la surproduction actuelle de calories par rapport à ces besoins serait alors de 8% en Afrique, de 18% en Asie, de 57% en Europe et de 67% en Amérique du Nord. Nous produisons donc déjà plus que nos besoins minimaux et pourrions faire mieux encore sans trop d'efforts, malgré la part importante utilisée pour les biocarburants (jusqu'à 50% dans certains états US) dans notre quête du toujours plus objet du paradoxe d'Easterlin (1974).

Les projections de scénarios, privilégiant tous la croissance au nom du progrès, montrent un très large éventail d'estimations des besoins alimentaires futurs, et en particulier de la demande en produits animaux (Paillard *et al.* 2010 ; Nelson *et al.* 2014 ; Robinson *et al.* 2014 ; Valin *et al.* 2014). Ces différences proviennent d'hypothèses contrastées sur la plupart des variables comme la démographie, la croissance économique et les régimes alimentaires. Les variations actuelles de la demande alimentaire reflètent aussi l'impact de défis plus immédiats que sont la santé publique, l'environnement et le développement. Ainsi, l'évolution des modes de consommation alimentaire dans l'Union Européenne comme aux USA semble déjà intégrer la prise en compte d'inquiétudes d'ordre sanitaire et de sécurité. Dans le même registre la Chine pourrait réduire ses importations alimentaires *per capita* sous l'influence de considérations similaires de santé publique. De tels changements des composantes nutritionnelles pourraient expliquer la récente chute de l'obésité observée chez les enfants aux USA. Dans le futur, la qualité nutritionnelle pourrait devenir le facteur dominant des stratégies alimentaires collectives en lieu et place de stratégies quantitatives. Les approches prospectives actuelles quant aux besoins en calories pourraient dès lors perdre beaucoup de leur pertinence.

Le commerce alimentaire mondial, spéculatif et volatil

Les conditions du commerce international de produits alimentaires, partie des « commodities », font l'objet de violentes critiques. Ces conditions sont accusées de favoriser une intense spéculation source d'extrême volatilité des prix, volatilité encouragée par la titrisation des risques au travers, par exemple, des « cat bonds » « weather derivatives », « equecat » et autres « environmental mortgages ». Un des principaux facteurs de vulnérabilité à cette spéculation réside dans la faiblesse des stocks publics mondiaux, actuellement inférieurs à deux mois de consommation, conséquence de l'activisme dans ce domaine de l'OMC ces 20 dernières années, au motif des coûts du stockage et surtout de l'incidence des achats institutionnels sur les prix de marché.

Une question lancinante resurgit alors : la libéralisation du commerce au cours de ces 20 dernières années a-t-elle amélioré la sécurité alimentaire ? Bezuneh & Yiheyis (2014) démontrent que non, confirmant ainsi les conclusions d'une revue systématique (McCorrison *et al.* 2013). Un des anachronismes de cette libéralisation se traduisant par exemple, comme l'a souligné en 1987 le prix Nobel Amartya Sen, par des exportations de nourriture à partir de zones ravagées par la famine ! La libéralisation du commerce s'avère au final aboutir à un système qui n'a pas été capable de résoudre le problème de la faim dans le monde tout en exacerbant la volatilité des prix.

La famine provient généralement d'une contraction du pouvoir d'achat dans les zones concernées. Elle entraîne le plus souvent des migrations humaines qui devraient s'accroître avec le changement climatique et ses conséquences sur les productions alimentaires.

Des pertes importantes et variées au long des chaînes d'approvisionnement

La Banque Mondiale a estimé, il y a peu, que 25% des calories mondiales et jusqu'à 50% des denrées nutritives produites et utilisables par l'homme sont gaspillées avant d'être consommées. Divers autres rapports ont confirmé ces ordres de grandeur.

Jusqu'à la dernière décennie, ce problème des pertes au long des chaînes d'approvisionnement avait majoritairement été abordé en termes de capacités de production et de stockage, parfois aussi de pressions en bio-agresseurs. L'ensemble des différents facteurs impliqués dans ces pertes à la production, tels que l'emploi de variétés homogènes inadaptées (fort rendement potentiel mais grande susceptibilité aux maladies – souvent aussi en raison de l'emploi abusif de fertilisants) est bien documenté (Huber & Watson 1974). Les pertes après la récolte dans les pays en voie de développement et dans les BRICS sont particulièrement importantes en raison du manque de structures de stockage, dans des conditions climatiques inappropriées à la conservation. Les agriculteurs subissent dès lors d'importantes pertes économiques aggravées quand ils n'ont qu'un faible accès aux marchés.

Tout récemment cette analyse a été révisée par la reconnaissance qu'une large fraction de ces pertes était également due (i) à l'industrie agroalimentaire (par exemple, certaines dates de péremption prescrivant un rapide renouvellement induisent ce que certains qualifient d'obsolescence programmée), (ii) ainsi qu'au comportement des consommateurs eux-mêmes, en raison d'une mauvaise gestion des achats alimentaires, de pratiques domestiques et alimentaires personnelles inadaptées, ou d'absence de formation à la conservation à la préparation des aliments et à l'accommodement des restes.

Le taux de gaspillage alimentaire par habitant apparaît sensiblement plus élevé dans les pays riches que dans les pays en développement. Ainsi, tandis qu'un consommateur en Afrique Sub-Saharienne ou dans le Sud Est Asiatique gaspillerait 6 à 11 kg par an, le montant de ces déchets s'élèverait à 95, voire 115 kg par an en Europe et en Amérique du Nord (European Commission 2010 ; ADIT 2013 ; Buzby *et al.* 2014). De plus, le gaspillage en termes de kg de matière, ne reflète pas directement la quantité de ressources initialement mobilisées en pure perte (plus importante par exemple pour un kg de viande de boeuf...). Les émissions de GES associables à ces pertes sont estimées à 3,3 milliards de tonnes de gaz à effet de serre, ce qui en ferait la troisième cause d'émissions après les USA et la Chine. Cette externalité négative n'est cependant toujours pas prise en compte dans l'analyse des schémas de production et de consommation. Ces pertes, dont la majeure partie serait évitable, renforcent la démonstration d'une production alimentaire globalement suffisante, pour ne pas dire en surplus chronique, alors que famine et sous-alimentation continuent à faire des victimes.

Les biotechnologies pour nourrir la planète

Il convient avant tout de rappeler que les biotechnologies font l'objet d'importantes réticences dans diverses parties du monde, contexte qui entrave leur déploiement. Cette réserve s'exprime tant pour des raisons alimentaires (crainte de la toxicité des OGM et produits dérivés) qu'environnementales et socioculturelles (impacts et type d'agriculture et de société induits par cette évolution). Le tout s'accompagne dans certains pays d'un rejet des experts et de défiance vis-à-vis des autorités publiques (Demortain 2010, 2011 ; Bertheau & Davison 2013 ; Ludlow *et al.* 2014).

Le contexte biotechnologique

Les travaux des années 80 sur la maladie de la galle du collet chez les plantes mirent en évidence un mécanisme de transfert de gènes vers les cellules végétales : ceci permit de transformer volontairement le génome de cellules végétales et, la décennie suivante, la commercialisation des premières plantes génétiquement modifiées par ces technologies (Mannion & Morse 2012). Très rapidement un fossé s'est alors creusé entre pays enthousiastes (la plupart de ceux exportateurs de produits agricoles bruts...) et pays circonspects en raison des impacts possibles sur la société, la santé et la structuration

de l'agriculture (Marris *et al.* 2005 ; Gaudillière & Joly 2006 ; Morgan *et al.* 2006 ; Levidow & Carr 2007a ; Lemaux 2008, 2009 ; Koch 2010 ; Spök 2010 ; Devos *et al.* 2013 ; Dunwell 2014a) ou plus directement d'un scepticisme certain quant aux promesses des zélateurs de ces technologies. Dans le même temps, la production en milieu confiné de molécules pharmaceutiques par des organismes génétiquement modifiés ou les thérapies géniques ne soulèverent quasiment pas d'objections, rappelant les classiques divergences d'analyse coût/bénéfice.

Les bénéfices avancés par les partisans des biotechnologies concernent la réduction des pertes à la récolte, l'augmentation des revenus des producteurs, un allègement des contraintes de travail, la réduction des traitements nécessaires et par là-même une meilleure protection environnementale ainsi que la diminution de l'érosion des sols par la généralisation du non labour (conjoint à l'utilisation de variétés tolérantes aux herbicides). Ces assertions se heurtent à la difficulté récurrente d'évaluer l'intérêt d'un changement technologique sans pouvoir l'isoler d'autres effets. En l'absence d'expériences robustes, il est difficile, pour ne pas dire impossible dans la majorité des cas, de discerner l'impact propre aux OGM de celui d'autres évolutions des pratiques agricoles.

En outre, comme cela a été souligné dans divers avis du Haut Conseil des Biotechnologies, les dossiers des pétitionnaires, dont sont issues nombre de ces assertions, pèchent souvent par leur manque de rigueur scientifique, l'absence de puissance statistique des tests menés et l'insuffisance des plans de surveillance environnementale proposés, seuls aptes à discerner des externalités ou la vérité de certains modèles, par exemple de dispersions de gènes. Trente ans après les premiers OGM, les agences d'évaluation en sont toujours à édicter des lignes directrices d'estimation des risques et de surveillance environnementale post-commercialisation (celles qui concernent la surveillance de la santé humaine et animale n'ont toujours pas été abordées). Vingt ans après la commercialisation du premier OGM, l'agence européenne de sécurité alimentaire (EFSA) a dû lancer un appel d'offres aux fins de définir les lignes directrices statistiques applicables aux essais agronomiques et aux études toxicologiques (EFSA Panel on Genetically Modified Organisms 2010a, b ; McGinnis *et al.* 2012). On peut dès lors comprendre que la méfiance des profanes de certaines régions à l'égard des OGM soit étroitement corrélée à celle concernant experts et gouvernements (Funtowicz *et al.* 2000 ; Nowotny 2003 ; Jasanoff 2005 ; Wood & Mador 2013).

Stratégies destructrices

Les biotechnologies et les industries semencières, par les stratégies de communication utilisées, sont le plus souvent assimilées aux « industries du doute »¹. Il est dès lors probable que le programme de recherche US, d'un montant de 25 millions de dollars, d'évaluation des risques des OGM récemment annoncé par l'Organisation du Commerce des Semences Américaine (ASTA) restera contreproductif en terme d'acceptabilité (Gillam 2014) : les précédentes campagnes de communication de plusieurs millions de dollars, il y a une dizaine d'années, n'ont eu aucune retombée positive sur l'opinion publique dans l'UE. Les dizaines de millions de dollars dépensés dans plusieurs états des USA lors de votes sur des demandes d'étiquetage destinée à l'information du public confortent en outre le sentiment ambiant d'une industrie riche et puissante défendant âprement ses intérêts propres (Esposito & Kolodinsky 2007 ; Jones 2014), les sommes dépensées par les anti OGM dans ces campagnes restant bien modestes en comparaison. Depuis le mandat de G.W. Bush, l'usage routinier par les industriels, et leurs lobbys, d'expressions qualifiant leurs demandes de « sound science » (c'est-à-dire fondées sur des faits scientifiques fiables) est devenue inaudible. Nombreux sont ceux qui assimilent dorénavant cette expression à « junk science » (« science au rabais ») et y voient avant tout une défense d'intérêts corporatistes, associée à un mouvement scientifique.

L'amalgame constant des discours entre science et innovation technique, applications, est préjudiciable aussi bien aux scientifiques, aux citoyens, aux témoignages des experts qu'à un débat démocratique

1. Appelées ainsi en référence à l'ouvrage de Naomi Oreskes qui décrypte la stratégie mise en place, en Amérique du Nord, pour semer le doute, dans le grand public et parmi les élus, dès lors qu'une réglementation environnementale était envisagée.

apaisé sur les choix de société qui en découleraient. En réaction, nombre de scientifiques ont maintenant investi l'arène publique, argumentant et prenant parti pour ou contre les OGM. Des analyses mêmes neutres et équilibrées, propres à informer public et décideurs politiques, sont disqualifiées de prime abord car l'on cherche dorénavant à rattacher les arguments à un parti pris plutôt qu'à une analyse scientifique. L'excommunication mutuelle, la présomption d'apostasie et l'anathème sont devenus des lieux communs parmi les scientifiques en raison de cette interpénétration et confusion entre la science et des applications techniques « innovantes » propres à améliorer la « compétitivité ».

Le débat entre scientifiques qui se poursuit sur les meilleures procédures d'évaluation des risques et les analyses coût/bénéfices, est par ailleurs obscurci par le système des portes tournantes (i.e. les mobilités de personnels entre firmes et institutions réglementaires ou instances d'évaluation des risques), de possibles « collègues invisibles » et par l'exclusion des experts jugés « critiques ». À partir du moment où des intérêts économiques sont en jeu, les discussions scientifiques sur des alternatives à un scénario, dans une classique analyse coûts / bénéfices, ne sont plus guère possibles. Le choix des applications technologiques constitue pourtant un acte politique, un acte de foi en un certain progrès, choix pouvant mener à des verrous technologiques (Winner 1980 ; Vanloqueren & Baret 2009 ; Prewitt 2013).

Évolutions rapides, arguments contradictoires pour normes en retard

Un ensemble de « nouvelles » technologies, regroupées sous le terme de NPBT (nouvelles techniques d'amélioration végétale) ou NBT (New Biotechnology Techniques) sont depuis plusieurs années le sujet d'intenses négociations au sein de l'UE en ce qui concerne la qualification, comme OGM ou non, des produits résultants. Certaines de ces techniques peuvent permettre l'édition précise du génome sans adjonction d'ADN étranger mais en raison d'effets hors cibles font encore l'objet d'améliorations (Lusser *et al.* 2011 ; Barrangou 2014 ; Stella *et al.* 2014). Le mélange de techniques anciennes et nouvelles et leurs possibles combinaisons rendent leur acceptation moins simple qu'initialement prévu. Des techniques ancestrales telles que la greffe s'avèrent capables de générer de nouvelles espèces (Fuentes *et al.* 2014). Certaines NPBT pourraient rendre possible la création de nouveaux instruments pour activer, réprimer ou réparer des gènes cibles, mais leur efficacité de transformation est encore limitée et si divers effets hors-cibles restent à éliminer, leur prise en main par des « hackers », adeptes du « Do It Yourself », laissent craindre des dérapages. Enfin la disponibilité de techniques même précises ne peut présager de la façon dont celles-ci seraient utilisées, dans des mains plus ou moins expertes, selon des critères économiques privilégiant la rentabilité ou la rapidité des commercialisations à la précision et à la sûreté.

Aux USA, où aucun cadre spécifique n'a été élaboré pour encadrer ces techniques comme les précédentes, les agences fédérales ne savent toujours pas comment évaluer officiellement les OGM actuels (Kuzma & Kolotovitch 2011 ; Ledford 2013). Citoyens et firmes font donc face à un cadre légal qui n'est pas encore stabilisé tandis que de nombreux dossiers de commercialisation sont soumis aux autorités compétentes d'autres pays. Les chercheurs et les autorités publiques devront par conséquent éviter toute désinformation de la société et établir, de façon proactive, des réglementations appropriées tenant compte de ce contexte complexe.

Les arguments mobilisés par les industriels dans leur communication sur les OGM s'avèrent très ambivalents. Les arguments scientifiques visent à convaincre que les modifications sont nouvelles, dissociées des méthodes précédentes et source de progrès et qu'elles produisent dans le même temps, moins de modifications dans le génome des plantes que la sélection conventionnelle ou la transgénèse. Ces arguments visent donc à convaincre du caractère innovant de ces méthodes (dans le but de déposer des brevets) tout en faisant valoir qu'elles sont dans la continuité des techniques de sélection conventionnelle et, ce, afin d'éviter la lenteur supposée des procédures d'autorisations propres aux OGM. Les arguments légaux, sociétaux, financiers et techniques sont actuellement tous mobilisés contre l'étiquetage de ces produits présentés dans ce but comme de simple prolongement des techniques traditionnelles de sélection. Ce dernier argument est aussi repris par certains scientifiques qui proclament en conséquence l'impossibilité de détecter et donc d'identifier correctement ces

« nouveaux » produits en raison de l'absence de méthodes de détection fiables (Lusser *et al.* 2011). Intentionnellement ou non, ils ne prennent pas en compte plusieurs méthodes de détection telles que la LCR (réaction en chaîne par la ligase). Curieusement aussi, les auteurs d'un article de la Commission européenne (Lusser *et al.* 2011) revendiquent, comme les industriels, le fait que les organismes « édités » sont indiscernables de ceux résultant de mutations naturelles : comment alors prétendre à la légitimité d'un brevetage et exiger de faire reconnaître la propriété industrielle ? Cette problématique d'identification ressemble pourtant fortement à celle de l'identification des OGM inconnus. Elle ignore également délibérément le fait que les entreprises devront pouvoir identifier ces produits – proclamés indiscernables de ceux issus de mutations naturelles - pour faire appliquer leurs brevets, sauf si toute mutation naturelle devenait brevetable du fait de la revendication d'un trait.

En l'absence de transparence concernant les coûts de traçabilité ou d'homologation, les firmes arguent, dans les négociations, d'un principe politique de réduction de toute disposition réglementaire contraignante et jugée onéreuse. L'argument financier s'est pourtant avéré jusqu'ici utile pour perpétuer un oligopole en dissuadant les petites entreprises d'investir dans le développement des OGM. L'argument ne prend en outre pas en compte la protection de fait dont bénéficie une entreprise, dans l'hypothèse d'événements imprévus et préjudiciables mais survenant après une autorisation gouvernementale. En sus, les coûts d'homologation et d'étiquetage ont jusqu'à présent été intégrés sans difficulté dans le prix de vente des semences, en moyenne 10% plus chères que les semences conventionnelles. Enfin, le coût élevé des campagnes anti-étiquetage, aux USA et dans d'autres pays, relativise les plaintes des entreprises quant aux coûts d'homologation au vu des montants distribués aux actionnaires.

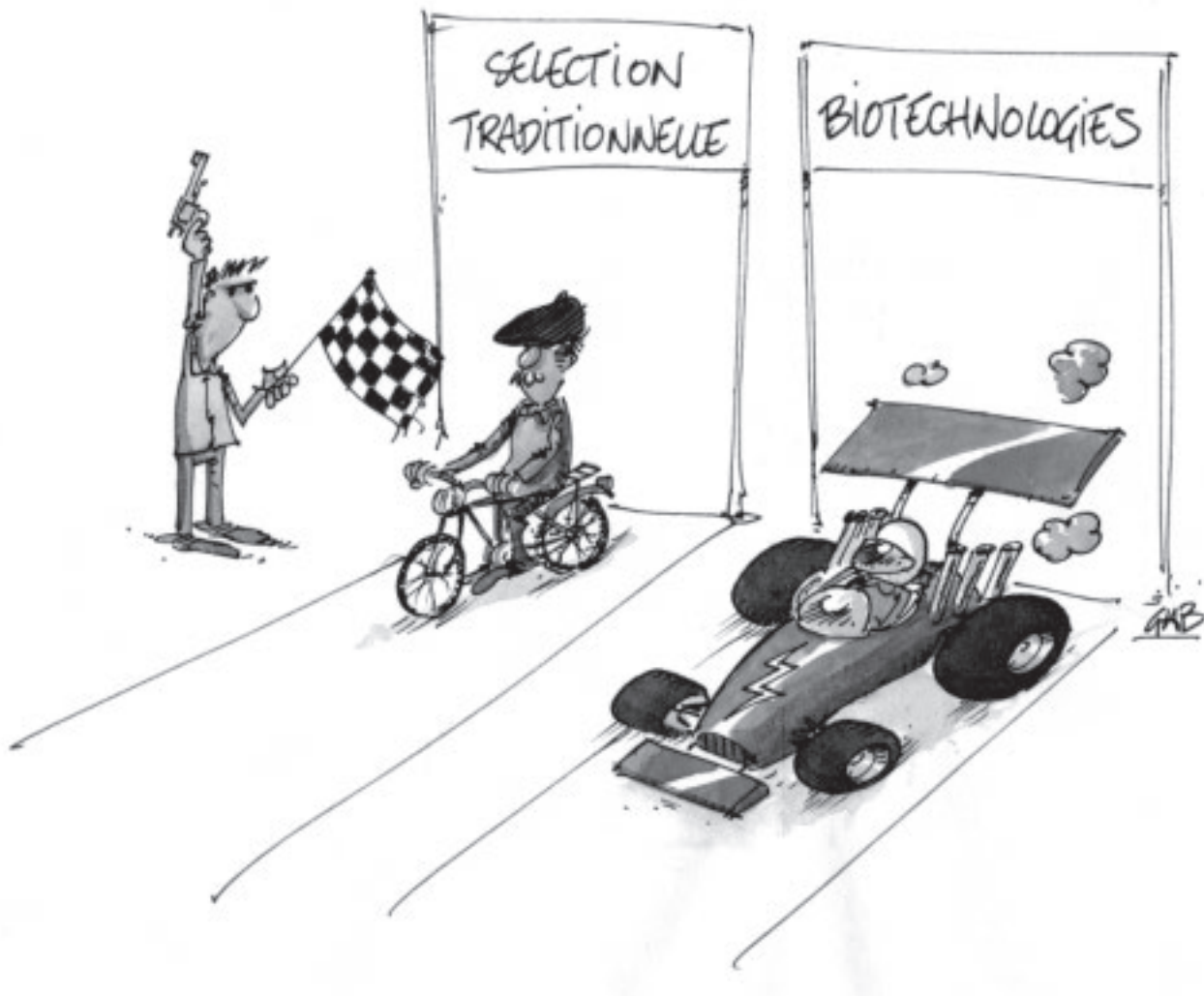
Nous retrouvons ici nombre d'éléments polémiques autour d'un ensemble de technologies promettant de nourrir 9 milliards d'habitants en 2050. La controverse sur les risques des OGM pourrait aussi rebondir avec, par exemple, les travaux actuels de Syngenta et de Biosciences Précision qui visent à créer le premier génome de maïs synthétique ou l'utilisation d'ARN interférents (ARNi) dans des fonctionnalités pesticides. Pourtant les ARN sont suspectés d'être capables de traverser la barrière intestinale et de réguler les gènes de l'animal qui en consomme (Zhang *et al.* 2012). Or, historiquement, si les firmes escomptaient clairement que les ARNi pourraient pénétrer à l'intérieur de l'organisme humain dans un but médical, il leur importe de dénier cette capacité dès lors qu'il s'agit du contexte alimentaire.

Promesses des biotechnologies

Les avantages réels et supposés des biotechnologies, mot qui désigne dans ce document les OGM et certaines NPBT, ont été présentés à de multiples reprises par de nombreux auteurs (Lemaux 2008, 2009 ; Dunwell 2011, 2014b ; Barrows *et al.* 2014 ; Brookes & Barfoot 2014). La majorité des OGM actuellement sur le marché et cultivés, à l'exception de certains qui résistent aux virus, sont surtout modifiés pour être résistants à certains insectes ou tolérants à des herbicides. Maïs, colza, soja et coton sont principalement concernés.

Divers traits nouveaux sont annoncés ou en cours de commercialisation comme l'enrichissement en acides gras, stéaridonique ou oléique pour le soja ; un faible faux d'acrylamide pour la pomme de terre ; une réduction du taux de lignine, rendant la luzerne plus digeste ou la préparation de papier moins polluante ; une stérilité mâle cytoplasmique ou son amélioration pour diverses plantes, etc. La plupart des nouveaux OGM actuellement commercialisés sont toujours en majorité tolérants aux herbicides et/ou résistants aux insectes, avec une proportion croissante d'empilages de gènes. Ce sont en effet ces traits qui assurent généralement le plus rapide retour sur investissement. Cependant, des mauvaises herbes résistantes aux herbicides de même que des insectes résistants à la protéine Bt prolifèrent déjà. Ce pullulement des résistances découle principalement de la mauvaise gestion des agriculteurs et de recommandations malavisées de conseillers agricoles de l'agro-industrie.

De nombreux défauts méthodologiques dans les dossiers d'homologation, comme le manque de puissance statistique des études en champ aux trop courtes durées ne confortent guère les assertions d'améliorations de rendement proclamées par les firmes (EFSA Panel on Genetically Modified Organisms



2010c). Des synthèses, même américaines, estiment que, durant leur 15 ans d'utilisation commerciale, les OGM n'ont pas démontré d'aptitude à augmenter les rendements (National Research Council of the National Academies 2010 ; Heineman *et al.* 2013 ; Fernandez-Cornejo *et al.* 2014). Dans certains cas, ils restent même bien en deçà de ceux obtenus avec les méthodes de sélection traditionnelle (Fischer 2009 ; Hilbeck *et al.* 2013 ; Lemarié & Fugerey-Scarbel 2014 ; Tappeser *et al.* 2014). En outre, les effets des changements de méthodes culturales ne peuvent être dissociés de ceux de l'utilisation d'OGM, ce qui ne permet généralement pas de conclure (Gilbert 2013 ; Lemarié & Fugerey-Scarbel 2014).

Les biotechnologies sont malheureusement encore incapables d'intégrer la complexité des systèmes agronomiques. Elles pourraient même faire régresser la très forte productivité de certains systèmes de culture intégrée traditionnels. Les systèmes expérimentaux très simplifiés employés pour évaluer les plantes GM ne parviennent pas à prendre en compte ces réalités par ailleurs remises en perspective par l'agro-écologie. L'arrivée d'OGM arborant de nouveaux traits (tolérance au stress hydrique, meilleure adaptation aux risques climatiques, résistance aux maladies, meilleure valorisation des engrais, modification technologique des caractères organoleptiques des produits...) nécessitera encore plus un ajustement des procédures d'évaluation des impacts, différents de ceux mobilisés pour les traits de résistance aux insectes ou aux herbicides, actuellement critiqués. La tolérance à la sécheresse, par exemple, reste un trait difficile à apprécier tant pour des raisons techniques que financières et de durée.

On peut aussi noter que le raccourcissement de la durée d'obtention de nouvelles variétés, souvent promise avec les premiers OGM, n'est guère manifeste pour l'instant. Elle est pourtant mise en avant

comme facteur de réponse rapide aux modifications climatiques et agronomiques. Le développement de nouvelles variétés OGM requiert toujours, selon l'espèce, entre 10 et 15 ans, une durée comparable à celle nécessaire pour les variétés conventionnelles (Gepts 2002). De fait, les fermiers brésiliens n'ont employé que tardivement des cultivars de soja génétiquement modifiés, c'est-à-dire lorsque leurs rendements ont atteint ceux des variétés conventionnelles. Par ailleurs, les croisements avec des variétés locales sont toujours autant nécessaires, comme lors de la « Révolution verte », et les conditions pédoclimatiques exercent une influence souvent mésestimée sur la capacité d'augmenter la production (Qayum & Kiran 2003).

Au mieux, les OGM actuels semblent pouvoir réduire l'impact de certains parasites sans toutefois diminuer à terme la quantité de tous les pesticides utilisée. Une confiance excessive dans la technologie a très souvent conduit à l'inobservance des bonnes pratiques agricoles telles que les rotations de cultures et le maintien de zones refuges pour retarder l'apparition d'insectes résistants : il s'en est ensuivi une apparition rapide de résistances pour certains insectes ravageurs et adventices. L'emploi de certains traits peut simplifier les pratiques agricoles et réduire le temps de travail de l'agriculteur. Le temps libéré peut, dans certains pays, être affecté à un second emploi complétant les revenus ou permettre d'augmenter les surfaces cultivées par personne. Dans les faits, les pratiques réelles des agriculteurs peuvent grandement différer des bonnes pratiques recommandées. De nombreux agriculteurs tentent d'augmenter leur marge brute en réduisant dans une stratégie à court terme les quantités d'herbicides ou en supprimant les refuges non-OGM. Quand, par la suite, les adventices résistantes apparaissent, ils augmentent les nombres de traitements et les quantités appliquées (Gilbert 2013). Ces mauvaises pratiques facilitent le contournement des résistances de plantes, ce qui pourrait rendre caduques des empilements de gènes (Tabashnik *et al.* 2013, 2014 ; Fernandez-Cornejo *et al.* 2014 ; Gassmann *et al.* 2014 ; Huang *et al.* 2014 ; Perkowski 2014). Mais les mauvaises pratiques des agriculteurs ne sont pas seules en cause : les firmes sont en effet soupçonnées aux Amériques de ne pas avoir communiqué par exemple sur les teneurs en protéines Bt plus faibles chez certains cultivars. Or une faible teneur en protéine Bt ne peut que compromettre l'efficacité des stratégies de lutte – hautes doses / refuges. Le principal intérêt de ces échecs agronomiques fut la découverte de nouveaux mécanismes de résistance aux herbicides, comme des duplications de gènes.

Une gestion intégrée des parasites aurait pu retarder l'apparition des résistances. La biologie des insectes a été le plus souvent ignorée. Les effets de migrations à longues distances des insectes résistants ont été largement sous-estimés. En réaction à l'absence de respect par les agriculteurs des bonnes pratiques, les firmes ont renforcé leurs contrôles au champ, et ont développé des OGM plus coûteux, par empilements de gènes. Des herbicides plus anciens et parfois plus toxiques que ceux actuellement utilisés sont de nouveau proposés : certains ont récemment été identifiés par l'IARC (Agence internationale de recherche sur le cancer) de l'OMS comme de possibles carcinogènes (Guyton *et al.* 2015 ; Loomis *et al.* 2015). La réduction des traitements phytosanitaires sur les cultures OGM ne semble avoir été efficace qu'au début de l'utilisation des OGM. Cette réduction est, de plus, très contestée à moyen terme pour l'agriculteur lui-même mais aussi pour les cultures environnantes qui peuvent *a contrario* voir leurs traitements augmenter suite à la pullulation de parasites, secondaires sur la culture OGM et à fort impact sur d'autres (Pearson 2006 ; Cloutier *et al.* 2008 ; Wang *et al.* 2008 ; IAASTD 2009 ; Lu *et al.* 2010). Cette externalité négative n'est bien souvent pas prise en compte.

La question de l'impact des OGM sur la consommation des produits phytosanitaires (herbicides, insecticides, fongicides) apparaît donc particulièrement complexe car les indicateurs de mesure restent imparfaits comme dans bien des domaines. Est-il possible de se satisfaire de l'usage de bio-cides comme le 2-4-D ou le Dicamba dans les cas de résistances favorisées par les pratiques réelles d'utilisateurs d'OGM ? Seule une surveillance régulière à long terme devrait permettre de détecter l'apparition d'effets secondaires imprévus et nocifs (Lu *et al.* 2010). Mais qui pourra mobiliser autant de moyens sur de longues années même si des réseaux citoyens s'impliquaient (EFSA Panel on Genetically Modified Organisms 2014) ? Les surveillances spécifiques et générales requièrent des moyens à long terme que la crise financière actuelle des États rend difficile à libérer à moins que les pétitionnaires ne soient mis à contribution dans un cadre général de biosurveillance des territoires.

Dans quelle mesure les OGM peuvent-ils contribuer à la disparition de la faim dans le monde ?

Sachant que l'augmentation générale de rendements s'avère difficile à prouver, une des contributions pour nourrir une population en probable croissance consisterait à diminuer l'allergénicité de plantes comestibles auxquelles de nombreux consommateurs sont allergiques. Pourtant plus d'une décennie après leur production, des OGM dépourvus d'allergènes ne sont toujours pas disponibles, probablement en raison d'un manque d'intérêt industriel ou d'effets biologiques inattendus handicapant sur le plan agronomique (par exemple, une résistance amoindrie des plantes aux pressions parasitaires au champ). Sans compter l'impact d'alternatives comme celle consistant à traiter les allergènes par des enzymes, procédé qui semble s'avérer en définitive beaucoup moins cher, aussi efficace et moins polémique à produire et utiliser.

Des OGM ont été également envisagés pour lutter contre les insectes vecteurs ou favorisant l'invasion de champignons producteurs de mycotoxines afin d'améliorer la sécurité alimentaire et de réduire la quantité de pesticides (Wu 2006a, b, 2007 ; Wu *et al.* 2004, 2011). La majorité des travaux concernant la réduction des mycotoxines par les OGM a été réalisée par une seule équipe dont les résultats ne sont pas très probants. Dans certains tests, la teneur en mycotoxines s'est même avérée supérieure chez les plantes Bt. Dans des études préliminaires, les tests réalisés sur de petites surfaces agricoles avec des OGM obtenus par empilement de gènes n'ont pas montré d'effets significatifs sur la teneur en mycotoxines. Plus généralement le manque de puissance statistique d'expérimentations aux résultats très variables selon les années, avec des populations fongiques ne correspondant pas forcément à celles inoculées ne permet guère de conclure.

De nombreux gènes de résistances aux maladies fongiques, favorisées par des stress contrôlables par des pratiques agricoles, ont par ailleurs été identifiés et pourraient s'avérer intéressants en sélection conventionnelle. La sélection de variétés résistantes à *Aspergillus flavus* aboutit à une diminution des mycotoxines, mais aucune variété n'est encore commercialisée (Brown *et al.* 2013). Sur ce sujet les OGM ne paraissent actuellement pas présenter d'avantages particuliers par rapport à la sélection traditionnelle, sachant qu'en outre l'intérêt de ces champignons, comme endophytes protecteurs des plantes, complexifie l'analyse coûts/bénéfices vis-à-vis de ces champignons. Enfin diverses techniques industrielles de détoxification post-stockage, moins polémiques, existent. Dans la perspective d'une lutte durable contre les insectes, plusieurs alternatives de lutte intégrée doivent être considérées pour réduire les teneurs en mycotoxines, en gardant en mémoire que le fonds génétique des variétés et la réduction des stress restent les facteurs déterminant de succès.

Un horizon certain ?

De nombreux éléments influent sur les choix des agriculteurs relatifs aux biotechnologies. Par exemple, l'actuelle baisse des prix des denrées agricoles (« commodities ») encourage les agriculteurs, aux USA en particulier, à se retourner vers les semences non GM moins coûteuses. Les actions judiciaires lancées ces dernières années par divers opérateurs n'ont en outre pas simplifié le paysage économique et décisionnel. Les agriculteurs doivent donc prendre très rapidement des décisions en fonction de circonstances techniques et financières très fluctuantes. Ces arbitrages sont habituellement relativement faciles à effectuer en l'absence de verrouillage technologique, comme l'absence de semences non OGM.

Mais en raison de la longue durée des développements, les retours sur investissement des firmes peuvent s'avérer plus aléatoires et à plus longue échéance. En conséquence, les solutions techniques qui n'auraient pas été préparées par des cadres légaux, financiers et socioculturels, avant même leurs évaluations environnementales et sanitaires, ont très peu de chance d'être mises en œuvre pour lutter contre la faim.

Les rigueurs réglementaires et d'évaluation ne sont donc pas spécifiquement des obstacles mais des conditions *sine qua non* de la pertinence des propositions technologiques.

Autre enjeu, la conquête ou la reconquête de terres contaminées et plus généralement impropres à la culture, pourrait faire progresser le combat contre les situations de malnutrition. La capacité à limiter la séquestration de métaux toxiques dans les graines pourrait jouer un rôle significatif pour la sécurité alimentaire dans des zones comme le sous-continent Indien où les métaux, présents en grande quantité, provoquent de graves problèmes de santé (Song *et al.* 2014). De tels gènes pourraient même, en théorie, être utilisés pour dépolluer ces sols, bien que cette extension paraisse peu probable au vu de la complexité des procédures à mettre en œuvre. Si nous considérons que près de 40% des sols arables ne sont pas cultivables en l'état en raison de leur acidité et de leur teneur en aluminium, l'emploi de systèmes de résistance adaptés pourrait constituer une étape majeure dans la lutte contre la faim (Li *et al.* 2014). Néanmoins les systèmes de régulations des gènes à contrôler apparaissent complexes et les solutions biotechnologiques peu envisageables dans l'immédiat.

Des plantes aux cycles de production plus courts pourraient être développées (comme cela a déjà été réalisé dans certains pays tropicaux), permettant de doubler la fréquence des cultures. Dans de tels cas, le semis sans labour, une pratique utilisée entre autres pour les plantes GM tolérantes aux herbicides, constituerait une opportunité pour avancer la date des semis et respecter la structure du sol (Ray & Foley 2013 ; Ray *et al.* 2013). Ce « doublement culturel » pourrait être particulièrement intéressant en association avec des pratiques agricoles intelligentes comme la gestion intégrée des parasites avec utilisation de plantes compagnes (Zhu *et al.* 2007 ; Glover *et al.* 2012 ; Spiertz 2012). Néanmoins, comme cela a été souligné par divers auteurs, accroître la fréquence des cultures pourrait avoir des répercussions environnementales et sociales qui devraient être très méticuleusement évaluées.

Biotechnologies et revenus

La pauvreté est l'un des facteurs majeurs de famine et malnutrition. Les biotechnologies fourniraient-elles, à l'heure actuelle, de meilleurs revenus aux paysans pauvres et aux acteurs en aval dans les filières ? Le cadre d'étude en réponse à cette question s'avère complexe.

Plus que celles de sciences expérimentales, les études socioéconomiques peuvent être biaisées, en fonction des experts, car elles sont le plus souvent fondées sur des modèles pour lesquels les données empiriques restent peu nombreuses et non accessibles à la falsifiabilité au sens de Popper. Sur le plan méthodologique elles n'incorporent donc que très rarement répétitions et contrôles adéquats. L'intérêt d'une mesure varie, en outre, selon les acteurs considérés. Les financements accroissent les questionnements (biais d'interprétation, conflits d'intérêts non déclarés...). Ce phénomène est exacerbé par la course aux publications induite par la compétition entre scientifiques due à l'accroissement des financements par appels à projets. Répéter des expériences ou vérifier les contrôles ralentit le nombre de publications. En sus, un manque de transparence, des biais conceptuels et pernicieux, sans compter de nombreux conflits d'intérêts sont souvent relevés dans le cas des OGM rejoignant ceux relevés dans les industries phytosanitaires, pharmaceutiques, médicales ou du tabac (Levidow & Carr 2007b ; Diels *et al.* 2011 ; Domingo & Giné Bordonaba 2011 ; Ioannidis 2011, 2013 ; Bes-Rastrollo *et al.* 2013 ; Sánchez-Bayo 2014). Plus que toutes autres, les analyses socio-économiques d'un domaine controversé sont donc sujettes à caution.

Divers rapports et études, incluant une méta-analyse et une revue systématique de la littérature soulignent un impact socioéconomique positif des OGM par une hausse des revenus (Kaphengst *et al.* 2011 ; Hall *et al.* 2013 ; Brookes & Barfoot 2014). Malheureusement, la majorité des données utilisées proviennent de consultants ou des firmes agrochimiques et semencières et peuvent par conséquent induire un « biais de confirmation » c'est-à-dire de parti pris. Certains modèles utilisés sont considérés par des auteurs comme induisant des erreurs liées à des hypothèses incorrectes. Peu de données empiriques sont réellement utilisables pour confirmer que l'utilisation exclusive des OGM pourrait effectivement augmenter les revenus des agriculteurs, des paysans pauvres en particulier. L'analyse des impacts économiques de l'adoption des OGM au niveau de la ferme est complexe : diversité des impacts à étudier, difficulté d'en mesurer certains, et hétérogénéité des fermes (Lemarié & Fugerey-Scarbel 2014). L'effet propre aux changements de pratiques associées à l'introduction

d'OGM n'est en outre jamais discernable. Les études récentes sur l'impact économique des OGM dans les fermes s'avèrent singulièrement lacunaires, en particulier aux USA où les OGM sont pourtant très largement répandus. Les études menées mesurent généralement l'impact au niveau de la parcelle ou de la culture, mais restent très rares à celui de la ferme et à long terme. Il serait par conséquent important d'analyser les effets systémiques sur les rotations de cultures et la rentabilité totale des exploitations, ce qui pourrait permettre de comprendre, par exemple aux USA, pourquoi tant d'agriculteurs ont besoin d'une seconde source de revenus. Une récente étude Néerlandaise recommande d'accroître la possibilité pour tout agriculteur de diversifier ses sources de revenus en dehors de sa ferme, ce qui augure mal de l'avenir de nos agricultures.

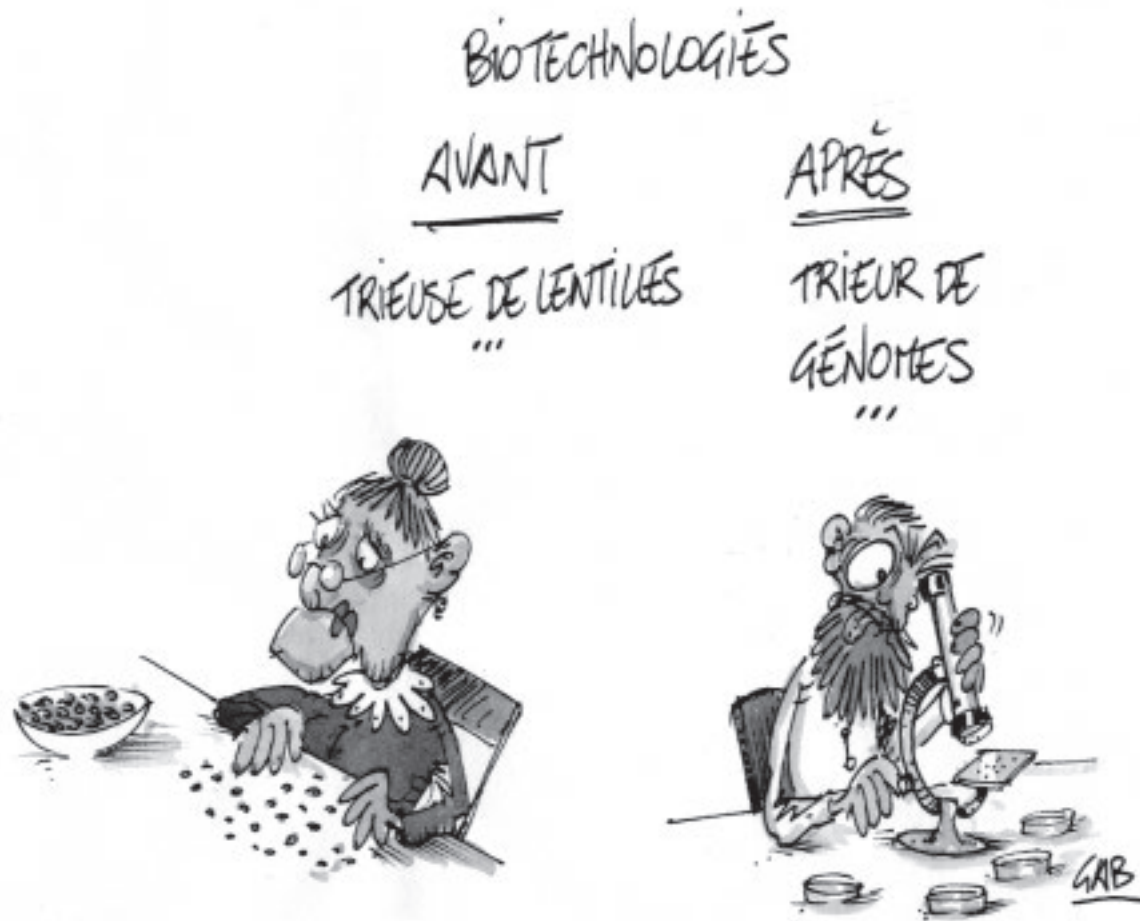
L'aspect économique des impacts environnementaux reste également à considérer et une évaluation complète des externalités induites toujours nécessaire. Un exemple de ces incomplétudes porte sur l'impact économique, dans les fermes de polyculture, d'épidémies de parasites secondaires ou de l'effet de la prolifération d'adventices résistantes aux herbicides. Les appréciations économiques globales, qui doivent fonder les décisions et politiques publiques, n'apparaissent possibles qu'avec la mise en œuvre de plans de surveillance post-commercialisation incorporant les données économiques. Des études exhaustives visant à intégrer les externalités négatives induites à longue distance et à long terme, comme celles observées en Chine, pour la société dans son ensemble, et les producteurs plus ou moins voisins, devrait corriger les conclusions de nombreuses études qui les négligent.

Les synthèses disponibles les plus récentes, répondant au mieux à des critères objectifs et sans biais de sélection, indiquent que l'impact économique positif des cultures OGM et la rentabilité des fermes restent à démontrer, particulièrement à moyen et long terme (Hofs *et al.* 2006 ; Fok 2010 ; Fernandez-Cornejo *et al.* 2014 ; Lemarié & Fugerey-Scarbel 2014).

Biotechnologies et micronutriments : l'exemple du riz doré

La perversion de la malnutrition réside souvent dans le fait qu'elle est généralement mal identifiée et peu visible, bien qu'elle soit source de problèmes bien concrets et divers. Elle a pourtant des répercussions directes sur la productivité des individus, l'état général de la société et le bien-être, collectif et individuel. Cet aspect du problème n'a que récemment été considéré par la Banque Mondiale (Berti *et al.* 2004 ; World Bank 2007). L'accès à une alimentation équilibrée peut offrir une solution aux carences en micronutriments. Les espoirs des spécialistes de la malnutrition portent davantage sur cette solution que sur des plantes OGM « dopées ». En effet, certains auteurs soulignent le danger d'une complémentation alimentaire incontrôlée comme avec le fer, le zinc, le β -carotène, la vitamine A ou les oméga-3 aux effets cardioprotecteurs (Hathcock 1997 ; Puntarulo 2005). Par exemple, des apports excessifs en fer provoqueraient des décès prématurés, favoriseraient des maladies infectieuses tandis que certaines populations consommant trop de β -carotène (provitamine A) ou de vitamine A présenteraient un risque accru de cancer du poumon.

Il est intéressant dans ce contexte de revisiter un cas académique emblématique : celui du « Riz Doré » et de sa production de provitamine A (Enserink 2008). C'est probablement le meilleur exemple pour montrer comment les biotechnologistes et les agronomes, dès lors qu'ils se sont éloignés de leur domaine d'expertise, peuvent essayer de proposer des solutions simplistes. Fiers de leur technique, ils oublient généralement de considérer les recommandations des médecins ou de structures, telles que l'agence des Nations Unies en charge de la lutte contre la malnutrition, qui mettent en garde contre les effets secondaires d'un apport excessif en vitamine A, comme pourrait l'induire le « Riz Doré » (Enserink 2008). L'idée de base est la suivante : les carences en β -carotène affectent de nombreux enfants dans les pays en voie de développement avec de sévères conséquences (mort, cécité, etc.). Le riz constituant l'aliment de base de ces populations, lui faire produire du β -carotène par génie génétique constituerait une solution complète pour éliminer ces carences. Le premier OGM ne synthétisant pas assez de β -carotène, de nouveaux OGM furent produits pour satisfaire de façon plus réaliste les besoins quotidiens (Paine *et al.* 2005). Des expériences similaires de transformation furent également menées dans le même objectif chez le maïs et le manioc... Mais les essais nutritionnels



furent décevants et ne résolurent pas les carences (Talsma *et al.* 2013 ; Owens *et al.* 2014). Un chercheur impliqué dans la production de ce « Riz Doré » appela le public à se mobiliser contre ceux qui désapprouvaient ce « Riz Doré », car inadapté aux réalités. Ce scientifique blâma publiquement à plusieurs reprises les opposants à son OGM, leur imputant la mort et la cécité de nombreux enfants, tout en le présentant comme un exemple à suivre de coopération avec les industriels du secteur. Cette dénonciation fut relayée par divers lobbys industriels mais aussi par des scientifiques engagés en faveur des OGM (Brooks 2013 ; Demont & Stein 2013 ; Wesseler & Zilberman 2014).

Pourtant en dépit de nombreuses demandes par ce même scientifique d'une commercialisation rapide, l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI), a jusqu'à présent continué les tests sur le « Riz Doré » sans recommander d'en autoriser la vente. Les publications et communiqués de l'IRRI, en 2013 et 2014, signalent en particulier qu'il convient de réévaluer l'intérêt nutritionnel du « Riz Doré », ou encore s'interrogent sur le faible rendement constaté, actuellement bien inférieur à celui des variétés locales, ce qui pourrait induire son rejet par les populations ciblées. Ils soulignent la nécessité de croiser ce riz avec *Oryza indica*, l'espèce cultivée en Asie, ce qui peut reporter de plusieurs années toute commercialisation. Pourtant dans un entretien au *Wall Street Journal*, un des directeurs de l'IRRI a défendu l'enrichissement du riz en vitamine A. Les positions scientifiques sont finalement bien plus en retrait que les annonces des instances politiques pourtant parfois au sein des mêmes institutions. Mais fondamentalement, hormis les classiques positions en situation de controverse, rien ne permet de penser qu'un véritable blocage ait pu arrêter, voire même freiner, le déroulement normal d'une évaluation et des travaux nécessaires avant une commercialisation.

Tous les ingrédients typiques d'une certaine forme de propagande se retrouvent ici : l'intervention d'un scientifique amenant à un « biais de confirmation »; le mépris des solutions recommandées par les agences internationales et les médecins et, enfin, une campagne de lobbying répandant un élément de scandale : le refus de la solution apportée pourrait causer des millions de morts. Ces comportements excessifs ne rendent finalement pas service à la cause qu'ils pensent servir, celle des OGM. Et ils ne peuvent que renforcer la conviction des opposants au « Riz Doré » qui voient dans la vigueur du lobbying mis en œuvre, et des positionnements industriels pris avec divers brevets, la preuve que ce « Riz Doré » constitue bien un cheval de Troie visant à faciliter l'adoption des OGM (Brooks 2013).

Par ailleurs de nombreux cas de disséminations incontrôlées ont été rapportés (environ 200 cas aux USA : riz LL601, maïs Bt, blé ; selon des documents rendus publics ; soit environ 400 incidents recensés par des ONG) aux USA et en Chine, mais aussi en Europe. Il apparaît dès lors probable que la commercialisation du « Riz Doré » conduirait de même à des disséminations incontrôlées qui pourraient affecter des populations ne souffrant pas de carences en les exposant à des aliments « biofortifiés » pouvant induire divers désordres sanitaires. En l'absence de plans de surveillance sanitaire, une dissémination incontrôlée pourrait affecter une population plus importante que celle concernée par les carences, le tout dans un contexte de pays en voie de développement ne favorisant pas le diagnostic rapide de la cause de ces désordres.

Des aliments du type « Riz Doré » devraient être cultivés comme certaines pharmacopées en conditions très contrôlées. Il est donc nécessaire de développer en premier lieu les conditions d'une coexistence entre cultures fiable et durable, question qui concerne aussi directement la capacité des peuples à conserver l'accès à l'alimentation qu'ils privilégient, droit rappelé par le Rapporteur spécial des Nations Unies.

Nous n'évoquons que très rapidement, au travers du maïs, le point crucial de la coexistence des cultures OGM, un des piliers de la capacité des humains à pouvoir choisir dans le futur leur alimentation. Techniquement, le problème de la dissémination du pollen de maïs sur de longues distances est bien connu des semenciers qui organisent des îlots de production séparés de plusieurs kilomètres des autres lieux de production de maïs (Bannert and Stamp, 2007; Brunet et al., 2013; Hofmann et al., 2014; République française, 1972). Il est pourtant minimisé dans le cadre des OGM... Ce « strabisme » scientifique pourrait être expliqué par les pressions politiques, les convictions de scientifiques ainsi que par les problèmes techniques : il est plus facile d'observer le pollen viable sur moins de 100 mètres plutôt que de le surveiller sur plusieurs kilomètres (le pollen viable d'*Agrostis stolonifera* se dissémine jusqu'à 20 km). Mais il pourrait aussi être expliqué par la nécessité qu'il y aurait alors à penser la coexistence entre cultures OGM et non-OGM en termes d'aménagement du territoire, de bassins de production, plutôt que de négociations entre voisins et d'applications de quelques pratiques culturales. Un tel cadre de coexistence, déjà utilisé par des producteurs au Portugal et en Allemagne, bousculerait les habitudes et nécessiterait probablement des arbitrages politiques (Bertheau 2012, 2013 ; Consmüller et al., 2011; Consmüller et al., 2009; de Fátima Quedas and Cruz de Carvalho, 2012; Gomes, 2008; Skevas et al., 2010). Le marché conditionnant les types et modes de productions, la prise en considération du seuil pratique utilisé dans les certifications de « non OGM » conduira à un aménagement du territoire dérivé de la définition de bassins de production (Bertheau, 2012). Le politique qui botte en touche depuis des années en essayant de réduire les problèmes de coexistence à des aspects techniques risque de devoir réintégrer le jeu de deux systèmes en conflit pour le leadership : les semenciers *versus* la filière en aval.

En conclusion, on pourrait attendre des biotechnologistes qu'ils concentrent leurs efforts à la résolution de questions « techniques » telles que celle de la baisse des micronutriments, comme constaté pour les plantes en C3 (i.e. celles à 3 carbones qui représentent la plupart des plantes des climats tempérés) en raison du changement climatique (Myers *et al.* 2014) plutôt que de se mêler de stratégies de santé publique. En outre, contrairement à ce que laisseraient accroire les avis de certaines instances, le dissensus profond entre scientifiques sur les priorités à mettre en œuvre pour nourrir la

planète, et l'intérêt des OGM en particulier, reste peu visible des profanes. En effet, dès que l'illusion du consensus est dissipée, commence alors l'exclusion. Comme tous les autres citoyens, les scientifiques sont, en effet, souvent motivés par de fortes et de solides croyances et convictions (Montpetit 2011). Ils n'auraient même pas vraiment à cœur l'intérêt général de la société quand ils sont engagés dans un projet scientifique (Winner 1980). Il n'est pas inutile de rappeler que les objectifs de la recherche, la conception de modèles et parfois même les méthodes d'analyse peuvent être influencées par les intentions et croyances personnelles des scientifiques. Par la confusion souvent induite entre la science et ses applications, elles peuvent perturber fortement et durablement l'analyse scientifique et la prise en compte des règles, protocoles et orientations de la recherche attendue par la société.

Conclusion

Nous avons vu que la question de nourrir la planète ne saurait se réduire à des quantités de calories disponibles mais mobilise de nombreux aspects socioculturels, politiques dont la souveraineté alimentaire. Des solutions techniques pour résoudre des problèmes peuvent être proposées par des scientifiques et les entreprises guidées par le besoin d'innover (Morozov 2013) et se révéler être des trompe-l'œil. La technologie ne peut pas à elle seule résoudre le problème de l'approvisionnement alimentaire. L'innovation et les OGM peuvent contribuer à une solution globale, mais nécessitent la prise en compte de nombreux autres domaines techniques et sanitaires, sans compter les aspects socio-économiques et culturels, avec ou sans OGM. Comme l'a rappelé le rapporteur spécial de l'ONU le droit des consommateurs à choisir leur alimentation est un droit fondamental à respecter, même s'il nécessite un étiquetage approprié. La coexistence entre des schémas de production agricole doit donc être préservée ou développée, indépendamment des pressions des partisans d'une solution particulière et tout verrou technologique évité. Annoncer que les biotechnologies résoudront la question de la faim dans le monde ne peut constituer une raison pour réduire les exigences autour de leur mise en œuvre, au contraire au vu de la multiplication des techniques et des acteurs capables de les mettre en œuvre. La diversité des solutions agricoles est seule source de résilience dans un monde soumis au changement climatique.

L'adoption d'une technologie est loin d'être neutre, en interne mais aussi au sens géopolitique. Un pays qui promeut les OGM, comme les USA, peut s'avérer bien plus circonspect quand les OGM ne sont pas produits dans ses propres entreprises et entrer en compétition avec ses productions et ses exportations (GAO 2001, 2008). La politique et les intérêts financiers ne sont jamais bien loin quand l'emploi, les bénéfices et finalement le « leadership » du pays peut être en jeu. Plus généralement, les pays exportateurs (souvent appelés « greniers à blé » ou « greniers du monde ») aux fermes de tailles importantes fortement subventionnées mettent en place des stratégies de domination en soutien aux OGM qui ne constituent qu'une part de stratégies néolibérales et non de recherche de solution à la faim dans le monde. Selon des informations rendues publiques aux USA par les opposants aux OGM, le Département d'État utilise, sans surprise, ses compétences relationnelles au profit des entreprises de biotechnologies et d'autres secteurs industriels considérés comme stratégiques. Cette propension des administrations nationales à soutenir leurs industries exportatrices se retrouve à des degrés divers dans toutes les nations qu'elles soient développées ou non. L'argumentaire de soutien et sa déclinaison variant selon les produits et les contextes politiques. Inversement, les pays arguent d'arguments techniques variés pour exclure des produits agricoles, par exemple au nom d'effets délétères supposés sur la santé quand leur agriculture apparaît souffrir d'importations. C'est ce qu'on peut observer actuellement en Chine et en Russie qui « refusent » les OGM, du moins certains, pour des raisons géopolitiques. Le commerce est bien une arme politique et les tarifs douaniers, les prix ainsi que les obstacles techniques en sont d'autres.

Il existe des solutions alternatives au système d'agriculture intensive actuel qui dépend fortement des intrants et des subventions. L'agroécologie, avec son objectif de durabilité qui vise à diminuer les engrais, est un important thème de recherche qui devrait mobiliser la communauté scientifique bien plus qu'elle ne le fait actuellement (Tirado *et al.* 2010 ; Birch *et al.* 2011). Par de nombreux aspects, l'agroécologie semble plus adaptée aux petites fermes des pays en voie de développement dont la meilleure résilience,

en particulier au changement climatique, est reconnue, si un verrou technologique (tel que l'absence de semences non OGM) n'est pas établi (Vanloquen & Baret 2009 ; Tirado & Johnston 2010 ; Sietz 2014). Cela ne veut pas dire pour autant que les modèles agroécologiques sont technophobes : connaissances et technologies appropriées en sont au contraire les intrants majeurs. En réponse aux demandes croissantes des populations d'un environnement et d'une alimentation sains et plus naturels, les préoccupations concernant la préservation de la biodiversité et les services écosystémiques sont de plus en plus à la mode certes, mais des questions de recherche de haut niveau et à long terme aussi.

Comme l'ont souligné, en 2014, les présidents des trois organismes d'aide des Nations Unies, l'insécurité alimentaire et la malnutrition sont des problèmes complexes qui ne peuvent être résolus par un seul secteur ou un acteur isolé. Ils doivent être traités de façon coordonnée. Si les OGM sont une solution, ils n'en sont que partiellement une. ■

Nota : la bibliographie de cet article ne reprendrait qu'une partie de la bibliographie du chapitre dont il est inspiré (*cf. références données en début de l'article*). Elle est néanmoins trop longue pour être listée ici et peut être demandée à l'auteur.