

Jacques NEIRYNCK
Philippe ROCH

OGM Risques et chances

Plaidoyer pour le respect de la vie



Des mêmes auteurs aux Éditions Jouvence

La nature, source spirituelle, Philippe Roch, 2009

La grande illusion de la technique, Jacques Neiryneck, 2006

Extrait du catalogue Jouvence

Philosophies, Jacques de Coulon & Michel Roggo, 2008

Les femmes, avenir de la Terre, Jean Shinoda Bolen, 2007

L'Homme entre Terre et Ciel, l'Université Terre du Ciel, 2007

Le besoin de nature sauvage, Roland de Miller, 2007

Ressources, Rosette Poletti & Barbara Dobbs, 2006

Petite philosophie du bonheur pour temps de crise, Candide Moix, 2006

Réconcilier sagesse et société, Alain Chevillat, 2006

Catalogue gratuit sur simple demande

ÉDITIONS JOUVENCE

France : BP 90107 – 74161 Saint Julien en Genevois Cedex

Suisse : CP 184 – 1233 Genève-Bernex

Site Internet : **www.editions-jouvence.com**

Mail : info@editions-jouvence.com

© Éditions Jouvence, 2010

ISBN 978-2-88353-810-8

Maquette de couverture : Dynamic 19, Thonon-les-Bains (74)

Photo de Philippe Roch : © Yoshiko Kusano

Illustration de couverture : Fotolia.com © Franck Boston

Suivi éditorial : Fabienne Vaslet (www.fabienne-vaslet.com)

Mise en page et schémas : *Mademoiselle*

Tous droits de reproduction, traduction et adaptation réservés pour tous pays.

Sommaire

Introduction	5
Chapitre 1 : Comment fonctionne le vivant ?	9
L'unité fondamentale de l'Univers.....	9
Au commencement était le quark.....	10
La cellule (virus, bactéries).....	12
La bibliothèque du vivant	13
La fabrication des protéines	19
La transmission des informations génétiques	22
Les virus.....	26
Chapitre 2 : L'évolution est le mécanisme de la Création	27
Le voyage du <i>Beagle</i> , une odyssée scientifique	28
Le créationnisme dans tous ses états.....	30
Le coup d'éclat du darwinisme	35
L'évolution et les Églises	40
Chapitre 3 : Qu'est-ce qu'un OGM ?	45
Les premiers pas	47
Méthode du bombardement	50
Méthode du choc électrique.....	53
Méthode des vecteurs.....	53
Méthode des virus	55

Chapitre 4 : Les applications scientifiques, médicales et industrielles des OGM	61
Le domaine médical	61
Utilisation pour l'industrie	63
Chapitre 5 : Les OGM en plein champ	71
Les OGM agricoles.....	74
Quel OGM, dans quel but ?	76
Les cultures OGM à but industriel	78
Chapitre 6 : Les risques	83
Apparition de résistances aux insecticides naturels.....	85
Les herbicides	86
Les risques de contamination	88
La technique Terminator	91
Miel contaminé	91
Toxicité pour les animaux non ciblés	92
Les risques pour la santé humaine	93
Effets inattendus sur la santé	95
L'argument des rendements.....	96
L'industrialisation de l'agriculture.....	103
Petits paysans, droit des agriculteurs	104
Les brevets sur le vivant, la biopiraterie	106
Des cultures efficaces sans génie génétique.....	107
Chapitre 7 : La politique des OGM	119
La difficulté d'une définition	121
Politique internationale.....	128
Conclusion	131
Notes	137
Pour approfondir	139

Introduction

Toute technique engendre des risques : le premier homme qui a allumé un feu a découvert par l'expérience que les brûlures sont douloureuses. Cependant, la maîtrise du feu valait bien quelques inconvénients. Il en est de même pour une foule de techniques, dont nous subissons les inconvénients pour ne pas nous priver de leurs avantages.

L'opinion publique proteste contre la circulation automobile, mais elle tolère la pollution de l'air, les morts, les invalides, le bruit, la destruction des paysages par la voiture, parce qu'elle ne veut pas s'en passer. Elle suspecte que l'alimentation industrielle, les additifs qu'elle contient, le déséquilibre des nutriments engendrent des cancers, mais la plupart des consommateurs ne changent pas pour autant leurs mauvaises habitudes. Elle s'élève contre les antennes émettant des ondes électromagnétiques, mais les usagers ne renonceraient pour rien au monde à leur téléphone mobile.

Le manque d'esprit critique de la plupart des scientifiques face aux dangers des techniques auxquelles ils travaillent, les mensonges de la publicité et la complicité des politiques, dépendant des soutiens de l'économie, favorisent le plus souvent la passivité des consommateurs. Ils se rendent complices des producteurs, parce que ceux-ci leur fournissent en règle générale un confort, des facilités, des incitations trop puissantes.

En revanche, on connaît peu d'exemples d'un rejet, aussi unanime qu'immédiat, tel celui qui a accueilli en Europe les organismes génétiquement modifiés. L'attitude critique du public et de nombreux agriculteurs s'explique par un certain nombre d'expériences fâcheuses et par des doutes sérieux sur les risques liés à cette technique, qui touche à la vie elle-même.

Cette méfiance s'inscrit dans un contexte plus large. La prétendue maîtrise du nucléaire par les scientifiques et les spécialistes, alimentée par un lobby puissant et par l'Agence internationale de l'énergie atomique, a fini de faire illusion en 1989 lors de l'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl. Cet événement avait été déclaré impossible par les pro-nucléaires. Cette catastrophe a marqué un tournant dans le développement de toutes les nouvelles techniques : aujourd'hui, l'opinion publique s'en méfie *a priori* et elle n'a plus confiance dans les assurances données par le pouvoir politique ou la communauté scientifique. Ne parlons même pas des milieux industriels, suspects par définition. Aucune grande surface ne se risquera à proposer des produits étiquetés, comme l'exige la loi, "aliment génétiquement modifié" : non seulement ils ne se vendraient pas, mais la réputation de l'enseigne en serait irrémédiablement amoindrie.

Ce refus massif est d'autant plus étonnant qu'il se limite d'une part à l'Europe et d'autre part à l'alimentation. Ni en Amérique, ni en Asie, l'utilisation d'OGM en agriculture n'a suscité pareille levée de boucliers. Par ailleurs, les applications de médicaments produits par génie génétique n'ont fait l'ombre d'une réserve éthique nulle part. Bien plus qu'un problème technique, le génie génétique soulève une objection culturelle. Sous couvert du risque le plus visible, les applications agricoles du génie génétique et leurs dangers de dissémination, se dissimule un problème essentiel : l'homme hésite au moment de toucher à la vie et de la

modeler selon son désir, car il usurpe la position du Créateur et devient totalement responsable de son destin. Que la personne croie ou non en un Dieu personnel ne change rien à ce sentiment d'effroi devant la manipulation de la vie.

À trop affirmer que les OGM ne présentent pas de danger, les industries agroalimentaires et les scientifiques du domaine ont suscité le doute jusque dans le monde agricole, en général très docile face à ses fournisseurs. Les abus de l'agrochimie, le souvenir de la vache folle, la pression sur les terres et le bradage des prix agricoles perturbent les paysans, qui ne savent plus où se situe leur avenir. Ce qui est en jeu, c'est l'existence même d'une paysannerie indépendante, héritière des agriculteurs qui nourrissent les hommes depuis dix millénaires. Et là aussi, le réflexe des Européens témoigne d'une culture ancestrale tandis que les Américains sont habitués à une agriculture industrielle, fournissant une nourriture standardisée.

Les auteurs essaient, dans cet ouvrage, de faire le point de la situation. Chaque chapitre comporte un exposé des faits sur lesquels il n'y a pas de doute. Et, par ailleurs, les deux auteurs émettent chacun leur avis et des conclusions sur cette base factuelle. Les deux auteurs avaient des positions diamétralement opposées sur les OGM au début de l'exercice d'écriture de cet ouvrage. Le débat a rapproché leurs points de vue. On découvrira toutefois qu'ils ne sont pas toujours d'accord, tant il est vrai que, face à la réalité objective, les hommes restent libres d'adopter des positions différentes. Le lecteur discernera ainsi les aspects positifs et négatifs du génie génétique. En conclusion, les auteurs font une série de propositions concrètes, définissant une politique mesurée qui permet de progresser dans la connaissance scientifique et l'exploitation raisonnée de cette technique, sans tomber dans le laisser-faire à outrance qui est de règle outre-Atlantique.

*Il n'est pas question de faire n'importe quoi en génie génétique,
mais il n'est pas davantage question de ne rien faire.*

La technique ne peut être ni idéalisée, ni diabolisée.

*C'est une entreprise humaine qui doit courir des risques contrôlés
pour obtenir des avancées et des résultats.*

Comment fonctionne le vivant ?

La matière – les bases de la vie – le code génétique – la cellule
– unité et diversité du vivant.

L'unité fondamentale de l'Univers

Les sciences contemporaines confirment l'intuition des Anciens : dans l'Univers, tout se tient et chaque élément est relié à tous les autres. La métaphore du ciel d'Indra, vieille de 3 500 ans, exprime cette réalité dans la culture hindoue. Le "Sutra de l'ornementation fleurie" raconte que la chambre du dieu Indra est couverte d'un filet dont chaque nœud est orné d'une perle. L'artisan a placé les perles de manière à ce que chacune d'elles reflète toutes les autres.

Cette intuition spirituelle et cette image poétique sont très proches des découvertes de la physique quantique, selon laquelle aucune propriété d'une quelconque partie de l'Univers n'est autonome : toutes résultent des propriétés des autres parties. Cette unité qui sous-tend l'Univers a conduit au concept de biosphère et à l'hypothèse de Gaïa, qui expriment que la Terre fonctionne comme un ensemble, comme un seul être vivant.

La méthode scientifique isole par la pensée une partie de l'Univers, en négligeant ses interactions avec le tout. Cette simplification est nécessaire pour pouvoir travailler, mais elle ne signifie

pas que ces interactions n'existent pas, même si elles sont négligées. Il n'existe donc pas de détail auquel on puisse toucher dans l'Univers en étant sûr de ne pas ébranler l'ensemble. Ce risque est d'autant plus élevé que l'on est ignorant des lois du tout. Ceci ne veut pas dire qu'il ne faille jamais toucher à quoi que ce soit de peur de déclencher une catastrophe. Cela veut dire qu'il faut toujours agir avec la plus grande vigilance lorsque l'on est en situation de recherche, c'est-à-dire d'exploration de l'inconnu.

Au commencement était le quark

Voici 13,7 milliards d'années, une gigantesque explosion de la matière, à ce moment condensée en un seul point, a donné l'impulsion à la formation et à l'expansion de l'Univers que nous observons aujourd'hui encore. Après quelques fractions de seconde, la température de plus de 2 milliards de degrés (100 000 fois la température du centre du Soleil) a commencé à baisser. Les premières particules, les quarks, se sont formées et se sont ensuite groupées, pour constituer les protons. Ceux-ci, associés quelques centaines de milliers d'années plus tard aux électrons, ont donné naissance aux premiers atomes.

Selon l'état des connaissances actuelles, l'Univers est construit à partir de douze constituants de base, appelés particules fondamentales et gouverné par quatre forces fondamentales. À partir de ces quelques particules se sont constitués 118 éléments, ou atomes, si l'on compte les éléments instables et artificiels : à titre d'exemples, l'oxygène, l'azote, le soufre, le carbone, l'argent, le fer, l'or, l'uranium...

Par la combinaison de ces atomes se sont formées d'innombrables molécules. Celles-ci sont constituées par la réunion de deux atomes ou plus. La plupart des corps que nous rencontrons aujourd'hui dans

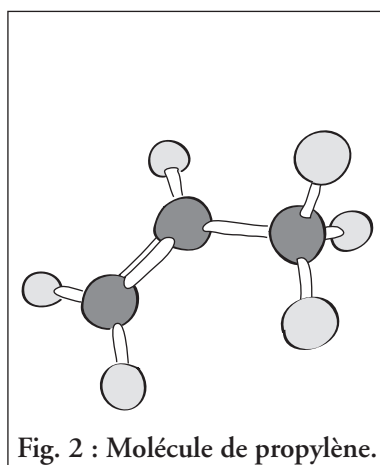
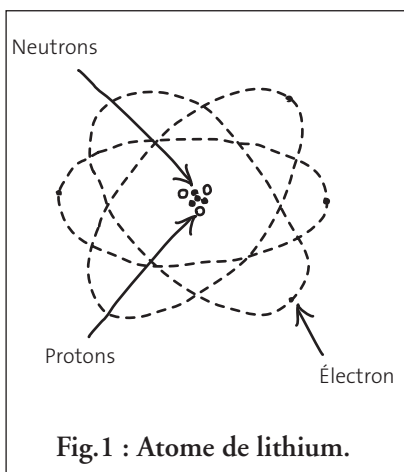


Fig. 3 : La galaxie Messier 81.

(Photo NASA/JPL-Caltech/S. Willner, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.)

la nature sont des molécules composées d'atomes différents. Exemples : la molécule d'eau est constituée de deux atomes d'hydrogène et d'un d'oxygène ; le sel de cuisine comporte un atome de sodium et un de chlore.

Ainsi, l'Univers est semblable à un jeu de Lego. Avec un choix limité de briques de base, on peut construire une grande variété d'objets. Et on peut toujours continuer à en inventer, qui n'ont jamais été construits jusque-là.

Notre Univers gigantesque, infiniment varié, est formé de cent milliards de galaxies, contenant chacune des centaines de milliards d'étoiles. C'est à partir des mêmes particules et des mêmes atomes que s'est constituée la vie, qui évolue depuis quatre milliards d'années sur la Terre et sans doute sur d'autres planètes.

Ces découvertes ne doivent pas nous conduire à avoir la prétention de penser que nous aurions atteint la compréhension ultime de l'Univers. Les physiciens nous apprennent que la matière constituée d'atomes que nous percevons – planètes, étoiles, galaxies – ne représente que 4 % de l'Univers. Le reste est constitué de matière noire pour 26 % et d'énergie sombre pour 70 %, que l'on détecte grâce à leur effet gravitationnel, mais sur lesquelles nous ne savons pratiquement rien.

*Il n'est pas évident que notre cerveau soit capable
de comprendre la réalité ultime de l'Univers.*

*Il est déjà étonnant qu'il nous ait permis d'aller si loin
dans la connaissance, mais il ne faut pas en conclure que n'existe
que ce que nous parvenons à comprendre.*

La cellule (virus, bactéries)

La cellule est l'organisme vivant élémentaire. Les bactéries, les algues microscopiques sont constituées d'une seule cellule, les

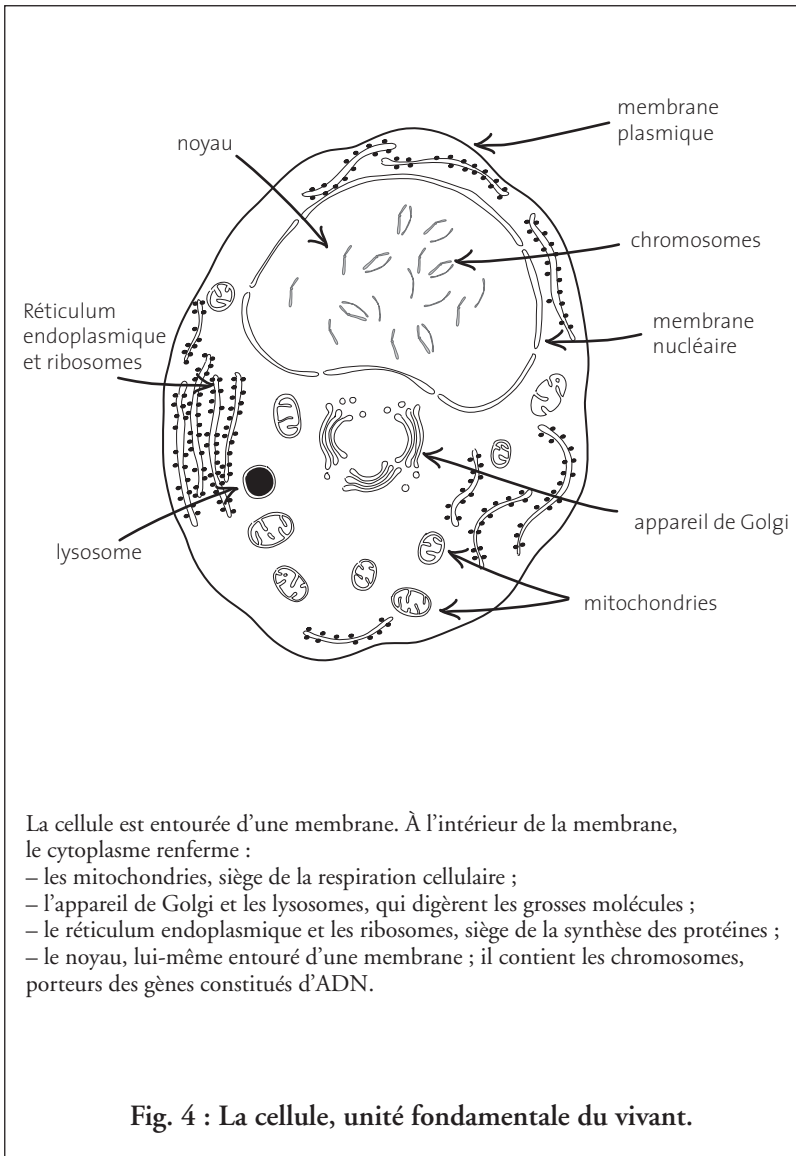
plantes et les animaux de plusieurs centaines à des milliards. Nous-mêmes, les hommes, nous sommes constitués de cent mille milliards de cellules. Rien que dans notre cerveau, il y a cent milliards de neurones, autant qu'il y a d'étoiles dans notre galaxie.

Chacune de nos cellules contient dans ses gènes le plan de notre organisme entier. Une cellule est entourée d'une membrane, qui la protège et contrôle les substances qui y entrent et en sortent. Les cellules végétales possèdent une seconde membrane, extérieure, plus épaisse que les cellules animales : un arbre doit être rigide, une girafe doit être souple. Le noyau de la cellule contient les chromosomes, qui abritent les gènes et leur ADN. Il baigne dans le cytoplasme, qui contient le système de fabrication des protéines, des sucres et des graisses.

Selon le lieu où elles se trouvent dans l'organisme, les cellules sont spécialisées dans certaines fonctions de production d'hormones (dans le pancréas), de filtration (dans les reins), de désintoxication (dans le foie) ou de transmission et de stockage de l'information (dans les nerfs et le cerveau). L'ADN de chaque être vivant, plante ou animal, est complet dans chaque cellule, mais son fonctionnement est restreint pour permettre la spécialisation des cellules.

La bibliothèque du vivant

La vie sous toutes ses formes est pilotée par le code génétique, l'ADN contenu dans les chromosomes, dont le contenu d'information équivaut chez l'homme à une bibliothèque de 1 500 volumes de mille pages chacun. Il n'en faut pas moins pour préciser la structure extrêmement compliquée d'un corps qui est propre à chaque espèce vivante et même à chaque individu. C'est dans cette bibliothèque qu'il est précisé si nous sommes homme ou femme,



si nous avons les cheveux blonds ou noirs, les yeux bruns ou bleus, si nous sommes prédestinés à subir certaines maladies comme des cancers, la sclérose en plaques ou la mucoviscidose.

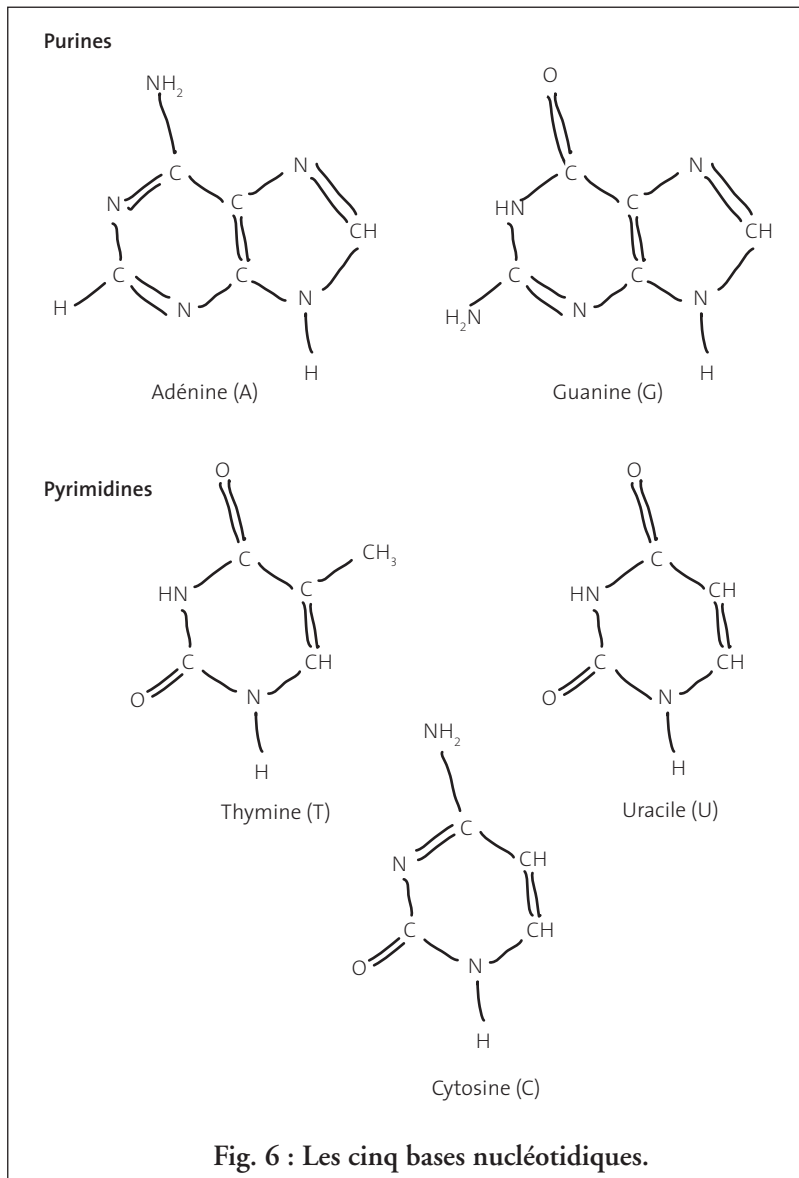
L'ADN (acide désoxyribonucléique) est constitué à partir de quatre constituants, deux bases dites puriques, l'adénine et la guanine, et deux bases dites pyrimidiques, la cytosine et la thymine. Une cinquième base, l'uracile, est utilisée à la place de la thymine dans l'ARN (acide ribonucléique) qui fonctionne comme messager de l'ADN dans la formation des protéines, et qui constitue le patrimoine génétique de certains virus.

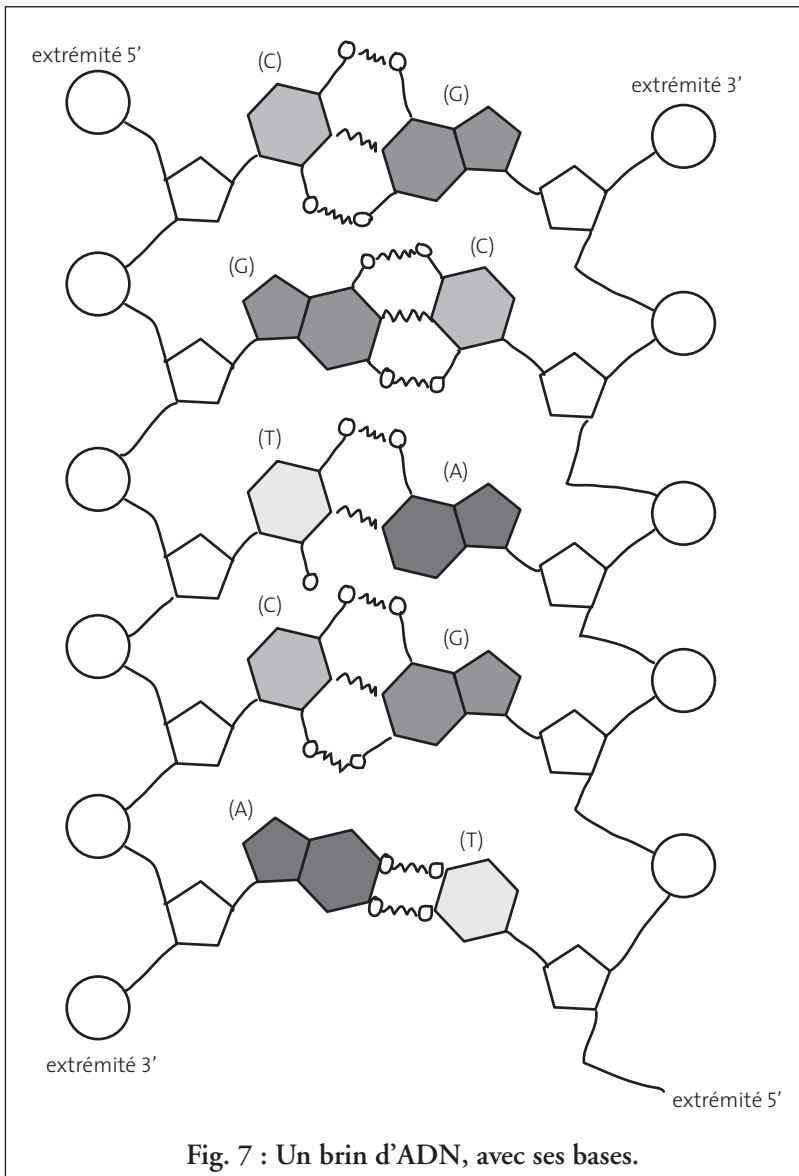
Ces bases nucléiques constituent un alphabet de cinq lettres à partir desquelles est écrit l'entier du code de la vie. Si le français est écrit à partir de 26 lettres, il n'en est pas de même du chinois qui utilise des dizaines de milliers d'idéogrammes. Le trait de génie de Samuel Morse, inventeur du télégraphe fut de réaliser qu'il était possible de coder les lettres de l'alphabet avec deux signes, le point et la barre. De même dans les ordinateurs, les chiffres sont codés à partir d'un alphabet binaire comportant uniquement des 0 et des 1.

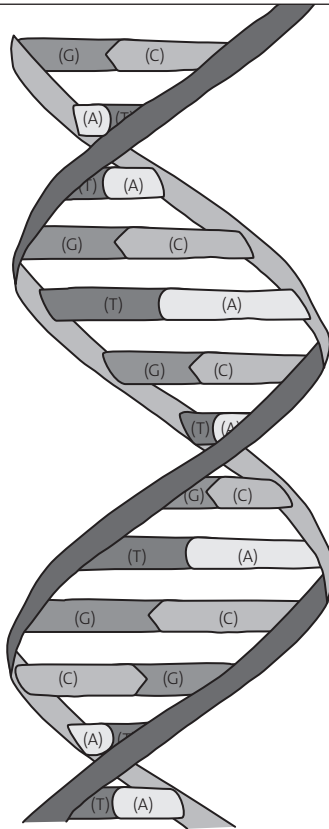
Système de Morse :	2 signes (. et -)
L'informatique :	2 signes (0 et 1)
La vie :	5 acides nucléiques
La langue française	26 lettres
L'écriture chinoise	40 000 idéogrammes

Fig. 5 : Divers types d'alphabets.

La vie dans toute sa diversité, du champignon au chêne, du moustique à l'éléphant, y compris l'homme, se définit par ces molécules d'ADN cachées au sein de chaque cellule. C'est le code







Un chromosome est constitué d'une seule double hélice d'ADN maintes fois repliée et enroulée sur elle-même : cette structure en double hélice est semblable à celle d'un escalier tournant dont les marches sont constituées chacune de deux bases nucléiques. Des portions de cette longue double hélice constituent les gènes, qui contiennent chacun l'information nécessaire pour la synthèse d'une protéine spécifique. Chez l'homme, ces portions ne représentent que 1,2 % de l'ADN total des chromosomes. La plus grande partie de l'ADN humain est soit inactive, soit de fonction inconnue. Les 46 chromosomes humains contiennent 22 000 gènes codant pour des protéines.

Fig. 8 : Double hélice de l'ADN.

de ces molécules qui décide d'abord de quelle espèce sera l'être vivant, puis quelles seront ses caractéristiques particulières.

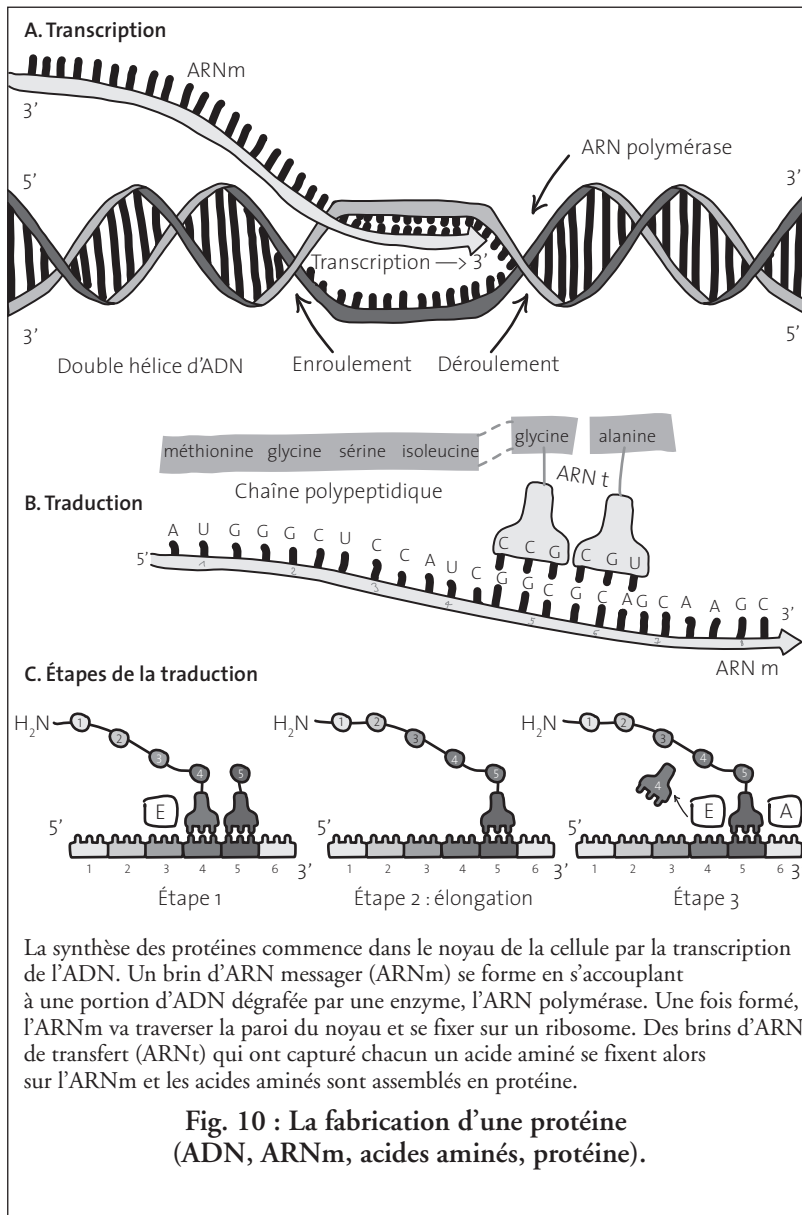


Fig. 9 : Un chromosome.

La fabrication des protéines

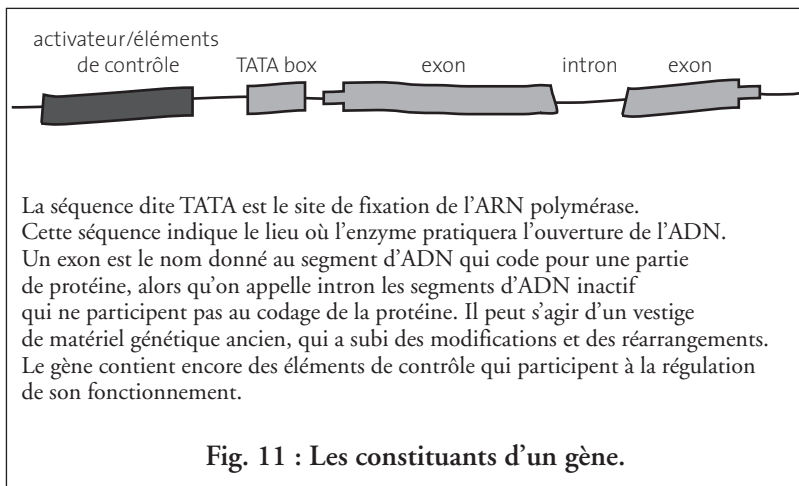
Les constituants fondamentaux des êtres vivants sont les protéines, les sucres et les graisses. Beaucoup d'enzymes et d'hormones, l'insuline, l'hémoglobine, des composants essentiels des membranes et du système immunitaire sont des protéines. Chaque protéine est un assemblage de molécules qui sont appelées acides aminés. Dans cette synthèse, la nature utilise seulement vingt acides aminés différents. C'est à nouveau l'équivalent d'un jeu de Lego avec vingt briques.

En règle générale, un gène, constitué de quelques centaines de bases nucléiques, contient l'information nécessaire à la fabrication d'une protéine. À l'intérieur du gène, chaque groupe de



trois bases constitue le code pour l'un des vingt acides aminés. Le plan de l'organisme constitué par les molécules d'ADN permet de fabriquer toutes les protéines de l'organisme. Les protéines, à leur tour, fabriquent les sucres et les graisses de la cellule, qui est l'usine fondamentale de la vie.

Une seule faute d'orthographe dans la bibliothèque du code génétique modifie la composition d'une protéine et peut être la cause d'une grave maladie génétique héréditaire comme la mucoviscidose. On peut schématiser les constituants d'un gène de la manière suivante :



Dans certains cas, plusieurs gènes adjacents codent simultanément pour plusieurs protéines qui font partie d'un même système, comme dans le cas de la digestion du lactose, mis en évidence par Jacob et Monod, qui ont reçu le prix Nobel en 1965 pour cette découverte. Un tel groupe de gènes est appelé operon. Dans d'autres cas, deux gènes situés sur deux chromosomes différents codent pour une seule protéine, comme cela

a été démontré dans la synthèse de l'hémoglobine, composant fondamental du sang.

Pourquoi, quand et comment la cellule commence-t-elle de fabriquer telle ou telle protéine et pas une autre ? Cette régulation est elle-même assurée par des protéines et d'autres molécules, qui bloquent (répresseurs) ou enclenchent (activateurs) l'activité des gènes, selon divers mécanismes encore mal connus qualifiés d'épigénétiques. Les cellules humaines contiennent 1 500 gènes dont la seule fonction est de coder pour des facteurs de régulation de la transcription d'autres gènes. Lorsque l'on sait que ces facteurs de régulation agissent souvent de concert les uns avec les autres ou en cascade, pour donner des résultats différents selon les combinaisons de différents facteurs, on peut imaginer l'extrême complexité du système.

Nos connaissances du fonctionnement biochimique des êtres vivants ont fait des progrès extraordinaires depuis le milieu du ^{xx}e siècle. Il reste toutefois de vastes zones de mystère, qui doivent nous inciter à une grande vigilance lorsque l'on intervient au cœur des mécanismes de la vie.

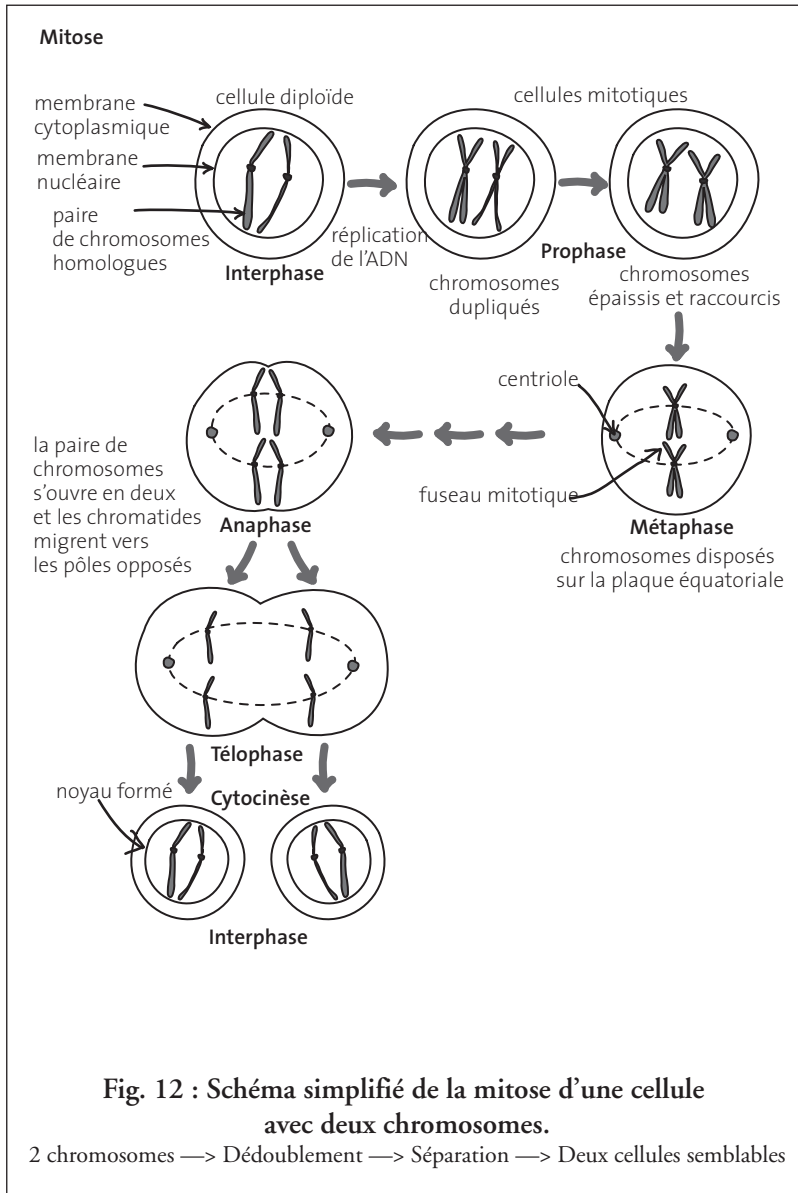
La transmission des informations génétiques

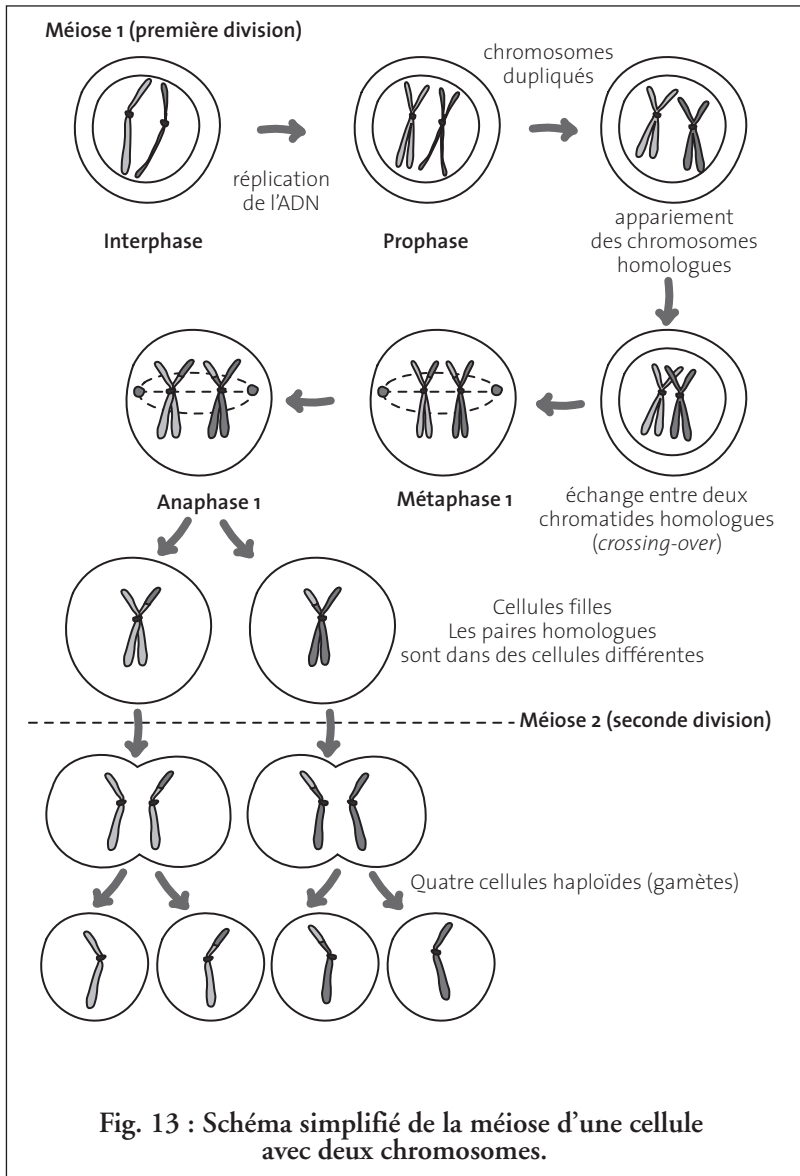
Chaque cellule d'un organisme pluricellulaire contient chaque chromosome en double. Elle possède ainsi deux exemplaires de tous les gènes : un exemplaire sur les chromosomes transmis par le parent mâle et un sur les chromosomes transmis par le parent femelle. Le matériel génétique est transmis lors de la division des cellules. Lorsque les cellules se multiplient par une simple division, appelée la mitose, ce phénomène de multiplication donne deux cellules semblables à la cellule mère. C'est le cas dans nos propres

tissus lorsqu'une cellule se divise, et dans certaines espèces, les bactéries, la reproduction fonctionne selon ce schéma.

En revanche, lors de la reproduction sexuée, les chromosomes sont séparés dans les cellules reproductrices, spermatozoïdes et ovules chez les animaux, pollen et ovocytes chez les plantes. Ces cellules reproductrices ne contiennent plus qu'une seule série de chromosomes, mélange de chromosomes de la génération précédente. Lorsque les cellules reproductrices d'un couple fusionnent, une partie des chromosomes de la mère et une partie des chromosomes du père s'assemblent pour former un nouveau jeu complet de deux séries de chromosomes. Ainsi, la moitié des caractères de chacun des deux parents est transmise à la descendance. Ce choix s'opère au hasard, à chaque conception, c'est-à-dire que deux enfants du même couple ne sont pas identiques même s'ils se ressemblent dans une certaine mesure. Seuls les vrais jumeaux, issus de la division en deux d'un ovule fécondé, ont le même caractère génétique et se ressemblent au point d'être confondus.

La reproduction sexuée est une forme naturelle de recombinaison génétique. À chaque génération, tout se passe comme si l'on battait les cartes et que l'on procédait à une nouvelle distribution. C'est donc un mécanisme qui accélère l'évolution puisque l'on se trouve régulièrement devant des individus, animaux ou plantes, qui possèdent un ensemble de gènes qui n'a jamais été présent dans cette composition dans les générations antérieures. C'est la distribution des cartes qui introduit la nouveauté, tandis que les cartes restent essentiellement les mêmes ; essentiellement, car lors de la méiose, un mécanisme de "*crossing over*" permet l'échange de gènes entre chromosomes appariés des deux parents.





Les virus

Les virus sont des organismes particuliers, qui sont principalement constitués d'un brin d'ADN ou d'ARN et d'une membrane. Pour se reproduire, les virus doivent pénétrer dans une cellule de bactérie, de plante ou d'animal et utiliser son système de fabrication des protéines pour se multiplier avant de déchirer la membrane et de partir à la conquête d'autres cellules. Ce mécanisme des virus est très important en génie génétique, car on l'utilise pour faire pénétrer de l'ADN étranger dans une cellule dont on désire modifier le code génétique. Nous en reparlerons dans le chapitre suivant.

*L'alphabet de la vie comporte cinq lettres qui permettent
de coder l'infinie variété du vivant, de la bactérie
jusqu'à la baleine en passant par la rose.
Ce qui paraît miraculeux de l'extérieur
devient plus compréhensible
et néanmoins merveilleux de l'intérieur.*

L'évolution est le mécanisme de la Création

L'évolution – l'émergence – le darwinisme – le créationnisme.

Le chapitre précédent nous a appris que l'Univers est en constante évolution depuis le big-bang qui s'est produit voici 13,7 milliards d'années : formation des particules, des atomes, des molécules, expansion de l'Univers et concentration en étoiles, amas, galaxies et planètes. La vie aussi évolue depuis l'apparition des premiers organismes élémentaires. La paléontologie et la géologie ont permis de reconstituer en partie la succession des organismes au cours des âges. Ceci nous permet de savoir, à rebours de ce que montrent par erreur certains films à grand spectacle, que les dinosaures ont disparu 70 millions d'années avant l'apparition des mammouths.

Nous avons vu d'une part que tout l'Univers est composé des mêmes particules et d'autre part que tout le monde vivant est écrit avec un alphabet composé de cinq lettres. Il règne donc une étroite parenté entre tous les êtres vivants. En même temps, on constate que le monde vivant s'est considérablement diversifié au cours de son histoire, en des espèces bien séparées, comme l'exprime le dicton populaire "les chiens ne font pas des chats". La réalité biologique est le résultat d'une tension entre ces deux pôles

d'une contradiction apparente : l'unité fondamentale du vivant et sa grande diversité.

Ces deux réalités nous laissent songeurs : toute la diversité de la vie, les millions d'espèces sont définies par un alphabet universel de seulement cinq lettres. Pourtant, chaque espèce est bien distincte des autres. Il y a à la fois une distinction claire, une séparation entre les espèces, et en même temps une capacité d'évoluer et d'échanger du matériel génétique. Les questions liées au génie génétique nous ramènent souvent à ce dilemme.

Le voyage du *Beagle*, une odyssée scientifique

Charles Darwin se livra à des observations méticuleuses et systématiques de la vie animale dans des îles isolées, au cours de son voyage de cinq ans (1831-1836) autour du monde sur le navire *Beagle*, puis dans sa propriété en Grande-Bretagne, transformée en laboratoire du monde vivant. Elles lui ont permis de comprendre, l'un des premiers, que les espèces sont capables de transformations, d'adaptation et d'évolution. Elles n'ont pas été engendrées telles quelles durant la semaine de la Création décrite au début de la Bible. L'arbre de l'évolution que Darwin a dessiné dans ses notes de 1837 reste valable aujourd'hui dans son principe.

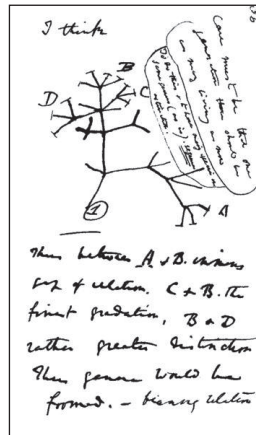


Fig. 14 : L'arbre de l'évolution dessiné par Charles Darwin dans son carnet de notes en 1837.

L'observation de l'évolution de l'Univers suggère l'idée d'un principe d'émergence, selon lequel la combinaison de deux éléments produit un résultat tout à fait nouveau, inattendu, surprenant. L'exemple le plus simple est celui du sel de cuisine, molécule constituée de deux atomes. Le sodium (Na) est une substance inflammable, explosive, très dangereuse, tandis que le chlore (Cl) est un gaz irritant et très toxique. La combinaison des deux atomes forme la molécule du sel de cuisine (NaCl), un élément indispensable à la vie. Le principe d'émergence exprime que les propriétés d'un niveau supérieur de complexité ne peuvent être déduites de l'observation des niveaux inférieurs. Prolongé jusqu'au niveau de l'esprit, il soutient l'espoir qu'un niveau de conscience nouveau puisse soudainement apparaître pour sortir l'humanité de ses errements actuels.

Cependant, ce principe d'émergence n'est peut-être qu'un constat élémentaire : notre intelligence est incapable de comprendre

la totalité des phénomènes. Ce qui nous apparaît comme foncièrement nouveau est simplement imprévisible et inexplicable par nos cerveaux limités.

Le créationnisme dans tous ses états

Notre société est encore et toujours traversée par une controverse fondamentale portant sur l'origine de la vie. Celle-ci constitue un phénomène tellement étonnant que beaucoup de nos contemporains continuent d'adhérer à une explication imagée, tirée des traditions et des textes anciens pris au pied de la lettre. Pour eux, la vie ne serait pas un phénomène naturel, au sens où elle surgirait spontanément là où certaines conditions chimiques et physiques sont réunies. Au contraire, ils croient en une intervention miraculeuse du Créateur. La matière abandonnée à elle-même ne donnerait pas naissance à la vie : il y faut au départ une sorte de coup de pouce divin. Ce Créateur interviendrait de manière miraculeuse et ponctuelle dans chaque modification de la création originelle. Cela correspond à l'image d'un mécanicien cosmique, limité dans son plan initial, obligé de donner des coups de lime en cours de fabrication et d'huiler perpétuellement les rouages. L'évolution ne serait ainsi pas un mécanisme naturel et intrinsèque au monde vivant.

Pour les créationnistes, le récit de cette Création se trouverait dans les premiers chapitres de la Genèse, premier des livres de la Bible. Selon le créationnisme, il faut donc maintenir la Nature, en particulier la vie, en l'état sacré dans lequel elle se trouve, car elle agit avec une sagesse infinie, qui dépasse notre entendement. Toute tentative pour interférer avec son fonctionnement constitue une profanation. La science est impie et la technique sacrilège, car la Nature est intouchable. Modifier

l'ADN d'un être vivant, créer une nouvelle espèce par l'industrie de l'homme, est donc un sacrilège.

Il existe plusieurs variantes du créationnisme. Dans sa version la plus intransigente, le texte de la Genèse expliquerait de façon littérale comment les choses se sont passées. Dieu aurait créé l'Univers en six jours de vingt-quatre heures. Selon l'archevêque anglican James Ussher, mort en 1658, le premier jour de la Création est le 23 octobre 4004 av. J.-C., puisque selon lui, la chronologie biblique donne ce résultat. En particulier, les espèces animales actuelles ont été créées d'un seul coup voici six mille ans, à partir de rien. Il n'y a pas de transformation d'une espèce en une autre. La Création est fixe. Il n'y a pas d'évolution.

D'autres versions du créationnisme cherchent un accord entre le texte de la Bible et les découvertes scientifiques : la vie aurait surgi suite à une intervention miraculeuse sous forme d'une seule cellule et puis l'évolution s'est déroulée, selon ce que nous pouvons décoder aujourd'hui, par la création d'espèces de plus en plus complexes. Mais le passage de l'animal à l'homme aurait nécessité une autre intervention miraculeuse. En particulier, ces versions admettent que la vie sur la Terre est vieille de quatre milliards d'années, comme toutes les découvertes de la géologie et de la paléontologie permettent de le supposer.

Enfin une version récente, celle du *dessein intelligent*, accepte toutes les découvertes de la science. Cependant, elle estime que l'indéniable dynamique positive de l'évolution témoigne d'une intention créatrice, celle de développer des espèces de plus en plus intelligentes pour culminer avec l'homme. Le Créateur agit à l'intérieur des lois naturelles, qu'il ne viole en aucun cas, mais qu'il oriente vers un but bien précis : la création de l'esprit humain. Pour atteindre ce but, le Créateur utilise le hasard sous lequel son action se dissimule pour ne pas apparaître évidente.

Dieu existe, mais il se cache pour ne pas éblouir l'homme et le laisser libre. Des philosophes modernes, comme Henri Bergson et Pierre Teilhard de Chardin, sont proches de cette sensibilité.

DÉBAT

Le dessein intelligent.

*L'évolution se conçoit-elle selon un plan préétabli
ou bien au hasard ? Dans l'un et l'autre cas, pouvons-nous
intervenir de façon à infléchir cette évolution de manière
délibérée et intentionnelle ?*

Ph. Roch. Je me sens proche de l'idée du dessein intelligent. Mon option est une option de foi plus que de science. Elle est de penser que l'homme participe au projet de Création, donc à l'évolution, et que nous avons un rôle à jouer dans des choix fondamentaux entre le Bien et le Mal. Nous avons en effet la possibilité d'améliorer les conditions de vie, d'établir un ordre social, de contribuer à l'épanouissement humain par la connaissance et en libérant l'Homme d'un certain nombre de tâches pénibles et serviles. Le progrès fait pour moi partie de la tâche tout à fait exceptionnelle de l'Homme dans la Création en tant que "collaborateur de Dieu" pour perfectionner cette Création.

J. Neiryneck. Je suis relativement d'accord, j'apporterai toutefois une précision importante. Je considère que la Nature, telle qu'elle existe sous nos yeux, ne fonctionne pas du tout selon un plan préétabli, sinon on pourrait énoncer un certain nombre de reproches à l'égard de celui qui a décidé ce plan.

Il y a beaucoup de souffrances qui proviennent de phénomènes naturels. Je ne parle pas du mal : le mal est la

responsabilité de l'Homme. La maladie et la mort, qui met un dénouement à l'existence des êtres vivants quels qu'ils soient, sont souvent un processus extrêmement douloureux. Je préfère donc l'idée d'un Univers qui a été créé avec un certain nombre d'imperfections *parce qu'il n'est pas identique au Créateur*. Cette distinction est pour moi quelque chose de tout à fait fondamental. Dieu n'est pas la Nature comme le dit Spinoza ou la Nature n'est pas Dieu comme le disent aujourd'hui les écologistes.

Ph. R. Si Dieu était la Nature, il n'y aurait pas eu de Création. Dieu est davantage que la Nature, mais la Nature est bien le reflet, l'image de Dieu, celle que nous sommes capables de percevoir par nos sens, et par la science.

J.N. Autrement, il n'y aurait pas eu de Création. Celle-ci est le processus par lequel le sommet (provisoire) de cette Création, c'est-à-dire l'Homme, l'amène petit à petit à son accomplissement.

J'aime bien une légende yiddish qui dit que le monde dans lequel nous sommes n'est que le 27^e – le chiffre 27 est choisi symboliquement parce que c'est 3 à la puissance 3. Selon cette légende, les 26 premiers ont échoué. Au moment où Dieu a lancé ce monde-ci, où il l'a créé, il aurait dit (en hébreu bien entendu) : "Pourvu que celui-ci tienne !" Effectivement il tient, mais il tient tout juste, et ce n'est pas un Univers idéal.

Pour ma part, avec ma vision limitée et anthropomorphique, je conçois Dieu comme un grand ingénieur qui, comme tous les ingénieurs, tâtonne. Semblable au potier, autre image utilisée dans la Genèse, il tâtonne, il façonne, il peut ajouter de l'argile, il peut retrancher. Il ne sculpte pas dans le marbre où un seul coup de ciseau maladroit

compromet le résultat. Après un long préambule, à un moment donné, il a suscité l'Homme comme un agent privilégié, un accélérateur de Création.

Dans d'autres circonstances, sur d'autres planètes où les mêmes conditions physiques seraient réunies, la vie apparaîtrait et si elle durerait suffisamment longtemps, un être intelligent comme l'être humain apparaîtrait à son tour et, petit à petit, essaierait de poursuivre la Création originale vers son accomplissement.

Il faut se souvenir d'un fait indubitable : à un certain moment, le système solaire sur lequel nous vivons disparaîtra. Nous disparaîtrons avec ce système solaire : il y a donc une fin à l'espèce. Quelle est la raison d'être de cette espèce qui se sera battue pour améliorer son sort et pour améliorer sa planète, ou peut-être la détériorer si elle fait le mauvais choix ? Je n'en sais rien. J'ai beaucoup de peine à considérer que tout cela fait partie du dessein intelligent d'un Être tout-puissant et bon qui voudrait arriver tout de suite à une Création idéale. C'est une Création qui se fait au hasard, dans lequel la nécessité, une nécessité dure, joue souvent son rôle. L'Homme est là, en tenant compte du hasard et de la nécessité, pour aménager les choses. Donc, nous sommes davantage que de simples intendants de la Création, nous en sommes un facteur essentiel.

Ph. R. Le mal est une condition de notre liberté, parce que s'il n'y avait pas de mal, pas de souffrance, nous n'aurions pas le choix entre le Bien et le Mal. L'essentiel n'est pas dans ce monde. Je crois beaucoup à l'au-delà, à l'idée que nous vivons une expérience, qui se situe dans une perspective beaucoup plus large. Notre rôle est d'ajouter quelque chose à la Création, à l'œuvre du Créateur, grâce à

notre liberté qui nous donne une dimension divine. Nous sommes certes des ouvriers de la Création, mais la fin de notre aventure terrestre n'est pas dans ce monde ; nous n'arriverons pas à un monde parfait, parfaitement lissé, duquel on aurait éliminé tout le mal ou toute la souffrance, parce que cette souffrance et l'imperfection sont intrinsèques à ce monde ; ce monde se terminera avant que l'on ait atteint la perfection, au moment où le Soleil se réchauffera, puis deviendra une étoile géante rouge, et enfin une naine blanche, froide. Je dis cela pour éviter l'illusion qu'en tant qu'ouvriers de la Création, nous allons créer un monde parfait. Si Dieu ne l'a pas fait, nous n'y arriverons pas non plus. Nous devons avoir du respect pour la Nature, comprise comme tout ce qui nous dépasse, et tout ce qui nous englobe aussi, du respect parce que nous n'arriverons jamais ni à l'expliquer totalement, ni à la maîtriser. La Nature nous rappelle continuellement notre condition. Même si nous sommes des acteurs de la Création, nous sommes de petits êtres imparfaits, incomplets, souvent arrogants. Cette humilité m'est donnée par la Nature, qui exprime continuellement l'acte créateur qui me dépasse.

Le coup d'éclat du darwinisme

En science, *l'évolution biologique* désigne la transformation des espèces vivantes au cours des générations à partir d'un organisme primitif, comportant une seule cellule, apparue voici quatre milliards d'années, suite à la manifestation spontanée des propriétés particulières de la chimie du carbone. Cette évolution peut aboutir à la formation de nouvelles espèces, et donc à la diversité des

espèces vivantes – plantes, animaux, homme. Il n'est nul besoin d'invoquer l'intervention d'une puissance divine qui orienterait ce processus, soit en violant les lois de la Nature, soit en se dissimulant dans ses marges.

L'idée d'évolution peut déjà se trouver chez certains philosophes de l'Antiquité grecque ou musulmane, mais ce n'est qu'à partir du XIX^e siècle qu'une théorie proposant une explication du phénomène de l'évolution des espèces a été développée. La révolution des idées est arrivée avec Charles Darwin et son ouvrage *De l'origine des espèces* (1859). En profonde contradiction avec les idées philosophiques et religieuses dominantes de l'époque, *De l'origine des espèces* obtint un écho considérable et convainquit rapidement la majorité des biologistes de la réalité de l'évolution. Il résume sa théorie en quelques mots dans l'introduction de cet ouvrage :

“Comme il naît beaucoup plus d'individus de chaque espèce qu'il n'en peut survivre et que, par conséquent, il se produit souvent une lutte pour la vie, il s'ensuit que tout être, s'il varie, même légèrement, d'une manière qui lui est profitable, dans les conditions complexes et quelquefois variables de la vie, aura une meilleure chance pour survivre et ainsi se retrouvera choisi d'une façon naturelle. En raison du principe dominant de l'hérédité, toute variété ainsi choisie aura tendance à se multiplier sous sa forme nouvelle et modifiée.”

Deux principes émergent de la pensée de Darwin :

- la variation, ou l'évolution naturelle des espèces crée sans cesse de petites différences entre les individus ;
- la sélection naturelle donne une meilleure chance de survie, et donc de reproduction, aux individus les mieux adaptés à leur environnement.

On pourrait la résumer en une formule : le hasard fait bien les choses. Mais il agit dans le cadre des lois fondamentales de la

nature, dont l'origine nous est encore et nous sera probablement toujours inconnue.

Avec la théorie synthétique de l'évolution qui regroupe notamment les idées de Darwin avec celles des généticiens comme le pionnier Gregor Mendel qui publia ses *Recherches sur des hybrides végétaux* en 1865, ou Francis Crick et James Watson qui décrivirent pour la première fois la structure en hélice de l'ADN en 1953, et leurs successeurs généticiens moléculaires, l'évolution fait l'objet d'un large consensus scientifique sur ses fondements et ses mécanismes depuis le milieu du xx^e siècle. Dans la biologie contemporaine, l'idée de l'évolution ne fait plus aucun doute, mais les détails des mécanismes qui expliquent cette évolution font toujours l'objet de recherches, lesquelles sont parfois au cœur de controverses scientifiques et médiatiques. Mais pour l'essentiel, l'évolution biologique selon les idées de Darwin n'est plus contestée par personne en milieu universitaire.

En revanche, le débat reste tendu entre science et foi. La question est de savoir si la connaissance scientifique recouvre la réalité dans son ensemble ou s'il y a d'autres voies de la connaissance comme l'exprime par exemple Henri Poincaré : *“La vérité scientifique qui se démontre ne peut, à aucun titre, se rapprocher de la vérité morale qui se sent. Et pourtant je ne peux les séparer et ceux qui aiment l'une ne peuvent pas ne pas aimer l'autre¹.”*; ou, comme le dit Robert Hainard : *“L'intelligence, c'est une conciliation de la raison avec les sens, l'expérience².”*

1. Les notes figurent pp. 137-138.

DÉBAT

Ph. Roch. Le sens de ces deux citations est de montrer que la méthode scientifique nous permet d'atteindre un certain degré de sécurité dans la description d'un phénomène, mais qu'elle ne peut pas prétendre à la connaissance totale. Les choses que l'on ressent par l'intuition, la sensibilité ou l'expérience ne sont pas toujours démontrables scientifiquement, et ce n'est pas une raison pour les rejeter comme non valables. Souvent, la réalité ou, comme le dit Robert Hainard, l'intelligence est le fruit de la convergence d'une analyse scientifique et des sentiments, de l'intuition. En Suisse, cela peut s'exprimer dans une votation : on a souvent reproché au peuple d'être émotif au prétexte qu'il a pris une décision qui n'était pas celle qu'auraient souhaité des scientifiques ou des politiques. Or, bien souvent, le peuple a une intuition assez fine, et lorsqu'il est bien informé, il fait la synthèse entre la part de vérité scientifique et d'autres aspects qui, eux, ne relèvent pas de la science, mais de valeurs et de choix de société.

J. Neirynek. Ma position n'est pas totalement opposée à celle de Philippe, elle vient plutôt la nuancer. D'une part, il y a la réalité à laquelle nous pouvons accéder par la raison. C'est un certain domaine, le domaine des sciences naturelles en particulier, où l'on parvient à prédire ce qui va se passer à partir d'un certain nombre de mesures que l'on peut faire avec des instruments. Il y a un noyau dur des sciences et de la connaissance rationnelle en général où il est possible de prévoir la suite des événements de façon certaine ou encore d'évaluer leur probabilité.

Si la raison nous permet d'avancer de façon certaine jusque-là, elle ne nous permet néanmoins pas d'aller plus loin. Elle ne nous permet pas d'affirmer qu'il n'y a aucune réalité en dehors de celles que nous réussissons à mesurer, à mettre dans des lois naturelles nous permettant de prédire ce qui va se passer. Il existe des réalités qui ne sont ni mesurables, ni prédictibles. Sur ce point, nous sommes bien d'accord.

Cependant, dès lors que l'on a acquis des connaissances sûres sur certains points, on ne peut pas ne pas en tenir compte sous le prétexte que l'intuition que l'on a de la situation nous amène à prendre la décision contraire. C'est malheureusement le cas dans beaucoup de décisions politiques, voire personnelles.

Ainsi, si je sais de façon rationnelle qu'il est dangereux et interdit de rouler au-dessus de 120 km/h, je ne peux pas, au nom de mon intuition, transgresser cette règle. Je risque à la fois la contravention et l'accident. Même remarque dans le fonctionnement ordinaire de la vie. Si la raison m'incite, à un certain moment, à me rendre compte qu'il se passe quelque chose dans mon corps qui nécessiterait une consultation chez un médecin, je ne peux pas dire intuitivement que ce n'est pas important et ne pas le signaler.

De même au niveau de la politique planétaire, la raison nous indique maintenant que nous ne pouvons pas fonctionner indéfiniment à partir d'énergies non renouvelables et en plus polluantes comme le pétrole ou le charbon. Cependant, l'intuition, le sentiment général va en sens contraire et occulte complètement la réflexion fondée sur la raison. On suppose vaguement que l'on découvrira d'autres gisements de combustibles fossiles et on conjecture que le changement climatique n'est pas fondé sur l'action des

hommes. On prend des décisions graves dans un déni mou de la réalité, par un raisonnement flou.

Pour résumer, il y a des réalités que la raison ne permet pas d'atteindre, mais dès lors qu'une réalité est atteinte par la raison, nous ne pouvons pas faire abstraction de celle-ci.

Ph. R. Je pense que nous convergeons sur cette vision et Jacques Neirynck a utilisé un dernier exemple, pour me séduire évidemment, celui de la politique énergétique ; dans ce type de cas, j'en arrive bien sûr à être complètement d'accord avec lui. Nous sommes d'accord pour dire que certaines réalités sont suffisamment complexes pour ne pas être complètement comprises par la science. Dans ces circonstances, il est bon d'accepter qu'il puisse y avoir une part d'intuition pour diriger nos décisions. Au fond, c'est ce que veut dire Robert Hainard.

J. N. Nous sommes d'accord sur la formule : "Quand la raison défaille, il ne nous reste plus que l'intuition."

Ph. R. Et quand la raison est claire, il faut regarder s'il n'y a pas, au-delà de ce qu'elle décrit et de ce qu'elle couvre, une réalité qui, elle n'est plus accessible à la raison.

L'évolution et les Églises

Quelle est aujourd'hui la réaction des théologiens à ce consensus des scientifiques sur l'évolution ?

Dans un premier temps, l'Église catholique fut nettement défavorable aux idées de la transformation des espèces et à l'ascendance animale de l'homme, tout en ne les condamnant cependant pas. Le pape Léon XIII affirme dès 1893, dans l'encyclique *Providentissimus Deus*, la doctrine de l'inspiration par l'Esprit Saint

de la Bible. Selon celle-ci, la science ne peut se montrer en contradiction avec les Écritures saintes, dès lors que celles-ci sont convenablement interprétées.

C'est du reste la position d'un des Pères de l'Église, Augustin d'Hippone, dès le ^v^e siècle : si la raison nous fait voir quelque vérité et que celle-ci paraît contradictoire avec les Écritures, cela signifie que celles-ci sont mal interprétées.

Le 22 octobre 1996, le pape Jean-Paul II intervient devant l'Académie pontificale des Sciences et affirme que de nouvelles connaissances conduisent à reconnaître dans la théorie de l'évolution plus qu'une hypothèse. Son successeur Benoît XVI ne s'oppose pas aux théories de l'évolution, qui sont du ressort du monde scientifique, mais il réfute toute doctrine matérialiste qui aboutirait à faire de l'Homme "le produit accidentel et dépourvu de sens de l'évolution". Il ne s'agit pas pour lui de débattre du processus de l'apparition de l'Homme, mais de s'opposer à ce que ce processus définisse la nature de l'Homme.

Le créationnisme est encore soutenu par quelques rares Églises protestantes ou par des intégristes catholiques, comme une conséquence de l'autorité de la Bible. À l'heure actuelle, les créationnistes essaient d'apporter des éléments pour défendre leur thèse face à la théorie de l'évolution, mais leurs théories sont rejetées par la communauté scientifique : ils sortent en effet du champ de la rationalité en invoquant l'intervention miraculeuse de Dieu durant la semaine de la Création. La démarche est également qualifiée de non scientifique, car elle est basée sur l'*a priori* que les faits scientifiques doivent concorder avec les Écritures.

La difficulté posée par le créationnisme n'est pas son explication du rôle du Créateur, mais sa négation du mécanisme de l'évolution, qui fait partie des lois de la nature.

La pointe de la recherche théologique chrétienne, catholique ou réformée, telle qu'elle obtient un consensus dans les facultés, peut être décrite comme un accord entre la foi et la raison. La Création est à la fois un don de Dieu et un processus qui se déroule dans le temps. C'est lui qui donne au temps un sens, c'est-à-dire à la fois une direction et une signification, en utilisant la double acception de ce mot en français. Dans le meilleur des cas, la Création est l'œuvre de Dieu et de l'homme, qui collaborent dans la même intention. La nature est bénie mais pas sacrée au point où elle serait intouchable.

Les auteurs du présent ouvrage sont d'accord sur le fait que le récit de la Genèse ne décrit pas ce qui s'est passé, au sens historique ou scientifique. En effet, d'une part, aucun témoin humain n'était présent à la Création pour prendre des notes ; d'autre part, la révélation divine ne peut avoir pour but de fournir des informations scientifiques pour épargner aux physiciens une partie de leur travail.

Au sens restreint, créer signifie fabriquer à partir de rien. Mais cela ne veut pas dire que dans un désert du Moyen-Orient où il n'y avait que du sable, soudainement, un dromadaire serait apparu, surgissant du néant. Ce genre d'opération relève de la magie mais n'a rien à voir avec la Création. La Bible affirme que Dieu est créateur, sans préciser comment il a créé, sinon en utilisant des images de sa volonté créatrice. Elle ne dit pas qu'il s'agit d'un prestidigitateur. Elle ne dit rien de la genèse physique et biologique, qui relève de la science.

Le choix entre les trois attitudes (créationnisme ; darwinisme ; alliance entre la foi et la raison) conditionne la politique que l'on peut et doit mener pour gérer la planète, en particulier dans la création d'OGM. En d'autres mots, il faut élire une des trois versions suivantes :

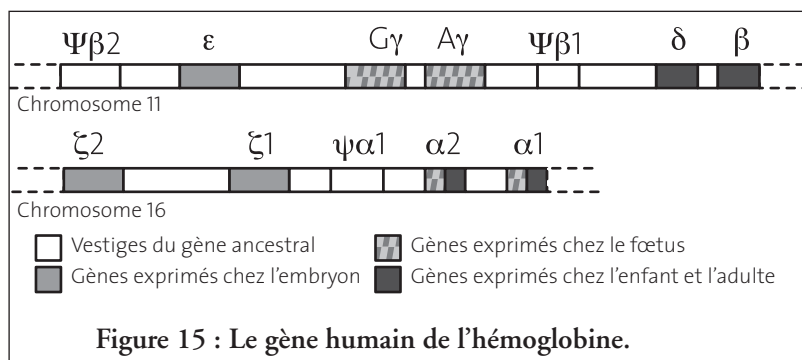
- soit Dieu a créé le monde jadis tel qu'il existe aujourd'hui, et le laisse fonctionner invariablement ;
- soit Dieu n'existe pas et l'Univers est le lieu d'un processus aléatoire, sans rime ni raison, qui n'a aucun sens ;
- soit Dieu a créé la matière et les lois qui régissent l'Univers dans une vaste expérience de création et de diversification, à laquelle l'ensemble de la Création, l'homme en particulier, est appelé à participer activement.

*Ce n'est pas seulement un choix théorique, mais aussi pratique :
ou bien nous nous soumettons à une volonté divine impossible
à dépasser ; ou bien nous nous résignons à n'être que le produit
et le jouet du hasard ; ou bien nous œuvrons pour surmonter
cette fatalité. C'est la troisième attitude qui rassemble les auteurs.
Croyants, ils observent l'évolution et attribuent l'origine
de ses lois au Créateur.*

Qu'est-ce qu'un OGM ?

Mutations, duplication, échange de matériel génétique et remaniements dans la nature – organismes génétiquement modifiés : définition, techniques.

Le matériel génétique des êtres vivants a fait l'objet de nombreuses modifications naturelles, sans intervention humaine, au cours de l'évolution. Par exemple, les gènes qui constituent le code pour les quatre parties de l'hémoglobine humaine, une composante essentielle du sang qui transporte l'oxygène, sont répartis sur des chromosomes différents, les chromosomes 11 et 16. Ces gènes sont issus d'un gène ancestral, qui s'est dédoublé il y a cinq cents millions d'années. Ils ont ensuite subi des modifications et des réarrangements pour aboutir aux gènes actuels.



En premier lieu, essayons de définir exactement de quoi l'on discute. La définition la plus simple est la suivante : on appelle organisme génétiquement modifié (OGM) un organisme dont l'ADN a été modifié par l'homme. La loi suisse est très restrictive. Elle réserve le terme d'organisme génétiquement modifié au résultat d'opérations humaines que la nature ne ferait pas d'elle-même.

“Par organisme génétiquement modifié, on entend tout organisme dont le matériel génétique a subi une modification qui ne se produit pas naturellement, ni par multiplication, ni par recombinaison naturelle.” (Loi suisse sur le génie génétique, art. 5 al. 2.)

En principe, les espèces et les cellules se protègent contre l'ADN étranger. C'est ainsi que des animaux d'une espèce, des cochons par exemple, ne peuvent pas se reproduire avec ceux d'une espèce différente. Ils ne se croisent pas avec des moutons, mais bien avec des sangliers qui sont plus proches dans l'arbre de l'évolution. Des accouplements entre certaines espèces moins proches peuvent encore produire une descendance, comme les mulets, produits de la jument et de l'âne, mais cette descendance, elle, est stérile.

Les cellules se protègent en interdisant l'entrée d'ADN étranger au niveau de leur membrane, ou en détruisant l'ADN étranger par leurs lysosomes, qui sont des vésicules capables de digérer les molécules complexes et de recycler leurs éléments constitutifs dans le cytoplasme de la cellule. Cette protection n'est pas absolue, mais elle constitue la règle générale, nécessaire pour que la vie ne soit pas une soupe informe, mais un ensemble infiniment diversifié.

Pour introduire un fragment d'ADN étranger dans une cellule, il faut donc déjouer les stratégies de protection des cellules, soit en opérant des fusions au stade embryonnaire, soit en bombardant de l'ADN directement au sein de la cellule, soit en utilisant des vecteurs naturels, véritables chevaux de Troie de la biologie.

Les premiers pas

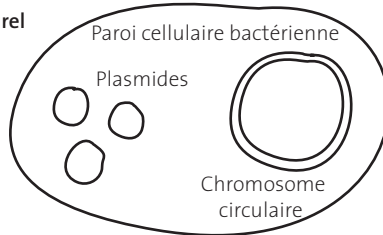
L'hybridation de cellules de deux espèces différentes, par exemple homme et souris, a permis dès 1967 de déterminer quelle partie du génome humain est responsable pour la fabrication d'une protéine déterminée. L'équipe du Suisse Werner Arber a découvert dans les années 1970 les *enzymes de restriction*, les ciseaux du biologiste, qui permettent de découper l'ADN en morceaux. Ce fut une étape essentielle pour isoler, analyser puis multiplier des fragments d'ADN d'un organisme en vue de les incorporer dans les chromosomes d'autres organismes.

La multiplication de brins d'ADN, ou de gènes, sélectionnés peut se faire en les incorporant dans des bactéries, comme *Escherichia coli* (*E. coli*), une bactérie présente dans l'intestin humain. En effet des bactéries comme *E. coli* ou *Agrobacterium tumefaciens* possèdent des plasmides, qui sont des boucles d'ADN indépendantes de leur propre ADN.

On peut préparer de tels plasmides recombinants, qui contiennent par exemple le gène qui code pour l'insuline humaine, et les mettre en contact avec des bactéries *E. coli*. Certaines bactéries vont absorber l'un de ces plasmides. On place ensuite un antibiotique dans la culture de bactéries pour que seules celles qui ont incorporé le gène visé se multiplient à volonté tandis que sont détruites les bactéries qui n'ont pas intégré le gène de résistance à l'antibiotique avec le gène désiré. On peut alors extraire la protéine produite par ce gène, en l'occurrence de l'insuline humaine pure.

Plusieurs méthodes ont été développées pour incorporer un gène choisi dans une cellule ou un organisme étranger.

Escherichia coli naturel



Escherichia coli possède un seul chromosome, circulaire, qui comporte 4 397 gènes. Elle contient en plus de petites boucles d'ADN, appelées plasmides.

Fig. 16 : Une cellule de Escherichia coli et de ses plasmides.

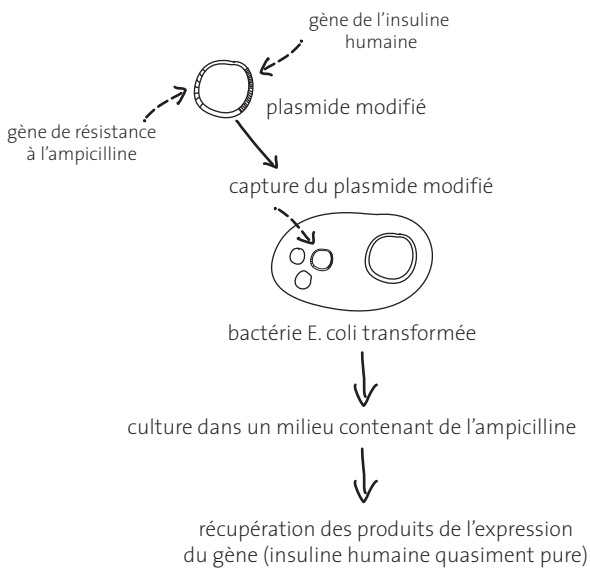


Fig. 17 : Production d'insuline humaine par génie génétique.

A. On choisit un chromosome ou une portion d'ADN qui contient le gène désiré.

B. On découpe cet ADN en portions grâce aux enzymes de restriction.

C. Par le même moyen, on coupe des plasmides, qui contiennent un gène de résistance à un antibiotique.

D. On met en présence les gènes désirés et les plasmides avec une enzyme (ADN ligase) qui reconstitue les plasmides avec le gène désiré.

E. Ces plasmides s'intègrent à des bactéries, *Escherichia coli* ou *Agrobacterium tumefaciens*.

F. En présence d'antibiotique, seules les bactéries qui ont intégré le gène désiré se développent.

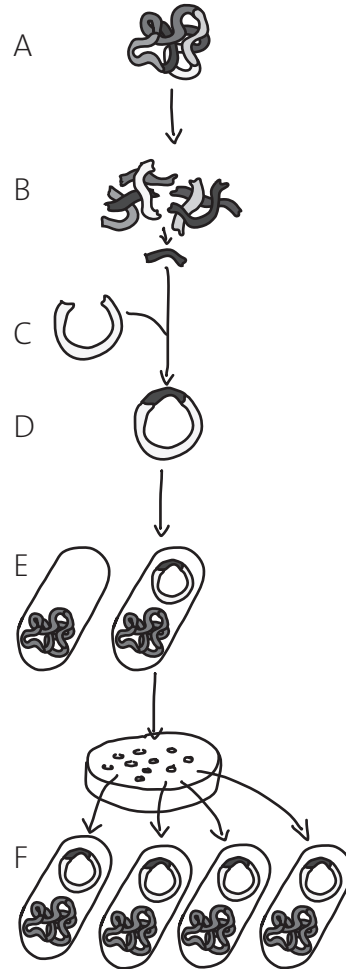


Fig. 18 : Étapes de fabrication de plasmides génétiquement modifiés.

Méthode du bombardement

Supposons que l'on veuille créer une nouvelle race de maïs, qui soit résistante aux attaques d'un insecte appelé pyrale du maïs. Il n'est pas exclu qu'à la longue, en observant bien un champ de maïs attaqué par la pyrale, on découvre soudain un épi intact. Cela signifierait que le maïs a muté spontanément parce que des bactéries ont apporté le morceau d'ADN adéquat. En semant les grains de ce maïs, on arriverait au résultat, mais il faudrait avoir la patience d'attendre que la mutation désirée se produise spontanément, en espérant qu'elle se produise. La technique décrite ci-dessous, et d'autres du même genre, constituent une façon d'accélérer et d'orienter les mutations faites par la nature.

On utilise une bactérie du sol, *Bacillus thuringensis* (Bt), dont un gène produit une protéine toxique pour les larves de la pyrale. Cette propriété est utilisée en agriculture intégrée et en agriculture biologique : les agriculteurs répandent la bactérie Bt sur les cultures infestées par la pyrale. En génie génétique, la méthode consiste à extraire le gène responsable pour cette protéine, puis à l'insérer dans le génome du maïs, qui produit alors lui-même la protéine toxique.

On commence par isoler et multiplier la séquence d'ADN recherchée, puis à coller cette séquence sur de minuscules billes d'or, ou de tungstène, d'un diamètre d'un micron et moins. On va alors prélever des grains sur des épis de maïs, une dizaine de jours après la pollinisation. Ces grains sont en fait un sac de liquide, qui contient déjà un embryon. On prélève ces embryons qui sont assez gros pour qu'on les manipule avec une pincette et pour être vus à l'œil nu. On les place dans un milieu de culture, une boîte dans laquelle on a mis un liquide solidifié par de l'agar agar, une algue.

On soumet alors ces embryons à un micro-bombardement par les billes d'or préparées comme décrit dans le paragraphe précédent. Pourquoi de l'or ? Tout simplement parce que la densité de l'or est élevée et que l'on peut donc communiquer à ces billes d'or, malgré leur petite taille, une vitesse suffisante, par une décharge de gaz comprimé.

Cette énergie cinétique est suffisante pour qu'elles soient capables de pénétrer à travers la paroi cellulaire dans quelques cellules de l'embryon. Pourquoi avoir choisi ce moyen ? Les cellules végétales sont entourées d'une paroi qui donne au végétal sa rigidité. Pour insérer de l'ADN dans une cellule végétale adulte, il faut pénétrer la paroi avant de franchir la membrane interne. Chez l'embryon, la paroi externe n'est pas encore formée. Le procédé est typiquement une idée de bricoleur. Si l'on envoie dans une grosse cellule un tout petit projectile, la cellule ne s'en apercevra pas. Comme on ne fera pas un trou énorme, le dommage sera réparé sans trop de difficultés. Ainsi, le projectile sera introduit dans la cellule pour y apporter de l'ADN.

Il existe une probabilité non négligeable pour que cet ADN arrive à proximité d'un chromosome et qu'il soit intégré par le mécanisme d'entretien de l'ADN. Ce mécanisme de réparation trouve de temps en temps des fausses pièces qu'il ajoute à certains endroits. Donc, cet apport de nouvel ADN ne va pas nécessairement se placer toujours au même endroit, au bon endroit. La conséquence sera le plus souvent une mort cellulaire ou une mutation. Mais parfois, le fragment d'ADN injecté va se placer au bon endroit pour apporter au maïs cette résistance aux attaques de la pyrale. On crée de la sorte la nouvelle espèce que l'on souhaitait.

DÉBAT

Ph. Roch. Nous sommes ici au cœur de l'un des problèmes fondamentaux du génie génétique lorsqu'il est appliqué en plein champ, directement dans la nature. Cette description montre bien que l'on agit principalement à l'aveugle, et que l'on ne connaît qu'une des conséquences, celle que l'on recherche, de ce bombardement d'ADN. Vu la complexité du fonctionnement du génome (voir chapitre premier), des quantités de modifications secondaires, invisibles au premier abord, peuvent avoir été provoquées involontairement et conduire à un affaiblissement de la plante ou à la production de substances toxiques qui peuvent ensuite se transmettre naturellement à d'autres plantes apparentées, domestiques ou sauvages.

J. Neirynek. Je suis d'accord avec cette évaluation de la méthode qui est effectivement, comme nous l'expliquons plus haut, un bricolage. Néanmoins, il faut admettre que, dans la recherche technique, il y a toujours une étape qui est du bricolage. On a construit des machines à vapeur environ un siècle avant que l'on comprenne pourquoi elles fonctionnaient. On a aussi, pendant tout le XIX^e siècle, inventé des moteurs électriques au hasard, sans savoir pourquoi ils tournaient effectivement. Donc, il faut accepter, au début du développement du génie génétique, une période de tâtonnements qui va produire des effets secondaires, lesquels ne sont absolument pas recherchés et peuvent s'avérer négatifs et, pourquoi pas aussi, positifs. C'est une étape, dans le développement technique, qui est pleine de risques. Si l'on n'accepte pas de traverser cette étape, on ne fait strictement rien. La technique n'est pas, comme on le croit trop

souvent, de la science appliquée. C'est en utilisant des techniques artisanales que l'on finit à la longue par avoir une idée générale des phénomènes impliqués et que l'on fait de la science à partir de la technique, plutôt que le contraire. Nous avons beaucoup à apprendre sur l'ADN, et ce n'est pas par la méditation que nous y arriverons mais par le travail de laboratoire et les réalisations industrielles.

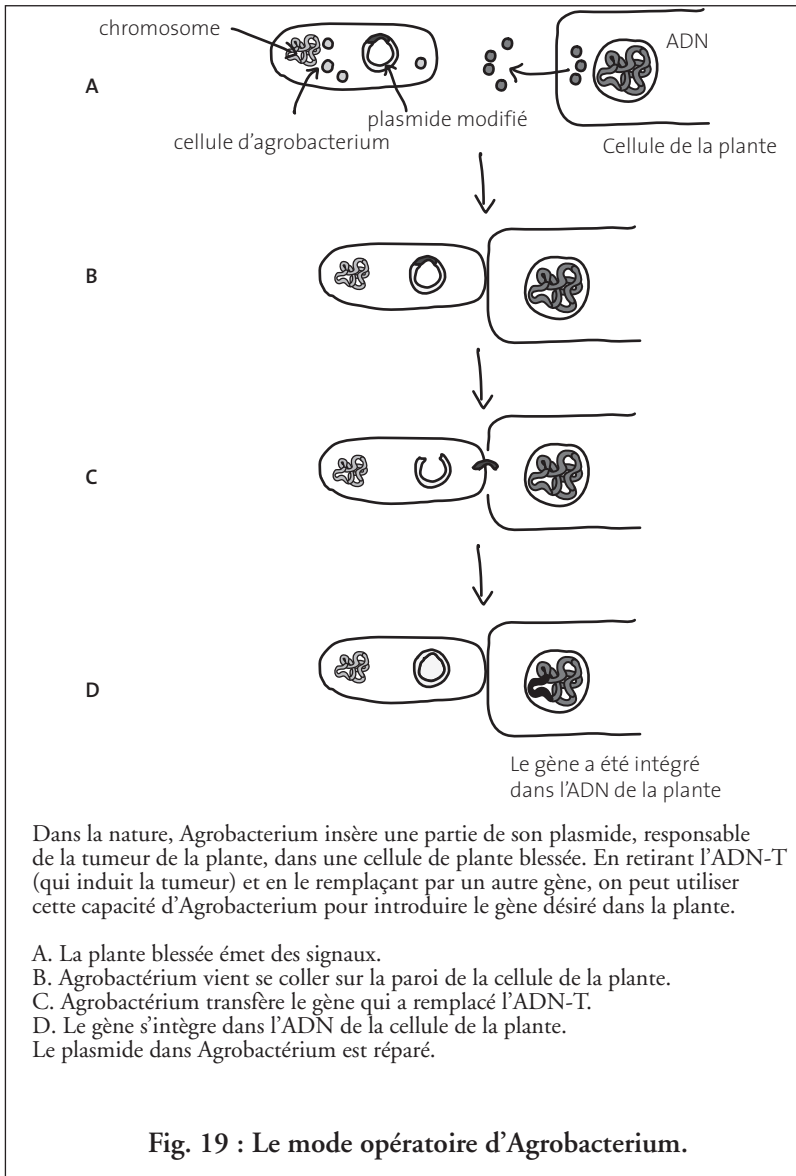
Méthode du choc électrique

Le même résultat peut être obtenu par un choc électrique. On mélange des cellules et des brins d'ADN cultivés sur *Escherichia coli*, et l'on soumet cette soupe à un champ électrique de 200 à 600 volts par centimètre : le choc ouvre des pores dans les membranes et 0,1 à 1 % des cellules absorbent et intègrent le nouveau brin d'ADN. En les sélectionnant et en les multipliant, on obtient les nouvelles cellules génétiquement modifiées.

Méthode des vecteurs

Agrobacterium tumefaciens est une bactérie qui est à l'origine de la galle des feuilles de diverses plantes. Elle agit en transférant dans les cellules de la plante hôte un brin d'ADN (ADN-T) situé sur son plasmide. Rappelons que le plasmide est une boucle d'ADN indépendante de l'ADN de la bactérie. Ce brin d'ADN provoque une suractivité de la cellule infectée et la pousse à se multiplier, provoquant un cancer végétal que l'on observe, par exemple, sur les chênes sous forme de boursouffure sous les feuilles.

On est aujourd'hui capable de produire des plasmides dans lesquels on a remplacé le brin ADN-T par des gènes que l'on désire



transférer dans une plante. En cultivant ces plasmides génétiquement modifiés et en les introduisant dans *Agrobacterium tumefaciens*, il est possible de faire pénétrer à peu près n'importe quel brin d'ADN ou gène dans une cellule de plante.

Méthode des virus

Les virus ont pour fonction essentielle de faire pénétrer du matériel génétique dans des cellules-hôtes pour les infecter et s'y reproduire : c'est une aubaine pour les généticiens, qui disposent ainsi d'un cheval de Troie idéal. La méthode est limitée par le fait que chaque virus est spécifique pour un organisme ou un groupe d'organismes hôtes donnés, et qu'il ne peut transporter que des brins d'ADN relativement petits.

On a déjà utilisé expérimentalement, par exemple, le virus de la mosaïque dorée de la tomate, un virus à ADN, dans lequel on a remplacé le gène responsable de l'enveloppe protéique du virus par le gène désiré. L'ADN modifié du virus est ensuite introduit dans une plante. Les virus se multiplient et envahissent la plante, portant le gène ajouté dans toutes ses cellules. L'absence de leur enveloppe protéique les empêche de se disséminer en dehors de la plante infectée.

DÉBAT

La distinction entre OGM au sens large et au sens restreint.

*Peut-on fabriquer des plantes qui ne seraient jamais
advenues suite à l'évolution naturelle ?*

J. Neiryneck. Ma réponse à ce genre de question est "on ne sait pas", "rien n'est impossible", "c'est très difficile de comprendre ce qui se passe dans la nature et dans un

laboratoire”. On ne comprend qu’approximativement ce qui se passe lors de l’évolution dite naturelle. Je ne vois pas au nom de quoi on mettrait à part ce qui est fait par les différents procédés expliqués précédemment et qui, effectivement, sont hautement artificiels. Peut-on raisonnablement, rationnellement, exclure qu’un résultat obtenu par une de ces méthodes n’advierait jamais dans la nature ? Peut-on répondre de façon absolue par non ?

Ph. Roch. Non, je pense qu’on ne peut pas répondre de manière absolue. Mais ces techniques “non naturelles” exigent une plus grande prudence que lorsqu’on laisse faire la nature elle-même. Ce qui est particulier avec ces techniques, c’est que l’on force la nature à accepter du matériel génétique provenant parfois d’espèces pour lesquelles elle-même n’offrirait aucune chance de contact. Surtout, je pense que la nature qui, comme on l’a vu, vit aussi des modifications du patrimoine génétique, prend beaucoup de temps pour le faire, et le temps joue probablement un rôle dans la sélection, dans l’élimination des ratages, dans une certaine prudence de la nature ; d’autre part, il y a beaucoup de phénomènes que l’on découvre seulement aujourd’hui, que l’on n’explique pas encore complètement, dans l’insertion et l’expression du matériel génétique, qui est régulé dans les cellules par des mécanismes très compliqués ; on les soupçonne, on commence à les décrire mais on ne les connaît pas entièrement. Donc, en forçant par des moyens directs et assez brutaux la pénétration d’ADN dans les cellules, on risque de transgresser ces mécanismes et, par conséquent, de produire des êtres vivants capables de se reproduire, capables de retransmettre à d’autres êtres vivants des caractéristiques que nous ne soupçonnons pas, qui peuvent

rester cachées et réapparaître plus tard, et qui peuvent être dangereuses pour les consommateurs et la nature. Le problème, c'est la reproduction, la dissémination de caractères dangereux que l'on ne pourra peut-être plus contrôler et c'est cela qui m'inquiète. C'est la raison pour laquelle je fais une distinction extrêmement importante entre l'utilisation de matériel génétiquement modifié dans la nature en plein champ et une autre utilisation en laboratoire, contrôlable, en milieu confiné, dont les éléments sont détruits après usage. Raison pour laquelle je suis très ouvert à l'utilisation des OGM dans l'industrie et dans la recherche, mais très réticent à leur utilisation dans la nature.

J. N. Cette distinction, qui se retrouve jusqu'à l'intérieur de la loi, mais de façon parfois obscure, ambiguë, tendancieuse, part du principe selon lequel il y a la nature d'un côté et l'homme d'un autre côté. Comme si l'homme n'était pas un phénomène naturel, comme s'il n'était pas le résultat d'une évolution naturelle. Pour moi, cela procède d'un mythe qui inspire le mouvement écologiste dans ce qu'il a de tendancieux. Il consiste à considérer que tout ce que fait la nature est bien fait, sauf l'homme, lequel est un échec de la nature et constitue un danger à l'intérieur de la nature, une sorte d'avorton monstrueux de l'évolution prêt à tuer sa mère.

Si l'on considère l'agriculture, qui fonctionne depuis environ dix millénaires, elle a produit toutes sortes d'OGM, par des méthodes relativement naturelles mais artificielles aussi, selon l'interprétation que l'on en donne. Dans une station officielle d'essais agronomiques ou chez un pépiniériste, on prélève du pollen avec un pinceau dans une fleur et on le dépose à l'intérieur d'une autre fleur, pour être

bien sûr d'obtenir le mélange de caractères que l'on désire. Cette méthode de croisement contrôlé peut être qualifiée de naturelle ou non, selon que l'on décide que l'homme fait partie de la nature ou non. Ce croisement ne se serait peut-être jamais produit s'il n'y avait pas eu un pinceau au bout d'une main, une serre et un agronome qualifié.

Toutes les espèces, en interagissant les unes avec les autres, sont des facteurs de l'évolution, pas seulement pour elles-mêmes mais pour les espèces voisines. Le lion, en attrapant les gazelles trop lentes, sélectionne les gazelles rapides. Le papillon, en se dirigeant vers une fleur plus brillante que les autres, améliore la beauté de cette fleur au fil des générations. Dès lors que l'homme se met à agir, à choisir et à comprendre l'évolution, il infléchit celle-ci de façon plus importante que toute autre espèce. Sans les hommes, le blé, la vigne, le maïs, le chien, la vache n'existeraient pas, ou bien ils ne surgiraient qu'après beaucoup plus de temps et ne survivraient pas à la lutte pour la survie.

Est-ce que cette détermination, cette volonté, cette rapidité avec lesquelles l'homme agit sont des dangers en soi ? L'homme peut-il laisser libre cours à son penchant pour l'innovation ? Ce penchant peut-il être gouverné essentiellement par la loi du profit ? Ce sont des questions distinctes qui restent ouvertes, mais auxquelles on ne peut pas donner une réponse catégorique ou globale, ni dans un sens ni dans un autre. Cependant, sur un principe, je demeure ferme : l'homme fait partie de la nature, ce n'est pas un raté de la nature. Dans d'autres discours, ne le considère-t-on pas comme le couronnement de celle-ci ?

Ph. R. Je partage le point de vue selon lequel l'homme est pleinement dans la nature, il est le résultat du processus

naturel, et c'est justement de ses liens de parenté avec la nature qu'il devrait tirer un respect pour elle, comme on respecte les membres de sa famille, les membres de sa communauté. Nous faisons partie de la nature, nous sommes de la communauté de la nature. Mais l'homme a un rôle tout à fait particulier à jouer puisque, Jacques Neirynck l'a dit, il a une capacité de choix, de liberté et d'inventivité que les autres éléments n'ont pas, en tout cas pas à titre individuel. Pour moi, cette liberté de l'homme va de pair avec la responsabilité. Un renard n'a pas la responsabilité personnelle des souris qu'il attrape, il obéit à son rôle dans la nature. L'homme peut échapper quelque peu à ces cycles naturels par son intelligence, par sa capacité d'invention, et c'est cela qui le soumet au principe de responsabilité. Lorsque, en dehors du problème des OGM, on voit de quelles destructions a été capable l'homme par la société technologique en général, parce qu'il n'a pas su utiliser son intelligence avec suffisamment d'attention et de respect vis-à-vis de la nature, on est en droit de craindre qu'avec une nouvelle technique qui va au cœur des mécanismes de la nature, où l'on peut influencer directement et rapidement l'évolution elle-même, l'homme, souvent irresponsable, commette des dégâts très graves voire irréparables. Cela justifie d'avoir une attitude de prudence. Je rejoins Jacques Neirynck : cette situation ne doit pas conduire à des impossibilités, à des interdits absolus, mais à une grande prudence et à un contrôle par la société – et pas seulement par les scientifiques et encore moins par les industriels –, un contrôle de ce que nous faisons avec ces techniques qui nous permettent d'aller au cœur du vivant.

Peut-être un dernier mot : tout en disant que l'homme fait partie de la nature, la nature a ceci de particulier qu'elle

est principalement non influencée par l'homme. Elle était là avant lui, elle a généré l'homme, et l'essentiel de la nature n'a pas été fait par l'homme. Je pense que nous avons besoin de garder une nature sauvage, c'est-à-dire non influencée par l'homme – ou peu influencée par l'homme –, comme richesse de notre milieu de vie et pour éviter que le monde ne devienne un monde purement humanisé, ce qui serait un appauvrissement considérable.

J. N. Je désire simplement répliquer que je suis d'accord sur ce principe de responsabilité. D'une part, l'homme est intelligent, donc il peut accélérer l'évolution ; mais d'autre part, du fait de cette intelligence, il encourt une responsabilité largement supérieure à celle des animaux.

Les applications scientifiques, médicales et industrielles des OGM

Les OGM en recherche fondamentale – utilisation dans le domaine médical et l'industrie.

En recherche fondamentale, le but des manipulations génétiques n'est pas forcément l'obtention d'OGM, mais le plus souvent un moyen de trouver des réponses à certaines questions scientifiques : quels gènes codent pour quelles protéines ? Comment les gènes contrôlent-ils le développement d'un embryon ? Quelles sont les étapes de division de la cellule ? À quoi correspond chaque moment de son développement ? Comme de nombreux laboratoires, le centre de recherche et développement agronomique de Nestlé à Tours, qui améliore constamment des variétés de café et de cacao, utilise le génie génétique pour ses recherches, mais il ne commercialise pas de plantes génétiquement modifiées.

Le domaine médical

Il y a de nombreuses applications pharmacologiques et médicales des OGM. Dans certains cas, le but d'un OGM est la production en grande quantité d'une protéine pure, intéressante pour l'homme.

Premier exemple. La plus connue de ces protéines est l'insuline nécessaire aux diabétiques. Dans sa forme la plus sévère, le diabète est

une maladie mortelle qui provient de l'absence de sécrétion naturelle de l'insuline par le pancréas. Elle peut actuellement être contrôlée par l'injection d'insuline. Jadis, cette insuline était extraite du pancréas de bœuf ou de porc. Cependant, elle n'était pas exactement de même nature que l'insuline humaine et, surtout, elle pouvait être infectée par un virus dont certains animaux sont parfois porteurs. Depuis la maladie de la vache folle, il n'est plus question d'injecter de l'insuline d'origine bovine, de peur de transmettre le prion responsable de cette maladie. L'insuline que l'on injecte actuellement aux diabétiques est fabriquée par des bactéries qui ont été modifiées par génie génétique. On obtient ainsi de l'insuline humaine qui est parfaitement bien tolérée.

Deuxième exemple. Jadis, on extrayait de l'hypophyse des cadavres l'hormone de croissance pour les enfants qui étaient menacés de ne jamais grandir parce qu'ils ne la synthétisaient pas et qu'ils demeureraient donc nains. Malheureusement, dans certains cas, cette hormone était contaminée par le prion de la maladie de Kreuzfeld-Jacob présent dans le corps du défunt. Les enfants grandissaient certes, mais ils mouraient ensuite. On produit aujourd'hui l'hormone de croissance de la même manière que l'insuline, à partir de gènes humains introduits dans la bactérie *Escherichia coli*.

Troisième exemple. Il en fut de même avec le facteur coagulant qui est nécessaire pour les enfants atteints d'hémophilie. Cette maladie survient lorsque l'organisme ne synthétise pas la protéine qui arrête normalement le saignement d'une blessure par la formation d'un caillot. Ce facteur fut longtemps extrait du sang des donneurs. Comme certains de ceux-ci étaient atteints du sida, plusieurs dizaines de milliers d'hémophiles furent infectés par la maladie : ce fut le scandale du sang contaminé en France. Depuis, on utilise des bactéries ou des levures qui ont été génétiquement

modifiées. L'hormone de croissance constitue le parfait exemple, avec le facteur coagulant, de produits pharmaceutiques que le génie génétique permet de fabriquer dans de bien meilleures conditions de sécurité que naguère.

Quatrième exemple. Autrefois, les vaccins étaient obtenus en affaiblissant le virus, opération risquée, faite à tâtons. De plus, la production faisait appel à des virus cultivés sur des cellules, par exemple de l'œuf ou du rein de singe. Donc, on extrayait quelque chose du support sans toujours s'en rendre compte, avec un risque d'accident. On peut aujourd'hui fabriquer des vaccins beaucoup plus sûrs, avec des virus recombinants qui ont la vertu de stimuler les réactions immunitaires du receveur sans transmettre la maladie. Ils immunisent réellement sans faire courir le risque de déclencher l'infection elle-même. En effet, on peut isoler l'antigène grâce au génie génétique. Des levures reçoivent les gènes responsables de la fabrication des antigènes situés sur la coque protéique du virus, mais pas le reste de son matériel génétique. Les levures produisent une grande quantité de ces antigènes, mais elle ne peuvent pas reproduire le virus lui-même. Ces antigènes sont ensuite inoculés pour provoquer la réaction immunitaire du patient, sans risque de prolifération du virus. De plus, ces vaccins ne sont plus contaminés. Le premier vaccin produit de cette manière a été le vaccin contre l'hépatite B, qui a protégé des dizaines de millions de personnes contre cette maladie.

Utilisation pour l'industrie

C'est surtout l'industrie pharmaceutique qui utilise des organismes génétiquement modifiés pour produire des substances complexes pures comme celles mentionnées ci-dessus. On enregistre rien qu'en Suisse plus de deux mille activités industrielles et de

recherche qui impliquent des organismes génétiquement modifiés ou pathogènes, pour la plupart des micro-organismes. Entre 200 et 300 nouvelles notifications et demandes d'autorisations sont déposées chaque année auprès du Bureau de Biotechnologie de la Confédération³. Ces activités, en milieu confiné bien contrôlé, n'ont posé à ce jour aucun problème à l'environnement.

Des recherches portent aussi sur des plantes ou des micro-organismes génétiquement modifiés permettant de dépolluer les eaux et les sols contaminés et, plus généralement, d'éliminer les contaminants de l'environnement. Ces utilisations dans l'environnement peuvent poser les mêmes problèmes que les utilisations agricoles dont nous parlons au chapitre suivant.

DÉBAT

Ph. Roch. Il faut distinguer trois types de contacts directs avec les OGM : l'utilisation de produits pharmaceutiques fabriqués par génie génétique, qui ne contiennent plus le matériel génétique qui les a produits, les aliments produits dans les mêmes conditions, par exemple du sucre produit par des betteraves génétiquement modifiées, mais qui a été purifié et ne contient plus de matériel génétique, et enfin des aliments génétiquement modifiés, qui contiennent tout leur matériel génétique. Je n'ai pas de crainte d'atteinte à ma santé si je mange du sucre purifié produit par des betteraves génétiquement modifiées. Les problèmes peuvent commencer avec l'ingestion de pommes de terre, de maïs ou de poulet transgéniques, qui pourraient contenir des substances nocives, produits secondaires involontaires de la manipulation génétique, non détectés par les contrôles. En ingérant des organismes génétiquement modifiés, je

peux aussi mettre mes propres cellules en présence d'ADN étranger auquel elles n'auraient jamais été confrontées dans la nature. Mais lorsque je parle d'applications alimentaires, je pense surtout à l'agriculture, c'est-à-dire à la production alimentaire, autrement dit à l'utilisation des OGM dans la nature, là où ils peuvent se reproduire et contaminer d'autres organismes vivants. C'est dans les champs, ce dont nous parlerons au chapitre suivant, que je vois de réels risques.

Pour revenir à l'aspect médical, on a vu tout à l'heure qu'il y a des avantages certains à produire des substances pharmacologiques dans des conditions idéales de pureté, de contrôle, donc sans aucun risque de contamination. Ça, c'est formidable. Se pose en revanche le problème de l'utilisation d'OGM, de cellules modifiées vivantes à l'intérieur de notre organisme, par exemple l'implantation de cellules du pancréas génétiquement modifiées qui pourraient produire de l'insuline dans le corps d'un diabétique. Dans ce cas, les risques sont individuels et chacun est libre de choisir. Cela soulève tout de même des problèmes éthiques : jusqu'où a-t-on le droit de manipuler notre corps ? N'y a-t-il pas des risques de dérive eugénique au niveau embryonnaire. Ne va-t-on pas finir par manipuler des embryons pour qu'ils soient plus beaux, blonds aux yeux bleus, ou qu'ils héritent des gènes d'un grand savant ou d'une grande artiste ? Il y a là un terrain gigantesque où l'éthique entre en scène. J'ai une position assez restrictive de l'utilisation du génie génétique directement dans le corps humain.

J. Neirynck. Selon moi, la distinction essentielle peut être faite à deux niveaux.

Un premier niveau purement rationnel consiste à dire que la culture des OGM introduit dans la nature des organismes génétiquement modifiés. Mais la production de vaccins, d'insuline ou d'hormone de croissance à partir d'OGM aboutit à un résultat final indiscernable d'une production naturelle. L'insuline humaine est produite par le corps, l'insuline médicale par des OGM. En analysant cette dernière, on ne trouve pas de différence avec l'insuline naturelle. Il n'y a aucune raison objective de s'en méfier parce qu'elle a été obtenue au moyen d'un OGM.

On peut d'ailleurs dire la même chose des betteraves génétiquement modifiées qui produisent du sucre. Ce sucre est en fait une molécule chimique bien connue et identifiable, du saccharose. Il est, à l'analyse, indiscernable du sucre produit par des betteraves ordinaires. Ou encore de l'huile de maïs ou de tournesol : qu'elle soit produite par des plantes traditionnelles ou par des OGM, à l'analyse chimique on ne trouve plus que des acides gras dont il est impossible de déterminer la provenance.

Il faut donc bien distinguer objectivement : d'une part l'OGM qui sert d'intermédiaire pour aboutir à un produit qui existe dans la nature, que ce soit un médicament ou un produit alimentaire dérivé ; d'autre part une plante OGM qui est ingurgitée sous forme de cellules comportant un ADN modifié. Il est inutile d'éprouver quelque crainte que ce soit dans le premier cas. L'OGM sert à produire une molécule naturelle, il n'est qu'un intermédiaire. On peut se poser la question de l'innocuité dans le second cas, sans pour autant se précipiter sur la conclusion que c'est évidemment dangereux.

Mais il existe un autre niveau, celui, passionnel, de l'opinion publique. L'opinion publique sait vaguement, car les médias l'ont à peine mentionné, que l'hormone de croissance ou l'insuline sont désormais fabriquées par des OGM. Elle n'a pas réagi. Elle n'a pas même conscience qu'il s'agit de molécules naturelles. En revanche, si on essaie de mettre sur le marché du maïs étiqueté OGM, on est sûr de ne pas le vendre. Cette attitude de l'opinion publique est paradoxale.

Un médicament est, par sa nature, un produit artificiel. On fait plus que de l'ingérer, on peut directement l'injecter dans les veines. Le patient sait qu'il y a toujours un risque, celui d'effets secondaires, mais il ne peut pas faire autrement que d'accepter la médication, sinon il risque de mourir dans certains cas. Il se résigne donc volontiers au risque. Et comme c'est dans le cadre de la médecine, il appartient au médecin de garantir par sa science au patient que le produit est acceptable.

En revanche, les consommateurs vont acheter eux-mêmes leur nourriture dans des supermarchés et cette nourriture, ils l'ingèrent, elle devient une part d'eux-mêmes. Et ça leur pose un véritable problème, parce que c'est la vie de tous les jours, parce que la nourriture est quelque chose de sacré, de non scientifique. Ce sacrement de la nourriture est exercé par la ménagère et non par le médecin. Il n'y a plus de garantie par un spécialiste. À force de manger des OGM, est-ce que l'on ne risque pas un cancer ?

Il faut bien percevoir l'existence d'un facteur culturel qui, pour l'alimentation, et seulement pour l'alimentation, pose un problème dans les cultures où l'on mange au sens

fort du terme. Aux États-Unis, le consommateur se nourrit, le repas n'a pas la même signification qu'en Europe.

C'est pour de telles raisons émotionnelles que l'opinion publique accepte les médicaments et refuse les aliments en Europe. Derrière ces fausses raisons, se dissimule un argument objectif : avec les médicaments qui sont de simples molécules, on ne court absolument aucun risque. Mais logiquement, le consommateur devrait adopter la même attitude à l'égard de produits dérivés comme le sucre ou l'huile.

Ph. R. Il y a tout de même à mes yeux des différences essentielles entre un médicament et un aliment.

Quand on injecte de l'insuline, on injecte de l'insuline pure et non des bestioles qui vont produire de l'insuline dans le corps ; et puis on s'injecte de l'insuline parce qu'on a une maladie, comme l'a dit Jacques Neirynck, qui pourrait nous condamner à mort, donc on préfère le médicament !

Manger du maïs génétiquement modifié, ce n'est pas nécessaire, on peut manger du maïs naturel. Quand on mange une plante génétiquement modifiée, on mange tout de même de l'ADN modifié ; éventuellement, on y a introduit des gènes d'animaux ; donc, on pourrait craindre d'intégrer dans notre ADN de l'ADN de singe ou d'un autre animal, et il y a une raison réelle de craindre des effets indésirables. Et puis encore une fois, derrière l'alimentaire, il y a toute l'agriculture : si je mange bio, ce n'est pas seulement pour ma santé, mais c'est pour soutenir une agriculture qui, elle, veille à la santé de la Terre.

Je conclurai sur un dernier point : je suis content que la population, intuitivement, fasse davantage confiance

aux médecins dont le but est de soigner le patient, qu'à Syngenta et Monsanto dont le seul but est de s'enrichir sans aucun scrupule ! Cette distinction est essentielle et la sagesse populaire la fait intuitivement, de manière très intelligente.

Les OGM en plein champ

Sélection, croisements – OGM dans l'agriculture – cultures à but industriel.

Depuis l'invention de l'agriculture, l'homme sélectionne et croise des plantes et des animaux en vue d'augmenter les rendements de son travail. Ceci vaut par exemple pour le blé, la vigne et la vache. Les paysans ont modifié plantes et animaux depuis dix mille ans pour en tirer un meilleur parti. Ils ont observé dans un champ l'épi le plus lourd et ont utilisé ses graines pour semer la prochaine récolte. Ils ont gardé pour la reproduction les taureaux descendant de vaches bonnes laitières. Ils ont appris à greffer systématiquement les ceps de vigne.

Par ces choix spontanés, reposant sur l'observation et le bon sens, ils ont sélectionné le meilleur ADN, ils l'ont préservé et transmis aux générations suivantes. Et ils ont continué à l'améliorer à travers les siècles. Il a fallu sept mutations majeures, sélectionnées au fil de dix millénaires, pour qu'une plante sauvage, la téosinte, donne naissance au maïs tel que nous le connaissons. Néanmoins, comme les grains de maïs sont trop lourds pour être emportés par le vent et disséminés, le maïs se reproduit dans la mesure où il est cultivé, où la main de l'homme remplace le mécanisme naturel de dispersion et de reproduction.

DÉBAT

J. Neiryndck. En ce sens, il n'y a dans une ferme aucun animal ou aucun végétal, qui ne soit pas un OGM au sens littéral du terme. Si l'on s'en tenait à ce que la nature nous offre, nous en serions toujours à la chasse et à la cueillette, c'est-à-dire que la Terre subviendrait médiocrement aux besoins de quelques millions d'individus. Sans OGM au sens large, l'espèce humaine ne peut survivre dans sa composition actuelle, six milliards d'individus vivant de plus en plus dans des villes, avec un paysannat traditionnel en voie d'extinction.

En sens inverse, si l'on abandonne un élevage sans soin, les bêtes périssent ; si des grains de maïs ou de blé sont semés au hasard, les plantes sont étouffées par les mauvaises herbes. Nous vivons en symbiose avec des animaux et des plantes dont nous ne pouvons nous passer pour nous nourrir et qui ne peuvent se passer de nous sans dépérir. L'élevage et l'agriculture sont deux vastes entreprises techniques, qui bouleversent non seulement le paysage, mais qui ont aussi métamorphosé le vivant, la relation essentielle entre l'homme, les plantes et les animaux.

Ph. Roch. Je ne partage pas entièrement ce point de vue. Il y a une différence essentielle entre le fait de sélectionner, garder et reproduire ce que la nature a fait d'elle-même et celui de provoquer de force une modification génétique en laboratoire. Il y a dans la nature des mécanismes de régulation, de contrôle et de réparation que nous ne comprenons que très partiellement et que nous violons en introduisant de force du matériel génétique dans les noyaux des cellules. Le facteur temps fait partie de la prudence de la nature :

dans la nature, chaque modification est longuement sou-pesée, contrôlée et, dans la plupart des cas, éliminée.

J. N. Est-ce que je peux résumer cette appréciation comparée de l'évolution naturelle et de l'évolution forcée en disant que ce que fait la nature est bien parce qu'elle le fait au hasard et qu'elle a le temps de laisser le hasard faire son œuvre ? Dans cette qualification de nature, Philippe dit qu'elle "soutiend et contrôle", c'est-à-dire qu'elle agit comme si elle disposait d'une conscience et d'une intelligence.

En sens inverse, est-ce que cela veut dire que l'homme, qui ne travaille plus au hasard mais de façon délibérée avec une certaine marge d'incertitude, agit, du seul fait de cette démarche, d'une manière profondément contraire à la nature ? Je ne prétends pas que ce qui a été fait jusqu'ici par les firmes agro-industrielles était bien sou-pesé et bien contrôlé. Mais je soutiens que, dans une autre organisation de la recherche et de la technique, l'homme est capable d'une pesée des intérêts plus subtile et plus efficace que celle du hasard naturel.

Ph. R. Je ne prétends pas que l'action de l'homme par la technique du génie génétique est contraire à la nature, mais elle lui donne une puissance nouvelle d'intervention directe dans le vivant, qui suppose une responsabilité dont je doute qu'il soit capable de l'assumer.

J. N. Nous sommes ici au cœur du problème. L'homme est-il capable ou non d'assumer une responsabilité au niveau planétaire. N'a-t-il pas failli exterminer toute vie par un armement nucléaire démesuré dont le déclenchement dépendait de deux chefs d'États plus ou moins fiables ? Mais n'a-t-il pas aussi, face à ce défi existentiel, compris, certes tardivement et partiellement, qu'il fallait arrêter cette

course et procéder au désarmement ? La question essentielle est celle de la confiance en l'homme, c'est-à-dire en la nature dont il est, dit-on, le couronnement.

Les OGM agricoles

Le débat actuel porte sur des OGM obtenus par d'autres méthodes que celles de la tradition paysanne (sélection, croisement, bouture, greffe) qui furent effectuées instinctivement, sans compréhension précise des mécanismes mis en jeu. Les cultivateurs ont attendu qu'une mutation se produise naturellement pour la conserver si elle allait dans le bon sens : augmentation du rendement, résistance aux parasites, tolérance d'un sol pauvre. Depuis que les biologistes ont découvert le fonctionnement de l'ADN, il est possible de faire évoluer l'agriculture en modifiant l'ADN d'une espèce dans un but précis.

En d'autres termes, les agronomes d'aujourd'hui possèdent des outils beaucoup plus puissants que ceux des paysans de jadis ou même des stations d'essais agronomiques, des pépinières et des jardins botaniques qui ont œuvré depuis deux siècles. Ce que l'on désigne aujourd'hui sous le nom d'OGM au sens restreint, sont des plantes obtenues par le génie génétique, c'est-à-dire des méthodes techniques avancées qui permettent de créer la nouvelle espèce désirée, sans attendre que l'évolution spontanée ou le hasard des croisements permettent de la découvrir. Le génie génétique permet d'aller droit au but, tout de suite et en interprétant la nature de l'opération. La question essentielle demeure de savoir dans quel but.

Les principales plantes cultivées (maïs, riz, coton, colza, betterave, pomme de terre, soja, œillet, chicorée, tabac, lin,

tournesol, tomate, fraise) ont des versions génétiquement modifiées. On estime à 1 500 millions d'hectares l'ensemble des terres cultivées dans le monde, dont 275 millions d'hectares de terres irriguées (18 %). Ces dernières fournissent 40 % de la production agricole mondiale.

En 2008, on cultivait 125 millions d'hectares de plantes génétiquement modifiées dans le monde, soit 8 % de toutes les surfaces cultivées. 90 % des plantes génétiquement modifiées sont du soja, du maïs et du coton. On les a rendus résistants à un herbicide, le Roundup, ou résistants à des insectes ravageurs, la pyrale du maïs ou le bollworm (*Helioverpa*) du cotonnier.

Environ 9 % de ces 125 millions d'hectares, soit 11,2 millions d'hectares ont été mis en culture pour produire de l'éthanol (7 millions d'hectares de maïs) et du biodiesel (4,2 millions d'hectares de soja).

Fig. 20 : Surfaces de plantes OGM cultivées en 2008
(en millions d'hectares)⁴

Rang	Pays	Superficie (en millions d'hectares)	Plante biotech
1	États-Unis	62,5	Soja, maïs, coton, colza, courge, papaye, luzerne, betterave sucrière
2	Argentine	21,0	Soja, maïs, coton
3	Brésil	15,8	Soja, maïs, coton
4	Inde	7,6	Coton
5	Canada	7,6	Colza, maïs, soja, betterave sucrière
6	Chine	3,8	Coton, tomate, peuplier, pétunia, papaye, poivron

OGM. Risques et chances

7	Paraguay	2,7	Soja
8	Afrique du Sud	1,8	Maïs, soja, coton
9	Uruguay	0,7	Soja, maïs
10	Bolivie	0,6	Soja
11	Philippines	0,4	Maïs
12	Australie	0,2	Coton, colza, œillet
13	Mexique	0,1	Coton, soja
14	Espagne	0,1	Maïs
15	Chili	< 0,1	Maïs, soja, colza
16	Colombie	< 0,1	Coton, œillet
17	Honduras	< 0,1	Maïs
18	Burkina Faso	< 0,1	Coton
19	République Tchèque	< 0,1	Maïs
20	Roumanie	< 0,1	Maïs
21	Portugal	< 0,1	Maïs
22	Allemagne	< 0,1	Maïs
23	Pologne	< 0,1	Maïs
24	Slovaquie	< 0,1	Maïs
25	Égypte	< 0,1	Maïs

Quel OGM, dans quel but ?

Premier objectif : augmenter le rendement des cultures en les débarrassant des plantes parasites. On peut souhaiter rendre une plante résistante à un herbicide, de façon à la débarrasser des mauvaises herbes puisque l'on peut épandre massivement cet herbicide sans risque pour la récolte. Reprenons l'exemple du maïs. On souhaite créer une nouvelle espèce de maïs qui soit résistante à un herbicide total. Pourquoi ? Parce qu'il n'est pas question de nettoyer à la main un champ de maïs, qui est naturellement envahi par des

plantes parasites, et que la présence de celles-ci réduit le rendement du champ. En utilisant un maïs OGM résistant à un herbicide total, on nettoie le champ des mauvaises herbes et on ne détruit pas le maïs. La résistance à un herbicide permet une utilisation plus intense et plus fréquente de cet herbicide. Ces cultures d'OGM ne conduisent donc pas à une diminution de l'utilisation de produits chimiques, mais à une augmentation. Aujourd'hui, du maïs, du soja, du coton, du canola, de la betterave sucrière, du lin sont génétiquement modifiés pour résister à cet herbicide.

Deuxième objectif : créer une résistance de la plante à l'attaque par un insecte ou tout autre parasite. À titre d'exemple, les cultures de maïs résistantes à la pyrale (OGM Bt) produisent en permanence au sein de la plante une toxine mortelle pour l'insecte en question, un insecticide permanent. Loin de supprimer l'existence d'insecticide, la plante génère en permanence l'insecticide, avec trois risques majeurs : la contamination des graines par l'insecticide ; la destruction d'insectes utiles ou inoffensifs ; le développement de résistances dans les insectes ravageurs, qui pourront alors s'attaquer massivement non seulement aux cultures OGM mais aussi aux cultures conventionnelles et biologiques. Cette méthode contrevient à un principe fondamental de la lutte contre les ravageurs, principe selon lequel il ne faut intervenir, avec modération, qu'au moment nécessaire, sans chercher à éliminer la totalité des ravageurs, pour éviter le développement de résistances. L'agriculture conventionnelle lutte très efficacement contre la pyrale du maïs en répandant sur les champs une bactérie, *Bacillus thuringensis*, qui s'attaque aux larves de la pyrale juste où et quand cela est nécessaire.

Les végétaux sont aussi sensibles à l'attaque d'autres parasites comme les moisissures, les virus et les bactéries. Normalement, l'agriculteur se protège en aspergeant sa culture de pesticide. Parfois,

il n'y a rien d'autre à faire que de détruire le végétal attaqué, comme c'est le cas actuellement avec le feu bactérien qui détruit les pommiers. Il en est de même pour la moniliose, maladie cryptogamique qui détruit la plupart des arbres fruitiers à noyaux. La rouille est une maladie cryptogamique qui s'attaque au poirier et que l'on peut combattre par des aspersions régulières et nombreuses de fongicide. En revanche, le pommier est insensible à cette maladie : il serait intéressant de rendre le poirier résistant en le dotant du fragment d'ADN qui rend le pommier indemne.

Troisième objectif : produire des plantes génétiquement modifiées pour augmenter leurs qualités nutritives, comme l'introduction de vitamine A dans le riz doré, leur capacité de résistance aux variations de climat (sécheresse, mousson) ou leur capacité de pousser sur des sols salinisés. La recherche s'oriente aujourd'hui vers la modification de plusieurs traits dans une seule plante génétiquement modifiée. Par exemple, le gouvernement chinois pilote un projet visant l'amélioration de la qualité nutritive d'un riz, mais également son adaptation aux environnements stressants (sécheresse, salinité). Ce riz, nommé Green Super Rice, devrait également comporter plusieurs gènes de résistance à des insectes et maladies.

Les cultures OGM à but industriel

Les plantes OGM permettent la production de matières premières à destination de l'industrie : des peupliers et des eucalyptus OGM ayant un taux de lignine moindre ont ainsi été obtenus pour faciliter le processus de fabrication de la pâte à papier en réduisant l'utilisation des produits chimiques nécessaires pour casser la fibre du bois. Néanmoins, devant le peu de demande des papetiers, cette production devrait se tourner vers la production de bioéthanol.

Les surfaces agricoles ne sont pas convoitées seulement pour la production alimentaire, mais de plus en plus pour des productions industrielles, qui peuvent utiliser des plantes génétiquement modifiées de catégories beaucoup plus problématiques.

À titre d'exemple, en Allemagne, la firme Novoplant veut procéder à la culture en plein champ de pois transgéniques dans lesquels on a introduit un gène de souris. Les pois transgéniques devraient contenir un médicament contre la diarrhée porcine. Normalement, la production de médicaments s'effectue dans des laboratoires sécurisés. Désormais, on pourrait simplement les cultiver dans un champ sous forme d'OGM. Dans ce cas, qu'en est-il des risques⁵ ?

DÉBAT

J. Neiryck. En conclusion de ce chapitre, il faut souligner que l'agriculture d'OGM est un vaste champ encore inexploré. Ce que les firmes agro-industrielles ont entrepris vise surtout à l'augmentation du rendement, tandis que ce que la Chine vise avec une entreprise étatisée est la qualité nutritive du riz. Ce ne sont pas les mêmes visées : le rendement immédiat d'un champ ou la santé de la population.

De même les Européens, s'ils voulaient agir dans ce domaine, pourraient s'intéresser à la qualité gustative des aliments : entre une pomme Cox Orange et une Golden, il y a une nette différence de goût, à l'avantage de la première. Alors pourquoi la seconde est-elle omniprésente dans les gondoles de supermarchés, sinon parce que sa commercialisation rapporte davantage pour toutes sortes de raisons : production plus abondante, meilleure conservation, etc. Il ne s'agit même pas ici d'une comparaison entre un produit naturel et

un OGM, mais de la pente fatale d'une agriculture et d'une distribution de masse. Les produits médiocres chassent les meilleurs qui sont moins rentables. Le seul mécanisme du marché qui dégrade la qualité gustative de la nourriture doit être mieux contrôlé par les pouvoirs publics.

Une agriculture à base d'OGM est une voie d'avenir dans plusieurs dimensions, productivité, qualité nutritionnelle ou gustative, etc., pourvu que les décisions soient prises en vue du bien public et non de l'intérêt financier d'une entreprise. Cela suppose une action politique positive et non négative, sous la seule forme d'interdits.

Ph. Roch. Nous sommes très loin de cette situation, puisque même la recherche publique dépend du soutien des entreprises privées. L'utilisation industrielle d'OGM accentue encore la tendance du marché à réduire la diversité des produits pour se concentrer sur les plus rentables. L'exemple du riz doré est l'un des plus absurdes dont j'aie eu connaissance. Des chercheurs manipulent génétiquement du riz pour augmenter sa teneur en vitamine A, car des populations dont le riz est l'aliment principal manquent de cette vitamine et souffrent en conséquence de problèmes de vue. Or, ces populations trouvaient autrefois en abondance cette vitamine dans les végétaux qui poussaient autour des rizières et dans les forêts voisines. Ces espaces ont été supprimés pour intensifier les cultures, et pollués par les pesticides. De nombreux petits paysans cultivent des sortes de riz longuement sélectionnées pour correspondre aux conditions climatiques et pédologiques locales. Il y a ainsi plus de quatre vingt mille sortes de riz dans le monde. Les modifier génétiquement toutes est simplement impossible et serait très coûteux. Une riziculture proche de la

nature répond à tous les besoins, sans génie génétique. Les méthodes de sélection et de cultures traditionnelles suffisent à conserver une grande diversité de produits cultivés et à développer des lignées résistantes, productives et de haute valeur gustative.

Les risques

Envahissement – nouvelles résistances des parasites – production de toxiques – contamination des cultures sans OGM et de plantes sauvages – atteintes à des insectes non ciblés – déstabilisation du système génétique – atteintes à la santé humaine – les rendements – l'industrialisation de l'agriculture – le pouvoir des multinationales – c'est possible sans OGM.

Puisque toute nouvelle technique apporte avec elle sa dose d'incertitudes et de périls, les OGM ne font pas exception. Ces menaces peuvent se situer à différents niveaux, comme le montrent des exemples historiques dans le domaine de l'agriculture :

– **Pour la santé ou la sécurité du consommateur ou du patient.** Le cas le plus révélateur est celui du tabac : importé des Amériques au XVII^e siècle, longtemps considéré comme un luxe et même comme un remède naturel, il fallut sa consommation massive au XX^e siècle pour se rendre compte que c'était un facteur déterminant du cancer du poumon, que ce n'était pas une médecine ni un agrément mais un poison et un fléau social.

– **Pour l'environnement.** L'irrigation pratiquée sans discernement avec des eaux chargées de sels minéraux durant l'Antiquité a fini par stériliser des terres agricoles au Moyen-Orient. La culture intensive en Afrique après la colonisation a produit un phénomène de latéritisation (le sol est impropre à toute culture), parce que la forêt détruite ne protège plus les sols, à la fois du fort lessivage des pluies tropicales pendant la saison humide et des fortes évaporations

pendant la saison sèche. Dans ces deux exemples, le sol devient stérile parce qu'il a été cultivé sans discernement.

– **Pour les peuples.** Les Indiens des États-Unis vivaient de la chasse aux dépens de troupeaux de bisons, qui atteignaient plusieurs dizaines de millions de bêtes. L'introduction par les colons européens de l'agriculture dans les plaines, où ces animaux pâturaient, a entraîné leur massacre systématique, et les tribus indiennes ont été réduites à un peuple d'assistés parqués dans des réserves, où aucune activité économique sérieuse n'est possible.

– **Pour la survenance de crises.** La pomme de terre a été introduite en Europe au ^{xvii}^e siècle et elle a largement servi à supprimer les famines récurrentes chaque fois qu'une récolte de blé se révélait insuffisante. Cela a entraîné une augmentation de la population européenne. Mais en 1846, le mildiou, un parasite, envahit les cultures et les détruit : l'Irlande, qui dépendait de cette culture pour nourrir sa population devenue nombreuse, a subi une famine qui a tué près d'un million de personnes tandis que deux millions d'Irlandais émigraient aux États-Unis. Ils firent partie de cette marée d'immigrants qui détruisirent la culture indienne.

Ces exemples montrent que la véritable nature d'une technique, même agricole, ne se révèle qu'à l'usage. Il faut un certain temps et une certaine pénétration pour que ses inconvénients comme ses avantages apparaissent. Il est impossible de les prévoir d'entrée de jeu, car toute technique entre en relation avec l'ensemble de la société, de son économie et du reste de son système technique. En matière d'OGM, nous ne disposons que du recul de trois décennies : les véritables dangers ne sont sans doute pas encore apparus.

Comme il s'agit d'êtres vivants, les plantes génétiquement modifiées peuvent se multiplier et transmettre à d'autres êtres vivants par fécondation, croisement ou transfert de gènes des propriétés qui

peuvent modifier le génome d'autres plantes cultivées, de plantes sauvages ou créer des déséquilibres dans les écosystèmes.

Face à cette incertitude, on peut invoquer le principe de précaution : faut-il ne rien entreprendre qui fasse courir des risques graves ? La question demeure de savoir quels sont ces risques et quelle est leur gravité, puisqu'ils ne se sont pas encore manifestés. Il faut faire une pesée d'intérêts entre les risques et les bénéfices potentiels d'une nouvelle technique, ce qui n'est pas facile.

Apparition de résistances aux insecticides naturels

Dans certains OGM, le gène inséré code pour une toxine qui agit comme un pesticide : l'insecte qui s'attaque à la plante périt empoisonné. Les avantages avancés pour justifier cette stratégie sont : l'absence de pollution chimique par aspersion des cultures au moyen d'un pesticide chimique ; la toxine n'est active que sur les insectes et pas pour les mammifères ni pour l'homme ; dans le cas du maïs, la toxine est produite principalement dans les parties vertes de la plante, qui ne sont jamais consommées par l'homme mais qui sont, en revanche, en contact avec les chenilles dès leur éclosion.

Cependant, ces avantages coexistent avec des inconvénients : l'accumulation de ce produit dans le végétal ne risque-t-elle pas d'être toxique pour ceux qui le consomment ? La toxicité du végétal doit alors être évaluée, et des seuils maximums journaliers des produits présents doivent être définis. On peut objecter à cela que les pesticides chimiques sont déjà largement utilisés dans l'agriculture des plantes non-OGM. Mais il y a une différence. Un pesticide chimique n'est normalement utilisé que lorsque la menace d'invasion par l'insecte en question est probable. Un pesticide incorporé à la plante est toujours présent.

Autre considération, cette technique risque de provoquer des effets pervers comme l'apparition, au cours de l'évolution des populations, de ravageurs insensibles à la toxine. La probabilité et la vitesse de sélection d'insectes résistants dépendent de nombreux facteurs : du nombre de générations ; de la concentration de la toxine dans la plante ; de la présence et de la fréquence des éventuels gènes de résistance dans les différentes populations de ravageurs. S'il y avait apparition chez l'insecte d'une résistance à la toxine incluse dans la plante, cela priverait les agriculteurs d'un moyen de lutte pratique, efficace et non polluant. Le risque environnemental serait irrémédiable. En effet, la lutte contre la pyrale n'est actuellement pas dépendante d'un pesticide chimique. On utilise la bactérie Bt qui est répandue sur les cultures. C'est donc un moyen de lutte biologique. Si les insectes deviennent résistants à ces virus, les agriculteurs seront obligés de revenir à la lutte chimique antérieure. Des chercheurs du département d'entomologie de l'Université d'Arizona ont établi que, dans des cultures de coton, les insectes nuisibles sont devenus résistants aux toxines Bt des plants de coton génétiquement modifiés⁶. Par ailleurs, il est important de s'assurer que les plantes génétiquement modifiées, par insertion de gènes de résistance aux insectes ravageurs, ne sont pas toxiques vis-à-vis d'autres animaux qui ne font pas partie de la cible et qui sont utiles, comme les abeilles, les coccinelles ou les vers de terre par exemple.

Les herbicides

Dans ce cas, la stratégie du génie génétique est tout à fait différente. Il ne s'agit pas d'inclure dans l'ADN un gène fabriquant un herbicide, mais au contraire un gène qui empêche un certain herbicide chimique de détruire la plante. Le fermier, qui désire éliminer les

mauvaises herbes de son champ, peut allègrement arroser celui-ci d'herbicide car sa récolte est immunisée et le rendement du champ est amélioré puisque les plantes parasites sont éliminées. Dès lors explosent les ventes d'herbicides produits par les mêmes firmes qui vendent les semences OGM. C'est un double bénéfice pour elles. Certains cultivateurs trouvent un avantage immédiat à acheter à la fois les semences et l'herbicide. Ils deviennent totalement dépendants de l'industrie agroalimentaire.

L'usage des OGM résistant à certains herbicides se justifie seulement s'il y a des problèmes de désherbage non résolus ou des risques liés à l'utilisation de plusieurs produits anciens, plus ou moins toxiques pour l'environnement. Leur utilisation ne doit pas être abusive au point de transmettre les gènes de résistance à des mauvaises herbes, ce qui conduirait à ne plus pouvoir détruire ces dernières que par des herbicides spécifiques.

Enfin, l'herbicide utilisé adhère aux plantes traitées, qui le tolèrent mais ne l'éliminent pas. Que devient cet herbicide chez l'animal qui mange la plante ou chez l'homme qui mange l'animal qui a mangé la plante, boit son lait ou mange ses œufs ? Cette question se pose au niveau planétaire et pas seulement national, car le bétail est nourri en Europe avec des tourteaux de soja importés des États-Unis, où les OGM dominent l'agriculture.

La majorité des plantes OGM sont résistantes à l'herbicide Roundup de Monsanto (glyphosate). Mais les mauvaises herbes contre lesquelles le Roundup ne peut plus rien sont toujours plus nombreuses : *Echinochloa colona*, *Lolium rigidum*, *Urochloa panicoides* ou encore l'amarante, une plante très robuste qui atteint 2 à 3 mètres de haut. Dans plusieurs régions des États-Unis, le glyphosate est devenu inopérant contre cette plante, qui a entraîné la perte totale des récoltes dans quelques champs de coton, ce qui met en danger l'agriculture totalement dépendante du Roundup⁷.

Les risques de contamination

Dès lors que de nouveaux gènes sont introduits dans un OGM, celui-ci peut les transmettre à des plantes du voisinage, soit de la même espèce non-OGM, soit d'une espèce voisine. Si les OGM sont des plantes plus robustes, résistant par exemple à la sécheresse ou à l'attaque par des parasites, celles-ci finiront par éliminer les plantes naturelles grâce à leur compétitivité. En un mot, est-ce que la biodiversité ne risque pas de souffrir de l'apparition de "super-plantes" qui finiraient par éliminer les autres ? Est-ce que l'équilibre actuel résultant de l'évolution naturelle ne risque pas d'être détruit ?

Il faut tout d'abord se rappeler que les plantes cultivées traditionnellement ne jouissent pas nécessairement de la biodiversité requise. Au début du xx^e siècle, le vignoble français n'avait aucune variabilité génétique sur le plan de la résistance au phylloxera (un puceron), en dépit de la multiplicité des cépages. Il disposait de toute la diversité génétique du monde, excepté celle dont il avait besoin. Le phylloxera provoqua le dépérissement de la plupart des vignes à base de cépages autochtones de l'espèce *Vitis vinifera*. Ce fléau fut une catastrophe pour toute la viticulture et il fallut reconstituer le vignoble. On reprit des vignes sauvages américaines comme porte-greffes, sur lesquelles les vignerons français regreffèrent toute la variabilité génétique dont ils étaient les héritiers historiques. La variabilité génétique importante est celle qui concerne le caractère ou la propriété qui est en cause.

De toutes façons, les vignobles, comme les vergers, ne comportent que des plantes greffées, ce qui est tout sauf naturel. On n'obtient des fruits savoureux qu'en évitant la reproduction naturelle par la dissémination de pépins ou de noyaux. La greffe comme la bouture ou la marcotte n'est cependant pas un mécanisme de clonage. Dès que l'on produit plusieurs cellules à partir d'une cellule,

des différences vont apparaître. Ces différences sont génétiques et résultent de petites erreurs qui se produisent lors de la multiplication d'ADN. Dans un vignoble planté de cépage Chardonnay, il n'y a pas deux ceps qui soient identiques génétiquement. Il ne faut donc pas partir de l'hypothèse selon laquelle la biodiversité existante serait idéale et que toute modification serait négative.

Il reste que les croisements incontrôlés entre des OGM et d'autres plantes peuvent constituer un danger. Quel est le réel danger d'un croisement incontrôlé ? Chez les plantes supérieures, les flux de gènes s'opèrent par croisements sexuels. C'est le pollen qui est le vecteur privilégié de cette dissémination, il est transporté par le vent ou les insectes pollinisateurs. Cette transmission peut se faire entre plantes de la même espèce ou en direction d'espèces sauvages apparentées (dites mauvaises herbes). Mais ces flux de gènes s'opèrent différemment selon les espèces et l'écosystème concerné ; donc, la seule approche raisonnable est l'étude au cas par cas. Une telle étude a été faite par l'Institut national de recherche agricole (INRA) en France.

Il s'agissait d'évaluer :

- la distance de dispersion du pollen des trois cultures les plus courantes, colza, betterave et maïs ;
- les possibilités de croisements entre les variétés dans chacune des cultures ;
- les possibilités de croisements entre des cultures et des espèces différentes.

Pour le colza, la diffusion des gènes décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source de pollen (2,5 % à 1 m, 0,18 % à 22,50 m, 0,01 % à 65 m). Par contre, pour la diffusion aux espèces proches, aucun hybride n'a été observé. On pense néanmoins que le colza pourrait s'hybrider avec d'autres crucifères

sauvages comme la ravenelle, la roquette bâtarde ou plus rarement la moutarde des champs, qui ont pour terre d'origine l'Europe.

Pour la betterave, il restait environ 3 % du pollen à une distance de 190 m et le nombre d'hybrides résistants (plantes apparentées) atteignait 5 %. Pour le maïs, seuls les croisements inter-variétaux sont possibles. On a retrouvé 0,4 % d'hybrides dans une direction et 18 % dans une autre, à des distances équivalentes.

Pourtant, en France, deux agriculteurs spécialisés dans la culture de maïs alimentaire biologique, Julien Veillat et son père Christian, dont l'exploitation est située à Villiers-en-Plaine, dans les Deux-Sèvres, ont déposé une plainte à la gendarmerie locale. Leur production a en effet été contaminée par des gènes de maïs transgénique, alors que les parcelles de maïs OGM les plus proches sont officiellement situées à plus de 35 kilomètres de leurs champs. Les OGM n'inquiétaient pas vraiment les deux agriculteurs jusqu'à ce qu'une analyse de routine, effectuée par la Coopérative régionale d'agriculture biologique (Corab), révèle une contamination de leur maïs par dissémination de maïs transgénique⁸.

Pour les échanges inter-espèces, le maïs est un cas particulier, puisqu'il n'y a en Europe ni repousse ni espèces sauvages susceptibles de se croiser avec lui. Le maïs est à ce point domestiqué qu'il ne peut survivre sans l'intervention de l'homme. Au Mexique, c'est tout à fait différent puisqu'il existe des parents sauvages du maïs, susceptibles d'être contaminés. Une étude récente prouve la contamination à grande échelle des variétés de maïs locales mexicaines, jusque dans les vallées les plus éloignées, par des séquences transgéniques. Ceci confirme les résultats publiés en 2001 qui, à l'époque, avaient fait l'objet d'une virulente controverse. Il est étonnant de constater la facilité avec laquelle les transgènes se sont développés dans un pays où la culture du maïs OGM n'avait pas été introduite pendant de nombreuses années⁹. L'altiplano mexicain

entend protéger ses variétés de maïs indigènes des contaminations et interdit la culture du maïs transgénique. Au Japon, l'importation du soja OGM en tant que denrée alimentaire ou aliment pour le bétail n'est pas autorisée ; la culture est interdite. Des chercheurs ont pourtant retrouvé des plants de soja transgénique aux alentours des ports d'importation, le long des voies de chemin de fer, près des installations de traitement voire même dans les villes : il s'agit de semences illégales tombées pendant leur débarquement ou leur transport tout au long des voies utilisées¹⁰.

Au Canada, deux paysans bio ont déposé plainte devant le tribunal suprême et demandent une indemnité pour les pertes financières occasionnées par les contaminations transgéniques de leurs champs de colza¹¹.

La technique Terminator

Il y a aussi des modifications génétiques qui sont introduites dans un but purement commercial, tel le célèbre gène Terminator. Il s'agit d'un système de protection technologique, breveté par la société Delta & Pine Land et le ministère américain de l'Agriculture. Cette technique introduit une modification génétique des semences afin d'empêcher la germination de la génération suivante. Il ne s'agit pas de stérilité au sens strict du terme, puisque les plantes sont capables de produire des graines : c'est la germination de celles-ci qui est inhibée. Dès lors, l'agriculteur est obligé de se réapprovisionner en semences chez le fabricant.

Miel contaminé

Les distances prévues par la loi entre cultures de plantes OGM et cultures traditionnelles ne tiennent pas compte des distances

de plusieurs kilomètres parcourues par les abeilles pour récolter le pollen. En Allemagne, Karl-Heinz Bablok, apiculteur de Kaisheim, près de Donauwörth (Bavière), a été contraint d'acheminer la totalité de sa récolte annuelle de miel vers une usine d'incinération, car il contenait du pollen de maïs génétiquement modifié MON810, cultivé expérimentalement, encore non autorisé pour l'alimentation humaine. Ses ruches étaient situées à 200 mètres de la culture de maïs. Ayant porté plainte auprès du tribunal d'Augsbourg, il a été débouté, avec l'argument que c'est à l'apiculteur de prendre ses précautions pour éviter que ses abeilles ne butinent du maïs génétiquement modifié. La valeur de l'expérience avec du maïs OGM en plein champ a été jugée supérieure aux intérêts de l'apiculteur¹².

Toxicité pour les animaux non ciblés

Le maïs transgénique Bt produit une toxine destinée à le protéger contre les insectes ravageurs. Véhiculée par le pollen ou par des résidus de plantes, cette toxine s'introduit aussi dans les cours d'eau. Des larves de mouches nourries au maïs Bt en laboratoire affichent un taux de croissance de moitié inférieur à celui de mouches nourries au maïs non modifié. Or, une réduction de la taille des animaux s'accompagne d'une réduction de la capacité de reproduction. Cela pourrait avoir des conséquences néfastes pour les poissons et les amphibiens se nourrissant de larves¹³. Le maïs transgénique Bt représente une menace pour le Paon du jour, l'un de nos plus beaux papillons. Selon une étude récente, environ 20 % des chenilles de cette espèce ont péri après ingestion de feuilles d'orties sur lesquelles s'était déposé du pollen de maïs OGM¹⁴.

Selon le Dr Laxmi Rajam, vétérinaire dans l'État d'Andhra Pradesh en Inde, nombre d'animaux – moutons, chèvres et vaches – meurent de façon mystérieuse après avoir broué les restes

de la récolte sur des champs de coton génétiquement modifiés. Le gouvernement d'Andhra Pradesh interdit désormais les semences de coton transgénique.

Les risques pour la santé humaine

Les risques pour la santé sont de plusieurs natures : transfert du gène modifié dans l'ADN de nos cellules ; micro-organismes pathogènes devenus résistants aux antibiotiques utilisés dans le processus de fabrication des OGM ; accumulation de l'insecticide produit par la plante génétiquement modifiée ; accumulation de l'herbicide utilisé massivement dans la culture des OGM.

Dans l'organisme génétiquement modifié se trouve un brin d'ADN étranger. Lorsque nous mangeons du maïs transgénique, nous ingérons des milliers de copies d'un gène qui ne vient pas du maïs. Tous les jours, nous avalons aussi des millions de gènes en mangeant une feuille de salade ou un morceau de viande qui ne sont pas des OGM. Le fragment d'ADN étranger de l'OGM est donc dégradé dans l'appareil digestif au même titre que n'importe quel matériel génétique des autres aliments. Il est réduit aux acides nucléiques et à leurs composants qui servent d'aliments à nos cellules. C'est comme si le texte gigantesque de la molécule d'ADN, comportant des millions de mots, était décomposé jusqu'au niveau des lettres qui peuvent ensuite entrer dans la composition de notre propre ADN, notre bibliothèque particulière. L'ordre dans lequel se trouvaient ces lettres a disparu et ne constitue plus une menace.

Cette règle générale mérite d'être nuancée. On sait qu'il existe des molécules qui traversent la barrière intestinale. Donc, tout n'est pas décomposé au niveau des briques élémentaires, les acides aminés. Il demeure des constituants plus importants, non décomposés, qui peuvent passer dans le flux sanguin. On le sait

depuis longtemps pour les protéines, on le sait depuis moins longtemps pour l'ADN. C'est le cas aussi bien pour des cellules de plantes que d'animaux. On ne peut pas éliminer la possibilité que des fragments d'ADN de notre nourriture traversent les parois du système digestif et s'installent éventuellement dans un chromosome. On ne peut pas écarter l'éventualité d'une introduction de cet ADN dans une cellule destinée à la reproduction. C'est bien à cause de cela que l'espèce humaine a évolué, en empruntant continuellement de l'ADN à son environnement. Le mécanisme de l'évolution est global : chaque espèce, en évoluant, influence de l'extérieur l'évolution des autres espèces ; chaque brin d'ADN d'une quelconque espèce peut se retrouver dans une autre espèce ; tout déplacement intentionnel d'ADN par l'homme se poursuit bien au-delà de l'intention initiale.

Le génie génétique utilise de l'ADN tout à fait naturel. La seule question pertinente est la suivante : est-ce que ces gènes-là, au cas où ils seraient intégrés par une de nos cellules, vont jouer un rôle particulier par rapport à ce qui existait auparavant ? Il faut insister sur ce point : les gènes introduits dans un OGM ne sont pas fabriqués par synthèse chimique, ils font partie de la nature. Ils s'introduisent dans nos cellules par un phénomène naturel. Ainsi, le fait de manger des OGM ne comporte pas en soi un risque particulier. C'est le plus grand malentendu actuel au sujet des OGM : l'opinion publique est persuadée à tort que tout aliment OGM comporte par sa nature même un risque en matière de santé. Si les OGM comportent des risques, ce n'est pas celui-là qui est le plus grand.

Une critique contre les OGM porte sur le risque de résistance aux antibiotiques. En effet, pour amener le gène que l'on veut utiliser dans l'organisme hôte, on fabrique un brin d'ADN que l'on met en culture dans une bactérie. Comme expliqué plus haut, on bombarde les graines par de minuscules billes d'or porteuses des

bactéries. Sur le lot, certaines graines ont intégré le nouveau gène, d'autres non. Comment les distinguer ? Pour faire le tri, on ajoute un gène de résistance à un antibiotique. On arrose d'antibiotique les graines et seules survivent celles qui ont à la fois la résistance à l'antibiotique et le gène désiré. Les autres sont éliminées.

Le procédé est astucieux, mais il n'est pas sans danger. Le problème est la transmission de ce gène marqueur à des bactéries pathogènes, dans le tube digestif ou même dans le sol. Si ces bactéries deviennent à leur tour résistantes aux antibiotiques, on risque de voir émerger des pathologies réfractaires aux traitements classiques. Cependant, ce danger potentiel n'est pas lié à l'OGM lui-même, dans son objectif initial, mais à la méthode initialement utilisée pour faire le tri. C'est un problème de méthodologie, pas de principe. Il devrait bientôt disparaître. L'Union européenne a en effet interdit l'utilisation de ces marqueurs dans les nouveaux OGM à partir de 2003 et dans tous les produits génétiquement modifiés à partir de 2005. Il en est de même de la loi suisse GENLEX. Ce risque est donc dépassé, pour autant que les lois soient respectées. Il faisait partie des inconvénients qu'il a fallu découvrir à l'usage.

Effets inattendus sur la santé

Pour l'instant, les animaux de laboratoire ont été davantage confrontés aux aliments OGM que les êtres humains. Certaines constatations indiquent que des effets indésirables sur la santé sont possibles. Selon les travaux d'un groupe de chercheurs indépendants français de l'université de Caen, la consommation d'un maïs transgénique de Monsanto (MON863) perturbe le fonctionnement du foie et des reins chez le rat, créant des symptômes typiques de l'intoxication. Des modifications de poids ont également été observées¹⁵. Aux États-Unis, des chercheurs lancent un avertissement : un

riz OGM expérimental pourrait être allergénique ; la toxine produite par ce riz (nommée Cry1Ac) n'a encore jamais été autorisée à la consommation humaine. L'expérimentation animale a suscité des réactions immunitaires. L'Organisation des Nations unies pour l'agriculture (FAO) recommande que les propriétés allergènes de protéines produites par des organismes génétiquement modifiés soient étudiées par des scientifiques indépendants et publiées dans des revues scientifiques. Or, on a déjà retrouvé des traces de riz expérimental non autorisé dans des lots de riz commercialisé¹⁶.

Le maïs transgénique affaiblit la fertilité des souris et le poids de leur descendance. Telles sont les conclusions d'une étude sur les effets à long terme de la consommation de maïs OGM menée en 2008 par l'Université de Vienne, sur mandat du ministère autrichien de la Santé. À l'issue d'un essai de nourrissage d'une durée de 20 semaines, les chercheurs ont constaté que, dès la troisième génération, le poids des souriceaux mis au monde déclinait. Ceci est la première étude réalisée sur des effets à long terme. Les chercheurs considèrent que la conduite d'autres études en la matière est absolument nécessaire.

L'argument des rendements

L'argument des rendements est incertain. Dans de nombreux exemples, les cultures OGM ne produisent pas davantage que les cultures conventionnelles.

Deux études scientifiques au Kansas et au Nebraska ont constaté que des cultures de soja OGM ont des rendements jusqu'à 10 % plus faibles que des cultures traditionnelles¹⁷. Une étude menée dans l'Andhra Pradesh montre que la culture de coton OGM a rapporté 10 % de moins en 2007-2008 que la culture en production intégrée de coton non modifié¹⁸. Par ailleurs, une équipe

de recherche indo-suisse a examiné des exploitations de coton biologique et de coton conventionnel. La culture du coton bio demande un peu plus de main-d'œuvre mais implique une réduction de coûts de 40 %, moins de dettes et des rendements supérieurs d'environ 5 %¹⁹. Une étude réalisée sur mandat du Bundestag allemand arrive à la conclusion qu'il n'est pas prouvé que les semences transgéniques soient plus productives que les semences traditionnelles²⁰. La banque Pictet à Genève a lancé un fonds Agriculture PF(LUX) en 2009. Prônant une approche pragmatique et prudente, elle a renoncé à inclure dans ce fonds des entreprises dont l'activité dans le domaine des OGM dépasse 10 % car "les résultats réels sont plutôt ambigus et loin d'être conclusifs".

La question du rendement des OGM est donc cruciale. S'il s'avère que pour certaines plantes, cet avantage n'existe pas, ces cultures OGM n'ont aucun sens, devraient disparaître et finiront par le faire, éventuellement après avoir contaminé l'environnement.

DÉBAT

Le principe de précaution

Nous avons constaté un certain nombre de risques potentiels avec l'utilisation des OGM dans l'agriculture, et nous sommes tous deux d'accord pour une application du principe de précaution. La question est donc de savoir jusqu'où il faut appliquer ce principe. Faut-il interdire toute culture OGM ou faut-il permettre ces cultures dans un cadre de contrôle possible ?

Ph. Roch. Le principe de précaution n'est pas un principe qui doit aboutir systématiquement à une interdiction. Dans le cas des OGM, deux facteurs me rendent particulièrement prudent. Le premier est le fait qu'il s'agit d'une

technique qui intervient au cœur du vivant. Cela veut dire qu'une erreur grave serait reproductible et pourrait s'étendre très rapidement dans le monde vivant. Prenons l'exemple de la génération, par la technique, d'un virus très agressif : il aurait vite fait de faire le tour du monde et d'éliminer une bonne partie de la population. Il y a des risques, avec le génie génétique, qui vont au-delà de ce que l'on connaît déjà sur le plan de la chimie ou de la radioactivité.

Le second facteur est que, durant les dix années au cours desquelles l'agriculture OGM s'est développée, le principal intérêt s'est révélé être un intérêt commercial privé, d'entreprises privées, et je n'ai pas suffisamment confiance dans ces entreprises pour être sûr qu'elles appliquent avec toute la rigueur nécessaire le principe de précaution. Il faut donc, avant de libérer les champs à la culture de certains OGM, un contrôle démocratique et scientifique beaucoup plus important sur les risques, pour pouvoir réagir à temps en cas de réalisation de ces risques. Il faut bien faire la pesée entre l'intérêt public de l'utilisation d'OGM et les risques, pour la collectivité, de cette utilisation.

J. Neiryneck. Je suis d'accord avec cette politique telle qu'elle est énoncée, je crains simplement que le principe de précaution soit souvent mal compris et exagéré. Sous le nom de principe de précaution, on en vient, à certains moments, à dire que s'il existe des dangers potentiels non identifiés, on ne peut tout simplement pas les courir. En tant qu'ingénieur, si je réfléchis à la façon dont les techniques ont été élaborées, cela a toujours été le résultat, au départ, d'un bricolage, c'est-à-dire d'une utilisation de la technique sans en comprendre complètement les mécanismes, d'une lente percée qui permet de comprendre ces

mécanismes et de voir les risques se matérialiser. Il n'est pas possible d'imaginer à l'avance tous les risques qui peuvent survenir. Le principe de précaution selon cet énoncé interdit toute recherche, qu'elle soit pure ou appliquée.

Je reviens sur l'exemple du nucléaire. Quand on a commencé à faire des recherches sur le nucléaire dans les années 1950, on n'imaginait pas un seul instant que le cœur d'un réacteur puisse fondre. Dans les débats des années 1960, on évaluait le risque à une fusion de cœur tous les 10 000 ans et on en tirait la conclusion que cela ne se produirait pas avant 10 000 ans. Il a fallu l'accident de Tchernobyl pour se rendre compte que ce danger n'était pas illusoire et qu'il dépendait en fait non pas d'une erreur technique mais d'une erreur humaine. Ce sont toujours les erreurs humaines qui, à un certain moment, déclenchent les catastrophes.

Je plaiderais, de mon côté, pour une approche très réaliste et quelque peu cynique, qui consiste à dire : "Expérimentons" ! Nos ancêtres, quand ils ont construit le premier feu, se sont rendu compte que ça brûlait, que ça pouvait mettre le feu à la brousse et que ça pouvait être très dangereux. Il faut avancer, et plutôt que de parler d'un principe de précaution, je formulerais un principe de vigilance : il faut expérimenter dans l'utilisation de la technique, d'abord en laboratoire, puis à un niveau expérimental en la comprenant le mieux possible et en étant extrêmement attentif. Être vigilant signifie mettre en place les mesures pour pouvoir déceler les risques au premier moment où ils se manifestent.

Cela aurait dû être le cas en matière nucléaire, puisqu'il y a eu une fusion à Three Mile Island aux États-Unis (1979)

avant la fusion de Tchernobyl. On aurait dû, à partir de ce moment-là, se rendre compte que le risque était réel. Et un certain nombre d'exemples qui ont été donnés dans ce chapitre montrent qu'il y a des risques que l'on peut identifier.

En revanche, je suis absolument opposé à l'utilisation rhétorique d'un principe de précaution tel qu'il est exploité dans le discours politique et qui revient, quand on l'analyse correctement, à dire "nous ne voulons courir aucun risque". Ma position est simple, nous devons courir des risques contrôlés, mais nous devons être conscients que ces risques existent, qu'ils se manifesteront et qu'il faut les guetter.

Ph. R. Je suis d'accord avec vous sur le fait que le principe de vigilance – j'aime bien ce mot de vigilance que vous employez – suppose une autorité à la fois compétente et indépendante et jouissant d'un certain pouvoir, ou jouissant en tout cas d'une capacité de conseiller le pouvoir. Car tant que le contrôle est effectué par ceux qui tirent les bénéfices directs de l'utilisation massive de la technique, on ne peut pas avoir confiance en leur réelle acuité de vigiles.

J. N. Je suis tout à fait d'accord avec cette vision. Effectivement, on n'aurait pas dû autoriser la culture de maïs, de coton ou de colza, comme on le fait aux États-Unis, où elle devient la culture dominante. On est allé beaucoup trop vite dans cette direction-là.

Je suis aussi d'accord pour dire qu'il faut une autorité indépendante, une autorité compétente c'est-à-dire une autorité qui ait une formation scientifique, pas une autorité composée de juristes qui jouent simplement avec les mots, mais une autorité dans laquelle il y a des agronomes, des biologistes, des médecins, des statisticiens... Il faut leur accorder, dans ce domaine-là comme du reste dans d'autres

domaines, un statut analogue à celui des magistrats dans le domaine judiciaire, c'est-à-dire qu'ils sont nommés, qu'ils rendent des avis et même si ces avis sont désagréables pour le pouvoir exécutif, celui-ci n'est pas en position de les démettre de leurs fonctions.

En revanche, soumettre ce genre d'arbitrage à la population sous prétexte de démocratie est à mon avis dangereux car la population est, à juste titre du reste, méfiante, et cette méfiance peut s'exercer tous azimuts et empêcher, finalement, des expériences scientifiques. Des chercheurs n'ont pas réussi à mener leurs recherches parce que la population n'en voulait pas et parce qu'elles ont été sabotées par des groupes clandestins. Ils n'obtiennent pas de financement de la part des firmes ou de financement public. Les jeunes chercheurs estiment que le génie génétique n'est pas une voie d'avenir, parce que c'est une voie qui est bouchée par la volonté populaire. Le peuple peut avoir le dernier mot, mais cela ne veut pas forcément dire qu'il a toujours raison. Dans un domaine aussi crucial que celui-ci, il faudrait limiter le pouvoir populaire et ne pas lui permettre d'intervenir.

Je prends l'exemple de ce qui s'est passé en Suisse, qui est une démocratie directe : après que le Parlement a élaboré une loi qui était pourtant extrêmement sévère sur les OGM, cette loi a été réduite à néant par un moratoire décidé par la population contre l'avis du Parlement et du gouvernement. C'est une voie dangereuse.

En effet, certains excités en tirent la conclusion que la lutte contre les OGM est admissible sous toutes ses formes. Ainsi le 13 juin 2008, des activistes forcèrent l'accès d'un champ expérimental et coupèrent les plantes à la faucille à Reckenholz, en Suisse. Non seulement les frais engagés

pour cette recherche ont été perdus mais les thèses de doctorat qui en dépendaient sont compromises. Dès lors, le gouvernement suisse a décidé en 2009 de prolonger le moratoire de 2004 interdisant les cultures OGM puisqu'il était impossible de découvrir quels étaient les risques réels de dissémination, faute de recherche dans ce domaine. En France, José Bové s'est fait un titre de gloire de faucher pareillement les champs d'OGM.

Ph. R. Je condamne aussi les dommages causés à des expériences dûment autorisées et destinées à vérifier les risques liés à l'utilisation d'OGM en plein champ. Par contre, José Bové s'attaque à l'agriculture industrielle qui impose les OGM à une population qui n'en veut pas. Il s'agit dans ce cas de résistance citoyenne, que j'estime utile. Concernant la démocratie je ne suis absolument pas d'accord avec Jacques Neirynck ; le peuple agit souvent avec beaucoup d'intuition. Il est méfiant, c'est vrai, mais il a souvent raison d'être méfiant. Si la recherche prouve qu'elle a des objectifs utiles à la société, elle arrive à convaincre. Mais si le peuple n'est pas convaincu, c'est qu'il y a, au niveau des promoteurs de cette recherche ou de cette technique, des choses qui ne sont pas claires. Ce livre montre qu'il y a encore bien des zones d'ombre, et je pense que la sécurité d'une opinion populaire méfiante est une sécurité très salutaire. Je pense donc qu'il ne faut surtout pas limiter le droit et le pouvoir de la population de dire non à une technique qui n'est pas mûre.

J. N. Sur ce point-là, nous sommes tout à fait en désaccord !

L'industrialisation de l'agriculture

Le génie génétique n'est qu'une des composantes de la mutation de l'agriculture qui passe de l'artisanat à l'industrie. La production d'aliments a été pendant dix millénaires le travail d'une multitude de fermiers pratiquant à la fois l'élevage de plusieurs espèces animales et une agriculture diversifiée. Dans les pays industrialisés, cette structure traditionnelle cède la place à de grandes exploitations pratiquant soit la monoculture d'une espèce végétale, soit l'élevage en grand.

Les agriculteurs sont dépendants d'une industrie qui leur fournit matériel, semences, engrais et pesticides. Les rendements ont été multipliés de façon considérable, mais en consommant une ressource non renouvelable comme le pétrole, qui sert à la fois de comburant pour le matériel et de matière première pour engrais et pesticides. De ce point de vue, cette agriculture est un système instable, qui peut subir le contrecoup de la crise pétrolière à venir. Par ailleurs, ce type d'agriculture ne ménage ni les sols, ni les ressources en eau. Voici un quart de siècle, il existait dans le monde entier 7 000 entreprises agroalimentaires dont les parts de marché étaient toutes inférieures ou égales à 1 %. À l'heure actuelle, 10 firmes détiennent quasiment 50 % de l'offre en matière de semences. Plus de 90 % de la totalité des plantes transgéniques dans le monde proviennent de la firme américaine Monsanto.

À court terme, l'agriculture industrialisée a permis de nourrir de manière surabondante la population qui, dans un pays riche, dépense moins de 10 % de son revenu pour se nourrir. L'opinion publique est confusément sensible à cette mutation et, par réaction, donne la préférence à des produits qui portent des labels bio ou de proximité, sans parvenir à modifier le sort de la paysannerie traditionnelle qui disparaît peu à peu. L'introduction

du génie génétique sur une grande échelle ne peut que renforcer ces tendances. La question est de savoir si l'approvisionnement en aliments de première nécessité sera toujours possible par un système aussi fragile.

Une équipe de chercheurs de l'université du Wisconsin a mené une étude sur une durée de treize ans pour savoir quelle était la meilleure agriculture sur les sols hautement productifs de l'État du Wisconsin. Ils en ont conclu que les systèmes diversifiés sont plus productifs que les monocultures, et que la politique du gouvernement qui consiste à soutenir le système de monoculture est périmée. Il devrait plutôt promouvoir l'agriculture biologique et la rotation des cultures²¹. Des chercheurs qui étudient l'interaction entre insectes et plantes se sont plaints aux États-Unis auprès de l'EPA (Environmental Protection Agency), car il est désormais impossible de mener une recherche véritablement indépendante sur de nombreuses questions en matière de risques induits par les plantes transgéniques. Étant donné que les plantes OGM sont brevetées, les entreprises agroalimentaires posent leurs conditions : soit elles refusent de fournir aux scientifiques les semences nécessaires à leurs recherches, soit elles essaient d'influencer les résultats de la recherche. Ainsi, se référant à la convention sur le brevet du maïs génétiquement modifié, Syngenta complique, voire interdit, non seulement la recherche en général, mais spécifie qu'un acheteur de semence n'est pas autorisé à comparer le produit Syngenta à d'autres plantes²². La revue *Scientific American Magazine* a fait un tour d'horizon de cette question préoccupante²³.

Petits paysans, droit des agriculteurs

Selon le président de l'une des plus grandes coopératives paysannes de l'Inde, le coton OGM est un échec complet. À cause de lui, des

milliers de paysans endettés se sont suicidés ; et 6,5 millions de paysans ont intenté une action en justice contre les OGM²⁴.

La firme Monsanto a poursuivi en justice un agriculteur : celui-ci cultivait des semences transgéniques brevetées de l'entreprise et avait conservé des semences de sa récolte pour les semer l'année suivante, en violation du brevet. L'agriculteur a été condamné à verser 107 000 \$ à Monsanto²⁵. Ceci constitue une atteinte au droit des agriculteurs, qui reconnaît à ceux-ci la possibilité d'utiliser une partie de leurs récoltes comme nouvelles semences.

Percy et Louise Schmeiser ont reçu en 2007 le prix Nobel alternatif en récompense de leur combat contre les pratiques de mise en marché abusives qui menacent la biodiversité végétale et les droits des agriculteurs. La firme Monsanto avait assigné le couple en justice pour avoir utilisé sans licence ses semences de colza brevetées et lui réclamait des dommages de 400 000 \$. Certes, la présence de plants de colza breveté par Monsanto avait bien été constatée dans leurs cultures, mais les pollens y avaient été disséminés par le vent. Le tribunal a estimé que les plantes vagabondes sont effectivement protégées par le brevet, mais il a dispensé les Schmeiser de toute amende, car ils n'ont pas profité de ces semences. Les Schmeiser, qui voulaient cultiver sans OGM, s'étaient alors défendus devant les tribunaux pour que Monsanto nettoie leurs champs du colza OGM. Finalement, les Schmeiser ont enlevé les plants eux-mêmes et ont envoyé une facture de 600 dollars pour ce travail à Monsanto, qui a refusé de payer²⁶.

La résistance des paysans acculés peut aussi prendre des formes violentes. C'est une conséquence sur la cohésion sociale dont il faut tenir compte. En signe de protestation, des paysans brésiliens ont occupé un champ expérimental d'OGM appartenant à Syngenta. Aussitôt après, des vigiles armés sont arrivés sur place et ont tiré sur un activiste, le blessant mortellement ; un des vigiles

a aussi été tué, d'autres paysans ont été blessés. Le Mouvement des travailleurs ruraux sans terre exige une enquête. Selon Syngenta, les vigiles n'auraient pas dû être armés²⁷.

Les brevets sur le vivant, la biopiraterie

Les brevets sont liés aux OGM car les multinationales déposent des brevets sur le vivant pour s'approprier des gènes utiles pour le génie génétique. En collaboration avec des membres d'une communauté sud-africaine, les Xhosa, le Centre africain pour la sécurité biologique (ACB) et la Déclaration de Berne (DB) portent plainte contre des brevets concernant l'utilisation des racines de deux espèces de *Pélagonium* pour toute utilisation dans la lutte contre le sida et ses conséquences et pour la fabrication de l'Umckaloabo, un médicament contre la toux et la bronchite. Elles demandent une annulation des brevets qui appartiennent à la firme allemande Dr.-Willmar-Schwabe-Arzneimittel. Les Xhosas savent depuis plusieurs générations que ces racines permettent de soigner différentes affections telles que la tuberculose et les maladies des voies respiratoires. Ceci constitue un cas flagrant de piraterie biologique²⁸.

Il ne s'agit pas ici de plantes OGM, mais de nombreuses firmes pharmaceutiques recherchent des plantes utilisées par les médecines indigènes pour leur voler leurs gènes afin de produire des substances pharmaceutiques par génie génétique. La Convention sur la diversité biologique prévoit dans ces cas un juste partage des bénéfices avec les populations indigènes. L'Académie suisse des sciences naturelles a élaboré un code de bonne conduite dans ce sens, mais sa mise en œuvre est laissée au bon vouloir des entreprises.

La plante ornementale *Impatiens walleriana* croît en hauteur. Syngenta a obtenu un brevet sur une variété poussant vers le bas avec des tiges pendantes, qui constitue un marché lucratif

pour l'industrie horticole. Syngenta a cultivé son invention à partir d'une variété rare d'Impatience originaire de Tanzanie. Dans ce pays, on trouve des hybrides tels que Syngenta les a cultivés et brevetés. Il s'agit d'une appropriation des ressources naturelles de la Tanzanie²⁹.

Des cultures efficaces sans génie génétique

Le génie génétique en agriculture n'a de sens que s'il apporte des réponses concrètes à des problèmes non ou difficilement solubles avec les techniques traditionnelles. Ce que l'on recherche, c'est une augmentation de la productivité, une résistance aux maladies, une amélioration gustative ou des possibilités de cultures sur des terrains secs, humides, salinisés. Or, la plupart des défis de l'agriculture moderne peuvent être relevés par des plantes non-OGM, comme le montrent les exemples suivants.

La plupart des variétés de riz dépérissent après une semaine sous l'eau, ce qui provoque d'énormes dégâts. Désormais, les chercheurs ont cultivé une espèce de riz capable de résister pendant plusieurs semaines aux inondations, grâce à une méthode de culture appelée *smart breeding* qui ne recourt pas aux OGM³⁰. Il s'agit d'une méthode qui utilise la biologie moléculaire pour identifier un gène recherché dans une plante cultivée ou sauvage. Il peut s'agir par exemple d'un gène résistant à une maladie, d'un gène responsable d'une couleur particulière ou d'une teneur en sucre élevée. Une fois le gène identifié, la plante est croisée naturellement avec des plantes parentes. Le gène est recherché dans la descendance à nouveau par la biologie moléculaire avant d'attendre que la plante devienne adulte. Seules les plantes qui ont hérité du gène sont cultivées. La méthode a l'avantage de permettre une sélection

et une reproduction rapide d'un caractère transmis par croisement naturel.

De petits vers, les nématodes des racines noueuses Columbia (CRN), peuvent ruiner des récoltes entières de pommes de terre. Actuellement, ces ravageurs sont combattus à l'aide de pesticides puisque la pomme de terre ne possède aucune résistance. Afin de développer une pomme de terre résistante, des chercheurs ont croisé avec succès des variétés de pommes de terre sauvages avec des espèces conventionnelles. Ils ont obtenu une variété qui résiste aux maladies, offre un bon rendement, et est savoureuse, sans génie génétique³¹.

L'Institut de recherche ICRISAT, en Inde, a élaboré une nouvelle variété de pois cajan sans OGM. Son rendement est supérieur de 40 % à celui des variétés traditionnelles, il résiste mieux aux maladies et de surcroît, il supporte bien la sécheresse. Le "pois magique" est déjà sur le marché³².

Une variété de cassave cultivée par un institut de recherche international, qui a fait ses preuves dans plusieurs pays africains, est désormais commercialisée. Elle supporte la sécheresse et est résistante aux principaux parasites et ravageurs (comme le Cassava Bacterial Blight CBB et le Cassava Mosaic Disease CMD). Lorsqu'ils la cultivent de manière adéquate, les paysans obtiennent un rendement six à dix fois supérieur à celui des variétés conventionnelles.

Des programmes de sélection et de culture conventionnelle de millet et de haricot à forte teneur en fer au Nigéria sont très prometteurs pour lutter contre l'anémie provoquée par une carence en fer chez de nombreuses personnes³³.

Le flétrissement bactérien du bananier menace les plantations de bananiers en Afrique depuis 2001, et il n'existe pas de bananier qui résiste à cette bactérie. Il y a deux ans, la FAO et le gouvernement ougandais ont mis en place des stages de pratiques agricoles dans les territoires concernés. Les agriculteurs ont appris

à enrayer la dissémination de la bactérie en utilisant des méthodes très simples, sans intervention de produits chimiques ni de génie génétique, comme la sélection de plantons sains et le traitement désinfectant avec de la cendre de bois. Aujourd'hui, le problème est aux trois quarts réglé dans ces régions, et les rendements ont doublé, voire triplé³⁴.

En juillet 2008, la multinationale semencière Pioneer Hi-Bred a annoncé une nouvelle génération d'espèces de soja. Grâce à elles, les récoltes devraient augmenter de 40 % au cours des dix prochaines années. Les variétés ont été mises au point sans recours au génie génétique, mais plutôt en s'appuyant sur la sélection assistée par des marqueurs, le *smart breeding*, mentionné plus haut³⁵.

Des chercheurs veulent cultiver une variété de maïs riche en vitamine A, afin d'améliorer la santé de millions d'enfants des pays du Sud. Ils ont réussi à identifier des marqueurs génétiques codant pour une teneur accrue en vitamine A. Ceci leur permet de tester rapidement quelles variétés de maïs sont prédisposées à avoir une forte teneur en vitamine A, dans l'intention d'en tirer des variétés commerciales³⁶.

La plante sauvage australienne Sea Barley Gras pousse sur un sol extrêmement salé. Des chercheurs ont croisé la plante avec une variété de blé traditionnelle, obtenant ainsi des plants de blé résistant à la salinité. En Australie, 1,8 million d'hectares de terres agricoles sont stériles en raison de la forte salinité. La nouvelle espèce de blé devrait permettre d'y ramener la vie.

En Ouganda, des chercheurs ont cultivé une patate douce à forte teneur en vitamine A par sélection conventionnelle, sans génie génétique. Des paysans l'ont déjà testée – avec de très bons résultats³⁷.

DÉBAT

La tension entre le privé et le public.

Ph. Roch. Lorsque l'on voit le déséquilibre qu'il y a entre les intérêts d'un système agroalimentaire industriel qui prend de plus en plus d'importance, qui investit des milliards dans l'achat de terres, et la plus grande partie des paysans du monde qui sont de petits paysans d'agriculture de subsistance, il faut bien trouver un moyen pour que le privé ne puisse pas dominer totalement, ou condamner à l'exode les petits paysans, ni supprimer leur liberté de choisir leur mode de culture. Étant donné les intérêts économiques des grands systèmes agroalimentaires, il serait judicieux que la recherche et les priorités de la recherche soient définies par la main publique, d'autant qu'il est tout de même difficile d'admettre que l'on puisse avoir une propriété sur le vivant. On peut avoir des propriétés par brevet sur des méthodes de travail, mais sur des objets vivants, sur des êtres vivants qu'aucun humain n'a véritablement créés, cela me paraît très discutable. Dans ce sens, la recherche publique indépendante garantirait davantage de respect quand à l'accessibilité de l'ensemble de l'humanité aux biens que représente la biodiversité.

J. Neiryck. Ceci entraîne plusieurs remarques de ma part. La première, c'est que je suis d'accord pour dire que le secteur public ne s'est pas investi suffisamment en génie génétique. Cela a été laissé entièrement entre les mains de deux ou trois firmes qui ont orienté cette technique agronomique vers un but qui leur est propre et qui est essentiellement d'engranger le maximum de bénéfices, alors que le génie génétique pourrait être utile à l'humanité s'il

était correctement orienté. Correctement orienté veut dire des plantes résistant à la sécheresse, des plantes avec davantage de vitamines, des plantes plus savoureuses. C'est donc pour moi une technique qui pourrait, dans le siècle qui s'ouvre, devenir très importante, dans la mesure où elle serait effectivement asservie au bien public et non à des intérêts privés.

Ma deuxième remarque, c'est que lorsque l'on parle d'intérêt public, cet intérêt public n'est pas national, c'est un intérêt planétaire, international, et à ce titre, je suis partisan de créer une agence des Nations unies, puisque c'est le seul organisme planétaire existant, une agence qui dispose d'une autonomie et de moyens suffisants pour résister aux pressions. Nous avons tous à l'esprit le mauvais exemple de l'Agence internationale pour l'énergie atomique, située à Vienne, qui a certes lutté contre l'armement nucléaire mais qui, au contraire, a été d'une grande complaisance à l'égard des applications civiles et en particulier des centrales nucléaires, avec le résultat que l'on sait. Une agence internationale dont le but serait essentiellement de faire de la recherche, de collecter toutes les données qui sont à disposition et d'établir de grands principes, de grandes règles qui devraient, après cela, être retranscrites dans les législations nationales.

Ma troisième remarque est que, une fois que ces organismes publics, l'Agence internationale et les stations agro-nomiques, les universités des différents pays, auront dégagé des ressources en plants génétiquement modifiés qui seront positives, qui n'auront pas d'effets secondaires, alors il faudra accepter que ces plantes soient cultivées et deviennent éventuellement un standard. Ceux qui les auraient

développées seront des firmes privées et, contrairement à ce que dit Philippe Roch, j'estime qu'elles possèdent un droit intellectuel.

Prenons l'exemple d'une pépinière spécialisée en rosiers qui, à force de croisements, obtient une rose tout à fait particulière : il est bien évident que cette rose particulière ne peut pas être reproduite par d'autres horticulteurs sans payer des droits à celui qui l'a mise au point. Je ne vois pas pourquoi ce droit intellectuel, qui est traditionnel pour les cultures classiques, disparaîtrait dans le cas de plantes obtenues par des méthodes plus sophistiquées et plus puissantes. Je suis partisan d'un équilibre entre le public et le privé, régi par une loi. Le public doit être suffisamment puissant et autonome pour résister à la pression du privé, mais après cela, s'il s'agit de commercialiser, s'il s'agit d'exploiter, le privé est plus efficace que le public.

Ph. R. Sur ce dernier point, je me réfère au droit des agriculteurs, qui est reconnu par les accords internationaux actuels, par lequel tout agriculteur a le droit d'utiliser sa propre production pour la reproduire, donc pour ensemercer son champ l'année suivante. Ce droit est aujourd'hui contesté par les entreprises agroalimentaires qui produisent des OGM. Il y a là un conflit fondamental, et ma position est très clairement en faveur du droit de l'agriculteur à pouvoir réutiliser les semences des plantes qu'il a cultivées.

J. N. Je suis d'accord avec cela, le gène "Terminator" qui rend la plante stérile afin d'empêcher l'agriculteur d'en utiliser les semences, a du reste été éliminé par la législation internationale. Il faut néanmoins trouver un système dans lequel le droit intellectuel pour la création d'une nouveauté

quelconque soit protégé. Il y a des analogies avec les droits en matière intellectuelle ou artistique, pour les textes, pour les musiques, pour les images, qui sont par exemple violés sur une large échelle. Il faut aussi que les travailleurs en agronomie obtiennent une juste rémunération.

Ph. R. Oui sur le principe. Encore faut-il que la protection de l'innovation s'applique à l'innovation et pas au substrat vivant qui, lui, n'a été inventé par personne. Tout ce que nous avons décrit dans ce livre quant au fonctionnement du vivant est une création qui n'est pas une création humaine, donc si quelqu'un devait avoir un brevet là-dessus, ce serait le Créateur, ou Dieu ou le hasard pour ceux qui croient au hasard, mais certainement pas une entreprise privée. Je suis donc d'accord sur le fait qu'une entreprise privée puisse protéger une *méthode* par laquelle elle obtient un être vivant modifié, mais ce droit ne doit pas s'étendre à *l'être vivant lui-même*. C'est-à-dire qu'au moment où cet être vivant se reproduit avec une plante ou un animal sauvage, ou non génétiquement modifié pour donner une descendance hybride, cette descendance doit redevenir publique.

J.N. Sur cette question de "brevetabilité" du vivant, nous sommes fondamentalement en désaccord. Pour moi, le vivant fait partie de la nature. La vie est un phénomène tout à fait intéressant, particulier, merveilleux, mais ça n'engendre pas la nécessité de contester de façon globale, symbolique, très émotionnelle, le droit de propriété sur le vivant. Pour reprendre la remarque de Jean-Jacques Rousseau, le droit de propriété sur le sol n'est pas évident, parce que le sol est aussi une création de la nature. C'est un être vivant et pourtant, au fil des siècles, les paysans se sont approprié cette terre

et ont interdit aux autres de venir la cultiver. Sinon, personne n'entreprendrait cette terre, ne l'engraisserait et ne la nettoierait de ses plantes sauvages. Supprimer la propriété des terrains agricoles revient à ruiner l'agriculture. On l'a bien vu en Union soviétique, lorsque les idéologues du parti ont confisqué les champs des paysans pour les attribuer à des kolkhozes nationalisés. La famine s'est ensuivie dans une région aussi fertile que l'Ukraine. Il en a été de même lorsque les paysans blancs ont été chassés du Zimbabwe : le grenier de l'Afrique est devenu une terre de famine.

J'ai donné plus haut l'exemple du rosier développé par croisement. On pourrait prendre aussi celui des saillies de chevaux ou de taureaux reproducteurs particulièrement intéressants et pour lesquelles le propriétaire de l'animal se fait payer. Le taureau ou l'étalon n'a pas le droit de se livrer librement à ce que la nature lui permet. Un autre éleveur n'a pas non plus le droit de venir emprunter un cheval ou un taureau et de faire engrosser une jument ou une vache, parce que cela serait une expression de la propriété commune de la vie.

Sur ce point-là, nous ne sommes pas d'accord. Je sais à quel point c'est un débat symbolique. J'admets que la loi doive mettre des limites sur ce qui peut et sur ce qui ne peut pas être breveté. Mais je constate que l'interdiction globale du droit de propriété sur le vivant constitue une proclamation de principe qui ne tient pas compte du droit actuel.

Ph. R. C'est vraiment un aspect important, cette "brevetabilité". Si je reprends l'exemple du cheval, je ne vois pas d'objection, effectivement, à ce que le propriétaire d'un étalon sélectionné se fasse payer pour l'utilisation de son étalon. Mais à l'heure actuelle, si j'achète une jument fille

de cet étalon, je peux faire de cette jument ce que je veux, je peux la faire reproduire chez moi avec n'importe quel autre étalon. Donc, il y a une limitation très forte, traditionnellement, de ce droit de propriété qui s'adresse à un animal particulier, mais pas à la lignée.

Dans le cas du génie génétique, on peut protéger effectivement une méthode qui aboutit à un organisme qui a été modifié, mais une fois cet organisme utilisé, il peut contaminer des plantes et là, les choses deviennent plus discutables. Prenons l'exemple de colza génétiquement modifié et d'un champ voisin qui, lui, n'est pas OGM. On a vu des procès de la part d'industries agroalimentaires pour contester la possibilité pour le paysan voisin d'utiliser ses graines qui avaient été contaminées par le colza génétiquement modifié. J'insiste donc : la propriété d'une méthode oui, la propriété d'un être vivant, non, et encore moins d'une lignée, ce qui ne permettrait plus d'utiliser du tout une espèce qui aurait été complètement contaminée par un OGM.

La Convention sur la biodiversité, dans son article 1, prévoit "le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques". Or les pays ou, davantage encore, les populations indigènes qui ont réussi, grâce à une gestion écologique de leur milieu naturel, à conserver des espèces sauvages, en Amazonie, dans le bassin du Zaïre ou dans les montagnes d'Éthiopie, se voient spoliées des trésors qu'elles ont sauvegardés. On vient prélever, pour en tirer des avantages économiques, des espèces sur leur territoire et elles ne touchent rien de ces avantages économiques parce que l'application de ce principe de la convention est laissée au libre-arbitre des entreprises concernées.

J. N. Sur les deux exemples que vous venez de mentionner, nous sommes d'accord. Que Monsanto fasse des procès à des gens dont les cultures ont été accidentellement contaminées, c'est inadmissible. Il faut, bien évidemment, que le droit empêche ce genre d'excès. De même, il faut que les espèces sauvages ne puissent pas être brevetées.

Le seul point sur lequel nous divergeons concerne des espèces qui ont été créées à la suite de processus relativement compliqués. La question est pragmatique. Le génie génétique a un potentiel qui a été très mal utilisé jusqu'ici, mais qui peut être positif pour l'espèce humaine, en particulier pour se nourrir en utilisant des terres pauvres ou sèches, pour produire des aliments utiles pour la santé de l'être humain. Nous touchons à quelque chose de fondamentalement positif.

Or, cette recherche ne sera pas poursuivie si ceux qui l'entreprennent n'en tirent pas un bénéfice suffisant pour financer les recherches ultérieures. C'est le même processus avec les firmes pharmaceutiques. Il faut que la durée du brevet soit d'une vingtaine d'années, pour qu'elles puissent vendre les médicaments de leur invention en dégageant un bénéfice suffisant pour alimenter la recherche de nouveaux médicaments.

Il y a une question de mesure dans tout cela. Et c'est bien pourquoi je suis d'avis, puisque nous allons aborder le chapitre de la législation, qu'il faut faire des lois. Des lois qui n'interdisent pas tout, mais qui n'autorisent pas tout non plus. C'est une ligne de crête extrêmement étroite qu'il faut découvrir, entre d'une part le refus, l'inertie, le découragement des chercheurs et des entreprises et d'autre part le laisser-faire qui a dominé jusqu'à présent. C'est dans cet

esprit que l'on pourrait proposer une législation qui, sans s'accrocher à un principe de "non-brevetabilité" du vivant, dise dans quels cas et jusqu'où celui qui a créé une nouvelle espèce peut en tirer un bénéfice.

Ph. R. Il me semble que nous sommes en train de définir le chemin sur lequel nous pourrions nous retrouver, avec cette parole de prudence de Jacques Neirynck.

La politique des OGM

Les OGM dans les lois nationales et les traités internationaux.

La réglementation des organismes génétiquement modifiés est très variable selon les pays ; des mesures juridiques fort diverses ont été prises dans le monde concernant la recherche, la production, la commercialisation et l'utilisation des OGM, dans leurs différents domaines d'application (agricole, médical...). La réglementation en Europe est plus restrictive qu'en Amérique du Nord et dans les pays émergents, en ce qui concerne leur exploitation agricole, leur commercialisation et leur consommation alimentaire.

Les surfaces cultivées des OGM végétaux s'accroissent rapidement dans le monde, en particulier en Amérique du Nord et dans les pays émergents, alors qu'elles restent faibles en Europe. Le moratoire sur la culture des OGM en Europe a pris fin officiellement le 19 mai 2004, avec l'autorisation donnée par la Commission européenne à la firme suisse Syngenta de commercialiser son maïs BT11, destiné à l'alimentation humaine. La diffusion des OGM en Europe, plus que sur les autres continents, reste cependant très controversée.

En France, une loi révisée a été publiée le 25 juin 2008. Elle propose un nouveau dispositif d'évaluation des plantes transgéniques et organise la cohabitation entre les différentes filières

(OGM, classique et biologique), qui soulève des difficultés du fait de la dissémination des OGM dans l'environnement. Les quatre principes dégagés lors du Grenelle de l'environnement en octobre 2007 sont : la liberté de produire ou de consommer avec ou sans OGM, l'utilisation d'OGM ne pouvant intervenir qu'après évaluation des risques et dans le respect de la santé publique et de l'environnement ; la constitution d'une Haute autorité sur les OGM assurant une expertise indépendante et pluridisciplinaire ; la mise en place d'un régime de responsabilité du producteur OGM pour couvrir le risque de dissémination ; la transparence, notamment en matière de localisation des parcelles, pour assurer la meilleure information du public.

En Suisse, la nouvelle loi sur le génie génétique est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2004 et sert de fondement pour une utilisation sans risque du génie génétique ; elle complète et coordonne les ordonnances et les lois des domaines spécifiques. Les denrées alimentaires issues de modifications génétiques doivent être autorisées par les autorités et déclarées clairement, c'est-à-dire étiquetées. Les aliments OGM en Suisse sont réglementés de manière rigoureuse par la Constitution fédérale, la loi sur les denrées alimentaires, l'ordonnance sur les denrées alimentaires et la procédure d'autorisation.

Peu de temps après l'adoption de la loi, les organisations de défense des consommateurs, de protection de l'environnement et celles des paysans déposèrent une initiative pour un moratoire OGM. Elle visait à interdire pendant cinq ans la culture agricole des plantes transgéniques à des fins commerciales. Le peuple suisse a accepté cette initiative le 27 novembre 2005 à une majorité de 55,7 %, ainsi que tous les cantons.

Bien que la recherche en la matière soit autorisée en vue d'étudier la dissémination, les travaux de l'École polytechnique

fédérale de Zurich furent l'objet de tracasseries et de critiques. Les chercheurs constatent que le malaise de l'opinion publique est réel et freinent leurs travaux. Les expérimentations conduites sur des animaux génétiquement modifiés (en particulier les lapins), dans le but de leur faire produire des molécules utiles en pharmacologie, ont toutes été abandonnées. L'industrie chimique et pharmaceutique suisse a jugé que ce secteur avait peu d'avenir et a pratiquement cessé tous ses financements. Seules des recherches en biologie fondamentale utilisent, actuellement, des souris transgéniques. Le moratoire de 5 ans "pour une agriculture sans OGM" arrivera à échéance en novembre 2010. Le Conseil fédéral souhaite le prolonger de trois ans. Il prend acte du fait que toute recherche devient impossible du fait des sabotages et que, dès lors, on n'en est pas mieux informé sur les risques en 2009 qu'en 2004.

La difficulté d'une définition

Avant de rédiger une loi, il est indispensable de s'entendre sur les termes utilisés, faute de quoi on n'en connaît pas l'extension et on ouvre la porte à des controverses devant les tribunaux. Les législateurs des différents pays ont donné des solutions très diverses qui font ressortir la difficulté de distinguer entre OGM au sens large, présents dans l'agriculture traditionnelle, et OGM au sens restreint, créés par des techniques avancées, qui sont seuls dans le viseur.

En France : *"Un organisme génétiquement modifié (OGM) est un organisme (animal, végétal, bactérie) dont on a modifié le matériel génétique (ensemble de gènes) par une technique nouvelle dite de génie génétique pour lui conférer une caractéristique nouvelle."* C'est une définition circulaire car que signifie exactement "génie génétique" ?

La définition de l'Union européenne est plus précise et répond à la nécessité de dire ce qu'est le génie génétique :

“...Les techniques de modification génétique sont, entre autres :

1) les techniques de recombinaison de l'acide désoxyribonucléique impliquant la formation de nouvelles combinaisons de matériel génétique par l'insertion de molécules d'acide nucléique, produit de n'importe quelle façon hors d'un organisme, à l'intérieur de tout virus, plasmide bactérien ou autre système vecteur et leur incorporation dans un organisme hôte à l'intérieur duquel elles n'apparaissent pas de façon naturelle, mais où elles peuvent se multiplier de façon continue ;

2) les techniques impliquant l'incorporation directe dans un organisme de matériel héréditaire préparé à l'extérieur de l'organisme, y compris la micro-injection, la macro-injection et la microencapsulation ;

3) les techniques de fusion cellulaire (y compris la fusion de protoplastes) ou d'hybridation dans lesquelles des cellules vivantes présentant de nouvelles combinaisons de matériel génétique héréditaire sont constituées par la fusion de deux cellules ou davantage au moyen de méthodes qui ne sont pas mises en œuvre de façon naturelle.”

La Suisse s'est référée à cette définition :

“Par organisme génétiquement modifié, on entend tout organisme dont le matériel génétique a subi une modification qui ne se produit pas naturellement, ni par multiplication, ni par recombinaison naturelle.”

Si l'Europe réussit ainsi à faire la distinction et à isoler l'objet de la contestation, au-delà de l'Atlantique, on maintient la confusion. On ne parle pas d'organisme génétiquement modifié au sens précis attaché en Europe, mais de modification génétique, ce qui met tout sur le même pied. Aux États-Unis la définition est :

“Modification génétique : production d’amélioration héréditaire chez des plantes ou des animaux dans un but spécifique aussi bien par les techniques du génie génétique que par les méthodes plus traditionnelles d’amélioration.”

Le Canada suit la même voie que les États-Unis : *“Modification génétique (MG) : tout changement dans le matériel génétique d’un organisme, que ce soit par l’intermédiaire de la sélection classique, du génie génétique, de la mutagenèse, etc. Un OGM est un organisme génétiquement modifié.”*

La rédaction d’une loi n’est jamais innocente. La comparaison entre ce qu’elles sont de part et d’autre de l’Atlantique est éclairante. Aux États-Unis en 2009, le maïs OGM représente 85 % des cultures, en augmentation de 5 % sur l’année antérieure, soit près de 30 millions d’hectares ou 300 000 kilomètres carrés. Pour le soja, c’est 91 % sur une superficie équivalente et pour le coton 88 % sur une superficie dix fois plus faible. On peut donc dire que, pour ces cultures importantes, les plantes traditionnelles ne résistent pas à la concurrence là où la législation ne bride pas les cultures OGM.

En France, la culture du maïs OGM était toujours suspendue au début de 2009. L’Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) a rendu un avis favorable sur la culture des OGM MON810 en France : après étude de la littérature sur ce sujet, la culture de maïs OGM MON810 ne présentait pas de problèmes particuliers pour l’environnement, la santé et la biodiversité. C’est cette décision que Bruxelles demandait au gouvernement français, qui avait mis en avant la clause de sauvegarde pour suspendre la culture de ce maïs sur le sol national. Les réactions des écologistes furent très vives après cet avis favorable de l’AFSSA. De son côté, le ministère de l’Écologie fit savoir qu’il n’était pas question de revenir sur

la clause de sauvegarde, même si Bruxelles demandait l'inverse. La situation est donc bloquée.

Enfin en Suisse, non seulement le moratoire sur les cultures OGM sera toujours en vigueur jusqu'en 2010, mais nous l'avons dit, il sera prolongé de trois ans.

Des informations glanées en 2007 et 2008 montrent que de nombreuses régions du monde refusent les plantations d'OGM. Par exemple le gouvernement irlandais déclare l'Irlande zone sans OGM, le gouvernement du Kerala (Inde) déclare que son État reste une zone hors OGM. Les expériences en plein champ sont également interdites. Des organisations paysannes canadiennes déclarent Vancouver Island région sans OGM. Le gouvernement de la région de Cuzco, dans les Andes, au Pérou, interdit la culture de toutes les variétés de pommes de terre OGM. Le gouvernement de l'État d'Hawaïi interdit la culture de café et de taro, un tubercule alimentaire traditionnel, génétiquement modifiés. Lake County en Californie a décidé d'interdire la culture des plantes transgéniques. L'État africain du Bénin a prolongé de cinq ans son moratoire : importation, distribution et culture d'OGM sont toujours interdites. Le gouvernement des Canaries a déclaré l'archipel zone hors OGM. À Madère aussi, le gouvernement a décidé d'interdire toute culture d'OGM. L'île a investi dans l'agriculture biologique et ne veut pas compromettre cette dernière. Le Mexique stoppe les importations de riz étasunien à la frontière. Les fonctionnaires exigent des tests et des certificats fournissant la preuve de l'absence d'OGM. À l'heure actuelle, le Mexique représente le plus grand marché d'exportation pour le riz des États-Unis. Parce qu'elle estime que les recherches sur les risques sont insuffisantes et le risque de contamination trop important, l'Afrique du Sud interdit les essais en plein champ de cassave génétiquement modifié. Le gouvernement grec interdit l'importation de seize variétés de maïs

génétiquement modifié, ceci bien que l'Union européenne leur ait donné son feu vert. La Grèce a également bloqué l'importation de 88 tonnes de riz contaminé génétiquement en provenance de Chine. Bien que le maïs MON810 soit autorisé depuis 1998 dans l'Union européenne, l'Office fédéral pour la protection du consommateur et la sécurité alimentaire a décidé qu'en Allemagne, la vente des semences de MON810 ne pourrait être à nouveau autorisée qu'à partir du moment où Monsanto aurait établi un plan d'observation en matière de répercussions environnementales. L'utilisation d'aliments transgéniques est interdite dans les écoles de Corée du Sud. La région de Lagos est la première région légalement sans OGM du Portugal, et au Japon, les organisations de consommateurs japonaises, qui représentent plus de 3 millions de membres au total, somment le gouvernement australien de maintenir son moratoire. Le Japon est en effet tributaire de l'Australie pour un certain nombre de denrées alimentaires. En 2009, la Lettonie a décidé d'interdire la culture des plantes transgéniques sur tout son territoire. La Tasmanie prolonge de cinq ans son moratoire sur les cultures d'OGM. Malte confirme à nouveau que son territoire demeure exempt d'OGM, de même pour l'Écosse, l'Irlande du Nord et le Pays de Galles³⁸.

DÉBAT

La politique, ou les politiques, des OGM.

Ph. Roch. J'aimerais insister sur le fait que ces notions politiques ne sont pas simplement innocentes ou neutres et qu'aux États-Unis, il y a une volonté tout à fait claire, sous l'influence du monde industriel agroalimentaire, de refuser de faire une distinction entre une plante génétiquement modifiée et ses semblables non-OGM. Les États-Unis

n'acceptent pas qu'un OGM et son semblable non-OGM soient considérés comme deux espèces, et même pas comme deux variétés : le riz OGM et son parent traditionnel, ou le maïs OGM et son parent traditionnel, sont considérés comme une seule variété, ce qui empêche de distinguer les uns et les autres au niveau du commerce international. Les États-Unis interviennent constamment pour empêcher des pays et l'Union européenne de faire cette distinction, et par conséquent d'interdire l'utilisation de plantes OGM en plein champ. Cette position permet d'imposer les plantes OGM à tous les pays du monde et à tous les cultivateurs sans qu'il y ait moyen de s'en défendre.

Sur le plan international, le protocole de Carthagène, qui est un protocole à la Convention sur la biodiversité, introduit heureusement l'obligation, pour les exportateurs d'OGM, d'avoir l'accord préalable, informé, des pays importateurs ; cela signifie que les exportateurs doivent donner des informations suffisantes au pays importateur pour que ce pays puisse juger de l'opportunité d'accepter cette importation, et ils doivent en obtenir l'autorisation. Mais du fait de ce défaut de distinction entre les races traditionnelles et les races génétiquement modifiées, il reste très difficile pour un pays de justifier une interdiction d'importation de semences ou même d'aliments OGM.

J. Neirynck. Ceci est tout à fait juste. Ce qui me frappe, c'est la différence de culture des deux côtés de l'Atlantique, alors même que les États-Unis sont un pays essentiellement peuplé d'immigrants venus d'Europe, qui auraient donc dû faire vivre cette culture. La réaction de rejet de l'Europe est une réaction culturelle et elle procède d'une différence fondamentale. Dans les familles très simples en Europe,

des familles d'ascendance paysanne, le culte de la bonne nourriture, de la nourriture traditionnelle, de la nourriture élaborée en cuisine est quelque chose de sacré. Cela fait partie de la culture, une culture qui, du reste, varie d'un pays à l'autre.

En revanche, aux États-Unis, pays qui a été peuplé de colons issus d'Europe mais qui portaient soit pour des raisons religieuses, soit parce qu'ils vivaient dans des conditions de misère épouvantable (c'était par exemple le cas des Irlandais en 1848), la culture de la nourriture ne s'est pas transmise. Un Américain ne *mange* pas, il *se nourrit* et cela doit se faire relativement vite, en consommant le moins de temps possible pour préparer le repas et pour être à table ; on trouve même aux États-Unis pas mal de gens, dans certaines couches de la population, chez lesquels il n'y a plus de table familiale, il n'y a plus de table autour de laquelle on se réunit pour manger, il n'y a plus que la télé, un canapé et un plateau repas.

À partir de là, la règle est simple, il faut remplir son estomac au moment où il crie famine, quoi que l'on y mette. Les distinctions subtiles entre les différentes espèces de maïs n'intéressent absolument pas la population américaine. On ne voit pas un habitant de l'Amérique profonde, mangeant du pop corn devant la télévision, se poser la question de savoir si le maïs était, à l'origine, génétiquement modifié ou non.

Cela va du reste plus loin que l'alimentation humaine. Actuellement, aux États-Unis, le bétail bovin est massivement nourri de maïs. C'est contre-nature, puisque la vache est un herbivore et pas un animal qui se nourrit de graines. Cela est fait dans un unique but : produire

rapidement beaucoup de viande, deux fois plus vite que si on laisse paître le bétail dans la nature. Tout le processus alimentaire, aux États-Unis, est organisé non en fonction de la qualité, du goût ou de la sécurité de l'aliment mais en fonction de son coût : il faut que cela coûte aussi peu cher que possible au consommateur et que cela rapporte le plus possible au producteur.

On peut ajouter à cela le fait qu'aux États-Unis, les mécanismes du pouvoir qui, par certains aspects, sont extraordinairement démocratiques, sont aussi le lieu, au Parlement en particulier, de l'action de puissants lobbies qui dissimulent l'enjeu des lois qui sont votées, lesquelles lois sont manifestement beaucoup plus laxistes qu'en Europe.

Ph. R. Petite lueur d'espoir dans cette analyse culturelle sombre, que je partage, c'est qu'il y a quand même des filières notamment de produits de l'agriculture biologique, *organic farming*, qui se développent beaucoup aux États-Unis ; même la plus grande chaîne de distribution, Wal-Mart, commence à introduire des produits bio, des produits sans OGM, des produits sans hormones. Donc, à travers le commerce qui a toujours été très important dans cette civilisation américaine, on peut avoir l'espoir que le sens critique renaisse.

Politique internationale

Quatre accords internationaux ont une importance particulière pour les OGM : la Convention internationale pour la protection des obtentions végétales, l'accord de l'OMC sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce, la

Convention des Nations unies sur la biodiversité et son protocole de Carthagène et le traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture.

L'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV) a élaboré la convention internationale pour la protection des obtentions végétales, signée en 1961 et révisée en 1991. Cette convention prévoit en son article 15 al. 2 que *“chaque Partie contractante peut, dans des limites raisonnables et sous réserve de la sauvegarde des intérêts légitimes de l'obtenteur, restreindre le droit d'obtenteur à l'égard de toute variété afin de permettre aux agriculteurs d'utiliser à des fins de reproduction ou de multiplication, sur leur propre exploitation, le produit de la récolte qu'ils ont obtenu par la mise en culture, sur leur propre exploitation, d'une variété protégée...”*

L'article 15 de la Convention des Nations unies sur la biodiversité, signée à Rio de Janeiro en 1992, reconnaît la souveraineté des pays sur leurs ressources génétiques. L'article 1 donne pour objectif l'utilisation durable et le partage des bénéfices retirés de l'exploitation de ces ressources génétiques. L'article 16 prévoit la nécessité de l'information et de l'accord préalable des autorités du pays vers lequel un tiers souhaite exporter des organismes génétiquement modifiés. Le protocole de Carthagène a précisé ces éléments, mais la mise en œuvre de ces dispositions n'est pas encore satisfaisante, malgré l'adoption des directives de Bonn qui précisent la procédure à suivre. La biopiraterie reste fréquente, et peu de peuples indigènes tirent un réel bénéfice de l'exploitation des ressources naturelles de leur territoire, qu'ils ont protégées pendant des générations.

L'accord TRIPS crée le cadre légal et règle l'obtention de brevets. Il prévoit la possibilité pour les pays membres d'exclure les plantes et les animaux de la brevetabilité, à l'exception des procédés

microbiologiques, comme le prévoit d'ailleurs la loi suisse sur les brevets en son article 1a.

Le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, adopté dans le cadre de la FAO en 2002, vise à mettre en place un système mondial permettant de fournir un accès aux matériels phytogénétiques aux agriculteurs, aux sélectionneurs de végétaux et aux scientifiques. Dans son article 9, le traité reconnaît l'énorme contribution que les communautés locales et autochtones ainsi que les agriculteurs de toutes les régions du monde, et spécialement ceux des centres d'origine et de diversité des plantes cultivées, ont apporté et continueront d'apporter à la conservation et à la mise en valeur des ressources phytogénétiques qui constituent la base de la production alimentaire et agricole dans le monde entier. Il confie aux gouvernements la responsabilité de la réalisation des droits des agriculteurs. Il précise que rien dans cet article ne devra être interprété comme limitant les droits que peuvent avoir les agriculteurs de conserver, d'utiliser, d'échanger et de vendre des semences de ferme ou du matériel de multiplication.

Ces traités forment un cadre légal international compliqué, flou et peu contraignant, dont la mise en œuvre laisse trop de zones d'ombre qui n'assurent pas une protection suffisante des paysans et des populations indigènes contre les compagnies multinationales peu scrupuleuses. Un bon moyen d'éviter les abus en attendant des règles plus claires consiste à concentrer la recherche et l'obtention de brevets auprès d'organismes de recherche publics internationaux ou nationaux.

Conclusion

La gestion politique du génie génétique est incohérente à l'échelle planétaire. Cela va de pays comme les États-Unis, la Chine et le Brésil, qui autorisent et encouragent la culture massive des OGM, à des pays européens comme la France, qui pratique un moratoire de fait, et la Suisse, qui a voté un moratoire de droit. Ces pratiques extrêmes ne permettent pas d'atteindre une estimation rationnelle des avantages et des risques de cette technique agricole.

*Ce n'est pas en faisant n'importe quoi ou rien du tout
que l'on utilisera intelligemment le génie génétique.*

Comme le phénomène de la vie ne connaît pas de frontières politiques, puisque celles-ci ne sont pas imperméables au pollen, il est indispensable que cette problématique soit prise en main par les Nations unies au moyen d'une agence spécialisée, seule autorisée à établir des recommandations et à imposer des règles. Il faut que cette instance dispose d'une véritable autonomie et que l'on ne recommence pas l'expérience de l'Agence internationale de l'énergie atomique. Celle-ci a contrôlé efficacement l'usage

militaire du nucléaire, mais elle a échoué dans le domaine de son usage pacifique et s'est transformée en agence de propagande en faveur des centrales nucléaires.

Le danger, en technique, surgit toujours de l'endroit où on ne l'attendait pas et où on ne l'a donc pas reconnu à temps.

Dans ce cadre, la recherche en génie génétique doit mettre la priorité sur la réduction des incertitudes qui pèsent sur cette technique. L'introduction d'un gène provenant de l'ADN d'un organisme dans celui d'une plante permet-elle simplement de doter celle-ci de la qualité empruntée au premier, sans effets secondaires imprévisibles et indésirables ? De même, la migration vers d'autres plantes ou vers la même plante non modifiée doit être élucidée. Les OGM peuvent-ils remplir réellement le rôle prétendu dans la lutte contre la faim, la désertification, l'assèchement, la pollution par les pesticides ? Si le génie génétique peut participer à la solution de ce problème, dans quelles conditions, avec quels contrôles ? En Afrique par exemple, le génie génétique pourrait aider à résoudre le problème de la faim, avec une amélioration des transports, une administration intègre et la sécurité des populations. Néanmoins, nous n'en prenons pas le chemin parce que les firmes internationales n'y ont pas intérêt. Une étude continue des populations humaines ou animales nourries d'OGM doit permettre de déceler au plus tôt l'apparition d'éventuelles pathologies.

La recherche est indispensable pour apprendre à utiliser intelligemment le génie génétique.

Comme on ne peut pas attendre d'une firme privée qu'elle remette en question le résultat de ses propres développements au

risque de se ruiner, la recherche sur les risques mentionnée plus haut doit s'effectuer dans le secteur public, par exemple les universités et les stations agronomiques. Elle ne peut être financée par des firmes impliquées dans le génie génétique, de façon à assurer l'indépendance des chercheurs et la crédibilité des résultats.

La recherche fondamentale est une charge des pouvoirs publics, la recherche appliquée celle du secteur privé. Seule la première peut répondre aux questions essentielles mentionnées plus haut.

Il faut expliquer à l'opinion publique le but et la nécessité de ces recherches fondamentales et réprimer les tentatives de les saboter. Dans un État de droit, on ne peut laisser se développer une guérilla contre le génie génétique par des groupes incontrôlés, qui bénéficieraient d'une tolérance judiciaire parce que l'on n'est pas très sûr de la pertinence de la législation. Si des expériences du secteur public sont sabotées, les chercheurs sérieux se détourneront de cet objet de recherche fondamentale et la recherche appliquée sera laissée entre les mains de laboratoires industriels dont les objectifs, l'indépendance et la crédibilité sont douteux.

Il n'existe pas de droit à saboter des recherches conformes au cadre légal parce qu'elles déplaisent à certains.

Au fur et à mesure des progrès de la connaissance, des législations nationales doivent être élaborées en tenant compte des recommandations de l'agence internationale. Ces lois résultent d'une pesée des intérêts à un moment donné, dans certaines circonstances sociales et politiques.

Aussi longtemps que des connaissances fondamentales continueront à être acquises par la recherche, ces législations doivent être adaptées en temps réel.

Ce débat doit être porté sur la place publique. L'électorat des pays démocratiques, spécialement ceux où la consultation populaire est fréquente, doit être instruit des réalités de la biologie et mis en garde contre des visions archaïques, comme le créationnisme. Cette tâche est prioritairement celle de l'école obligatoire : la biologie n'est pas seulement l'amalgame de la zoologie descriptive, de la botanique systématique et de l'anatomie humaine ; il faut descendre jusqu'au niveau de la biologie moléculaire dès que les jeunes disposent des connaissances fondamentales en chimie. Les enfants ont le droit de savoir quelle est la nature de la vie qu'ils partagent.

Il faut trouver les méthodes adaptées à chaque âge pour sortir de l'optique magique et accéder à celle de l'émerveillement devant un phénomène naturel, complexe et dynamique.

Si l'utilisation d'OGM dans l'agriculture peut être considérée comme acceptable à un certain moment et dans certaines circonstances, encore faut-il ne pas laisser les agriculteurs démunis face à un complexe agroindustriel de firmes puissantes, dont le seul but est de maximiser leurs profits. La politique agricole est un tout, dont le génie génétique n'est qu'une composante. Il faut que celui-ci s'insère dans la volonté de préserver la profession agricole, les ressources en sol et en eau, la biodiversité, les circuits commerciaux, la culture diététique et culinaire des consommateurs.

La nourriture est une nécessité vitale, mais aussi un élément de civilisation. Les hommes ne sont pas du bétail et d'ailleurs,

Conclusion

*celui-ci mérite mieux que des farines animales
ou du maïs en mangeoire.*

Les auteurs de cet ouvrage sont d'accord sur quatre points :

- la technique du génie génétique est très utile dans le domaine de la recherche pour améliorer nos connaissances du fonctionnement de la vie ;

- dans l'industrie, le génie génétique offre des possibilités de produire des molécules complexes comme l'insuline ou l'hormone de croissance dans des conditions optimales en matière de pureté, de consommation d'énergie et de sécurité. C'est un progrès écologique considérable ;

- le fait de consommer des OGM n'augmente pas les risques d'intégration de matériel génétique étranger dans nos propres cellules par rapport à la nourriture conventionnelle ; ce n'est pas d'abord un problème de santé ;

- le domaine où notre esprit critique éprouve de grands doutes est celui de l'utilisation en plein champ, car c'est là que les risques de dissémination incontrôlée sont les plus grands. Sans fermer la porte au progrès apporté par le génie génétique, il faut faire preuve de la plus grande vigilance.

En revanche les deux auteurs divergent sur le niveau de risque acceptable : Philippe Roch plaide pour une plus grande prudence que Jacques Neirynck, qui est prêt à courir davantage de risques. C'est peut-être la différence entre un biochimiste et un ingénieur.

*Le génie génétique n'est ni le lieu du laisser-faire,
ni celui du rien faire. C'est une porte ouverte sur le troisième
millénaire, qu'il ne faut pas laisser fermée, mais qu'il faut ouvrir
avec précaution.*

Notes

1. Henri Poincaré, *La valeur de la science*, Flammarion, Paris, 1911, pp. 2-3.
2. Robert Hainard, *Et la nature ?*, Éditions Hesse, 2006, p. 43.
3. La liste complète est disponible sous : http://www.bafu.admin.ch/php/modules/geschlossene_systeme/suche_ausgabe.php?lang=fr
4. James, Clive, Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. *ISAAA Brief*, no. 39. ISAAA: Ithaca, New York.
5. Umweltinstitut München, 15.01.2007.
6. Mari N. Jensen, University of Arizona, 7.02.2008.
7. Ledger-Enquirer, États-Unis, 18.12.2006 et North Texas e-News, États-Unis, 01.01.2007.
8. Gérard Curé, *Le Monde*, 13.05.2008.
9. Rex Dalton, *Nature*, 456: 149, 12.11.2008.
10. Keisuke Amagasa, Lobbywatch Links, 06.08.2007.
11. Organic Agriculture Protection Fund, Canada, Press Release, 01.08.2007.
12. Mellifera, 01.06.2008.
13. Indiana University, États-Unis, Press Release, 08.10.2007.
14. BUND, communiqué de presse, 18.12.2008.
15. Greenpeace International, Netherlands, Press Release, 13.03.2007.
16. Greenpeace, 12.12.2006.

17. Geoffrey Lean, *The Independent*, Royaume-Uni, 20.04.2008.
18. *The Hindu*, 11.05.2008.
19. *The Hindu*, 28.09.2006.
20. Jost Maurin, *taz*, 29.04.2008.
21. Jean-Paul Chavas *et al.*, *Agronomy Journal*, vol. 101, 2, 2009, pp. 288-295.
22. Andrew Pollack, *The New York Times*, États-Unis, 19.02.2009.
23. *Scientific American Magazine*, août 2009 (<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=do-seed-companies-control-gm-crop-research>).
24. Krishan Bir Chaudhary, *New Agriculturalist*, March 2007.
25. Monsanto, Canada, communiqué de presse, 25.06.2007.
26. *The Right Livelihood Award*, Sweden, 02.10.2007.
27. *News.ch*, 22.10.2007.
28. Sebastian Herrmann, *Süddeutsche Zeitung*, Donnerstag, 8. Mai 2008.
29. Topi Lyambila and agencies, *Kenya London News*, Aug. 28, 2006.
30. Kenong Xu *et al.*, "Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice", *Nature*, 442, 10.08.2006, S. 705-708.
31. Jan Suszkiw, *Agricultural Research Magazine*, vol. 57, n° 4, April 2009.
32. ICRISAT, India, Press Release, 02.03.2009.
33. *cgiaNews*, septembre 2008.
34. FAO, communiqué de presse, Rome, 15.09.2008.
35. Jerry Perkins, *desmoinesregister.com*, 11.07.2008.
36. Ed Buckler and Torbert Rocheford, *Science*, 18.01.2007.
37. *The New Vision*, Uganda, 07.11.2006.
38. Blauen-Institut, *Gentech-news* 154, 156, 157, 158, 161, 166 (2007), 172, 173, 189 (2008), 199, 202 (2009) / www.blauen-institut.ch

Pour approfondir

Informations de base

Eberhard Passarge, *Atlas de poche de génétique*, Flammarion, Paris, 2008.

Helmut Plattner, Joachim Hentschel, *Manuel de poche de biologie cellulaire*, Flammarion, Paris, 2009.

James D. Watson, Amy A. Caudy, Richard M. Myers, Jan A. Witkowski, *Recombinant DNA*, W.H. Freeman and Co, New York, 2007.

Christian Vélot, *Ogm. Tout s'explique*, Goutte de sable, Athée, 2009.

Enzo Russo, David Cove, *Génie génétique, rêves et cauchemars*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1996.

FAO : <http://www.fao.org/biotech/index.asp?lang=fr>

Informations des producteurs d'OGM

Monsanto : <http://www.monsanto.com/>

Syngenta : <http://www.syngenta.com/en/index.html>

Informations critiques

Gentech-news, en français : <http://www.blauen-institut.ch/>

Marie-Monique Robin, *Le monde selon Monsanto*, La Découverte/Arte, 2008

Jennifer A. Thomson, *Seeds for the future*, Cornell University Press, New York, 2006

<http://www.genet-info.org/>

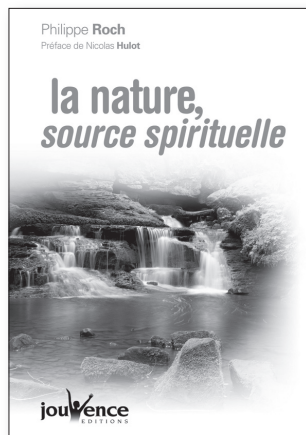
Nature Institute : <http://www.natureinstitute.org/gene/index.htm>

Philippe Roch

aux Éditions Jouvence



Docteur en biochimie, **Philippe Roch** a dirigé le WWF Suisse avant de devenir Secrétaire d'État suisse à l'environnement. Il a présidé les conférences des parties aux Conventions de Bâle et de Rotterdam et le Fonds pour l'environnement mondial (GEF), et joué un rôle-clé dans les conventions sur la diversité biologique et le climat, ainsi que dans les travaux du PNUE sur la gouvernance environnementale. Aujourd'hui, il vit à Genève, où il se consacre aux questions politiques et philosophiques en relation avec la nature et l'environnement. Il est l'auteur de *La nature, source spirituelle* (Éd. Jouvence).



La nature, source spirituelle

Philippe Roch

Préface de Nicolas Hulot

Ne faudrait-il pas créer une nouvelle alliance avec la nature en s'inspirant de l'enseignement de la nature elle-même, pleine de sagesse, et par la méditation, qui permet de retrouver au fond de nous-mêmes une vérité dépouillée de tout ce qui encombre notre cerveau ? L'auteur développe ainsi la vision d'une société en harmonie avec la nature, basée sur une complémentarité entre science et spiritualité. Il plaide pour un retour à la nature par la civilisation..

192 pages • Prix : 18,50 euros / 32 CHF

Jacques Neiryndck

aux Éditions Jouvence



Jacques Neiryndck a mené une carrière d'ingénieur, de chercheur et de professeur, qui l'a mené de Belgique au Zaïre et en Suisse où il l'a terminée à l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Comme écrivain, il est l'éditeur d'un *Traité d'électricité* en 22 volumes, de neuf romans et d'une douzaine d'essais. Il a été élu une première fois en 1999 au Conseil national de la Confédération suisse dont il est toujours membre. Il exerce également une activité de journaliste.



La grande illusion de la technique

Manifeste pour un développement durable

Jacques Neiryck

L'ère technico-scientifique planétairement instituée nous place devant ce problème crucial, celui de la maîtrise :

- Comment faire face à la raréfaction des ressources naturelles ?
- Sommes-nous acteurs du développement de la technique ou celui-ci nous échappe-t-il ?

384 pages • Prix : 12,50 euros / 23 CHF

Envie de bien-être ?

www.editions-jouvence.com



Fotolia - @ Franck Boston



Le bon réflexe pour :

Être en prise directe :

- avec nos **nouveautés** (plus de 60 par année),
- avec nos **auteurs** : Jouvence attache beaucoup d'importance à la personnalité et à la qualité de ses auteurs,
- avec tout notre **catalogue**... plus de 400 titres disponibles,
- avec **les Éditions Jouvence** : en nous écrivant et en dialoguant avec nous. Nous vous répondrons personnellement !

Le site web de la découverte !

Ce site est réactualisé en permanence, n'hésitez pas à le consulter régulièrement.