



INSTITUT
DIDEROT

Les Carnets des Dialogues du Matin

MARION GUILLOU

L'avenir de l'alimentation

Les Carnets des Dialogues du Matin

MARION GUILLOU

L'avenir de l'alimentation

Sommaire

- Avant-propos p. 5
Dominique Lecourt
- L'avenir de l'alimentation p. 7
Marion Guillou
- Les publications
de l'Institut Diderot p. 26

Avant-propos

Conscience a été prise au cours du XX^{ème} siècle de ce que la question de l'alimentation engageait l'avenir de l'humanité toute entière. Les projections des démographes (environ 9 milliards d'individus en 2050) nous enjoignent d'agir au plus vite à l'échelle de la planète. Il paraît désormais difficile d'atteindre l'objectif fixé en 1996 par le Sommet mondial de l'alimentation qui nous invitait à réduire de moitié d'ici 2015 le nombre de personnes souffrant de sous-alimentation chronique. C'est un redoutable défi pour les scientifiques, les industriels et les agriculteurs que d'inventer un modèle permettant de lutter durablement contre les risques de l'insécurité alimentaire qui affecte aujourd'hui si gravement l'humanité.

Le pari ne serait-t-il pas pour l'essentiel gagné dès lors qu'il apparaîtrait que l'innovation en matière de recherches agricoles serait orientée par des politiques favorables à la réduction de la pauvreté, tout en étant à la fois respectueux de l'environnement et économiquement viable ? Cela suppose sans doute que soit modifiée la réglementation internationale en matière d'agriculture, si défavorable aux pays du Sud. Cela suppose, sans attendre, d'instruire et de former ces agriculteurs, d'organiser en particulier auprès des femmes une action d'éducation massive leur permettant de percevoir les avantages des biotechnologies, c'est-à-dire le temps et le travail qu'elles leur permettraient de gagner.

Marion Guillou, qui dirige l'INRA depuis 2004, nous livre un tableau précis et passionnant des difficultés et des promesses d'une situation qui est bien « sans précédent dans l'histoire humaine ».

Pr. Dominique Lecourt
Directeur général de l'Institut Diderot

L'avenir de l'alimentation

L'alimentation est un droit de l'Homme. Elle se trouve mentionnée dans la Déclaration universelle des droits parmi les éléments qu'il convient de garantir à l'humanité. C'est en outre une activité qui présente plusieurs dimensions. Vitale, bien évidemment, mais aussi commerciale : elle dépend du pouvoir d'achat et des choix de consommation ; c'est encore une activité sociale, en particulier dans nos pays méditerranéens où le savoir-vivre implique des pratiques alimentaires collectives. Elle a enfin une dimension existentielle et symbolique profonde : comme le dit Claude Fischler, « je suis ce que je mange ». Nous avons tous le sentiment que notre alimentation façonne notre corps, ce qui est à la fois physiologiquement vrai et symboliquement très important. Mon objectif sera donc d'explorer certaines facettes de cette activité complexe, d'en ressaisir schématiquement les évolutions, afin d'essayer de répondre à la question suivante : comment pourrions-nous assurer ce droit humain fondamental à l'horizon 2050 ?

D'IMPORTANTES CHANGEMENTS DE PERSPECTIVE : POUR UNE ANALYSE GLOBALE ET MONDIALE DES SYSTÈMES ALIMENTAIRES

Je commencerai par esquisser une petite histoire des manières dont l'alimentation a pu être perçue au cours de ces dernières décennies, en suivant l'histoire institutionnelle de l'INRA. Lorsque l'INRA a été créé en 1946, son objectif principal relevait de la subsistance : il fallait nourrir la France après la Seconde Guerre mondiale.

Pendant un certain nombre d'années, l'Institut s'occupa donc de mettre en place des activités de production qui nous ont permis d'atteindre une certaine autosuffisance. En 1984, selon le décret fondateur de l'INRA comme institut scientifique et technique, sa mission consistait encore à « conduire les recherches nécessaires pour l'agriculture et les industries qui lui sont liées ». On voit combien ces termes semblent aujourd'hui désuets... Peu à peu, l'Institut a mis en place un département « sciences de la consommation », puis un département « nutrition, alimentation et sécurité alimentaire » ; enfin, il s'est doté d'un directeur scientifique « alimentation ».

Cette brève histoire institutionnelle manifeste certaines évolutions dans notre perception de l'alimentation. Hier, nos priorités portaient avant tout sur le goût, la sécurité sanitaire et la santé. Pour demain (puisque nous venons de publier nos orientations pour 2010-2020), nos priorités s'expriment de manière très différente, en prenant pour référence de grands enjeux :

1. « Comment construire des *systèmes* alimentaires *durables* ? » On voit que nous parlons de systèmes alimentaires et non plus simplement d'alimentation. Cela signifie que nous prenons en compte à la fois la

production, la transformation, la logistique, les bilans carbonés, etc. Quant à la « durabilité », nous allons y revenir : elle est devenue l'enjeu fondamental.

2. Notre objectif est de contribuer à la sécurité alimentaire *mondiale*, c'est-à-dire que nous nous pensons comme les acteurs d'un système mondial, perspective extrêmement différente de notre perspective nationale originelle.
3. Nous affirmons que nos recherches doivent s'ouvrir à tout un ensemble d'autres domaines : énergie, croissance, urbanisation, échanges internationaux... C'est là encore un point de vue nouveau : dans un monde qui a de plus en plus conscience de sa finitude, les réseaux et les interrelations entre les différents secteurs deviennent explicites, alors qu'ils n'étaient jusqu'ici que traités implicitement.
4. Enfin, dernier grand changement : la dimension mondiale à laquelle nous nous plaçons nous oblige à envisager telle consommation, localisée dans le temps et l'espace, à l'intérieur d'une échelle beaucoup plus vaste au niveau spatial et temporel.

Pourquoi avons-nous opéré ces changements de perspective ? Le défi actuel, c'est de parvenir à une sécurité alimentaire et nutritionnelle dans une perspective de développement durable. La sécurité alimentaire, c'est le droit à la nourriture ; et, pour y avoir droit, il faut d'abord qu'on en dispose en quantité suffisante. Telle était la vision initiale de la sécurité alimentaire : droit universel auquel devait correspondre une quantité suffisante de nourriture produite. Mais cette vision est aujourd'hui dépassée : nous disposons actuellement d'une quantité de nourriture suffisante en théorie pour nourrir l'humanité, soit 3 000 kcal par habitant. Mais on ne peut malheureusement

pas affirmer pour autant que la sécurité alimentaire et nutritionnelle est assurée dans les faits. En premier lieu, il existe des problèmes d'approvisionnement, en particulier pour les pays en crise ou en guerre. Il existe en outre un problème d'accès, qu'Amartya Sen a bien souligné dans ses essais sur la famine¹ : si les gens ont faim, ce n'est pas tant parce qu'il n'y a pas assez à manger, que parce qu'ils n'ont pas accès à la nourriture. Se pose ainsi, bien sûr, le problème du pouvoir d'achat et de la pauvreté, comme ce fut le cas lors des émeutes de la faim en 2008 : il s'agissait d'émeutes de pauvres urbains, qui manquaient de nourriture alors qu'il y avait bien assez à manger, non seulement dans le monde, mais même dans leurs pays. S'ajoute enfin un problème que la Banque mondiale a désigné comme le *sentiment d'insécurité alimentaire*, soit chronique, soit transitoire. Notre objectif est donc de travailler dans une perspective de sécurité alimentaire où toutes ces composantes sont prises en compte : quantité, accès physique, accès économique, etc.

Il s'agit en outre de répondre à une question nouvelle : celle de la sécurité *nutritionnelle*. Il est en effet paradoxal de constater que souvent, dans les mêmes pays, la sous-nutrition coexiste maintenant avec l'obésité, les maladies de l'excès ou du déséquilibre alimentaires. L'insécurité nutritionnelle touche désormais plus d'habitants dans le monde que les maladies infectieuses. Elle est devenue un enjeu mondial et non plus simplement un problème des pays riches. Selon l'OMS, les risques *traditionnels*, tels que la sous-alimentation, la pollution, les

1. Amartya Sen, *Poverty and Famines: an Essay on Entitlements and Deprivation*, Oxford, Clarendon Press, 1982 et *Food Economics and Entitlements*, Helsinki, Wider Working Paper, 1986.

risques sanitaires, tendent à voir leur part diminuer ; en revanche, les risques *modernes* (tabac, inactivité physique, surpoids, qualité de l'air) connaissent une évolution inverse. En tendance générale, donc, au niveau mondial, les risques sont désormais tout autant en termes de surpoids et d'inactivité physique que de sous-alimentation. Cette situation implique que nous posions autrement la question des besoins physiologiques alimentaires : non plus en termes de sous-nutrition mais en termes de déficit, d'excès et d'équilibre nutritionnels. Pour jouer sur cette sécurité nutritionnelle, le rôle de l'information, de l'éducation et, en particulier, de l'éducation des femmes se révèle essentiel pour assurer une bonne alimentation.

DURABILITÉ ET FACTEURS LIMITANTS

A- Le problème de la durabilité dans un monde fini

L'un des problèmes fondamentaux qui se posent à nous actuellement pour assurer, dans l'ensemble du système-monde, une sécurité alimentaire et nutritionnelle durable, c'est-à-dire viable à long terme, c'est d'intégrer les contraintes que font jouer sur ce système un certain nombre de facteurs limitants. Si on prend pour exemple le cycle du carbone, on constate que plusieurs types de production sont actuellement en concurrence sur ce facteur : l'industrie, la production et la consommation d'énergie, l'agriculture, etc. Pour que l'humanité perdure, il faut assurer la pérennité de ces différents types de production, dans un système qui soit autant que possible *cyclique* : où l'on s'efforce d'utiliser au maximum les déchets. On pourrait faire le même genre d'analyses en prenant comme facteur limitant l'eau ou des facteurs économiques, par exemple la part de dépenses que la population peut

consacrer à l'alimentation. Une tendance historique bien connue veut que la part des dépenses consacrées à l'alimentation diminue au fur et à mesure des progrès de la société : cette évolution a été notamment rendue possible par les gains de productivité. Mais il reste que des arbitrages constants doivent être opérés par les ménages au niveau des dépenses qu'ils consacrent à l'alimentation par rapport à leur logement, aux télécommunications, etc. Quel que soit le facteur limitant qu'on choisisse comme point d'entrée, le constat est donc le même : dans un système fini et limité en ressources comme l'est notre planète, on doit néanmoins essayer de satisfaire au mieux un certain nombre de besoins fondamentaux de l'humanité, et notre problème consiste dès lors à essayer d'optimiser au mieux les cycles au sein desquels nous devons évoluer.

Lorsque les populations gagnent en pouvoir d'achat, elles diversifient généralement leur alimentation. Jusqu'ici, sauf dans quelques modèles culturels extrêmement marqués (comme en Inde), on constate que cette diversification se traduit par une augmentation de la consommation en produits animaux. Sur plus d'une centaine de pays que nous avons pu étudier pendant plus de quarante ans, on constate la généralité de ce phénomène, quelle que soit la culture : lorsque le revenu augmente, la consommation de denrées d'origine animale augmente. On assiste de fait à une convergence des différentes cultures vers un même modèle alimentaire, ce qui pose un véritable problème de *durabilité*. Le modèle occidental, tel qu'il a été pratiqué et tel que, grosso modo, il tend à s'imposer, ne peut en aucun cas être appliqué de manière durable à une population d'1,4 milliard de chinois. Il paraît insoutenable du point de vue de l'humanité d'étendre ainsi

notre modèle avec les pratiques actuelles, aux populations asiatiques par exemple. Mais ces populations sont néanmoins en train de converger vers notre modèle alimentaire.

B- Le défi de l'agriculture face aux divers facteurs limitants

Toutes ces évolutions supposent d'avoir accès à des denrées et donc à des produits agricoles : l'agriculture est bien au cœur du défi. Comment pourra-t-elle nourrir la planète en 2050 en évitant une surexploitation des ressources naturelles, surtout lorsque l'on se rappelle que la population en 2050 atteindra plus de 9 milliards d'habitants selon les prévisions actuelles ? Notons d'abord un certain nombre d'évolutions de l'agriculture. Entre les années 1960-2000, la population mondiale est passée de 3 à 6 milliards d'habitants, soit une progression sans précédent dans l'histoire humaine. Au cours de cette même période, l'ensemble des grandes zones du monde : l'Asie, l'OCDE, l'Afrique du Nord, l'Amérique Latine, etc., ont connu une forte augmentation de leur production agricole, avec notamment une très forte croissance pour l'Amérique Latine. Seuls les ex-pays de l'URSS ont connu une baisse de leur production sur la période. Au final, la production mondiale a ainsi plus que doublé, ce qui a permis de nourrir mieux une population deux fois plus nombreuse. Cette progression phénoménale est due en particulier aux révolutions vertes, à des augmentations de productivité, des progrès dans l'irrigation, l'utilisation de facteurs de production comme les engrais ou les semences. Mais les facteurs de productivité *naturels* restent néanmoins très importants. Un exemple suffit à l'établir : tandis que l'Australie a produit seulement 16 quintaux de blé par

hectare entre 2000 et 2009, la France en a produit 71. Cette différence des niveaux de rendement s'explique avant tout du fait de la pluviométrie et du manque d'eau, donc de facteurs naturels.

Il convient ainsi d'attacher beaucoup d'importance à ces différents facteurs naturels, au premier rang desquels l'eau. L'agriculture est le premier utilisateur d'eau dans le monde. L'agriculture irriguée en particulier représente plus de 70 % de l'eau douce prélevée par l'homme. En outre, lorsqu'on parle d'eau, il faut envisager les problèmes à la fois en termes de quantité et de qualité. Actuellement, dans les pays en développement, près de 80 % de l'eau usée est recyclée : ce sont des systèmes de production qui sont, de fait, très économes en eau, ce qui pose des questions sanitaires importantes mais a aussi un aspect positif sur la consommation globale. L'Institut de Stockholm estime qu'il faut environ 3 m³ d'eau pour produire les 3 000 kilocalories par personne et par jour nécessaires à une alimentation satisfaisante. Ce qui donne une idée des besoins globaux et de l'importance des économies à réaliser dans les années à venir.

Second facteur naturel limitant, et qui sera sans doute majeur dans les années à venir, étant donné la concurrence importante des zones urbaines et la longueur de son renouvellement : le facteur *sol*. Le sol constitue un milieu non-renouvelable. Quand il y a de l'érosion ou du sol entraîné par des pluies ruisselantes, il faut compter entre 100 et 500 ans pour renouveler un centimètre de sol à partir des roches mères. En outre, le sol est un milieu vivant puisque dans un gramme de sol vivent près d'1 milliard de bactéries. Ce sont ces bactéries qui opèrent les échanges entre les matières inertes et celles utilisables par les plantes pour la production agricole.

Troisième facteur « naturel » important : celui du *changement climatique*. A l'INRA, nous ne sommes pas climato-sceptiques, parce que nous avons pu observer des effets sur la phénologie des plantes que nous n'avions jamais observés auparavant. Certains de nos collègues ont ainsi fait des travaux avec Emmanuel Leroy-Ladurie à partir de données historiques. Les moines notaient les dates des vendanges et il est donc possible d'étudier l'évolution de ces dates depuis le XIII^{ème} siècle. On peut ainsi affirmer, en tant qu'agronomes, qu'on constate des décalages de dates importants pour les récoltes du vin ou pour l'apparition des fleurs des poiriers, qui témoignent d'une tendance au réchauffement climatique et qui vont au-delà des cycles courts. Par ailleurs, nous constatons depuis quelques années des effets incontestables du changement climatique sur les rendements en blé : ainsi, dans nos pays, on observe depuis les années 1995-1996 des stagnations dans le rendement du blé. Les progrès génétiques continuent, il y a toujours une augmentation de la productivité des semences ; mais on rencontre un problème de remplissage des grains ainsi que des sécheresses à des moments inopportuns, si bien que dans nos pays on commence à voir une stagnation des rendements.

Autre facteur, qui se situe là encore entre le facteur naturel et les facteurs sociétaux : les *situations sanitaires*. Du fait de la circulation accrue des biens et des personnes, il n'existe plus désormais de continent connaissant telle ou telle maladie spécifique : selon une étude publiée dans *Nature*, dès qu'un agent infectieux dépasse une zone de diffusion de 100 km, à cause de l'intensité des transits de biens et de personnes, le phénomène se mondialise aussitôt. Phénomène qu'on a pu constater au moment des gripes aviaires et porcines en Asie. On doit donc désormais

considérer que la planète constitue une unité sanitaire, ce qui est en radicale opposition avec la doctrine sanitaire dont nous disposions auparavant, puisque nous raisonnions alors en termes de « régions sanitaires ».

Autre élément qu'on ne peut pas ne pas évoquer : la *volatilité des prix*. Bien sûr, le marché doit jouer son rôle en matière de fixation des prix, mais il nous semble clair que, dans un secteur comme l'alimentation, nous avons un intérêt collectif à limiter les fluctuations excessives des cours. Parce que, à la hausse, ce sont les populations pauvres, notamment urbaines, qui ne peuvent plus s'alimenter ; il en résulte des troubles politiques et sociaux graves ; et qu'à la baisse, ce sont les agriculteurs qui ne peuvent plus investir. Nous avons donc la conviction, désormais de plus en plus partagée, y compris par des économistes américains, que limiter la volatilité des prix fait partie des outils de promotion d'une bonne alimentation dans le monde.

Dernier facteur qu'il convient de mentionner : la *pauvreté* puisque, par exemple, au moment de la crise bancaire et économique de 2009, nous avons eu 100 millions de personnes de plus qui ont été sous-alimentées. On constate donc un effet très direct des crises économiques sur l'alimentation.

NOURRIR LA POPULATION MONDIALE EN 2050

A- Des éléments de prospective

La question qu'il convient de se poser maintenant concerne l'avenir. Que peut-il se passer, sachant que, nous l'avons dit, la population mondiale sera d'environ 9 milliards en 2050 ? Il est certain que la prolongation des tendances actuelles est impossible. Comment, dès lors, nourrir la planète en 2050 ?

L'INRA, avec le CIRAD, a essayé d'établir à partir de 2006 des scénarios de prospective dans un exercice appelé AGRIMONDE.

La première question, assurément décisive, concerne le régime alimentaire. En fonction de ce que mangera en moyenne chaque personne de la planète, l'appel à la production agricole est extrêmement différent.

Augmentation de la consommation des produits végétaux dans le monde par référence à 2003 (Gkcal/day)

Scénarios : 2050 AGO tendanciel, 2050 AG1 normatif

	2050 AGO	2051 AG1
Pour les hommes	+54%	+43%
Pour les animaux	+134%	+18%
Total	+83%	+28%

(Source : prospective INRA-CIRAD AGRIMONDE)

Le premier scénario suppose la prolongation des tendances actuelles, soit un régime alimentaire à 3 600 kilocalories en moyenne par personne en 2050 (soit 20 % de plus qu'en 2003 avec une part de plus de 800 kilocalories d'origine animale). Il impliquerait une augmentation de la production agricole mondiale de plus de 80 %. Le deuxième scénario se veut un scénario normatif : en supposant que chaque habitant de la planète dispose en moyenne de 3 000 kilocalories (stable par rapport à 2003), dont 500 d'origine animale, sera-t-il possible de nourrir l'humanité ? Il faudrait alors parvenir à une augmentation de « seulement » 30 % de la production agricole. Notons bien que ces scénarios sont construits en prenant pour base la consommation alimentaire *apparente*, c'est-à-dire en incluant les pertes, les gaspillages, etc. Or, aujourd'hui, les

perdes représentent entre 30 et 50 % du volume produit par l'agriculture dans le monde. Bien évidemment, elles ne se situent pas aux mêmes moments de la chaîne agro-alimentaire selon les pays. Par exemple, en Afrique subsaharienne, les pertes se situent plutôt en amont : dans les champs ou dans les silos de stockage. Aux Etats-Unis ou en Europe, les pertes qui se produisent entre la transformation et le consommateur, c'est-à-dire en aval de la production, sont de plus de 30 %. Nous disposons d'études assez complètes sur ce sujet : l'ADEME, par exemple, a pu constater en fouillant les poubelles qu'en France chacun jetait, sans même le débarrasser, près de 7 kg d'aliments par an et par individu.

B- Les orientations de la recherche

Une fois soulignée l'importance du régime alimentaire et de la nécessité de réduire au maximum les pertes, nous pouvons entrer dans ce qui fait le cœur d'un organisme de recherche comme l'INRA lorsqu'il s'agit de préparer l'avenir : c'est-à-dire précisément quelles recherches devons-nous mener pour anticiper et réduire les problèmes d'alimentation à l'horizon 2050 ? Notons d'emblée que le choix même de nos orientations de recherche suppose d'abord une perspective éthique : nous devons adopter une vision éthique non seulement dans nos manières de travailler mais aussi dans le choix des sujets sur lesquels on travaille. C'est pour cette raison que, pour les dix ans à venir, nous avons accepté de nous appuyer, pour les choix de nos priorités, sur des interpellations externes.

Sur quoi travaillons-nous donc, en prenant en compte ces éléments ? Tout d'abord, sur les *biotechnologies*. Evidemment, on en entend beaucoup parler à propos du génie génétique et des OGM. Rappelons, à ce sujet, deux choses : d'une

part, si dans nos pays les OGM sont considérés comme malvenus dans la production, ce n'est pas le cas, loin de là, dans tout un ensemble d'autres pays où ils sont pleinement intégrés. Et d'autre part, si dans nos pays ils sont récusés au niveau de la production agricole, on doit bien se rappeler qu'ils sont par contre utilisés pour produire des vaccins, par exemple contre la rage, ou des hormones de croissance, sans susciter les mêmes angoisses. Mais au-delà du génie génétique, nous travaillons beaucoup sur les biotechnologies plus classiques, les biotechnologies vertes, que nous entendons exploiter pour sélectionner plus rapidement les semences. Actuellement, pour sélectionner un nouveau blé qui résiste à des variations climatiques ou à un nouveau ravageur, il faut quinze ans. Or, quand on se rappelle que la diffusion des parasites se fait beaucoup plus rapidement qu'auparavant et que les changements climatiques sont plus importants, le fait de raccourcir les délais de sélection des nouvelles plantes apparaît comme un élément essentiel pour l'avenir de l'humanité. Une meilleure connaissance des gènes est, de ce point de vue, essentielle. Actuellement, on procède par sélection assistée par marqueurs : on opère des croisements classiques, mais, grâce à des marqueurs, on regarde ce qui a été transféré dans ces croisements et on pense que, avec cette procédure associée à une identification précise des zones des gènes concernés par séquençage des génomes, on pourrait arriver à diviser par deux le temps de sélection de nouveaux blés, donc passer à 7-8 ans. Ce n'est assurément pas négligeable. En réponse à la maladie qui sévit actuellement en Afrique, la rouille du blé, il nous faudrait trouver des blés résistants. Pour disposer de méthodes de sélection rapides n'utilisant pas le génie génétique, les biotechnologies vertes constituent une voie de progrès

essentielle dans le contexte assez « exigeant » voire « difficile » de la recherche actuelle sur ces questions. Il convient d'y ajouter les biotechnologies blanches, c'est-à-dire tout ce qui permet, par des procédés qui mettent en œuvre des micro-organismes ou des enzymes, de mieux utiliser la biomasse pour l'industrie, que ce soit pour la chimie, les matériaux ou pour les besoins énergétiques².

Un exemple permet de bien comprendre toute l'importance de ces recherches. L'humanité, on le sait, est essentiellement nourrie par le blé, le riz et le maïs : l'amélioration de ces trois plantes est donc fondamentale pour pouvoir être résiliente au niveau agronomique. D'où l'importance de connaître le génome du blé, de travailler sur sa sélection et en même temps qu'on sélectionne les blés, de conserver néanmoins les variétés non sélectionnées, de sorte qu'on puisse faire appel à elles si les circonstances naturelles changeaient radicalement dans les années à venir. Il ne faut jamais réduire la variabilité par la sélection sans conserver en même temps dans des collections les diverses variétés. Et il faut pouvoir très régulièrement vérifier que ces collections conservées gardent leur faculté de germination, ce qui fait que les techniques de conservation dans la glace des Pôles, qui connaissent un certain succès, sont en vérité assez critiquables puisqu'elles conservent des semences sans qu'on puisse vérifier leur capacité à germer.

Deuxième voie de recherches importantes : les approches qui se situent à la *croisée de l'agronomie et de l'écologie*. Il importe de comprendre, par exemple, quel mélange de

2. Pour plus de précisions sur ces biotechnologies blanches et leur usage par l'INRA : https://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/apprendre_experimenter/biotechnologies/biotechnologies_blanches

microbes permet de constituer un sol fertile et de savoir utiliser cette interaction entre ces microbes et les plantes, de savoir utiliser l'interaction d'un système dans un paysage pour préserver une diversité et donc une meilleure résistance aux attaques des parasites. Ce sont là autant de techniques qui permettent d'obtenir globalement des systèmes productifs et écologiques. Nous avons encore sur ce point beaucoup de recherches à faire. Ces questions étaient jusqu'ici relativement délaissées dans la mesure où, avec l'aide d'auxiliaires externes comme des fertilisants ou des pesticides, l'agriculture avait augmenté sa productivité, sans mesurer vraiment les effets de ces gains de productivité sur l'environnement. A l'époque, on considérait, y compris dans les instituts de recherches, que les facteurs de production étaient un moyen extrêmement efficace pour accroître les rendements, sans trop s'occuper des effets sur l'environnement que désormais nous connaissons beaucoup mieux. Il nous faut donc explorer les démarches scientifiques de l'écologie au profit d'une agriculture à la fois productive et respectueuse de l'environnement.

Troisième voie de recherches à très fort potentiel : ce qu'on appelle la *métagénomique*. Les microbes, on le sait, sont présents partout et ils sont absolument essentiels à la vie : nous avons ainsi des milliards de microbes dans la bouche, dans l'intestin, etc., et ce sont eux qui nous permettent par exemple de dégrader les aliments et de les absorber dans le corps. De même, on l'a vu, il existe des milliards de microbes dans un gramme de sol et ce sont eux qui permettent d'opérer toutes les transformations nécessaires à la vie. Or ces microbes-là ne sont pas cultivables hors de leur milieu d'origine, et comme, pour les scientifiques, il fallait les cultiver pour pouvoir les

connaître, nous ne les connaissons absolument pas. Mais grâce à la métagénomique, on peut aujourd'hui réaliser une analyse du génome d'un ensemble de microorganismes c'est-à-dire *l'ensemble des gènes microbiens d'une niche écologique* et non plus un par un. Par exemple, on va pouvoir séquencer les milliards de bactéries présentes dans le tube digestif de l'homme : nous avons vraisemblablement cent fois plus de gènes microbiens dans le corps que de gènes humains, or ces gènes, nous n'avons pas pu les étudier jusqu'ici. Nous avons donc là un des moyens de compréhension des relations entre aliments et santé que nous n'avons jamais pu explorer. Et la même ignorance valait pour l'étude des sols agricoles ou l'étude des eaux. Les perspectives d'avenir dans ce champ sont extrêmement importantes.

CONCLUSION

Pour nourrir la planète en 2050, les choses assurément n'iront pas de soi. Il faut donc travailler sur une multiplicité de facteurs : sur les agricultures, pour qu'elles soient productives et durables, et nous avons vu sur ce point certaines pistes. Il faut travailler aussi sur les alimentations, puisque le premier facteur qui pèsera sur les productions de la planète, ce seront les régimes alimentaires que l'humanité adoptera, et il faut essayer d'influencer ces évolutions. Il nous faut travailler sur les rendements agricoles, c'est-à-dire qu'il faut chercher à les augmenter, à la fois au niveau mondial et dans des pays comme les nôtres qui sont très avantagés du point de vue climatique et agro-écologique. Il faut en outre envisager les systèmes de production agricoles et alimentaires à venir en nous souvenant que l'humanité sera de plus en plus majoritairement

urbaine : nous sommes actuellement à plus de 50 % de population urbaine dans le monde. Comment concevoir l'urbanisme dans les villes, par exemple, d'Asie ? Il est assez difficile d'imaginer que, dans un pays comme la Chine, où la terre arable est un facteur extrêmement limitant, les villes se désintéressent complètement de la production agricole. Aussi étrange que cela puisse paraître, on ne peut pas concevoir le modèle urbain asiatique, dans des pays où il y a une véritable limitation des zones arables, sans imaginer une intégration de systèmes qui, jusqu'ici, étaient strictement séparés dans l'espace, entre campagne et villes. De même, il faut conserver une diversité de systèmes de production et de régimes alimentaires. Il faut aussi se dire que, même si nous réinvestissons massivement dans l'agriculture, de sorte que l'agriculture vivrière de certaines zones, comme l'Afrique, redémarre, l'agriculture dans ces zones pourra difficilement subvenir aux besoins de leur population.

Il nous faut donc en même temps assurer une meilleure régulation des échanges mondiaux. Régulation, au sens de sécurisation des échanges et de réduction des inégalités pour lutter contre la pauvreté. Lorsque j'évoque la régulation des échanges, j'entends par exemple, lorsqu'il y a un emballement des prix, obtenir qu'on puisse interdire que certains pays ferment leurs frontières. On a vu ainsi qu'au moment des dernières crises alimentaires, la Russie a fermé ses frontières³ : or il n'y a rien de pire, au niveau de l'effet sur les prix au niveau mondial et donc sur la famine,

3. Il y a évidemment ici un conflit potentiel entre la souveraineté alimentaire à l'échelle nationale ou régionale et une nécessité de régulation mondiale qui va s'imposer de plus en plus étant donné qu'on sait désormais que les crises liées aux aléas climatiques risquent d'être plus fréquentes.

que ces réactions protectionnistes. Une régulation est nécessaire, si l'on veut mieux nourrir l'humanité collectivement et globalement (car il ne s'agit pas ici d'optimisation locale mais *globale*) ce qui pose évidemment des problèmes au niveau des souverainetés alimentaires des diverses zones. Pour viser un optimum global, on a intérêt à mettre en place des règles, non seulement pour les échanges mais aussi pour lutter contre la volatilité excessive ⁴, établir des stocks d'urgence ⁵, développer une meilleure connaissance des stocks alimentaires. C'est d'ailleurs un des sujets actuellement négocié dans le cadre du G20 : il est bien sûr assez difficile, par exemple, d'obtenir de la Chine, de l'Inde ou de la Russie, qu'elles donnent le niveau de leurs stocks alimentaires. Ici, la solution ne peut être que politique et inter-étatique.

Du point de vue des scientifiques, en tout cas, les choses sont en train de s'organiser, nous sommes conscients que ces questions doivent être désormais traitées à l'échelle mondiale et qu'il s'agit de sujets « précompétitifs », c'est-à-dire que c'est en partageant les données et les analyses que nous feront mieux collectivement. Nous mettons donc en place actuellement des systèmes d'échange d'informations, de partage d'outils et d'observations physiques : ainsi, les Néo-zélandais ont proposé au sommet de Copenhague de développer une alliance de recherche sur le thème de l'agriculture et les gaz à effet de serre, afin de partager ce que l'on sait sur les meilleurs modèles de résilience face aux changements du climat. Cette alliance

4. Des régulations visant la finance des marchés agricoles ont d'ailleurs été récemment votées aux Etats-Unis, imposant en particulier un principe de transparence.

5. Le Plan Alimentaire Mondial a ainsi reconnu la nécessité de constitution de stocks d'urgence.

globale fonctionne déjà. De même, nous avons mis en place un groupe de 13 scientifiques des cinq continents qui travaillent ensemble avec pour objectif de fournir aux décideurs des synthèses sur des sujets clés à propos de l'agriculture, de la sécurité alimentaire et des changements climatiques. De cette façon, nous espérons mieux réussir la jonction du politique et des scientifiques au niveau mondial, nécessaire pour traiter ces questions globales.

Retrouvez l'intégralité du débat en vidéo sur www.institutdiderot.fr

Les publications de l'Institut Diderot

Dans la même collection

L'avenir de l'automobile

Louis Schweitzer

Les nanotechnologies & l'avenir de l'homme

Etienne Klein

L'avenir de la croissance

Bernard Stiegler

L'avenir de la régénération cérébrale

Alain Prochiantz

L'avenir de l'Europe

Franck Debié

L'avenir de la cybersécurité

Nicolas Arpagian

L'avenir de la population française

François Héran

L'avenir de la cancérologie

François Goldwasser

L'avenir de la prédiction

Henri Atlan

L'avenir de l'aménagement des territoires

Jérôme Monod

L'avenir de la démocratie

Dominique Schnapper

L'avenir du capitalisme

Bernard Maris

L'avenir de la dépendance

Florence Lustman

L'avenir des humanités dans l'entreprise

Jean-François Pradeau

Les Notes de l'Institut Diderot

L'euthanasie, à travers le cas de Vincent Humbert

Emmanuel Halais

L'avenir de la procréation

Pascal Nouvel

La République à l'épreuve du communautarisme

Eric Keslassy

Les Dîners de l'Institut Diderot

La Prospective, de demain à aujourd'hui

Nathalie Kosciusko-Morizet

Politique de santé : répondre aux défis de demain

Claude Evin

Les Entretiens de l'Institut Diderot

L'avenir du progrès

(actes des Entretiens 2011)

L'avenir de l'alimentation

Conscience a été prise au cours du XX^{ème} siècle de ce que la question de l'alimentation engageait l'avenir de l'humanité toute entière. Les projections des démographes (environ 9 milliards d'individus en 2050) nous enjoignent d'agir au plus vite à l'échelle de la planète. Il paraît désormais difficile d'atteindre l'objectif fixé en 1996 par le Sommet mondial de l'alimentation qui nous invitait à réduire de moitié d'ici 2015 le nombre de personnes souffrant de sous-alimentation chronique. C'est un redoutable défi pour les scientifiques, les industriels et les agriculteurs que d'inventer un modèle permettant de lutter durablement contre les risques de l'insécurité alimentaire qui affecte aujourd'hui si gravement l'humanité.

Marion Guillou, qui dirige l'INRA depuis 2004, nous livre un tableau précis et passionnant des difficultés et des promesses d'une situation qui est bien « sans précédent dans l'histoire humaine ».

Pr. Dominique Lecourt

Directeur général de l'Institut Diderot



Marion Guillou



Présidente directrice générale de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Présidente du conseil d'administration de l'AGREENIUM, Présidente du conseil d'administration de l'École polytechnique.

La présente publication ne peut être vendue

