

## **Comment nourrir 9 milliards de personnes en 2050 ?**

**Marc Dufumier**

**Professeur d'agriculture comparée et développement agricole à AgroParisTech,**

La presse s'en est fait très largement l'écho : nous sommes déjà plus de 6,8 milliards d'humains sur la planète et nous serons probablement plus de 9 milliards en 2050. L'émergence de nouvelles classes moyennes dans certains "pays émergents" d'Asie et d'Amérique latine (Chine, Inde, Brésil, etc.) et la hausse de leur pouvoir d'achat se manifestent d'ores et déjà par de profondes transformations dans les modes de consommation alimentaire, avec une part croissante de produits animaux (œufs, lait et viandes). Il est donc à prévoir une augmentation encore plus rapide de la demande en produits végétaux puisque 3 à 10 calories végétales sont nécessaires pour produire une calorie animale. Il nous faut donc raisonnablement envisager un doublement en 40 ans des productions mondiales de grains, tubercules et autres produits amylicés (bananes plantain, fruits à pain, etc.), pour espérer satisfaire la demande croissante en aliments de plus en plus divers.

### **I- La pauvreté, cause de la faim et de la malnutrition**

Mais n'oublions pas, cependant, que la faim et la malnutrition dont sont victimes plus d'un milliard de personnes ne trouve pas vraiment son origine dans une quelconque insuffisance de production alimentaire à l'échelle mondiale ; elle résulte bien davantage de la pauvreté des gens qui ne parviennent pas à acheter ou produire par eux-mêmes la nourriture dont ils ont pourtant le plus grand besoin. Il faut en effet disposer d'environ 200 kilogrammes de céréales ou de leur équivalent en tubercules et autres produits amylicés (bananes, fruits à pain, etc.) pour pouvoir nourrir, modestement mais correctement, un habitant ; or nous en produisons déjà plus de 320 kg en moyenne dans le monde : 200 kg à peine dans les pays du "Sud" et plus de 600 kg en moyenne dans ceux du "Nord".

Les populations mal nourries sont les personnes qui ne parviennent pas à se procurer les aliments disponibles sur le marché mondial, faute d'un pouvoir d'achat suffisant, alors même que des quantités considérables de céréales et de protéagineux trouvent preneurs auprès des fabricants d'aliments du bétail et des usines d'agro-carburants. Ainsi en est-il chez nous des gens qui fréquentent régulièrement les « restaurants du cœur », l'armée du Salut ou le Secours populaire. Mais ainsi en est-il aussi et surtout des millions de personnes sous-alimentées résidant au sein des pays du "Sud", dont certains continuent d'ailleurs d'exporter des surplus de grains et de viandes sur le marché international : l'Inde, le Brésil, l'Argentine, etc. La malnutrition des plus pauvres ne sévit pas seulement lorsque les prix alimentaires sont momentanément au plus haut (cf. la crise alimentaire de 2007/2008) mais continue encore de prévaloir lorsque les cours des produits vivriers s'effondrent sur les marchés internationaux (cf. les prix actuels de la poudre de lait).

Le paradoxe est que pour plus des deux tiers, les pauvres qui ne parviennent toujours pas à s'alimenter correctement sont des agriculteurs. Et à y regarder de plus près, le dernier tiers est

constitué de populations autrefois agricoles qui, faute d'être restées compétitives sur le marché mondial, ont dû quitter prématurément leurs campagnes et migrer vers des bidonvilles sans pour autant pouvoir y trouver des emplois rémunérateurs. Il nous faut donc créer de toute urgence les conditions qui permettraient aux paysanneries pauvres du "Sud" de vivre et travailler dignement de leurs propres agricultures en développant des systèmes de culture et d'élevage qui soient sans dommage aucun pour l'environnement et leur permettent de s'adapter à l'inéluctable réchauffement climatique global.

## **II- Les risques d'une extension des surfaces cultivées**

Le défi pour les paysanneries pauvres du "Sud" est de rehausser au plus vite la productivité de leur travail et de parvenir à un doublement de leurs productions végétales au cours des 4 prochaines décennies, en ayant soin de ne surtout pas sacrifier les potentialités productives (la "fertilité") des écosystèmes cultivés et pâturés, au nom de la satisfaction des besoins immédiats.

Il leur faudra en particulier éviter :

- les processus de déforestation et de perte de biodiversité résultant d'un élargissement inconsidéré des surfaces cultivées ou pâturées aux dépens d'écosystèmes *naturels* ou peu artificialisés ;
- la raréfaction des ressources en eaux de surface et souterraines découlant d'irrigations exagérées et mal conduites<sup>1</sup> ;
- la pollution des aliments, de l'air, des eaux et des sols, provoquée par un emploi abusif d'engrais chimiques, de produits phytosanitaires et d'hormones de croissance ;
- le recours exagéré aux énergies fossiles (produits pétroliers et gaz naturel) pour le fonctionnement des équipements motorisés (tracteurs, motopompes, moissonneuses-batteuses, broyeurs divers, etc.) ainsi que pour la fabrication des engrais azotés de synthèse (urée, nitrates d'ammonium, etc.) ;
- les émissions croissantes de gaz à effet de serre : gaz carbonique produit par la combustion des carburants, méthane issu de la rumination de nombreux herbivores, protoxyde d'azote dégagé lors de l'épandage des engrais azotés, etc. ;
- l'érosion, le compactage et la salinisation de sols dont le travail et l'irrigation ne seraient pas maîtrisés et dont le taux d'humus ne serait pas correctement renouvelé ;
- la prolifération intempestive d'éventuels prédateurs, agents pathogènes et espèces envahissantes, pouvant être nuisibles aux plantes cultivées et aux troupeaux domestiques ;
- etc.

Mais il est probable, cependant, que sans intervention particulière des États et suite à l'accroissement de la demande solvable en aliments du bétail et en agro-carburants, on assiste prochainement à un élargissement considérable des surfaces exploitées dans les pays d'agriculture extensive déjà équipés en matériels motorisés : Brésil, Argentine, Afrique du

---

<sup>1</sup> A l'échelle mondiale, l'agriculture consommerait actuellement 70 % environ de nos besoins en eau

Sud, Kazakhstan, Ukraine, Russie, etc. Il ne manque pas en effet de superficies encore disponibles pour ce faire : La FAO considère que sur les 4,2 milliards d'hectares cultivables dans le monde, seuls 1,5 milliards sont cultivés de nos jours. Et on observe d'ores et déjà un accroissement rapide des superficies dédiées à la canne au sucre et au soja au Brésil et une extension phénoménale des plantations de palmiers à huile en Indonésie et en Malaisie (île de Bornéo). Cet élargissement récent des surfaces cultivées, destiné pour l'essentiel à une production accrue d'agro-carburants et d'aliments du bétail, n'est pas le seul fait de paysans pauvres en manque d'équipements et de pouvoir d'achat mais résulte bien davantage du recours à des engins motorisés, avec pour effet de remplacer les travailleurs par des machines. Cette moto-mécanisation des tâches agricoles se traduit en premier lieu par une accélération de l'exode rural et ne contribue donc en rien à résoudre la question de la pauvreté et de la sous-nutrition dans le monde. Les surfaces mises nouvellement en culture le sont par ailleurs aux dépens de savanes et de forêts encore très peu anthropisées, avec pour effet d'accroître encore davantage les émissions de gaz à effet de serre ; et il est craint que leur extension croissante aboutisse aussi à la disparition prochaine d'écosystèmes parmi les plus riches en biodiversité.

A l'inverse de cette extension des surfaces cultivées au profit de seulement quelques grands exploitants latifundiaires, le plus urgent sera de faire en sorte que les familles paysannes travaillant pour leur propre compte puissent accroître progressivement leurs productions et leurs revenus à l'hectare, en faisant un usage toujours plus intensif de leur propre main-d'œuvre familiale et des ressources naturelles **renouvelables** disponibles (énergie lumineuse et dioxyde de carbone atmosphérique, azote de l'air, eaux pluviales, etc.), en ayant le moins recours possible aux énergies fossiles et aux produits toxiques. Il convient de promouvoir diverses formes d'**agricultures "agro-écologiquement intensives"**.

### **III- Les errements du passé**

Sans doute faudra-t-il donc éviter de reproduire à l'identique les systèmes de culture mis en œuvre jusqu'à présent dans le cadre de ce que l'on a un peu trop vite qualifié de "révolution verte" : emploi d'un nombre limité de variétés de céréales, légumineuses et tubercules, à haut potentiel génétique de rendement photosynthétique à l'hectare, mais sensibles aux stress hydriques, gourmandes en engrais minéraux, et peu tolérantes ou résistantes aux insectes prédateurs et agents pathogènes. Depuis quelques années déjà, les rendements obtenus avec ces cultivars n'augmentent plus dans les mêmes proportions et tendent même parfois à baisser, lorsque du fait des pratiques agricoles employées, sont apparus de graves déséquilibres écologiques : prolifération d'insectes prédateurs résistants aux pesticides, multiplication d'herbes adventices dont les cycles de développement sont apparentés à ceux des plantes trop fréquemment cultivées (sans véritable rotation), épuisement des sols en certains oligo-éléments, salinisation des terrains mal irrigués et insuffisamment drainés, etc.

Plutôt que d'utiliser des variétés adaptées à la diversité des milieux, les agriculteurs ont été contraints d'adapter les écosystèmes aux nouveaux matériels génétiques, quitte à ce que ces

derniers soient très fortement artificialisés, simplifiés et fragilisés : travaux répétés des sols, irrigation et drainage, fertilisation chimique, épandage de pesticides, etc. Il fallut presque partout procéder à de gros investissements en matière d'irrigation, de drainage, de travail du sol, et de lutte chimique contre les plantes adventices et les insectes prédateurs. La sélection d'un faible nombre de variétés et races conçues pour devenir « standard » est donc allé de pair avec un emploi sans cesse accru d'énergie fossile et a déjà abouti à des pertes considérables de biodiversité. À quoi se sont ajoutées la pollution fréquente des eaux de surface et souterraines, la propagation involontaire de maladies ou de parasites véhiculés par les eaux d'irrigation (bilharziose, paludisme, etc.) et l'exposition accrue des sols à l'érosion pluviale ou éolienne.

De ce point de vue, le recours aux plantes génétiquement modifiées (PGM) ne semble guère pouvoir être une solution. Leur mise en culture aboutit en effet d'ores et déjà à la simplification extrême des systèmes de culture que permet et favorise leur utilisation. Les plantes résistantes aux herbicides à large spectre (glyphosate ou glufosinate) encouragent en effet les agriculteurs à s'adonner à la pratique de la monoculture, sans rotation culturale aucune, avec le risque d'accélérer la disparition des espèces concurrentes, à l'exception de celles dont la résistance à l'herbicide favorise au contraire la prolifération ; et on observe d'ores et déjà de grands déséquilibres écologiques au sein des agro-écosystèmes exagérément simplifiés et fragilisés : propagation foudroyante de la rouille asiatique sur les sojas transgéniques brésiliens, prolifération inconsidérée de “mauvaises herbes” résistantes au glyphosate dans la pampa argentine, multiplication de chenilles résistantes à la toxine Bt introduite dans les cotonniers transgéniques de la moyenne vallée du Fleuve jaune (Chine), etc.

Mais la question se pose en fait de savoir si c'est bien la génétique qui est aujourd'hui le facteur limitant de la production agro-alimentaire et des revenus paysans dans les pays du “Sud”. La productivité du travail n'y est-elle pas davantage restreinte par la faible diversité des outils et des équipements à la disposition des paysanneries pauvres pour faire le meilleur usage de l'énergie lumineuse ? N'oublions pas que dans les pays anciennement industrialisés, les gains de rendement issus de “l'amélioration variétale” et de la fertilisation minérale ne sont finalement intervenus qu'après des progrès décisifs en matière de cultures fourragères, traction animale, association agriculture-élevage et fertilisation organique. Et on imagine mal comment il pourrait en être différemment dans les pays du “Sud”, en dehors des plaines et vallées rizicoles dans lesquelles la reproduction de la fertilité des sols était déjà très régulièrement assurée par les eaux riches en alluvions et peuplées de cyanophycées.

Plutôt que de vouloir à tout prix conformer les agro-écosystèmes aux exigences de variétés végétales ou races animales à haut potentiel de rendement et prendre ainsi le risque de les simplifier et de les fragiliser exagérément, il conviendra en fait désormais d'aider et d'inciter les agriculteurs à ajuster leurs techniques de production aux conditions écologiques prévalentes dans les diverses régions de culture et d'élevage : adaptation aux sols, aux microclimats, aux insectes prédateurs, aux agents pathogènes, aux “mauvaises” herbes, etc.

Les agriculteurs seront alors à même de tirer au mieux profit des cycles du carbone, de l'azote et des éléments minéraux, en sélectionnant à chaque fois au sein des divers écosystèmes, les espèces, races et variétés, les plus à même de produire les calories alimentaires, protéines, vitamines, minéraux, fibres textiles et molécules médicinales, dont la société a le plus besoin. Ils privilégieront ainsi la croissance et le développement des animaux et plantes sélectionnés dans leurs écosystèmes d'origine, sans avoir à remanier totalement ces derniers.

N'oublions pas que durant des millénaires, les agriculteurs ont pratiqué ce que les généticiens appellent la "sélection massale", en choisissant délibérément leurs semences et les animaux reproducteurs au sein même de leurs productions et de leurs troupeaux, parmi les graines ou les individus qui présentaient les caractéristiques les plus recherchées par les sociétés dont ils faisaient partie. Ce faisant, ils sont parvenus à sélectionner une grande panoplie de variétés et races particulièrement adaptées à la grande diversité des environnements dans le monde. Plus que les banques de gènes et de semences dont l'efficacité et les ratios bénéfiques / coûts semblent être relativement faibles et incertains, le maintien et l'essor dans les campagnes de systèmes de culture et d'élevage hautement diversifiés paraissent à même de garantir la conservation de la biodiversité agricole et spontanée.

#### **IV- L'agro-écologie en action**

Le fait est qu'il existe d'ores et déjà des techniques agricoles inspirées de l'agro-écologie qui permettent d'accroître les rendements à l'hectare dans la plupart des régions du monde, sans coût majeur en énergie fossile ni recours intensif aux engrais de synthèse et aux produits phytosanitaires. Elles consistent en premier lieu à associer simultanément dans un même champ, ou y faire suivre systématiquement, diverses espèces et variétés aux physiologies différentes (céréales, tubercules, légumineuses et cucurbitacées), de façon à ce que l'énergie solaire puisse être au mieux interceptée par leur feuillage et transformée en calories alimentaires au moyen de la photosynthèse. Ces associations et rotations de cultures contribuent à recouvrir très largement les terrains cultivés, pendant une durée la plus longue possible, avec pour effet de protéger ceux-ci de l'érosion, de limiter la propagation des agents pathogènes et de minimiser les risques de très mauvais résultats en cas d'accidents climatiques.

L'intégration de plantes de la famille des légumineuses (haricots, fèves, pois d'Angole, dolique, lentilles, trèfle, luzerne, etc.) dans les associations et les rotations culturales permet de fixer l'azote de l'air pour la synthèse des protéines et la fertilisation des sols. La présence d'arbres d'ombrage au sein même des parcelles cultivées ou le maintien de haies vives sur leur pourtour protège les cultures des grands vents et d'une insolation excessive, avec pour effet de créer un microclimat favorable à transpiration des plantes cultivées et donc à leurs échanges gazeux avec l'atmosphère, à la photosynthèse et à la fixation de carbone. Les arbres et arbustes hébergent aussi de nombreux insectes auxiliaires des cultures, favorisent la pollinisation de celles-ci et contribuent à limiter la prolifération d'éventuels insectes prédateurs. L'association des élevages à l'agriculture facilite l'utilisation des sous-produits

végétaux dans les rations animales et favorise la fertilisation organique des sols grâce aux excréments animaux.

Outre l'azote, les plantes cultivées doivent trouver aussi dans les sols un certain nombre d'éléments minéraux indispensables à leur croissance et à leur développement : phosphore, potassium, calcium, magnésium, oligoéléments, etc. L'épandage d'engrais de synthèse sur les terrains cultivés ou pâturés vise alors généralement à restituer aux sols les éléments minéraux qui en ont été extraits par les plantes. Mais on peut craindre l'amenuisement progressif des mines dont on retire les minerais à l'origine de leur fabrication. Ainsi en est-il surtout des mines de phosphate dont le "pic d'exploitation" pourrait intervenir dans seulement quelques décennies. D'où l'intérêt qu'il y a d'implanter au sein des parcelles ou à leurs lisières des arbres et arbustes à enracinement profond, capables d'intercepter les éléments minéraux dans les sous-sols, au fur et à mesure de la décomposition des roches mères (hydrolyse des silicates). Transférés dans la biomasse aérienne des arbres et arbustes, les éléments minéraux sont ensuite déposés à la surface même des terrains lors de la chute des feuilles et branchages et peuvent alors contribuer à leur fertilisation. Fixés momentanément dans l'humus des sols ou entre les feuillets d'argile, les éléments minéraux peuvent être ultérieurement solubilisés et absorbés par les systèmes racinaires. De toute évidence, la recherche agronomique devrait désormais centrer son attention sur les moyens d'optimiser ces processus biochimiques de transferts verticaux des éléments minéraux depuis les profondeurs des sous-sols jusqu'aux racines des plantes cultivées.

Le plus urgent pour la recherche agronomique ne serait-il donc pas finalement de rendre plus intelligible le fonctionnement des agro-écosystèmes aménagés par les agriculteurs et de modéliser leurs dynamiques d'évolution ? Ne faudrait-il pas en premier lieu expliciter comment se constituent les rendements des cultures et des élevages dans les exploitations paysannes, au fur et à mesure de la croissance et du développement des plantes cultivées et des animaux domestiques, toutes choses inégales par ailleurs ? Ne faudrait-il pas aussi toujours mieux expliquer et prévoir dans quelles conditions et selon quelles modalités les agro-écosystèmes aménagés par les paysans pourraient évoluer de nouveau dans l'avenir, sous l'influence de nouvelles modifications techniques, écologiques (cf. le réchauffement climatique) et socio-économiques ?

D'où l'appel des scientifiques impliqués dans la récente "Évaluation internationale des connaissances, des sciences et technologies agricoles, pour le développement" (IAASTD)<sup>2</sup> à repenser totalement la fonction des chercheurs en agriculture et à prendre davantage en compte les pratiques et savoir-faire "traditionnels" accumulés par les paysans. Sans doute faudrait-il donc que les chercheurs acceptent tout d'abord de reconnaître que l'objet de travail des agriculteurs ne se réduit jamais à un simple terrain cultivable ou un troupeau mais consiste plutôt à chaque fois en un agro-écosystème d'une plus ou moins grande complexité.

---

<sup>2</sup> International Assessment of Agricultural knowledge, Science and Technology

## Références bibliographiques

- Altieri A. M. : *L'agroécologie. Bases scientifiques d'une agriculture alternative*. Editions Debard ; Paris 1986.
- Dufumier M. : *Agricultures et paysanneries des tiers mondes*. Editions Karthala. Paris ; 2004.
- Griffon M. : *Nourrir la planète*. Edition Odile Jacob; 2006.
- IAASTD: *Agriculture at a crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Global Report*. UNDP ; Washington DC ; 2009.  
[www.agassessment.org/reports/IAASTD/En](http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/En)
- Siwa Msangi, *Biofuels, food prices and food security*. Expert meeting on global food security, IFPRI. Rome; février 2008.
- Warner K.D.: *Agroecology in action Extending alternative agriculture through social networks*. Massachusetts Institute of Technology (MIT). Cambridge ; Massachusetts ; 2007.