

Académie d'Agriculture de France

Notes complémentaires

Etude sur les voies et les moyens pour accroître la production agricole mondiale

	Page
1 Le bilan carboné des continents (Bernard Saugier).....	2
2 Les possibilités d'augmentation utilisable - Le cas des céréales (André Gallais).....	3
3 La lutte contre les insectes ravageurs (Bernard Mauchamp).....	7
4 La protection des cultures. Quel rôle dans l'augmentation de la production mondiale ? (Claude Sultana et Jean-Louis Bernard).....	8
5 La possible contribution des irrigations (Pierre Dubreuil).....	13
6 Augmenter les rendements ? Oui, mais où et comment ? (François Papy).....	15
7 Perspectives en matière d'élevage et de production animale (Claude Béranger et Joseph Bonnemaire).....	19
8 L'aquaculture (Catherine Mariojouis, professeur à Agro Paris Tech).....	25
9 Perspectives de la production d'oléo-protéagineux à l'horizon 2030 (Jean-Claude Pernollet).....	27
10 Les contributions des forêts et de la foresterie à la sécurité alimentaire (Jen-Paul Lanly)...	28
11 Les conséquences de l'urbanisation (Christian Legault).....	31
12 Le modèle landais peut-il servir à une synergie « agriculture capitaliste et agriculture paysanne » (Marc Gizard).....	34
13 Changer le système d'appropriation du sol pour accroître la production ? (André Neveu)..	37
14 L'évolution des structures de production agricole favorise-t-elle l'accroissement de la production ? (André Neveu)	39
15 Investir pour augmenter la production (André Neveu).....	41
16 La mondialisation favorise-t-elle le développement de la production agricole ? (André Neveu).....	43
17 Les géostratégies agro-alimentaires japonaises : un « Japon bis agricole » délocalisé (Nahid Movahedi).....	45
- Quelques ouvrages à lire	49

1 Le bilan carboné des continents

Bernard Saugier

La production primaire nette (PPN) terrestre est la production nette de biomasse sur l'ensemble des continents. Elle est quantifiée de diverses façons depuis 1960 environ. Actuellement on l'exprime en carbone plutôt qu'en matière sèche (1g de matière végétale herbacée contient 0,45 g C et 1 g de bois sec contient 0,5 g C)

1. On divise les continents en grands biomes (types de végétation) dont on évalue la surface (cartographie) et la production moyenne (moyenne des valeurs obtenues en quelques sites de mesure). En sommant on obtient la production globale.
2. Méthode de Lieth : la production mesurée sur les sites terrestres (environ 50 disponibles à l'époque) est reliée à la température moyenne annuelle (T) et aux précipitations annuelles (P) du lieu. On trace deux courbes reliant PPN à T et PPN à P, puis connaissant la répartition géographique de T et de P, on détermine pour chaque point du globe PPN en prenant la valeur la plus faible obtenue avec ces deux courbes.
3. Modèles mécanistes : on décompose la production en processus biologiques (photosynthèse, respiration, croissance et sénescence des organes) qui dépendent de facteurs physiques comme le rayonnement solaire, le CO₂, la température, l'état hydrique du sol (lui-même calculé par un modèle de bilan hydrique). Connaissant l'évolution de ces facteurs physiques (variables météorologiques) on en déduit la production en tout point du globe. Avantage : PPN dépend des conditions météo qui peuvent changer d'une année sur l'autre et avec le CO₂ et le réchauffement climatique. Inconvénient : le résultat dépend de la qualité du modèle, et il en existe une vingtaine avec des résultats globaux similaires mais des évolutions assez différentes.
4. A partir de données satellitaires, en supposant que la PPN est proportionnelle au rayonnement solaire capté par la végétation: on sait calculer depuis 1982 des indices de végétation qui permettent d'obtenir la fraction de la surface terrestre couverte de feuilles vertes, puis la fraction du rayonnement solaire qui est interceptée par ces feuilles. En la multipliant par le rayonnement solaire incident (lui aussi déduit de mesures satellitaires) et par des facteurs de réduction liée aux contraintes (température trop élevée ou trop basse, manque d'eau) on obtient une bonne approximation de PPN. Cette procédure est utilisée en routine sur les données du capteur MODIS qui calcule donc chaque semaine la PPN en tout point du globe. Avantage : réalisme car on part de données mesurées d'indice de végétation. Inconvénient : c'est une méthode *a posteriori* qui ne permet pas de prédire l'évolution de la PPN avec un changement de climat et de CO₂.

Résultats : La PPN globale vaut 55 à 60 Gt de carbone par an. 1 Gt est une gigatonne ou un milliard de tonnes. Elle a augmenté de 6% (3,4 Gt) de 1982 à 1999 d'après les données satellitaires (méthode 4. Nemani et al., 2003, *Science* **300** 1560-1563), surtout dans la zone intertropicale et particulièrement en Amazonie où l'ennuageage a diminué. D'autres mesures du bilan carboné (stations de mesure du CO₂ atmosphérique et du rapport ¹³C/¹²C dans le CO₂) concluent que de 1960 à 2006, les continents comme les océans ont absorbé 1,9 GtC/an, le puits terrestre ayant augmenté plus que le puits océanique dans la dernière décennie (Canadell et al. 2007, *PNAS*, **104**: 18353-18354)

Quelle est la part de la PPN qui est utilisée pour nourrir la population humaine ? On peut en avoir une idée par défaut en considérant que les 6,5 milliards d'humains consomment chacun environ 2500 kcal/jour soit 300 g de carbone par jour ou 110 kg par an. On obtient 0,72 Gt de C soit 1,3% de la PPN globale. Mais cela suppose qu'il n'y a pas de pertes, que l'on consomme toute la biomasse des plantes et qu'on ne mange pas de viande. Des calculs bien plus élaborés (Imhoff et al., 2004, *Nature* **429** 870-873) indiquent que la part de PPN prélevée par les activités humaines (incluant l'élevage et la sylviculture) est d'environ 20% (dont 7% pour la nourriture et 13% pour le bois et les fibres). Cette part varie beaucoup selon la région : Amérique du Sud 6,1%, Afrique 12,4%, Amérique du Nord 23,7%, Asie de l'Est 63,3%, Europe de l'Ouest 72,2% et Asie centrale et du Sud 80,4%.

2 Les possibilités d'augmentation de la production utilisable

Le cas des céréales

André Gallais

Au niveau mondial, peut-on multiplier par deux les quantités de céréales utilisables pour l'alimentation humaine ?

Pour atteindre cet objectif il y a trois niveaux d'action possibles, à mener en parallèle :

- *diminuer les pertes post-récolte,*
- *diminuer les pertes au cours de la culture,*
- *augmenter le potentiel de production,* qui dépend des variétés et des conditions environnementales (les techniques culturales, les conditions pédo-climatiques et les « agresseurs » des cultures).

1. La diminution des pertes post-récolte

Selon la FAO ces pertes représentent au niveau mondial 15 % de la production totale, mais dans certains cas, surtout dans les PVD, elles peuvent dépasser 50 %. Leur diminution repose sur une amélioration des conditions de stockage.

2. La diminution des pertes au cours de la culture

Les écarts entre le rendement potentiel et le rendement réalisé (récolté) viennent de plusieurs facteurs

- une insuffisance dans les intrants déterminants la croissance des plantes, essentiellement l'eau et les éléments nutritifs (N, P, K et surtout N) ;
- des accidents en cours de végétation dus aux insectes et aux maladies,
- un mauvais désherbage, se traduisant par une forte compétition entre les mauvaises herbes et la plante cultivée.

Les pertes dues aux insectes peuvent être très importantes dans les pays chauds, et peuvent atteindre plus de 50 % de la récolte dans les PVD, là où il faut augmenter le plus la production (y compris pour des cultures de rente). En moyenne, avec les modes de cultures actuels, les pertes sont de 42,5 % (riz, maïs, blé, orge, pomme de terre ...) et se répartissent de façon approximativement égale entre insectes, maladies et mauvaises herbes (Oerke et Dehne, 1994, 1997).

Ainsi les **pertes avant la récolte**, en cours de végétation (par insectes, maladies et mauvaises herbes) et les **pertes post-récolte** représentent en moyenne 57,5 % de ce qui aurait pu être disponible (ce qui représente déjà l'objectif minimum à atteindre). Une meilleure protection contre les insectes et les maladies, un meilleur désherbage et une limitation des pertes post-récolte pourraient augmenter (en théorie) de l'ordre de **135 % la production utilisable, sans augmentation de la fertilisation** (en supposant les engrais apportés avant les dégâts).

La protection des cultures contre les insectes et les maladies peut se résoudre de deux façons : par l'utilisation de pesticides et par l'utilisation de variétés résistantes (voir ci-dessous). La lutte contre les mauvaises herbes doit d'abord se résoudre par des interventions agronomiques telles que travail du sol, rotations, désherbage (manuel et éventuellement chimique).

3. Les possibilités d'augmentation du potentiel de rendement

Cas des pays à agriculture intensive, comme la France

Le potentiel d'amélioration des rendements, en valeur relative, est évidemment plus faible là où ils sont élevés que là où ils sont faibles, mais, il est encore possible de les améliorer de façon très significative là où ils sont élevés : la limite éco-physiologique n'est pas encore atteinte.

Les rendements maximum observés chez le blé, en France sont autour de 140 q /ha (Arvalis). Ce chiffre ne doit pas être loin du potentiel (estimé par Arvalis à 150 q/ha). En Nouvelle Zélande, ce potentiel a été estimé à 160 quintaux. Pour le maïs, des rendements de 160 q/ha ont déjà été observés en France. Le rendement maximum est sans doute plus élevé pour cette espèce (plante en

C4¹, à faible photorespiration). Aux USA, des rendements de 200 q/ha ont été observés (avec une durée nettement plus longue de photosynthèse active, 30 jours de plus). Le potentiel pourrait être de 230 q/ha.

Cela signifie t-il que l'on peut multiplier par deux les rendements moyens du blé ? Les rendements observés en France varient de 30 à 140 q/ha. Par l'amélioration de l'adaptation au milieu (froid, sécheresse, précocité, résistance aux maladies), on peut espérer multiplier par plus de deux les rendements les plus faibles en zones défavorables, mais l'augmentation sera évidemment plus faible en conditions favorables. Sur une période de 50 ans, une augmentation moyenne pour le blé de 30 à 40 q semble possible, soit 0,6 à 0,8 q/ha/an, contre 1 q/ha/an ces 50 dernières années. On peut penser qu'il y aura effectivement un ralentissement du progrès génétique (sauf innovation importante), mais cela n'est pas encore le cas aujourd'hui.

Aujourd'hui, en France, pour le blé, il y a ralentissement du **progrès agronomique** (rendements moyens), voire stagnation (ou même régression dans certaines régions), car depuis 15 ans environ, il y a eu une certaine « désintensification » (moins d'azote, pilotage de la fumure azotée, moins de fongicides, développement de la culture sans labour). Mais le progrès génétique en conditions favorables continue. Une étude du GEVES² entre 1990 et 2000 a en effet montré un **progrès génétique** de 0,9 q/ha/an en conditions intensives traitées (avec fongicides) et de 1,4 q/ha/an en conditions intensives non traitées (à noter le progrès supérieur en conditions non traitées aux fongicides). Une étude plus récente de Xavier-Oury (INRA Clermont-Ferrand, communication personnelle), montre que ce progrès a été continu jusqu'en 2007. L'augmentation des prix des céréales, combinée à une année plus favorable que 2007, a sans doute contribué à relancer le progrès agronomique sur 2008 (plus d'azote, plus de fongicides, désherbage, labour) avec un rendement moyen de 73 q/ha (contre 64 q/ha en 2007).

Pour le maïs, la situation est différente : le progrès agronomique est continu et est essentiellement d'origine génétique (il a sensiblement diminué du fait des limites dans l'irrigation). Le maïs a un potentiel plus fort que le blé, donc en 50 ans on devrait dépasser 110-120 q de moyenne. De plus l'investissement dans la sélection est plus élevé que chez les céréales à paille du fait de la commercialisation de variétés hybrides.

Perspectives au niveau mondial

Au niveau mondial le problème se pose nécessairement en des termes différents. En moyenne, les rendements en céréales ont été multipliés par 2,4 au niveau mondial (de 1960 à 2000). Les pays ayant une agriculture déjà assez intensive pourront augmenter seulement leurs rendements de 30 à 50 % (20 à 30 q/ha). Par contre les progrès pourront être beaucoup plus importants (en valeur relative) pour les pays à agriculture peu développée : passer de 10 à 50 q est plus facile que de passer de 70 à 140 q (on peut espérer par l'expérience acquise que les progrès dans les pays à agriculture peu intensive seront plus rapides que ce qu'ils ont été dans les pays à agriculture assez intensive). En Argentine et Inde, le progrès agronomique (dû à l'amélioration des variétés et l'amélioration des techniques culturales) a été de 0,3-0,4 q/ha/an. Avec un développement de l'agriculture, mais en tenant compte de la limite dans les intrants, une amélioration de 0,5 q/ha/an est tout à fait réaliste (contre 1q/ha/an en France, pour des niveaux de rendement supérieur). Un tel gain appliqué à tous les PVD cultivant le blé, conduirait en 50 ans à multiplier par 1,9 les rendements moyens. Compte tenu des progrès plus importants dans les pays à agriculture développée, doubler la production au niveau mondial en 50 ans semble donc tout à fait possible. La même augmentation, voire même une augmentation plus forte, peut être admise pour le riz et le maïs.

Une estimation de 0,4 q/ha/an pour les PVD correspond approximativement au progrès qu'il faut faire sur le potentiel en supposant que l'on résolve le problème des pertes de potentiel en végétation. Cela implique 1) des progrès génétiques et agronomiques importants sur l'aptitude des variétés à avoir de « bons » rendements avec un niveau non maximal d'intrants (eau, azote et pesticides) et 2) une réduction des pertes après récolte. Il reste qu'il y a des régions du monde où il sera très difficile d'obtenir une augmentation significative des rendements, notamment par le manque d'eau.

Cependant, doubler la production conduira nécessairement à augmenter avec un coefficient multiplicateur plus élevé la consommation en intrants. Il faut impérativement trouver des **itinéraires techniques** (techniques culturales et choix de variétés) moins coûteux en eau, en azote et en pesticides. Pour limiter les pertes en eau, il y a le **mulching**. Pour limiter l'apport d'engrais azotés, il faudra développer les **assolements graminées – légumineuses** et développer l'association agriculture élevage, source de matières organiques. La **maîtrise du désherbage** conduira aussi à

¹ Plante à faible photorespiration (respiration à la lumière, qui diminue l'efficacité de la photosynthèse)

² Groupe d'Etude des Variétés et des Semences

une meilleure efficacité de l'eau et de l'azote. Enfin, **l'amélioration des plantes** peut mettre au point des variétés plus tolérantes au stress hydrique, des variétés valorisant mieux l'azote du sol et plus résistantes aux ravageurs.

La contribution possible de l'amélioration des plantes

La réduction des pertes de potentiel de récolte en cours de végétation

La protection contre les maladies et les insectes peut se résoudre largement par la voie génétique. Il est donc possible de progresser sur le rendement moyen en limitant ces pertes. Cela est inclus dans les perspectives d'amélioration des rendements envisagées précédemment qui ont à la fois une origine génétique et une origine « amélioration des techniques culturales ».

- *La résistance aux maladies* avec ou sans transgénèse (plus de possibilités avec transgénèse, par exemple pour la résistance aux virus). Les attaques de maladies sont la cause de 15 % de perte de potentiel.

- *La résistance aux insectes*, surtout avec transgénèse, car n'existe pratiquement pas « naturellement ». Les attaques d'insectes sont la cause de perte moyenne de 15 % du potentiel de production.

Des variétés de plantes utilisant mieux l'eau et l'azote

- *L'utilisation de l'eau et la tolérance au stress hydrique* (et la tolérance au sel souvent associée). Aujourd'hui, un blé à 100 q dans le Bassin Parisien consomme plus d'eau qu'il n'en tombe. La consommation d'eau dans le monde a été multipliée par 7 en 40 ans alors que les rendements n'ont été multipliés que par 2,4 (source FAO). Le doublement de la production pourrait multiplier par plus de deux la consommation en eau. Par la sélection classique (action sur le développement des racines) mais aussi par la transgénèse (pour des gènes de régulation) une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau est attendue (20-30 % de consommation d'eau en moins pour la même production).

- *L'efficacité de la fumure azotée*. La consommation d'azote dans le monde a été multipliée par 8 en 40 ans alors que les rendements des céréales n'ont été multipliés que par 2,4. C'est le développement de la fumure azotée qui a « lancé » le progrès agronomique et le progrès génétique. Mais l'azote est très coûteux en énergie, est une source de pollution et il est de moins en moins efficace avec l'amélioration des rendements. Il n'est pas possible de multiplier encore par un facteur d'au moins 3 les quantités de N apportées (calculs faits par Tilman, 1999, 2000). Par la sélection classique (action sur le développement des racines) et la transgénèse il est possible d'amener à une réduction de 20 % des intrants azotés pour une même production. Malgré cela, il faudra donc augmenter assez fortement les quantités d'N utilisées, ou alors on limitera l'amélioration des rendements. Les plantes productives fixatrices d'N restent encore une utopie thermodynamique et génétique, mais à très long terme des progrès pourraient être faits (Britto et Kronzucker, 2004).

Ainsi, que ce soit pour l'eau ou pour l'azote, il n'est pas possible de développer des variétés consommant 50 % de moins d'eau ou d'azote que les variétés ou populations actuelles. Une réduction de 15-20 % semble plus réaliste ; une réduction supplémentaire est sans doute aussi possible par la voie agronomique. De plus il faut tenir compte de la maîtrise des pertes en végétation (40 % du potentiel de production). Finalement, en tenant compte des sources d'azote organique, de la meilleure efficacité des variétés et d'une diminution des pertes de potentiel pendant la culture, le doublement de la production pourrait se traduire approximativement par un simple doublement de l'utilisation des engrais azotés.

L'amélioration du rendement photosynthétique :

Le rendement photosynthétique pourrait être amélioré par transformation de plantes C3 (par exemple blé, riz) en C4 (par exemple maïs) ce qui diminuerait les pertes par photorespiration. Des résultats préliminaires montrent effectivement que la transformation du riz en C4 (par transfert du gène de la PEPC³, qui « pompe » le CO₂) pourrait entraîner une augmentation très significative du rendement (Ku et al, 2000).

L'influence de l'amélioration de la qualité des aliments

Il faut produire plus mais aussi des aliments de meilleure qualité (au niveau protéique, équilibre des acides aminés). La génétique peut apporter beaucoup à ce niveau. Mais cela peut être aux dépens de la production totale en énergie. Il vaut sans doute mieux maximiser la production

³ Enzyme des premières étapes de la photosynthèse chez le maïs

d'amidon chez les céréales, maximiser la production de protéines chez les légumineuses et avoir une alimentation mixte sachant que légumineuses et céréales sont très complémentaires du point de vue des acides aminés. De plus pour l'assolement, il est conseillé d'avoir les deux types de culture (plutôt que de les associer).

Comment parvenir à ces progrès ? C'est la principale question.

Juste quelques remarques sur ce point essentiel.

L'obtention des progrès agronomiques précédents repose sur le **développement d'une « véritable » agriculture dans les PVD**. Cela demande la mise en œuvre d'itinéraires techniques avec des techniques culturales et des variétés appropriées (rôle des assolements, place des légumineuses, association agriculture-élevage). Il faut une politique de développement agricole. Mais il faut aussi que les PVD investissent dans leur propre **recherche** pour développer des variétés adaptées à leur territoire, ce qui signifie le développement d'un **secteur semencier** (ce qui ne donne pas immédiatement des résultats : il faut de l'ordre de 10 ans pour créer et développer une variété). Il faut aussi se préoccuper des ressources génétiques indispensables à tout départ de création de variétés (la **sélection participative**⁴ peut être un moteur de développement de l'agriculture, voir les expériences du CIRAD sur le sorgho et le mil). On a aujourd'hui les outils pour aller plus rapidement vers la création des variétés améliorées (marqueurs moléculaires, transgénèse...). Il faut donc que les PVD aient aussi accès à ces technologies, parallèlement au développement indispensable des méthodes conventionnelles de sélection et de création de variétés.

Mais le problème essentiel n'est pas technique, il est politique...

Quelques références

Agreste Primeur. 2008, n° 210, mai 2008. Les rendements du blé et du maïs ne progressent plus.

Britto D.T., Kronzucker H.J., 2004. Bioengineering nitrogen acquisition in rice: can novel initiatives in rice genomics and physiology contribute to global food security? *BioEssays* 26, 683-692.

CIRAD, 2005. Gestion du partenariat dans les ateliers de sélection participative. John Libbey Eurotext.

Frink C.R. et al, 1999. Nitrogen fertilizer: retrospect and prospect. *PNAS* 96, 1175-1180.

GEVES, 2004. Etude du progrès génétique différentes espèces de grande culture. Rapport global.

Ku M.S.B., 2000. Metabolically modified rice exhibits superior photosynthesis and yield. I.S.B. News report, May, 2000, 4-5.

Oerke E.C., Dehne H.W., Schönbeck Eck F., Weber A., 1994. *Crop production and crop protection. Estimated losses in major food and cash crops*. Elsevier, 808 p.

Oerke E.C., Dehne H.W., 1997. Global crop production and the efficacy of crop protection – current situation and future trends. *Eur. J. Plant Pathol.*, 103, 203-215.

Tilman D., 1999. Global environmental impacts of agriculture expansion: the need for sustainable and efficient practices. *PNAS* 96, 5995-6000.

Tilman D. et al, 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671-677.

⁴ Sélection associant les agriculteurs

3 La lutte contre les insectes ravageurs

Bernard Mauchamps

Nourrir les populations c'est leur apporter les quantités nécessaires et suffisantes d'aliment ayant une qualité compatibles avec leur consommation. Les aliments peuvent être consommés directement ou après transformation. Or il existe un certain nombre de concurrents qui utilisent les mêmes ressources pour assurer leur survie ; parmi ceux-ci il y a les Insectes, les acariens, les nématodes, des vertébrés (oiseaux, rongeurs...) qui arrivent à soustraire jusqu'à 30% des productions, il en est de même des agents pathogènes. Augmenter les quantités disponibles, c'est réduire les pertes à tous les niveaux des itinéraires de production. Je me limiterais au cas des insectes.

A l'heure actuelle, suite à l'utilisation des insecticides de synthèse on est arrivé à une protection acceptable, mais en générant des effets non intentionnels qui si on n'infléchit pas les pratiques actuelles risquent de nous conduire vers des situations préoccupantes. Ces effets secondaires (au sens chronologique et non qualitatif) sont l'apparition d'insectes résistants aux insecticides, la destruction de prédateurs naturels et l'apparition de résidus toxiques. Ceci signifie que pour avoir une protection durable il faut changer de la stratégie du tout chimique ; il faut jouer sur la diversité des méthodes disponibles et dans chacune diversifier les pratiques. Parmi ces méthodes citons les méthodes culturales, les méthodes biologiques, physiques et génétiques. On parlera de Protection Intégrée. Faut-il encore que l'application de la Protection intégrée soit raisonnée, en fonction de paramètres relevant de la biologie du ravageur, des paramètres climatiques, des paramètres relevant de la production. Au tout chimique appliqué sur toutes sortes de culture, quelque soit la région et quelque soit l'environnement, avec des produits rémanents, il faut mieux prendre en compte les paramètres de la culture, ceux du ravageur et ceux de l'environnement. Les méthodes disponibles doivent être appliquées en complémentarité et raisonnées dans le temps et l'espace. Les méthodes sont connues mais bien souvent écartées car à court terme elles semblent aller à l'opposé d'une rentabilité économique.

Les étapes pendant lesquelles les insectes agissent sont la germination, la croissance de la plante, la fructification, la récolte et le stockage. Un ver fil de fer (larve de taupin) dans le sol au moment de la germination sectionne la racine entraînant la perte de la plante (100% de perte), la préconisation de culture sans labour favorise ce genre de ravageur. Un raisonnement du travail des sols est nécessaire. Une chenille de pyrale de première génération fragilise la plante qui cassera au moindre coup de vent. L'emploi des trichogrammes qui parasitent les oeufs de pyrale, ou l'utilisation de maïs transgéniques contenant le gène de la toxine du *Bacillus thuringiensis* (type Mon810) limitent les dégâts de pyrale. Nombre d'exemples pourraient être rapportés.

Il est à craindre que la priorité dans la lutte contre les ravageurs des cultures et des denrées stockées soit et reste donnée à la lutte chimique, car à court terme elle est facile d'emploi, efficace et peu onéreuse. Il faudrait que puissent se mettre en place des structures indépendantes organisant dans un territoire donné et pour des productions données, des stratégies durables.

4 La protection des cultures

Quel rôle dans l'augmentation de la production mondiale?

Claude Sultana avec la collaboration de Jean-Louis Bernard

Les pertes dues aux ennemis des cultures constituent un facteur important de réduction des rendements. Certes elles diffèrent entre les pays développés qui disposent des moyens techniques, financiers et humains pour les minimiser et les pays en développement où ces mêmes moyens sont insuffisants ou inexistantes. Nous allons essayer de quantifier et qualifier ces pertes et voir quelles seraient les possibilités et conditions qui permettraient de les réduire à l'avenir.

Estimation des pertes en culture

Établir un bilan des pertes dues à une protection insuffisante, par grandes zones de production n'est pas chose facile. Les statistiques donnent souvent des informations ponctuelles liées à des événements exceptionnels. L'étude récente la plus complète date de plus de 15 ans. Elle a été réalisée par le Dr E.-C. Oerke et ses collaborateurs de l'Université de Hanovre, et publiée sous le titre « *Protecting the world's harvest – Food needs, crop losses and plant protection* ». Elle porte sur la fin des années 1980 et concerne huit productions majeures tant par les surfaces qu'elles occupent que par l'intérêt de leurs produits.

Oerke et ses collaborateurs ont déterminé ce qu'ils appellent la « *production réalisable* » sur la base d'essais réalisés dans différentes conditions de culture dans le monde. Cette production réalisable est la production que l'on peut atteindre par une protection efficace contre tous les ennemis des cultures, les autres facteurs de production étant maintenus constants. De même les valeurs des pertes totales sans aucune protection sont tirées d'expérimentations.

Cette étude a été conduite sur les productions retenues par Oerke, figurant dans le tableau 1.

Le coefficient d'efficacité défini ci-dessus représente la part imputable à la protection dans la production effective. Si l'on prend l'exemple du blé pour lequel le coefficient d'efficacité de la protection est des plus faibles, les pertes dues aux agresseurs de la culture représentaient vers 1990 plus de 50 % de la production effective. Dans le cas du coton, plante connue pour ses besoins de protection qui affiche le coefficient d'efficacité le plus élevé de cette étude, la suppression totale des pertes permettrait une augmentation de la production de l'ordre de 60 %.

Tableau 1: pertes attribuées aux ennemis des cultures en fonction de la production réalisable* pour la période 1988-1990 (moyenne de 3 campagnes). La production réelle et les pertes sont données en q/ha et % de la production réalisable

	Production réalisable	Production réelle		Total des pertes		Pertes par maladies		Pertes par les insectes		Pertes par les adventices		Pertes sans aucune protection		Coeff. d'eff. (1)
	(q/ha)	(q/ha)	%	(q/ha)	%	(q/ha)	%	(q/ha)	%	(q/ha)	%	(q/ha)	%	
Riz	70	34,4	49	35,6	51	10,5	15	14,3	20,5	10,8	15,5	57	82	63
Blé	36,2	24	66	12,2	34	4,5	12,5	3,2	9	4,5	12,5	18,8	52	27
Orge	32	22,7	71	9,3	29	3,2	10	2,9	9	3,2	10	15	47	25
Maïs	55,6	34,5	62	21,1	38	6,1	11	7,8	14	7,2	13	33,4	60	36
Pomme de terre	256	151	59	105	41	41	16	41	16	23	9	187	73	54
Soja	26,6	18,1	68	8,5	32	2,4	9	2,7	10	3,4	13	15,7	59	40
Coton	25,5	15,8	62	9,7	38	2,8	11	3,8	15	3,1	12	13,1	83	72
Café	8,7	5,2	60	3,5	40	1,3	15	1,3	15	0,9	10	6,1	70	45

* Valeurs tirées de l'étude de Oerke et col.

1. coefficient d'efficacité de la protection: rapport en pourcentage entre les pertes évitées (pertes sans aucune protection – total des pertes) et la production réelle.

Ces moyennes recouvrent des situations très hétérogènes. Hétérogénéité des situations pour les dégâts d'insectes : on sait par exemple que dans des contextes particuliers (ex : attaque de criquets, insectes des grains stockés, altise du colza...) les dégâts peuvent avoisiner les 100%. Bien sûr, ce sont là des situations extrêmes. Hétérogénéités régionales aussi: dans les régions méridionales, la pression des ravageurs est extrêmement forte, celle des maladies cryptogamiques moins élevée.

C'est l'inverse pour les zones septentrionales. Par ailleurs, il faut noter que de nouvelles normes sanitaires (ex : mycotoxines en Europe) peuvent annihiler la valeur d'une production et conduire à des pertes de 100%, alors même que les dégâts quantitatifs sont limités. Dans ces conditions est-il possible d'extrapoler une espérance réaliste d'amélioration de la production par une meilleure protection ? C'est l'exercice tenté ici à partir de ces références malheureusement anciennes.

Tableau 2 : évolution de la production mondiale (millions de tonnes), des surfaces (millions d'hectares) et du rendement (q/ha) des cultures retenues par Oerke entre les périodes triennales 1988-1990 et 2005-2007 – (sources FAO – données arrondies)

	Production		Surfaces		Rendement / ha	
	1988-1990	2005-2007	1988-1990	2005-2007	1988-1990	2005-2007
Riz	507	642	145,5	156,0	34,4	41,2
Blé	543	611	225,5	217,3	24,1	29,1
Orge	169	138	74,2	56,3	22,7	24,2
Maïs	454	733	131	150,5	34,5	47,6
Pomme de terre	271	318	17,9	19	151	168
Soja	103	217	57	94	18,1	23,1
Coton (graines)	52	71	33	34,3	15,8*	20,7*
Café	5,9	7,5	11,2	10,2	5,2	7,4

* pour autant que le rendement en graines du cotonnier ne soit pas le rendement en bourres à la sortie du champ (la graine représente les 2/3 du poids de la bourre récoltée)

Cette comparaison sur un intervalle de 17 ans montre l'évolution de la production des huit cultures considérées. Seule l'orge a vu sa production diminuer significativement, la très faible augmentation du rendement ne compensant pas le retrait important des surfaces. A l'opposé, le soja a plus que doublé sa production par l'augmentation de 60% des surfaces et de plus de 25% des rendements. Si, dans le cas de l'orge, pour une augmentation peu significative de 6 % du rendement, l'apport de la protection est difficile à évaluer, sa contribution aux plus de 40% d'augmentation du rendement du caféier est effective. Ne doit-on pas inscrire aussi la transgénèse à l'actif d'une meilleure protection et de la progression remarquable des rendements du maïs, du soja et du coton ?

Peut-être faudrait-il aussi considérer le cas de la pomme de terre comme particulier. Les statistiques rapportent généralement la production marchande alors que la production domestique est au moins aussi importante.

Pour projeter les possibilités d'amélioration des rendements par la protection de manière raisonnable, voici les modalités de calcul adoptées:

- (i) Les données retenues sont celles de l'étude citée, ce qui permet de ne pas prendre en compte les gains de productivité dus au progrès génétique.
- (ii) Comme il est difficile d'obtenir une protection efficace à 100% (sous-estimation du risque, intervention trop précoce ou trop tardive, etc) et prenant en compte le fait que l'objectif du producteur est le revenu maximum et non le rendement maximum, nous supposons qu'une bonne protection est assurée lorsque le rendement atteint 80% du rendement réalisable.

Dans l'exemple du riz (cf tableau 1), le calcul ainsi conduit pour atteindre 80% du rendement réalisable en 1990, montre que le gain à obtenir est de : $(70 - 34,4) \times 0,8 = 28,5$ q/ha. Nous appellerons « gains avec bonne protection » dans le tableau 3, les augmentations de rendement calculées selon les modalités exposées.

Les surfaces et rendements moyens constatés entre 2005 et 2007 sont également tirés des statistiques de la FAO et sont donnés pour situer l'évolution de la culture.

Tableau 3: surfaces, rendements, gains possibles et réels (moyennes de 3 campagnes)

Production	Surfaces en 1988-1990 (x 10 ⁶ ha)	Rendements 1988-1990 q/ha	Gains avec bonne protection q/ha	Surfaces en 2005-2007 (x 10 ⁶ ha)	Rendements 2005-2007 q/ha	Gains entre 1988-1990 et 2005-2007 q/ha
Riz	147	34,4	28,5	157	41,2	6,8
Blé	231	24	9,8	217	29,1	5,1
Orge	72,3	22,7	7,4	56,6	24,2	1,5
Maïs	138	34,5	16,9	158	47,6	13,1
Pomme de terre	18	151	84	19,3	168	17
Soja	62	18,1	6,8	95	23,1	5
Coton	33	15,8	7,8	33,8	20,7	4,9
Café	10	5,2	2,8	10,3	7,4	2,2

Il est délicat d'estimer ce qui peut être attribué à la seule protection de la culture dans les gains de rendement. Pour des cultures comme le riz, le maïs ou le coton, on sait que le progrès génétique se poursuit et que l'augmentation du rendement est considérable sitôt que ces cultures accèdent à l'irrigation. Néanmoins, comme les gains réalisés n'atteignent pas les gains possibles par une bonne protection dans chacune des productions considérées, la marge de progrès est encore importante et on peut raisonnablement la situer entre 20 et 50% par rapport aux rendements actuels.

Ces projections paraissent compatibles avec les estimations globales des pertes cumulées en culture et au cours du stockage que de nombreux auteurs situent à 50%. Les pertes pendant le stockage ne sont pas prises en compte dans notre approche. Elles sont particulièrement graves pour les produits auto-consommés dans les pays en développement. Il apparaît néanmoins qu'une bonne protection des cultures peut contribuer à l'accroissement de la production mondiale bien davantage que l'augmentation des surfaces mises en cultures ou irriguées.

Pour tenter d'approcher le rôle de la protection, au moins sous l'angle de la protection chimique, l'évolution des échanges de produits phytosanitaires (en millions de dollars US) est présentée dans le tableau 4, faute de disposer des consommations détaillées par pays. La progression des échanges mondiaux en valeur dans la période considérée (x 2,5 pour les importations et x 3 pour les exportations selon les données de la FAO) apparaît significative. Cette augmentation des échanges de produits phytosanitaires conforte le rôle de la protection des cultures dans la progression des rendements.

Tableau 4 : importations et exportations de produits phytosanitaires pour les périodes 1988-1989 et 2005-2006 (la comparaison est faite sur la moyenne de deux années, les données FAO pour 2007 n'étant pas encore disponibles)

	Importations (millions de US \$)		Exportations (millions de US \$)	
	1988/1989	2005/2006	1988/1989	2005/2006
Afrique	634	860	46	185
Argentine	68	224	29	239
Australie	31	284	31	69
Bangladesh	11,7	34	-	-
Birmanie	2,2	11,5	-	-
Brésil	24	585	57	238
Canada	242	800	23	114
Chine*	376	381	157	1310
Inde*	24	175	56	634
Indonésie	11	88	10	76
Pakistan	86	125	1,5	2,5
Thaïlande	104	304	5,6	54
UE**	2930	6160	3850	8970
USA	304	685	1110	1760
Vietnam	6,8	227	-	16
Monde	1924,7	4783,5	1503,1	4583,5

* *l'augmentation très forte des exportations de ces deux pays s'explique par le développement de produits génériques*

** *les montants totalisent les importations et exportations des 15 pays de l'Union Européenne (avant élargissement vers l'est), y compris les échanges intra-communautaires*

Moyens existants pour réduire les pertes

La réduction des pertes ne peut pas être envisagée sans une stratégie qui prenne en compte la durabilité de la production. Dans cet objectif, de nombreux outils doivent être améliorés, voire créés au plan local, afin de réaliser une protection des cultures économiquement efficiente et responsable en matière d'environnement et de sécurité. Parmi les principaux :

Information permanente sur les risques

La maîtrise des risques liées aux bioagresseurs des cultures commence avec le contrôle des marchandises aux frontières pour prévenir l'introduction de nouveaux ennemis. Elle se prolonge avec l'information permanente mise en place au moins au plan régional pour alerter sur les risques imminents. Ces réseaux existent dans les pays développés et fonctionnent bien. Dans tous les pays où la formation des agriculteurs est totalement empirique, voire inexistante, la présence d'un technicien de terrain pour relayer l'information et apporter le conseil est indispensable. La bonne compréhension des messages d'alerte et la mise en œuvre des actions qui en découlent suppose qu'il existe, en parallèle (ou au préalable), une formation des hommes.

Assolement et Rotation des cultures

La rotation des cultures (rotation des espèces et alternance des semis d'automne et de printemps) est un élément important pour réduire la pression parasitaire.

Quels que soient les bioagresseurs (adventices, ravageurs, maladies telluriques...), une rotation judicieuse permet :

- d'éviter la création d'un milieu artificiellement stable qui accentue l'augmentation de la nuisibilité de bioagresseurs favorisés par la répétition des mêmes cultures (ex : stock semencier spécifique, nématodes, piétin-échaudage du blé...),
- de limiter la sélection de bioagresseurs résistants du fait de traitements répétés avec les mêmes solutions chimiques ou biologiques.

L'extension d'une même culture dans l'espace (assolement peu diversifié) et sa répétition fréquente dans le temps (rotation simplifiée), même et surtout si cela fait appel à une variété issue de la transgénèse, est de nature à favoriser le contournement de la protection par les agresseurs.

Choix des variétés

Le choix de variétés tolérantes à certains insectes ou parasites constitue un moyen efficace de protection, que la tolérance ait été acquise par les techniques traditionnelles d'amélioration ou par la transgénèse. Cette tolérance n'est pas toujours durable car la plupart des bioagresseurs arrivent plus ou moins rapidement à contourner les barrières génétiques. Ce qui plaide en faveur du point précédent.

D'autre part, la sélection classique n'a pas permis d'apporter de véritables solutions pour le contrôle de la flore adventice. L'obtention par génie génétique de variétés tolérantes à certains herbicides a ouvert de nouvelles possibilités pour les pays qui les ont adoptées. Cependant, il conviendrait d'élargir le nombre de substances bénéficiant de variétés tolérantes (résistantes) afin d'éviter que le retour systématique du même herbicide n'engendre à son tour des résistances chez les adventices, obligeant alors à revenir à la situation antérieure.

Utilisation de la faune auxiliaire

Le recours à la faune auxiliaire est précieux pour limiter l'impact des ravageurs.

Son appui est de plus en plus sollicité dans l'agriculture raisonnée – en particulier pour l'arboriculture, le maïs ou les productions sous abri – mais son pilotage exige de la part des agriculteurs une très grande technicité.

Pour les cultures en plein air, il existe très peu de solutions disponibles (ex : trichogrammes contre la pyrale du maïs sous nos climats) et très peu d'élevages industriels permettent d'organiser des lâchers

au champ. Il est donc souhaitable d'utiliser au mieux la panoplie des auxiliaires naturels, ce qui pose d'autres problèmes :

- Une recherche lacunaire quant au choix de solutions réaliste,
- Un niveau de connaissances généralement faible, tant chez les agriculteurs que chez leurs conseillers,
- Un accompagnement de terrain médiocre sitôt qu'il s'agit d'orienter le contexte agricole pour le rendre producteur des auxiliaires souhaités...

Pour ces raisons, une utilisation efficace des auxiliaires n'est pas à la portée des agricultures en développement. C'est néanmoins un outil complémentaire à ne pas négliger.

Emploi judicieux des moyens de lutte directe et des produits chimiques

Bien souvent, la protection des cultures se limite à la mise en œuvre d'un certain nombre de moyens directs de protection : physiques, biologiques ou le plus fréquemment, chimiques. Cette simplicité apparente recèle un risque évident qui est de faire reposer tout le poids de la protection sur un nombre très réduit de moyens d'intervention directe reconnus comme efficaces.

Parmi ces moyens, les produits chimiques sont actuellement privilégiés en raison de leur simplicité relative d'utilisation. Ils deviennent incontournables si on néglige d'inclure d'autres paramètres dans les stratégies de protection. Cependant, compte-tenu de leur impact éventuel sur l'environnement et de leur coût, leur mise en œuvre doit être raisonnée.

Il reste des cas où la lutte chimique est impuissante. Par ex., contre certains champignons telluriques, il n'existe pas de solution plus efficace que l'utilisation de variétés résistantes. Dans d'autres situations, le traitement chimique reste irremplaçable : c'est le cas de la désinfection des semences. Il s'agit alors, non seulement de protéger la graine elle-même contre les parasites qui s'y trouvent (ce que l'on pourrait faire par d'autres moyens), mais de retarder ou d'empêcher l'action néfaste de bioagresseurs se trouvant à proximité de la semence lors de sa germination et au début de sa croissance.

Une crainte s'exprime aujourd'hui à la suite des décisions de l'UE de réduire encore le nombre de matières actives autorisées à l'emploi (*cf La Tribune du 3 Juillet 2008, article de Philippe Pinta, Xavier Beulin et Christophe Terrain*). Il est aussi probable que l'usage répétitif d'un petit nombre de substances actives conduirait à augmenter le risque de les retrouver dans les eaux brutes, voire de les détecter dans les denrées alimentaires.

La possibilité d'augmenter la production mondiale par une meilleure maîtrise de la protection des cultures serait largement affectée, sauf recours massif à la transgénèse pour développer toutes les résistances nécessaires dans les différentes productions. En outre l'avenir de l'industrie de la protection des plantes serait gravement compromis par la perte de sa capacité d'innovation. Du fait des nombreux retraits, la demande agricole reste insatisfaite pour certains usages (usages dits « orphelins »). Or, cette demande est appelée à croître et seule une industrie motivée et dynamique sera en mesure d'y répondre.

Les freins à lever

Nous ne développerons pas ici les handicaps dont souffre la protection des cultures car ils ne lui sont pas spécifiques. Ils affectent l'ensemble des facteurs de rendement dans tous les pays qui affichent des résultats faibles eu égard au potentiel régional. Ces pays sont aussi ceux qui ont les plus forts taux de malnutrition. Si ces handicaps ne sont pas levés, il y a fort à parier que leur situation aura peu changé alors même que la production mondiale aurait effectivement atteint un niveau suffisant pour nourrir neuf milliards de personnes en 2050.

Bibliographie:

- Oerke E.C., Dehne H.W., Shönbchez Eck F., Weber A., 1994. Crop production and crop protection. Estimated losses in major food and cash crops. Elsevier, 808 p.
- FAO - statistiques de production des cultures et de commerce des produits phytosanitaires
- UIPP – publications diverses et statistiques.
- Gil Kressmann: « Les nouveaux défis de la protection des plantes » (revue « Paysans »).

5 La possible contribution des irrigations

Pierre Dubreuil

1. L'utilisation de l'eau pour arroser les cultures dans les régions arides et semi-arides a été depuis des millénaires le meilleur moyen pour les paysans de ces régions d'obtenir une récolte suffisante pour nourrir leurs familles. Les procédés employés par voie gravitaire sont simples mais avec d'importantes pertes en eau d'autant plus que l'amenée de celle-ci se fait par des canaux peu imperméables ; des pertes auxquelles s'ajoutent celles dues à l'évaporation des réservoirs. Le développement des irrigations a en effet connu une forte croissance au XX^e siècle avec l'apparition des techniques modernes (réservoirs et grands périmètres, puis aspersion et irrigation localisée). Dans les régions développées moins arides, les irrigations ont permis d'améliorer et de garantir les rendements pour des agriculteurs tournés vers le marché. A l'échelle mondiale, les surfaces irriguées ont continué à s'accroître de 90 à 280 millions d'hectares entre 1950 et 1990 et les prélèvements d'eau à des fins d'irrigation ont atteint entre 65 et 70% de la consommation totale de cette ressource.

Si les irrigations ont certainement permis durant le dernier siècle (sauf peut-être durant les années sèches) de faciliter avec d'autres techniques (sélection variétale, usage d'intrants) la fourniture des produits agricoles alimentaires demandés par une population mondiale en croissance notable(ce fut la période de la première révolution verte), elles ont entraîné des dégradations diverses à l'environnement(salinisation des terres- estimée en 1990- atteignant 17% des surfaces irriguées en zones arides et semi-arides, déforestation, érosion) et des conflits avec les autres usagers(entre 1900 et 2050 les consommations industrielles et individuelles seraient multipliées par 18, mais seulement par 6/7 pour l'agriculture, quand la population n'augmenterait que d'un facteur 4,5).

La durabilité des systèmes irrigués existant en 2000 peut dans ces conditions être remise en cause.

2. De nos jours, la croissance démographique s'est maintenue ; avec le niveau de vie croissant, les besoins en eau des populations ont également augmenté et les conflits deviennent aigus partout où la ressource en eau est insuffisante (la « pénurie d'eau » estimée lorsque les prélèvements d'eau dépassent 40% des ressources renouvelables utilisables chaque année sera effective au XXI^e siècle pour plus du tiers de la population mondiale, surtout du Maghreb à la Chine en passant par le Proche-Orient) alors qu'il y a toujours près de 800 millions d'habitants qui souffrent d'une insuffisance alimentaire. D'ici 2050, pic estimé de la population mondiale (passage de 6,2 Md. d'habitants en 2000 à 9,2), la production agricole devrait au moins doubler pour permettre de la nourrir convenablement.

Les irrigations peuvent-elles, malgré leurs défauts et leurs limites, contribuer à cet effort de production agricole, et par quels moyens ? La réponse à ces questions n'est pas simple car elle dépend de plusieurs facteurs : la ressource en eau est elle disponible sans conflit ?, y a-t-il des sols adaptés à l'irrigation, pas trop éloignés des ressources en eau ?, les agriculteurs ont-ils les compétences et les moyens (capacités foncières, techniques et financières) ? La réponse ne peut donc pas être donnée de manière globale car elle dépend fortement des conditions régionales.

3. Dans les régions développées de l'hémisphère nord (continent nord-américain, Europe) il subsiste peu de nouvelles surfaces ayant des sols adaptés pour développer de nouveaux périmètres irrigués, mais heureusement les techniques soit par aspersion soit par apport localisé sont assez répandues (elles représentent en France près de 88% des surfaces irriguées). et y réduisent considérablement le gaspillage de l'eau. Il subsiste des disponibilités en ressource sauf ponctuellement lors d'étés trop secs. La difficulté dans ces régions, où l'irrigation est un procédé d'intensification d'une production à des fins marchandes (principalement arboricole et horticole), réside :

-dans l'efficacité économique dépendante des prix du marché ainsi que du tarif pratiqué pour l'eau afin que les producteurs aient un revenu satisfaisant et qu'une maintenance des équipements de qualité puisse être pratiquée,

-surtout dans les conflits avec les autres usagers (industries, loisirs, alimentation en eau, maintien de la vie aquatique) pour l'atténuation desquels la pratique d'une gestion territoriale partagée entre tous les usagers doit se développer.

-et en outre dans les contraintes environnementales qui y sont fortes et avec le changement climatique qui pourrait amener plus de sécheresses estivales.

L'accroissement des surfaces irriguées et de la production conséquente y sera globalement modéré, mais les corrections apportées aux difficultés relevées ci-dessus devraient faciliter l'efficacité de ces irrigations et une certaine durabilité.

4. Dans les régions arides et semi-arides du globe (d'abord une grande et large bande allant du Maroc à la Chine centrale, à en passant par le Proche-Orient, l'Inde et le Pakistan, puis une bonne partie de l'Australie, de l'Amérique centrale et du sud) la situation est toute différente. La pénurie d'eau est déjà là et va se répandre provoquant des conflits violents avec les autres usagers,

et il y a très peu de nouveaux sols irrigables disponibles. Les solutions sont limitées à une amélioration de l'existant : réhabilitation des nombreux sols irrigués par la salinisation mais elle reste difficile d'accès technique et très coûteuse, réduction des gaspillages et pertes des irrigations de surface en beaucoup d'endroits, adoption des techniques économes d'eau pour des cultures rentables dont les produits sont exportables (fruits et légumes)...

Les innovations pourraient venir du recours au pompage des eaux souterraines fossiles (déjà commencé) ainsi qu'au dessalement de l'eau de mer en zones littorales.

Cependant, les marges de manœuvre sont très réduites et l'accroissement de la production des biens alimentaires de base, si elle est possible parfois, ne le sera que modestement. Ces régions devront sûrement augmenter leurs importations. Il faut cependant noter une grande disparité entre ces diverses régions : celles allant du Maghreb au Proche-Orient puis à l'Inde et au Pakistan seront vraisemblablement les plus affectées par ces difficultés.

5. En Amérique latine et en Afrique sub-saharienne. Ces deux sous-continentes sont encore peu irrigués et disposent à la fois de nombreuses terres propices à l'irrigation et des ressources en eau abondantes et utilisables. L'Amérique latine peut ainsi multiplier par 4 ses surfaces irriguées et en consacrer une bonne part à des cultures d'exportation, céréales ou autres. Les entrepreneurs agricoles auront une part importante dans ce développement, déjà en œuvre depuis quelques années. La situation est moins idyllique en Afrique sub-saharienne. Elle possède certes des terres cultivables susceptibles d'être multipliées par 5 avec une partie irrigable multipliable par 8 (en passant de 5 à 40 million d'hectares). Mais ces terres techniquement disponibles ne sont pas très fertiles et s'il y a des ressources en eau peu exploitées, elles ne sont pas toujours situées à proximité de celles-là. Il y a encore peu d'appropriation foncière des terres par les paysans et les moyens de ceux-ci sont encore rudimentaires. La réduction de ces obstacles risque d'être longue à s'établir dans une région où l'on attend la plus forte poussée démographique dans les prochaines décennies. Une aide extérieure est souhaitable. Certains entrepreneurs étrangers à la région pourraient aussi s'y installer pour lancer la production agricole, mais celle-ci ne sera peut-être pas orientée vers les céréales et tubercules, bases principales des alimentations actuelles des populations locales.

6. En Asie du sud, de l'est et du sud-est. Il s'agit ici de terres humides sur lesquelles règne la riziculture dans une large portion de ce continent très peuplé. Pour fournir cet aliment de base une majorité de petits paysans propriétaires emploient des techniques culturales intensives (2 à 3 récoltes par an, variétés sélectionnées, intrants divers, économie de l'eau à la parcelle...) et ont obtenu des rendements croissants mais qui commencent à plafonner, parfois à décroître. Des innovations sont attendues, car la demande ne cesse d'augmenter. Il y a certes des terres disponibles irrigables surtout en Asie du sud (un accroissement des périmètres irrigables de quelques 60% est envisageable). Mais la concurrence sur la ressource en eau devient sévère et les pollutions induites par l'intensification demandent à être corrigées. Si le développement de la production de riz est possible, il a des limites et la satisfaction des besoins alimentaires de ces régions ne pourra pas être seulement le fait de l'irrigation.

On notera ici que les populations de ces régions asiatiques ont actuellement encore en majorité des régimes alimentaires à base de riz, de légumes et de viande de volailles et de porcs. Si elles venaient à se rapprocher du régime alimentaire européen ou nord-américain, la ressource en eau à mobiliser devrait augmenter de 75% (1 tonne de céréales requiert 1000 m³ d'eau, la volaille 4000 et le bœuf 13000 !), ce qui serait source de conflit majeur avec les autres usagers. Le recours à l'importation pourrait s'imposer...

7. Conclusion. En 1990, la Banque mondiale estimait que 80% des aliments pour nourrir les 3 milliards de nouveaux habitants de notre planète en 2025 devrait provenir des cultures irriguées. La contribution des cultures irriguées à l'alimentation mondiale en 2000 était de l'ordre de 40% ; cette contribution devrait diminuer un peu pour les terriens de l'an 2050. On a en effet constaté dans l'analyse précédente que les capacités d'accroissement de la production mondiale d'ici 2050 de biens alimentaires grâce aux irrigations ne pourrait être que modérée dans le meilleur des cas, puisque l'on doit tenir compte des autres usagers et de l'environnement. La contribution de l'irrigation reste indispensable mais insuffisante.

N.B Les informations principalement quantitatives utilisées ont été extraites de publications de la Banque mondiale, du Conseil mondial de l'eau, de la FAO et de l'Académie d'Agriculture.

6 Augmenter les rendements ? Oui, mais où et comment ?

François Papy

« Ces deux crises, économique et planétaire, ont un point commun : elles sont la conséquence d'un système qui n'évalue pas les risques que son fonctionnement génère, qui ne tient pas compte du fait qu'il peut aboutir à une destruction supérieure au bénéfice immédiat qu'il procure et enfin qu'il sous-estime l'interdépendance des acteurs....

Nous devons reconnaître que s'affranchir des risques que nos actions font courir aux autres et à la planète est une erreur ». Nicholas Stern, *Le monde* 14-15 / 12 /08

Introduction :

L'agriculture du XX^{ème} siècle a accompli un exploit: elle est arrivée à nourrir une population qui est passé de moins de 2 milliards d'habitants à 6, entre 1900 et 2000 ; la croissance a été particulièrement forte dans la seconde moitié du siècle, puisqu'en 1950, la population mondiale n'était encore que de 2,5 milliards. Certes la FAO nous dit bien que 960 millions de personnes souffrent de faim. Mais, pour l'instant c'est plus le résultat d'une inégalité flagrante du pouvoir d'achat entre habitants de notre planète que d'un manque absolu de nourriture. Cependant, d'ici à 2050 la population va encore augmenter de 6 à 9 milliards pour se stabiliser quelque peu pensent les démographes. En quatre décennies, nous allons devoir relever le défi de nourrir 3 milliards d'habitants supplémentaires. En faisant des hypothèses explicitées dans Collomb (1999), cité par Griffon (2006), il faudrait doubler la production alimentaire mondiale⁵. Pour y parvenir pouvons-nous poursuivre ce qui a si bien marché au siècle précédent ? Nous allons voir que la voie à inventer est étroite : elle ne peut être ni la poursuite de l'intensification adoptée par certains types d'agriculture, ni une agriculture sans l'apport d'engrais, azotés notamment. Pour mesurer l'ampleur du défi nous devons saisir comme un tout la question de production de biomasse (alimentaire et énergétique) et celle du fonctionnement durable de l'écosystème planétaire. Mais, pour bien comprendre les enjeux, avant d'envisager l'avenir, revenons au siècle passé.

L'évolution des agricultures du monde au XX^{ème} siècle : intensification locale par accroissement d'intrants externes et augmentation des disparités

Au début du 20^{ème} siècle, 75 % de l'énergie utilisée dans le monde provient de la biomasse, le reste est fourni par le charbon, très peu par le pétrole et le gaz (Galloway et Cowling, 2002). L'azote qui est essentiel à la production de biomasse vient de la fixation naturelle de l'azote de l'air que l'homme stimule par la culture de légumineuses et du riz ; s'y ajoute des engrais minéraux (nitrates du Chili) ou organiques (guano), tous deux fossiles et en quantité limitée. Des agronomes (Dehairain, en France, en 1895, Crookes en Angleterre, en 1898) ont déjà lancé des cris d'alarme sur la possibilité de nourrir une population qui augmente.

Dans les pays industrialisés, trois facteurs vont transformer radicalement l'agriculture (Papy, 2008). (i) Le recours à l'énergie fossile permet progressivement de remplacer la traction animale. En France avec la mécanisation qui ne prend véritablement son essor qu'après la seconde guerre mondiale, on peut estimer que 6 millions d'ha, consacrés aux animaux de traits sur 27 millions de surface agricole utile ont ainsi été libérés pour l'alimentation humaine (Bichat, 2006). (ii) L'énergie fossile permet de mobiliser un second facteur fondamental pour la production végétale : l'azote. A raison d'une tonne et demi d'ep pour une tonne d'N, le procédé industriel de synthèse de l'ammoniac de Haber et Bosch, breveté dès 1910, permet de rendre actif l'azote de l'air⁶. Son utilisation ne se généralise réellement comme engrais qu'à partir de 1950 (Galloway, Cowling, 2002). C'est également à partir de cette date que, dans de nombreux pays industrialisés, les rendements augmentent rapidement (note d'André Gallais pour le groupe de travail). Mais au fur et à mesure qu'augmente la production l'efficacité de l'apport d'engrais diminue. Tilman et al. (2002) l'ont bien établi sur les céréales. (iii) Un troisième élément a permis l'accroissement des rendements : la sélection végétale. Des progrès considérables ont été faits sur la productivité des variétés, notamment grâce aux hybrides pour le maïs. Un allongement de la longueur des cycles culturaux et l'augmentation de l'indice de récolte ont fortement amélioré la captation de l'énergie lumineuse et son efficacité en production récoltable.

Les systèmes de culture intensive forment donc un tout cohérent : sélection de variétés à haut potentiel et artificialisation poussée de l'agrosystème par un apport important d'azote issu du procédé

5 L'hypothèse retenue consiste à admettre que tous les pays en voie de développement atteignent en 2050 le régime alimentaire du Mexique en 1990. En régionalisant l'estimation des besoins alimentaires, Collomb calcule qu'entre 2000 et 2050, l'Afrique devrait plus que quintupler sa production, l'Asie plus que la doubler et l'Amérique latine presque la doubler.

6 L'azote de l'air (N₂) est inactif vis à vis des processus vivants. Toutes les formes d'azote liées à l'oxygène, l'hydrogène ou le carbone sont dites actives.

industriel Haber-Bosch vont de paire. Pas à pas l'intensification se poursuit, en faisant disparaître les facteurs et conditions limitant les rendements au fur et à mesure qu'il apparaissent ; les adventices, les bioagresseurs (animaux et végétaux) sont éradiqués par voie chimique. On n'arrête pas le progrès ! C'est ainsi que vers la fin des années 1980, des techniciens et agriculteurs de pointe se fixent, pour le blé, un objectif de rendement de 100 quintaux à l'hectare et s'interrogent sur l'intérêt d'un troisième régulateur de croissance, d'un quatrième fongicide, d'un troisième insecticide, etc. On en arrive à faire jusqu'à 17 interventions culturales sur le blé qu'il faut réaliser chacune au bon moment et, pour accroître la productivité d'une main d'œuvre, rare et chère, en un temps record (10 heures au total à l'hectare).

Mis au point progressivement dans les premiers pays à s'être industrialisés, ces systèmes de culture sont proposés, dès le milieu des années 1960, sous forme de paquets technologiques à des « pays moins avancés ». C'est la « révolution verte » qui sauve de la famine l'Inde et la Chine, mais, pour des raisons diverses, n'est pas adoptée universellement. Et c'est ainsi qu'à la fin du XXI^{ème} siècle, jamais les formes d'agriculture n'ont été aussi diverses dans le monde (Mazoyer, Roudart, 1997 ; Parmentier, 2007). Si 28 millions d'agriculteurs ont au moins un tracteur, 250 millions travaillent avec des animaux de trait et un milliard avec leurs bras. Quant à la fertilisation azotée, dont nous venons de dire son rôle moteur dans l'accroissement des rendements, elle est très mal répartie dans le monde : importante dans l'hémisphère nord, elle est très faible, voire inexistante au sud (UNEP, 2007). Il n'est pas étonnant, dès lors, que les différences extrêmes de productivité du travail qui étaient au début du siècle de 1 à 10, soient passées de 1 à 500.

Voilà donc la situation à la fin du 20^{ème} siècle : localement des systèmes intensifs par concentration d'intrants externes, à côté de systèmes peu artificialisés et peu productifs. On a longtemps cru que pour nourrir plus de monde il suffisait de généraliser les systèmes de culture fondés sur un usage croissant de la fertilisation azotée et la suppression des facteurs et conditions limitant les potentiels de rendement visés. Or un usage excessif de fertilisation entraîne des effets néfastes à la santé humaine et dérègle le fonctionnement des écosystèmes, aux échelles locale et globale (Cassman et al., 2003). C'est ce que nous allons voir.

Les limites à la fixation de rendements potentiels comme objectifs.

Les rendements potentiels permis par le fonctionnement éco-physiologique des espèces végétales améliorées sont très élevés ; la limite écophysologique n'est pas encore atteinte. André Gallais rapporte que le rendement potentiel du blé en France est estimé à 150 qx/ha (selon Arvalis), à 160 en Nouvelle-Zélande, et que pour le maïs, plante en C4, à faible photo respiration, les estimations sont bien plus élevées, surtout dans les situations qui permettent de développer de long cycles de végétation. Mais c'est le degré d'artificialisation du milieu, nécessaire pour atteindre ces potentialités, qui limite les objectifs de rendement qu'il est raisonnable de se fixer. La recherche en agronomie a progressé dans l'étude des effets des systèmes de culture intensive sur les écosystèmes : depuis déjà longtemps pour les effets locaux, plus récemment pour les effets globaux, notamment sur le bilan des gaz à effet de serre et, partant, sur l'évolution du climat.

A l'échelon local, dès les années 1970, l'alerte est donnée, en France, sur la pollution nitrique de l'eau destinée à la consommation (Chrétien et al., 1974). Consacré à ce sujet, le rapport Hénin (1980) fait date. La mise en évidence d'autres pollutions des eaux superficielles et souterraines par le phosphore et les pesticides ne tardent pas à venir. Le transport de nutriments vers les écosystèmes aquatiques (cours d'eau, lacs, littoraux) provoque des phénomènes d'eutrophisation. Dans certaines situations, la qualité des sols, également se dégrade : érosion, contamination par les pesticides et les métaux lourds, salinisation dans les périmètres irrigués des régions arides.... Si l'alerte lancée contre un usage excessif des pesticides est déjà très ancienne (Carson, 1962), la conscience d'une perte de biodiversité par la culture intensive tarde à se manifester. Cette érosion de biodiversité résulte autant de la destruction des habitats par agrandissement des parcelles, destruction des haies, mares, talus...que d'une action directe des pesticides.

A l'échelon global, l'on doit retenir que la culture intensive épuise des ressources rares comme les minerais de phosphore et de potasse et, de façon plus immédiate encore, l'énergie fossile. L'usage du fuel fossile non seulement puise dans une ressource finie, mais encore émet du gaz carbonique (CO₂) qui contribue fortement à l'effet de serre. Mais par ailleurs les écosystèmes cultivés fixent du CO₂. Aussi est-il nécessaire de faire un bilan des séquestrations et émissions des gaz à effet de serre (GES) de ces écosystèmes. Parce qu'ils influent sur le changement climatique par leur effet sur la composition de l'atmosphère en gaz à effet de serre les systèmes de culture constituent un des facteurs primordiaux de la durabilité de l'écosystème planétaire. Même s'ils sont moins efficaces que les écosystèmes forestiers, les écosystèmes cultivés séquestrent d'autant plus le carbone qu'ils sont conduits plus intensivement. La fertilisation azotée favorise donc ce phénomène, mais jusqu'à un certain point. Car, en plus de la consommation d'énergie fossile qu'elle implique dans le processus de fabrication, de distribution, d'emploi des autres intrants auxquels elle est liée, elle favorise l'émission dans l'atmosphère du

protoxyde d'azote (N₂O) ; or ce gaz a un pouvoir de réchauffement 300 fois supérieur à celui du gaz carbonique. Selon Galloway et Cowling (2002), dès les années 1970, la fixation de l'azote atmosphérique par l'activité humaine a dépassé les capacités des écosystèmes à ré-émettre dans l'atmosphère la même quantité par dénitrification. C'est pourquoi les formes actives d'azote s'accumulent dans les écosystèmes et l'émission de N₂O augmente. Depuis le début de l'ère industrielle l'émission de N₂O dans l'atmosphère a augmenté de 11 % en très grande partie à cause de la fertilisation azotée, c'est à dire, *in fine*, de la fabrication d'engrais azotés par le procédé Haber-Bosch.

Comme on peut le constater augmenter la production de biomasse pour assurer l'alimentation d'une population qui va croître jusqu'à 9 milliards et produire en plus de l'énergie tout en limitant le plus possible l'émission de gaz à effet de serre est une véritable gageure. Quoiqu'il en soit, ainsi que le fait remarquer Tilman (2008), il faut se saisir du problème dans toute sa complexité, à l'échelle de la planète.

Cultiver la planète

La voie à suivre est donc étroite ; quelques principes d'action découlent cependant de ce qui précède.

Il faut prioritairement limiter l'extension des terres cultivées. La mise en culture d'un couvert herbacé, plus encore celle d'une forêt, provoque l'émission d'une ou plusieurs centaines de tonnes de CO₂. Qui plus est, les forêts tropicales sont un réservoir exceptionnel de biodiversité. C'est donc bien sur une augmentation moyenne des rendements sur les terres déjà cultivées qu'il faut compter pour augmenter la production alimentaire.

Quel niveau des potentiels est-il souhaitable d'atteindre ? C'est là une des grandes questions que l'agronomie va devoir très vite éclaircir. Parce que l'on manque de références pour faire des bilans d'émission et de séquestration de GES, alors qu'il en faudrait beaucoup pour tenir compte de la variété des sols, des climats, des espèces cultivées, parce que les modèles de culture sont déficients pour estimer la production de biomasse racinaire, Cassman et al (2003) estiment primordiales les recherches sur cette question.

Ce qu'il est facile d'avancer cependant c'est que, pour produire plus au moindre coût d'émission de GES, il est prioritaire d'intensifier les zones cultivées les plus éloignées de leur potentiel productif. Les régions tropicales humides en sont un bon exemple. Un bon usage des ressources de la planète commande de faire porter les premiers efforts sur ces régions. Dans les régions de l'arc essentiel de la pénurie d'eau qui court du Maghreb à la Chine en passant par le Proche-Orient, les potentiels de production sont limités sauf à disposer d'eau pour l'irrigation, ce qui se fait de plus en plus rare. Usages économiques de l'eau et de l'azote y sont étroitement liés.

S'il est difficile de déterminer exactement le niveau de potentiel à viser pour trouver le meilleur compromis entre production et réduction des GES, on sait malgré tout, depuis déjà longtemps, construire des systèmes de culture à faible niveaux d'intrants. En France, pour la culture du blé, dès 1985, Meynard jette les premières bases de leur conception. Elles consistent à prévoir délibérément une dose totale d'azote qui ne permet pas d'atteindre le rendement potentiel. Ce choix permet d'économiser sur les autres intrants (pesticides, raccourcisseurs de paille), de réduire les doses de semis, d'élargir la période de semis ; il devient alors nécessaire d'avoir des variétés multirésistantes aux maladies, accompagnées d'une stratégie de durabilité des résistances, des variétés peu exigeantes en azote, ... (Jeuffroy, Meynard, 2005). De façon variable selon les prix de tels systèmes de culture permettent d'assurer des marges équivalentes, souvent et supérieures et plus stables que les systèmes conventionnels plus intensifs.

Du point de vue qui nous concerne ici, il est clair que de tels systèmes de culture ne se justifient que s'ils permettent, par rapport à des systèmes plus conventionnels, de réaliser une amélioration de l'efficacité des intrants, de l'azote en particulier, et un meilleur bilan de l'émission nette de GES (Meynard et al. 2001). Dans cet objectif une panoplie de techniques sont testées : pratique de cultures ayant pour fonction de piéger les nitrates en cours de lixiviation, diversification des modes de lutte contre ces bioagresseurs et recours à la lutte biologique, simplification du travail du sol en allant jusqu'à la suppression du labour, etc.... L'amélioration du coefficient d'utilisation de l'engrais azoté est un élément clé de la conduite de ces systèmes. Elle est fondée sur le principe de l'adéquation temporelle entre disponibilité d'azote dans le sol et vitesse de croissance de la biomasse. Cette adéquation est relativement aisée à gérer en climat tempéré (humide et régulier) et en sol profond, délicate, au contraire, en climat semi-aride et en sol peu épais. Une des caractéristiques prévues du changement climatique est l'augmentation des irrégularités. Il deviendra alors plus difficile encore de faire un usage économe de la fertilisation azotée.

Conclusion : Du point de vue que nous avons adopté (la recherche d'une voie qui vise à accroître la production en diminuant les émissions de GES), nous pouvons répondre aux questions du titre. Oui, plutôt que défricher des terres nouvelles, ce qui augmente brutalement les émissions de CO₂, mieux

vaut améliorer les rendements. Globalement à l'échelle planétaire ce n'est possible qu'en utilisant le procédé industriel de fixation d'azote de l'air. Mais jusqu'à une certaine limite à ne pas dépasser, pour l'instant difficile à établir. Où augmenter les rendements ? Prioritairement là où ils sont les plus éloignés des potentiels locaux, en Afrique sub-tropicale tout particulièrement plutôt qu'en Europe ; dans les pays d'Europe de l'Est plutôt qu'en France. Comment ? Grâce à de nouveaux systèmes de culture, à bas niveaux d'intrants, à mettre au point localement, valorisant de mieux en mieux les « services écologiques » de la nature.

Nous constatons ainsi qu'il est urgent de développer des investigations agronomiques tant aux échelles locales que globales, en sorte d'étayer sur des données objectives des politiques agricoles. Maintenant que l'on sait qu'il existe des interactions entre les différentes agricultures du monde du fait de leur effet sur le fonctionnement de l'écosystème terrestre, il n'est plus admissible de concevoir une répartition des activités agricoles en fonction d'avantages comparatifs établis localement. La gestion agricole de la planète constitue un tout ; une organisation mondiale devient nécessaire pour cultiver la planète et nourrir l'humanité.

A la fin du siècle dernier Edgar Morin (1993) écrivait :

« *La prise de conscience de la communauté de destin terrestre doit être l'événement clé de ce millénaire : nous sommes solidaires de cette planète, notre vie est liée à sa vie. Nous devons l'aménager ou mourir* »

Références bibliographiques

Bichat H. 2006. La disponibilité des terres agricoles françaises pour des usages énergétiques. In Colona P. La chimie verte, Editions TEC & DOC Lavoisier, Paris, 9-20.

Carson R., 1962. *Silent spring*. Houghton Mifflin. Publié en français en 1968 dans la collection livre de poche.

Cassman K. G., Dobermann A., Walters D. T., Yang H., 2003. Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 28: 315-358.

Chrétien J., Concaret J., Mère C., 1974. Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux d'alimentation. (département de l'Yonne). *Ann. Agron.* 25 : 499-513.

Collomb P., 1999. *Une voie étroite pour la sécurité alimentaire d'ici à 2050*. Paris, Economica, FAO.

Galloway J.N., Cowling E.B., 2002. Reactive Nitrogen and The World: 200 Years of Change. *Ambio*, 31, 64-71.

Griffon M., 2006. *Nourrir la planète*. Paris, Odile Jacob. 456 p.

Hénin S., *Rapport du groupe de travail : Activités agricoles et qualité des eaux*, Paris, ministère de l'Agriculture et ministère de l'Environnement (document ronéoté).

Jeuffroy M. H., Meynard J. M., 2005. De quelles variétés et espèces l'agriculture durable a-t-elle besoin ? Séance Académie d'agriculture de France 1/06/05 (http://www.academie-agriculture.fr/detail-seance_126.html)

Mazoyer M., Roudart L., 1997. *Histoire des agricultures du monde*. Paris, le Seuil, 545 p.

Meynard J. M., 1985. *Construction d'itinéraires techniques pour le culture du blé d'hiver*. Thèse de docteur-ingénieur, Paris Ina P-G, 236 p.

Meynard J. M., Doré T., Habib R., 2001. L'évaluation et la conception de systèmes de culture pour une agriculture durable. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 87 (4), 223-236.

Morin E., 1993. *Terre-Patrie*. Paris, le Seuil, 217 p.

Papy F., 2008. Agriculture et industrialisation in : *Encyclopaedia Universalis*, Paris Universalis

Parmentier B., 2007. *Nourrir l'Humanité*. Paris, la découverte, 275 p.

Tilman D. 2008. Agricultural Expansion and Environmental Sustainability. Fourth World Conference on the Future of Science « Food and water for life » Venice, 24-27/09/08 (<http://www.thefutureofscience.org/speaker/abstract/TilmanDavid.pdf>)

[Tilman D.](#), Cassman K.G., Matson P. A., Naylor R., Polasky S. 2002. Agricultural Sustainability and intensive production practices *Nat.*, 418 (6898), 671-677.

UNEP, 2007. Reactive Nitrogen in the Environment ; too much or too little of a good thing. (www.whrc.org/policy/Reactive_nitrogen.htm)

7 Perspectives en matière d'élevage et de production animale

Claude Béranger et Joseph Bonnemaire

Partant de l'état actuel des cheptels et des productions animales de viande, lait et œufs ainsi que des produits aquatiques dans le monde et des évolutions passées, il est bien difficile d'envisager l'avenir face aux multiples facteurs, souvent contradictoires, de cette évolution future. Il faut rappeler que les productions animales sont des productions « secondaires » par rapport aux productions végétales et cela élargit le champ des possibles quant à leur localisation, leur concentration, leur organisation, leur capacité de progression, ... Il convient aussi de rappeler que l'élevage fournit un tiers des protéines consommées par la population de la planète et que près d'un milliard de pauvres en milieu rural dépendent aujourd'hui de l'élevage pour leur subsistance.

A / Etat actuel et évolutions des cheptels et des productions animales

On assiste depuis quarante ans à un **accroissement des effectifs** d'animaux producteurs de viande, de produits laitiers, d'œufs (voire de travail ou de capital) dans toutes les espèces généralement utilisées (à l'exception des chevaux et ânes qui fournissent surtout du travail).

Cette croissance est très marquée chez les granivores (porcins et surtout volailles) et chez les caprins. Elle est relativement faible dans les pays d'Europe, d'Amérique du Nord ou d'Océanie (sauf pour les volailles, mais avec une certaine décroissance des bovins et ovins), mais très forte en Asie, mais aussi en Afrique du Nord, au Moyen Orient, en Afrique sub-saharienne (sauf pour les porcins en pays musulmans) ainsi qu'en Amérique latine (bovins et volailles).

Toutefois **cette croissance des effectifs se ralentit** avec la diminution des taux de croissance de la population et de la consommation de viande par habitant dans les pays industrialisés ; ces tendances pourraient se poursuivre dans l'avenir. Les productions animales reflètent les évolutions des effectifs mais s'accompagnent d'une amélioration constante de la productivité par animal. En outre des réductions en quantité physique peuvent s'accompagner d'un accroissement de la valeur de produits, car ils sont de plus en plus transformés.

En 20 ans, la production de viande de porc – première viande consommée à l'échelle mondiale – a pratiquement doublé et celle de viande de volailles a augmenté de 200 % (la croissance de la production de viande bovine est plus lente : + 30 %). La Chine produit maintenant environ 50 % du tonnage mondial de viande de porc⁷ (contre 22 % pour l'UE) et atteint la même consommation de viande de porc par habitant que la France (37 kg/hab./an). D'une manière générale, pour ces productions de granivores en plein essor, la tendance est à la concentration géographique au sein de bassins de production et à l'intégration verticale au sein de filières de mieux en mieux organisées pour améliorer leur compétitivité⁸.

A coté de l'essor spectaculaire des productions avicoles, l'aquaculture, longtemps très marginale, a connu une expansion extraordinaire durant la fin des années 1970 pour atteindre entre 1985 et 2000 un taux de croissance sans équivalent en matière de production agricole, de plus de 10% par an, et qui reste encore supérieur à 6% par an.

B/ Evolution de la demande en produits animaux

Les besoins en protéines animales risquent de continuer à croître fortement, principalement dans les pays émergents et en développement, avec l'accroissement de la population, de l'urbanisation⁹ et avec l'amélioration des niveaux de vie. (L'Asie en est un bel exemple). On considère que l'accroissement combiné de la population mondiale et du niveau de consommation de viande pourrait se traduire en 2015 par une augmentation de la demande de viande de 20 %, soit

⁷ 30 % des porcs chinois sont produits par 5 % des élevages et 70 % par plus de 100 millions de petits élevages produisant en moyenne 5 à 10 porcs par an. Avec 14 kg/hab./an, la volaille est également en forte croissance en Chine mais essentiellement dans des structures de type industriel (70 %).

⁸ Ainsi aux USA, en 2001, 21 % des élevages avaient plus de 1000 porcs et 160 élevages produisant en moyenne 50 000 porcs par an réalisaient 51 % de la production nationale, tandis que les quatre premières entreprises d'abattage traitaient près de 60 % de la production de viande porcine. Au Brésil, 40 % de la production de porcs est assuré par une dizaine d'entreprises. Avec un taux d'auto approvisionnement de plus de 500 %, le Danemark exporte 85 % de sa production

⁹ Plus de 80% de la croissance de la population a lieu dans les villes des pays en développement. 80 % de la population mondiale devrait être urbanisée en 2050, contre 50 % aujourd'hui.

sensiblement plus que l'augmentation de la population. La FAO estime que la demande mondiale en protéines animales devrait doubler d'ici 2050. Cela devrait susciter la poursuite de l'accroissement des productions animales.

Mais sera-t-il possible de satisfaire cette demande ? Ne faudra-t-il pas la freiner au profit de protéines végétales plus efficaces à produire, nourrissantes, mais moins appréciées par les omnivores que nous sommes, généralement habitués à consommer de la viande et des laitages depuis des millénaires. Les produits animaux constituent certainement une source essentielle de protéines et d'oligo-éléments, mais leur consommation abondante contribue néanmoins au développement de pathologies nutritionnelles (obésité, diabète, maladies cardio-vasculaires...) et ils sont par suite souvent déconseillés. En outre les élevages jouent dans le monde globalisé un rôle notable dans l'apparition de 70 % environ des maladies émergentes...

Dans ce contexte, les habitudes alimentaires végétariennes (voir végétaliennes) ne deviendront-elles pas dominantes dans le futur sous l'influence des diverses contraintes écologiques et économiques ou sanitaires et aussi des courants philosophiques ou religieux qui les soutiennent ?

C/ Principaux facteurs qui risquent d'influencer fortement l'évolution de l'élevage et des productions animales

- (i) **Les productions animales dépendent de productions végétales (de leur disponibilité, accessibilité, coût, qualités, des accès aux technologies adéquates...)** Elles ne constituent pas une production primaire mais sont le fruit d'une transformation de produits végétaux (voire animaux) en produits animaux. Leur augmentation est donc très liée aux possibilités d'accroissement et (ou) de meilleure utilisation et répartition des productions végétales, face à la demande alimentaire des hommes et des animaux et à celle des utilisations industrielles (agro-carburants en particulier). Ainsi considère-t-on que l'élevage utilise directement 30 % des surfaces continentales exploitées (principalement pâturages) et qu'environ 20 % des surfaces cultivées sont utilisées pour la nourriture des animaux.

Les concurrences entre productions animales et végétales au niveau des surfaces, des disponibilités en produits céréaliers ou oléo-protéagineux (principaux aliments des granivores et des ruminants élevés intensivement) seront donc **très fortes**.

Ces concurrences seront-elles régulées principalement par le marché mondial des produits végétaux et de l'énergie ou par des régulations politiques entre grandes zones de production et de consommation ? La crise alimentaire et énergétique actuelle et ses conséquences sur la volatilité des prix nous illustre bien la complexité de ces interactions et des nécessaires régulations à concevoir et à opérer. En outre, du point de vue social, les productions animales créent en général davantage de valeur ajoutée et d'emploi que les productions végétales concurrentes et pourraient être encouragées pour cette raison.

- (ii) **Les activités d'élevage sont accusées de contribuer globalement à 18% des émissions anthropiques de gaz à effet de serre**¹⁰ (de l'ordre de 2/3 pour les systèmes extensifs et 1/3 pour les systèmes intensifs) **et à des impacts négatifs sur les ressources en eau**¹¹ **et sur la biodiversité** (rapport FAO : « livestock's long term shadow – environmental issues and options » 2006). Même si l'ampleur de ces effets peut être discutée et relativisée selon les zones géographiques, ces aspects prendront sans doute de plus en plus d'importance dans la mesure où l'humanité veut sauvegarder la planète. Ces impacts négatifs de l'élevage sur l'environnement se font particulièrement sentir aux aussi bien dans l'intensification productiviste que dans l'extensification extrême. Ces impacts risquent d'ailleurs de s'aggraver avec l'accroissement de la population et la transformation des modes d'alimentation, l'internationalisation des échanges et l'insuffisance des régulations politiques de ces impacts.

Selon les progrès scientifiques et les mesures techniques et surtout politiques qui seront prises au niveau local, régional ou mondial pour réduire ces impacts environnementaux, le développement de l'élevage sera différemment orienté. La FAO (2006) considère d'ailleurs qu'il n'est pas impossible qu'à l'avenir les conflits entre les demandes en produits animaux et les demandes de services environnementaux puissent être plus facilement arbitrés grâce au rôle d'un

¹⁰ Déforestation : 35% de émissions de ce secteur ; lisiers et fumiers : 31%, fermentations entériques : 25% ; production d'aliments du bétail : 7% (calculés en équivalent CO₂)

¹¹ Le secteur représenterait 8 % de l'ensemble de l'usage anthropique de la ressource en eau, dont 7 % par la production d'aliments du bétail. A noter que deux tiers de la population mondiale se trouvent d'ores et déjà dans des régions où sévit une pénurie en eau.

même groupe social, celui relativement influent des classes moyennes et supérieures qui ne sont plus confinées aux seuls pays développés.

(iii) **Les productions d'herbivores** (bovins, ovins, caprins, équidés, camélidés) lorsqu'ils consomment essentiellement des fourrages, notamment au pâturage, **ne sont pas en concurrence avec l'alimentation des hommes** et des granivores. Elles peuvent donc se maintenir et se développer sur les zones herbagères et pastorales qui sont difficiles à cultiver (climat, altitude, pente, sols humides, ...) dans nos pays d'Europe, ainsi que dans les vastes zones pastorales du nouveau monde ou du nord de l'Asie. En outre la prairie qui s'est développée (avant de régresser sous l'effet de choix politiques de soutien différencié des productions) dans les pays riches, assure de **nombreuses fonctions non marchandes** écologiques, agronomiques et sociales. Celles-ci justifient également leur maintien dans les zones cultivées, dans la rotation des cultures ou en complément des cultures.

Si les services non marchands sont pris en considération dans les politiques publiques et que les qualités spécifiques des productions de lait et de viande à l'herbe sont reconnues sur les marchés solvables, ces productions pourraient se maintenir dans de nombreuses régions.

Cependant ces productions ne sont pas souvent très intensives et consomment donc de la **surface**. Cette surface peut entrer en concurrence avec la forêt (qui s'est développée au détriment de la prairie dans les régions riches et présente aussi des intérêts écologiques, sociaux et comme ressource énergétique et industrielle) et aussi avec la production potentielle d'agro-carburants de seconde génération.

Dans les zones arides, le **surpâturage** des troupeaux peut continuer à faire régresser les surfaces utilisables et entraîner des nuisances écologiques. De même le pâturage obtenu par la **déforestation** en zones tropicales a des effets environnementaux négatifs.

Enfin les ruminants sont une source de **méthane**, puissant gaz à effet de serre, et leur accroissement peut ainsi ne pas être souhaité et encouragé. Il est cependant possible dans l'avenir de réduire la production individuelle de méthane des animaux par des techniques appropriées et surtout d'accroître la productivité très faible de beaucoup de ruminants des zones pastorales (ou même de l'Inde) qui rejettent du méthane sans produire grand-chose.

Des progrès en matière de **gestion pastorale** des surfaces et des troupeaux constituent une voie possible d'amélioration notable de la production animale par les herbivores. Si les techniques existent et progressent, les obstacles sociologiques, anthropologiques et politiques sont considérables dans de nombreuses régions.

Sous l'effet du **réchauffement climatique**, les zones pastorales peuvent à la fois se trouver réduites dans les régions arides et accrues dans les régions nordiques ; il est difficile de prévoir dans quelles proportions ...

Dans les zones herbagères, l'utilisation du pâturage implique généralement **des structures d'exploitation de taille moyenne**, favorables au maintien d'un tissu agricole territorial suffisant pour le développement local. Cela peut être un atout dans bien des régions.

En revanche, dans ces régions, l'agrandissement et la concentration des élevages laitiers limitent l'utilisation du pâturage et accroissent celle d'aliments concentrés en concurrence avec l'alimentation des hommes et des granivores et source de concentration des déjections et de pollutions.

Les productions d'herbivores seront donc sans doute dans l'avenir très liées aux politiques de développement territorial durable et de reconnaissance et valorisation possible de la qualité des produits.

(iv) **L'élevage des granivores** (porcs et volailles) s'est fortement développé et c'est lui qui a permis de répondre à la demande récente des PVD. Il est biologiquement plus efficace que celui des herbivores et son développement est essentiellement conduit hors sol, de type industriel. Son avenir dépend fortement de la concurrence sur le marché des céréales et sous-produits industriels et du prix de l'énergie. Il est aussi très lié aux stratégies des grandes firmes internationales agro-alimentaires, ou des pays (ainsi la Chine devrait faire le choix d'importer des céréales et du soja pour développer sa production porcine).

Le développement de ces productions a été favorisé par la diminution du prix des aliments du bétail et de l'énergie et un contrôle sanitaire qui a pu être constamment amélioré. Qu'en sera-t-il dans le futur face à l'accroissement de la demande en céréales et en énergie ?

En outre la concentration et la spécialisation hors-sol des élevages induit des impacts négatifs sur l'environnement. Ceux-ci entraînent des augmentations de coûts liés à celui des traitements des déjections et des réglementations environnementales sans cesse accrues dans les pays développés. Le renforcement de systèmes normatifs concernant le contrôle environnemental, sanitaire, qualitatif,... peut contribuer à rendre certains industriels ou filières frileux, surtout en période de moindre dynamisme des marchés. La problématique d'industrialisation de systèmes hors-sol intégrés à des filières très structurées a favorisé jusqu'ici une certaine dynamique d'innovation industrielle plus ou moins uniformisée portée par les entreprises d'amont et d'aval. La gestion des problèmes environnementaux et sanitaires de l'avenir amènera sans doute un retour en force de la « complexité » qui remettra davantage au premier plan le travail de gestion de l'éleveur et son métier dans le pilotage de ces systèmes, aux dépens des innovations et décisions initiées par les technostructures.

La concentration des acteurs et pôles de décision dans ces filières n'encourage pas forcément une dynamique ouverte de recherche et d'innovation partagées d'autant plus que les questions de R et D à traiter pour innover se complexifient toujours davantage, avec des limites physiologiques de plus en plus fortes et des marges de progrès de plus en plus coûteuses. L'innovation devrait prioritairement viser l'interface des volets génétique et sanitaire et la construction d'une ingénierie de ces systèmes qui soit écologiquement et socialement acceptable.

Ces productions sont restées principalement soumises aux lois du marché, mais l'évolution du contexte mondial devra sans doute susciter des politiques de régulation qui orienteront son développement dans des voies différenciées, adaptées aux contextes régionaux et locaux, sans négliger la part fondamentale de la « basse-cour » et des petits élevages familiaux dans l'auto alimentation d'une partie notable de la population des régions pauvres. En définitive, c'est peut-être une certaine « re-diversification » adaptative (à certains niveaux d'échelle territoriale) de ces systèmes d'élevage de granivores qui pourrait advenir.

(v) Les productions aquatiques vivantes (animales, mais aussi végétales) utilisées par l'homme pour son alimentation (directement, ou indirectement via l'alimentation animale) étaient traditionnellement tirées de la pêche qui est de plus en plus limitée par la réduction et les difficultés de renouvellement des stocks.

L'aquaculture qui s'est fortement développée contribue aujourd'hui à égalité avec la pêche à l'alimentation humaine (total : 16,7kg/ habitant/an), sachant que 30% des produits de la pêche sont transformés en farines pour l'alimentation animale et que 50% des végétaux aquatiques sont utilisés à d'autres fins que l'alimentation humaine. La production aquacole est constituée pour moitié de poissons¹², pour un quart de mollusques et crustacés et pour un quart de végétaux.

Les potentialités de développement de l'aquaculture sont considérables car cette activité se situe au stade du début de la domestication par rapport aux autres espèces. Des défis importants sont à relever comme dans les autres productions animales, notamment la capacité de développer une alimentation végétale des animaux.

Pour satisfaire une demande mondiale en croissance, la plupart des études de prospective envisagent une stagnation ou une baisse de la production des pêches et un développement de l'aquaculture permettant au moins de maintenir l'apport moyen actuel de 16,7kg/hab./an. La consommation devrait se tasser dans les pays développés, mais elle pourra en revanche augmenter dans les pays en développement qui disposent d'un potentiel local de production.

(Voir la note de synthèse sur l'aquaculture de C.Mariojouis)

(vi) Le développement de l'élevage dépend aussi des possibilités d'utilisation de coproduits industriels et des autres valorisations de ceux-ci.

En effet si ces sous-produits ou coproduits ont peu de débouché, ont une faible valeur marchande et sont produits à proximité des élevages, ils sont une ressource alimentaire intéressante qui n'est pas en concurrence avec l'alimentation humaine et qui peut même être source de dépollution pour les industries et activités correspondantes. Le développement plus ou moins important des agro-carburants constitue une source nouvelle de co-produits pour l'alimentation animale. Ainsi certaines productions animales tendent déjà à se déplacer vers les zones industrielles d'agro-carburants en Amérique du Nord.

¹² Dont 90% produits en eaux continentales, la majorité étant des espèces à chaîne alimentaire courte en zones tropicale et sub-tropicale telles que le tilapia ou le pangasius

(vii) La gestion des déjections animales, lorsque les élevages sont concentrés, peut être aussi un frein au développement des productions animales en raison des pollutions qu'elles entraînent et des coûts de la dépollution ou des taxes des pollueurs-payeurs.

Toutefois, dans la mesure où ces déjections sont bien utilisées comme fertilisants rationnels ou comme source d'énergie (biogaz...) elles deviennent une source de richesse et peuvent accompagner le développement des élevages.

(viii) Les préoccupations croissantes des pays développés en matière de recherche du **bien-être animal** peuvent aussi contribuer plus ou moins à freiner le développement des élevages, principalement des élevages industriels, dans de nombreux pays producteurs.

Elles entraînent des réglementations croissantes en matière de protection des animaux et aussi des barrières aux frontières qui freinent les échanges commerciaux, ainsi qu'une détérioration de l'image de l'élevage, des éleveurs et des produits animaux dans l'opinion publique. Ce mouvement rejoint les tendances végétariennes de la consommation évoquées ci-dessus pour des raisons nutritionnelles, écologiques et économiques.

(ix) Le métier d'éleveur qui fait partie d'un patrimoine humain séculaire et qui repose sur les rapports étroits et complexes que l'homme entretient avec l'animal, risque aussi de disparaître progressivement avec l'exode rural, la concentration des élevages, la perte des savoirs et des repères correspondants dans une société de plus en plus urbanisée.

Son évolution vers une technicisation de plus en plus mécaniste risque d'entraîner la disparition des produits animaux traditionnels, des savoirs des éleveurs et la détérioration de leur image et du sens de leur métier. Cela peut aussi influencer notablement sur l'avenir des activités d'élevage et donc des productions.

(x) Les systèmes d'élevage sont très divers dans le monde et, malgré la recherche de modèles industriels partout transposables, cette diversité devrait se maintenir ou se redessiner.

Il serait souhaitable qu'elle s'accroisse encore pour parvenir à une meilleure et plus durable adaptation des systèmes à la diversité des conditions naturelles, économiques et sociales sur la planète. Un des enjeux sera de faire coexister économiquement, écologiquement, socialement et géographiquement, d'un côté une immense diversité d'élevages modestes, portés par des familles pluriactives de paysans qui disposent de peu de moyens et d'un autre côté de grandes structures spécialisées d'élevage industriel plus ou moins adossées à de grands groupes évoluant dans un paysage mondialisé. Des solutions régionales seront systématiquement à explorer pour faire coexister dans des complémentarités spécifiques ces deux grandes formules agraires.

Un **équilibre agro-sylvo-pastoral** dans les divers territoires, reposant principalement sur **l'association des cultures et de l'élevage** devrait pouvoir être reconstruit à nouveaux frais dans l'avenir. Il est en effet susceptible d'assurer un développement durable de ces territoires et de réengendrer dans la nature un cycle plus systématiquement vertueux du carbone, de l'azote, du phosphore et des autres éléments, cycles qui ont été trop souvent dangereusement dégradés par le passé par une séparation et une concentration brutales des activités d'agriculture et des activités d'élevage. Ce type d'équilibre a fait ses preuves dans les siècles passés dans de nombreuses régions du globe, comme une association à bénéfices réciproques pour l'alimentation, la fertilisation et le maintien du potentiel cultural des sols, l'utilisation des co-produits, la valorisation des déchets, la stabilité économique, voire le travail dans certaines zones. La spécialisation et la concentration des structures de production s'y est souvent opposée, encouragée par les marchés et plus ou moins fortement soutenue par les politiques agricoles.

Le maintien et le développement de l'élevage au bénéfice des territoires, de la société et de l'environnement écologique repose sans doute en partie sur un rétablissement de ces équilibres biologiques et sociaux. La question de la rémunération par le marché ou par l'intervention publique des services environnementaux et sociaux de l'élevage doit être placée au cœur des politiques publiques.

L'accroissement inévitable de la demande impliquera de poursuivre la recherche d'une meilleure efficacité de l'usage des ressources pour la production animale, mais cette efficacité devra être pensée différemment, non seulement en termes de performance économique et technique mais aussi en termes de performance écologique et sanitaire. Une nécessaire « vérité des prix » des ressources (eau en particulier) pour l'élevage intégrera des paramètres nouveaux ou réévalués. La vision des économies d'échelle qui a guidé jusqu'ici certaines dynamiques d'agrandissement et de concentration des élevages est appelée à être sérieusement reconfigurée par

la montée constante de cette exigence de prise en compte de toujours davantage de complexité et de multidimensionnalité des problèmes qui sont désormais à traiter au travers de l'activité d'élevage.

Comment vont se construire les **compromis équilibrés** souhaitables entre les poids respectifs de ces différents facteurs ? Les principaux déterminants devraient être :

2. les progrès scientifiques et techniques nombreux et variés, susceptibles d'agir sur chacun de ces facteurs selon leur faisabilité et leur acceptation sociale ;
3. les progrès dans la protection et le contrôle sanitaire (y compris en synergie avec une adaptation génétique des animaux) et dans leur généralisation ;
4. le renouveau de la pensée agronomique pour produire plus, mais autrement, avec des services associés : une agriculture et un élevage « écologiquement intensifs » sont en effet à inventer ;
5. les marchés, plus ou moins régulés ;
6. les stratégies des firmes internationales et les politiques publiques et stratégies des Etats ou groupes d'Etats plus ou moins ouverts sur l'échange ou le repli dans la sécurité de l'autosuffisance alimentaire, sur la préservation des ressources de la planète, sur la santé et le bien-être des populations actuelles et futures ;
7. les restructurations opérées par les acteurs économiques ou politiques ;
8. les évolutions des modèles alimentaires dans le monde et les évolutions sociologiques de vastes pays très peuplés comme l'Inde qui pourrait éventuellement devenir moins végétariens alors que d'autres le deviendraient davantage ;
9. l'importance et le succès éventuel de la lutte contre la pauvreté dans le monde.

Nous pensons que les politiques publiques nationales, régionales et mondiales qui seront engagées dans l'avenir pour trouver des compromis équilibrés et socio-écologiquement pertinents seront sûrement déterminantes pour l'avenir de l'élevage et des productions animales.

Les auteurs remercient tous leurs collègues qui ont bien voulu leur faire des remarques pour améliorer cette note dans le cadre des échanges au sein du groupe de travail, ainsi que ceux qui les ont permis de bénéficier d'informations et de réflexions particulières sur le sujet, en particulier Nahid Movahedi, Emmanuelle Bourgeat (Agroparistech), Bernard Coudurier (INRA), Jean-Yves Dourmad (INRA), Christine Jez (INRA), Jérôme Lazard (CIRAD), François Léger (Agroparistech), Catherine Mariojous (Agroparistech)

8 L'aquaculture

Catherine Mariojous, Professeur à AgroParisTech

L'aquaculture mondiale connaît depuis 30 ans **un développement remarquable** : la production d'animaux aquatiques est passée de 4,1 MT en 1977 à 53 MT en 2007 (+ environ 16 MT de végétaux), soit un taux annuel moyen de croissance proche de 10% (8,8% de 1950 à 2004, 11,8 % de 1985 à 1995 mais avec une baisse à 6,1% en 2004-2006). Cette croissance quantitative est largement due, à partir des années 90, à celle de la production chinoise, passée de 6,5 MT en 1990 à 34,4 MT en 2006 (dont 17 MT de carpes). Plus largement, l'Asie est le continent principal de l'aquaculture, assurant, en 2006, 90% de la production (Chine 66,6%), les autres continents assurant respectivement 4,25% pour les Amériques, 4,19% pour l'Europe, 1,46% pour l'Afrique, 0,31% en Océanie. Au sein du total, la répartition par groupe d'espèces mérite d'être citée car elle se distingue fortement des apports des pêches, essentiellement maritimes: en quantité poissons d'eau douce 41%, mollusques 23%, algues 21%, crustacés 6%, poissons diadromes 5%, poissons marins 3%, les proportions en valeur évoluant en faveur des espèces à forte valeur (crustacés, poissons diadromes et marins).

Dans un contexte de stagnation des captures de pêche, c'est le développement de l'aquaculture qui a permis de satisfaire une demande de produits aquatiques en croissance continue. La FAO prévoit **en 2008 le franchissement de la barre symbolique des 50% de la contribution de l'aquaculture à la consommation humaine de produits aquatiques à l'échelle mondiale** (en 2007 : 111 MT soit 16,7 kg/hab-an, fournies pour 53 MT par l'aquaculture et 58 MT par les pêches, qui fournissent aussi 33 MT pour des usages non alimentaires, notamment la réduction en farines et huiles de poisson).

Le développement de l'aquaculture s'inscrit dans un **contexte de commerce international des produits aquatiques très actif et en croissance continue depuis 20 ans** : en 2007 il représente 92 Mds USD et concerne 37% de la production totale de produits aquatiques (54 MT) . Les Pays Développés assurent l'essentiel des importations (Japon + USA + UE = 80% des importations en valeur, 62% en quantité, en 2006), tandis que les exportations sont également réparties en valeur entre Pays En Développement et Pays Développés.

Le commerce international est concentré sur un relativement petit nombre de produits, parmi lesquels on remarque l'importance d'espèces largement produites par l'aquaculture pour des marchés export: crevettes, saumon, ou de façon plus marginale pour le thon et quelques poissons marins (bar, dorade, turbot, ...). Notons également l'entrée en scène récente de poissons tropicaux élevés en eau douce, tels le pangas et le tilapia, venant compléter des apports déficitaires de poissons blancs de pêches maritimes, très demandés sur les marchés des pays développés.

Les **questions posées pour et par le développement de l'aquaculture** ne peuvent être raisonnées de façon unitaire, compte tenu de la diversité des espèces concernées et des systèmes de production, situés dans des continuums entre 2 pôles pour différents facteurs: eau douce / eau de mer, de extensif à intensif, élevage en milieu ouvert / élevage en circuit fermé, juvéniles sauvages ou d'élevage, alimentation endogène / exogène, etc

Si on tente cependant de lister les principales questions posées :

- disponibilité d'eau de bonne qualité et de sites (conflits d'usage sur les ressources),
- maîtrise technique de la production, notamment maîtrise de l'état sanitaire des cheptels, aux conséquences importantes (usage d'antibiotiques et autres produits médicamenteux),
- disponibilité de matières premières pour l'alimentation dans le cas d'une alimentation composée, notamment usage de farines et huiles de poisson, ressources limitées et d'usage concurrentiel ; si la recherche a montré la substitution possible, dans certaines limites, par des matières premières végétales, le problème n'est pas résolu en raison de l'application encore limitée de cette substitution (et de nouvelles concurrences probables sur les MP...),
- intensification et développement incontrôlés,

- impact de certaines formes d'aquaculture sur l'environnement et les populations naturelles, posant de nombreux problèmes réels et incomplètement résolus (apports de matière organique et résidus, agents pathogènes, échappés d'élevage, destructions d'habitats ou écosystèmes),

- impact sur les situations socio-économiques de certains pays : si l'aquaculture est reconnue et promue par la FAO comme un moyen de diminution de la pauvreté, le développement de certaines formes d'aquaculture (crevetticulture notamment) a entraîné des déséquilibres sociaux et des systèmes agraires préexistants.

Soulignons l'importance des actions entreprises au plan international, et national dans de nombreux pays, ou via des associations, pour créer et développer des formes d'aquaculture durable.

Au plan de la **prospective** :

- on dispose de plusieurs études, notamment celles de la FAO (SOFIA 2002 et 2004), et celle de l'IFPRI – WFC (Delgado et al., 2003), basée sur le modèle IMPACT, mais hélas pas d'études plus récentes,
- toutes sont basées sur une stagnation (ou baisse) de la production des pêches, et, pour satisfaire une demande mondiale en croissance, un indispensable développement de l'aquaculture, à hauteur de 80 MT pour maintenir un apport de 16,7 kg/cap en 2030,
- selon les hypothèses des études prospectives, la production projetée pour l'aquaculture est plus ou moins élevée, de 53 MT pour 2010 à 83 MT pour 2030 (voir tableau) ; notons que la progression récente, avec 53 MT d'animaux produits en 2007, a permis d'atteindre déjà le niveau projeté par la FAO (2002) pour 2010 : 53 MT, et de dépasser celui projeté par l'IFPRI dans son scénario tendanciel pour 2020 : 54 MT,
- en termes de répartition entre pays, selon l'IFPRI, il est attendu un développement de la consommation per capita dans les actuels PED (effet de l'augmentation des revenus) et un tassement dans les PD.

Production des pêches en 2004 et projections pour 2010 et au-delà

Source d'information	Année sur laquelle porte la simulation:						
	2000 Statistiques FAO ¹	2004 Statistiques FAO ²	2010 SOFIA 2002 ²	2015 Étude FAO ⁴	2020 SOFIA 2002 ²	2020 Étude IFPRI ³	2030 SOFIA 2002 ²
Captures marines	86,8	85,8	86		87	-	87
Captures continentales	8,8	9,2	6		6	-	6
Captures totales	95,6	95,0	93	105	93	116	93
Aquaculture	35,5	45,5	53	74	70	54	83
Production totale	131,1	140,5	146	179	163	170	176
Production de poisson de consommation	96,9	105,6	120		138	130	150
Pourcentage utilisé pour l'alimentation humaine	74%	75%	82%		85%	77%	85%
Utilisations non alimentaires	34,2	34,8	26		26	40	26

Source : FAO SOFIA 2006

Références :

CHEVASSUS-AU-LOUIS B., 2006 – Contributions des produits aquatiques à l'alimentation mondiale : évolutions passées, perspectives et conséquences pour la recherche. Note pour l'IAASTD, Mai 2006,

DELGADO et al., 2003 – Fish to 2020, supply and demand in changing global market. IFPRI – World Fish Center, 226 p.

FAO, 2002 et 2006 – State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA).

FAO, 2008 – Possibilité de relever les défis posés par l'augmentation de la demande mondiale de poisson destiné à la consommation et provenant de l'aquaculture. COFI/AQ/IV/2008, Juillet 2008.9p

LEM A, 2008 – Fish and fisheries products market summary. FAO, June 2008, 7p

9 Perspectives de la production d'oléoprotéagineux à l'horizon 2030

Jean-Claude Pernollet

Les oléoprotéagineux contribuent à l'apport énergétique et en lipides (notamment acides gras insaturés), mais aussi en protéines pour l'alimentation animale et humaine. En effet, l'être humain et les monogastriques doivent impérativement trouver au cours d'une même prise alimentaire les acides aminés indispensables que les céréales (hormis le riz) ne peuvent fournir. C'est pourquoi, en dépit de rendements inférieurs, les oléoprotéagineux représentent près du tiers de la production de céréales.

Les espèces oléagineuses (palmier à huile, colza, tournesol, arachide, etc.), dont on a retranché le soja compté comme protéagineux, ont pour vocation de fournir huiles et margarines pour l'alimentation humaine, pour certains des tourteaux riches en protéines pour l'alimentation animale ainsi que, de façon minoritaire, de produire des biocarburants (diester de colza). L'évolution des oléagineux (dont la production repose aux deux tiers sur l'Asie) dépend de la progression de la demande d'aliments de plus en plus élaborés, liée à l'amélioration des revenus, ainsi que d'une hausse marginale de la demande comme biocarburant. À l'horizon 2030, on ne prévoit qu'une augmentation annuelle de leur production de 0,4 %, ce qui conduit à une production de 438 Mt.

En revanche les protéagineux (pois, féverolle, lupins, etc.), et en y incluant le soja, sont amenés à jouer un rôle plus important que par le passé, avec une vocation de substitut partiel à la viande qu'on ne pourra plus produire en quantité suffisante, faute de céréales. Filage et texturation de protéines végétales permettraient alors de produire des aliments végétaux imitant la viande (AVIV) de qualité nutritionnelle contrôlée. La part relative du soja, déjà considérable (75% des protéagineux) va aller en s'accroissant et devenir prépondérante dans la fourniture de protéines. C'est le seul protéagineux dont les surfaces croissent très significativement depuis 1961 et dont le rendement, soutenu par le génie génétique, est aussi en croissance constante. À l'horizon 2030, la prévision de croissance annuelle de production des protéagineux, soja inclus, s'élèverait à 2 %, accroissement fondé à part égale sur rendements et surfaces, correspondant à une production de 425 Mt.

Il est probable que la tendance lourde à la délocalisation et la spécialisation géographique des oléoprotéagineux (près de 90 % du soja produits dans les seuls continents américains, essentiellement en Amérique latine, et près des trois quarts de la production de colza venant de l'Union Européenne et de l'Asie) va s'amplifier, en s'appuyant sur le rôle croissant des OGM dans la fourniture de protéines d'origine végétale.

10 Les contributions des forêts et de la foresterie à la sécurité alimentaire

Jean-Paul Lanly

«Les aliments dureront aussi longtemps que dureront les forêts»
vieil adage du Cachemire
«Les forêts précèdent les peuples, les déserts les suivent»
Chateaubriand

1. Développement de l'agriculture et déforestation

Jusqu'à une époque historique récente, le développement agricole a été rendu possible grâce surtout à l'accroissement des surfaces agricoles et pastorales aux dépens des surfaces forestières («expansion *horizontale* de la frontière agricole»). Avec la réduction des terres disponibles, l'augmentation de la production agricole devra compter de plus en plus sur l'accroissement des rendements à l'unité de surface par l'amélioration des méthodes culturales, l'intensification et l'accroissement de l'usage d'intrants, l'utilisation de variétés améliorées ... («expansion *verticale* de la frontière agricole»).

Dans les pays industrialisés, l'expansion verticale de la frontière agricole est depuis un certain temps déjà le principal, sinon le seul facteur d'augmentation de la production agricole. Ceci se traduit par une stabilisation de l'interface entre agriculture/pâturage et forêt, et même par la progression d'ensemble des surfaces forestières comme en France depuis plus d'un siècle et demi.

Trop souvent, en particulier dans les études sur le devenir de l'agriculture et de l'élevage dans les pays en développement, les forêts ne sont considérées que comme une utilisation résiduelle des terres, une réserve foncière pour l'agriculture et le pâturage et, accessoirement, pour d'autres utilisations des sols (urbanisation, infrastructure de transport, etc.). Cette conception réductrice de la forêt ne tient aucun compte des nombreux biens et services qu'elle procure aux communautés locales et nationales, et qui pour la plupart contribuent directement ou indirectement à la sécurité alimentaire : biens, tels que le bois sous toutes ses formes (y compris pour cuire les aliments), et les produits non ligneux de la forêt (fruits, fourrage, plantes médicinales, ...) ; et services, tels que la conservation de l'eau et des sols, la conservation in situ des variétés premières des plantes cultivées, la fixation de l'azote, la séquestration du carbone, la récréation, l'écotourisme et les agréments divers, etc..

Dans les pays en développement, notamment tropicaux, les propriétaires et gestionnaires forestiers publics et privés sont bien conscients que l'expansion horizontale de la frontière agricole, c'est-à-dire la déforestation, va se poursuivre avant que, dans chaque pays, l'utilisation des terres ne se stabilise. Cependant, après tant de siècles d'expérience, et avec l'affirmation actuelle forte du concept de développement durable, il faut espérer, et tout faire, pour que les formes d'agriculture et d'élevage qui se développent sur les terres forestières défrichées soient «soutenables» avec le niveau d'intrants que peuvent s'offrir les cultivateurs et éleveurs.

2. Les différentes catégories de contributions à la sécurité alimentaire

On peut définir la sécurité alimentaire comme la possibilité physique et économique pour tous d'accéder en tous temps à une nourriture en quantité et qualité adéquates. Les bois et les arbres ont toujours fait partie des stratégies de sécurité alimentaire des ruraux. Les paysans avisés des pays en développement ne manquent presque jamais d'incorporer des bois et des arbres à leurs systèmes de production, que ceux-ci soient essentiellement agricoles, ou fassent partie de la vaste gamme de systèmes agro-sylvo-pastoraux (ou «agroforestiers»).

On peut classer les contributions nombreuses des forêts et des arbres à la sécurité alimentaire, dans les trois catégories principales suivantes:

- contributions directes à l'accès physique à la nourriture ;
- contributions indirectes à l'accès physique à la nourriture ;
- contributions à l'accès économique.

3. Contributions directes des forêts et des arbres à l'accès physique à la nourriture

La diversité et la quantité des produits comestibles (aliments et boissons) tirés des forêts et des arbres dans les pays en développement sont grandement sous-estimées, soit parce qu'ils sont auto-consommés, ou qu'ils s'échangent seulement dans des marchés locaux, échappant ainsi aux statistiques. Il peut s'agir de :

- tiges, racines et tubercules ;
- fruits, baies et graines ; sucs et pollens (pour le miel); gommés et sèves ;
- feuilles ;
- champignons ;
- produits animaux de la chasse (gibier à poils – petits rongeurs ou animaux de plus grande taille -, ou à plumes), de la pêche dans les cours d'eau douce ou saumâtre (mangroves et peuplements lagunaires), et d'invertébrés (insectes, chenilles, escargots, crabes, ...) ;
- fourrage pour l'alimentation du bétail.

Certains de ces produits forestiers, parfois en petite quantité apportent des compléments nutritionnels comme le sucre des miels, les produits gras des graines oléagineuses, les sauces à partir de produits forestiers contenant, par exemple, de la vitamine A pour prévenir la cécité, et divers oligo-éléments.

Par ailleurs, les produits des arbres et des forêts peuvent s'avérer indispensables en période de disette ou de famine, quand la production agricole et pastorale est insuffisante. Un exemple classique est celui du fourrage des arbres utilisé en substitution de l'herbe des pâturages en période de sécheresse (cas du feuillage de frêne en France pendant les étés particulièrement secs).

Dans cette catégorie de contribution des forêts et des arbres à la sécurité alimentaire, il faut ranger l'utilisation très importante dans une majorité de pays en développement, *du bois de feu et du charbon de bois pour la cuisson des aliments*, laquelle concourt à la sécurité et à la valeur nutritive des aliments.

4. Contributions indirectes des forêts et des arbres à l'accès physique à la nourriture

On peut aussi appeler les contributions de cette catégorie comme celles des forêts et des arbres qui participent à la *conservation de la base de ressources de la production agricole*. Il s'agit de :

- la conservation des sols contre l'érosion hydrique et l'érosion éolienne ;
- la gestion conservatoire des forêts et des arbres dans l'aménagement des bassins versants : aménagement des forêts sur pentes en «futaies jardinées», méthodes de la restauration des terrains de montagne (RTM) en France, de la défense et restauration des sols (DRS) en Afrique du Nord, ... ;
- la lutte contre la désertification dans les zones arides et semi-arides (utilisation, par exemple, des brise-vents et rideaux abris) ;
- la fixation des dunes dans les zones littorales ou pré-désertiques (exemple des dunes littorales des N'Diayes au Sénégal pour la protection des cultures horticoles) ;
- la régulation en amont du débit des cours d'eau pour le développement et la sécurité des zones d'aval ;
- la qualité des eaux (exemple maintien du couvert forestier en amont des bassins pour la qualité des eaux minérales, et dans les zones de captage) ;
- le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols par les arbres, par exemple pour la fixation de l'azote (cas déjà cité des dunes des N'Diayes au Sénégal par la plantation de *Casuarina equisetifolia*) ;
- la réhabilitation des zones dégradées (exemple des plantations d'arbres sur les sols miniers, les gravières, ...) ;
- le maintien des variétés sauvages d'espèces cultivées (cacao, café, banane, ...) ;
- la lutte contre les insectes : exemple de l'azadirachtin, bio-insecticide produit par l'arbre *Azadirachta indica* (neem).

5. Contributions de la foresterie à l'accès économique à la nourriture

Les activités liées aux forêts (foresterie) fournissent à ceux qui les pratiquent des emplois et d'autres formes de revenus leur permettant d'acheter les aliments qu'ils ne produisent pas, ou produisent en quantité insuffisante, et ceci de très nombreuses manières :

5.1 Emplois et revenus tirés de la vente des bois et arbres plantés et éventuellement transformés (gaules, poteaux, matériaux de construction, sciages, meubles, ...) extraits des plantations villageoises ou individuelles en bloc, ou en lignes dans des systèmes agroforestiers : exemples des mélanges peupliers-maïs en Europe, et *Paulownia*-blé(ou maïs, ou coton) en Chine.

5.2 Emplois et revenus tirés de la plantation, la récolte et la vente de bois de feu, et de la fabrication et de la vente de charbon de bois, bois de feu et charbon de bois pouvant servir à de multiples usages :

- domestiques (cuisson des aliments, chauffage) dans les petites et grandes agglomérations ;
- pour l'artisanat et les petites industries : fabrication d'aliments par cuisson (pain, aliments divers), fumage (du poisson), et de boissons par brassage, infusion et distillation ; teintureries ; préparation de médicaments simples ; fabrication de la chaux, des briques, de la céramique, des poteries, ... ;
- ou, même, pour les moyennes et grandes industries (exemple des fonderies brésiliennes à partir du bois des formations naturelles de cerrado et des plantations d'eucalyptus).

5.3 Emplois et revenus tirés de la récolte, de la transformation et de la vente de produits forestiers non ligneux, comme, par exemple :

- les feuilles de «tendu» (*Diospyros melanoxylon*) utilisées pour l'enroulement des cigarettes traditionnelles (bidi) en Inde, activité qui emploie 7,5 millions de personnes dans la récolte et 3 millions dans la fabrication ;
- la gomme arabique à partir de la plantation d'acacias en Afrique soudano-sahélienne comme culture dans les jachères ;
- les bambous et les rotins, dont la plantation, la récolte, la transformation et la vente sur les marchés domestiques et d'exportation emploient des millions de personnes en Asie.

5.4 L'exploitation forestière et les industries du bois qui crée des emplois dans des zones rurales souvent défavorisées. Cependant, dans de nombreux pays en développement, la première doit être légalisée et moralisée (d'où l'initiative européenne sur l'application des réglementations forestières à la gouvernance et aux échanges commerciaux – FLEGT, et le processus européen d'amélioration de la gouvernance et l'application des lois dans le secteur forestier en Afrique – AFLEG) ; exploitation forestière qui doit être aussi rendue durable en réduisant son impact environnemental, et en la soumettant à des démarches de certification forestière (PEFC, FSC) couvrant l'ensemble de la filière de production.

11 Les conséquences de l'urbanisation incontrôlée sur les possibilités d'alimenter les hommes en 2050

Christian Legault

I L'urbanisation en France et ses conséquences

La France a une superficie de 55 millions d'hectares dont 28 millions en S.A.U. (surface agricole utile) comprenant 18 millions de terres labourables.

L'urbanisation sous toutes ses formes (habitat, zones industrielles ou commerciales, routes ...) absorbe chaque année plus de 60.000 ha. Ce phénomène serait relativement mineur s'il n'affectait pas en priorité la périphérie des grandes villes, qui, à l'image de Paris, se sont implantées au coeur des régions agricoles les plus fertiles. Devons-nous rester indifférents devant le grignotage systématique de la Plaine de France, de la Beauce, de la Brie, de la Plaine de Versailles ou du plateau de Saclay?

Imaginons une notation de 1 à 10 des terrains agricoles de la France en fonction de leur potentiel de production alimentaire. On s'aperçoit alors que la note moyenne des terres urbanisées est supérieure à 5 sur l'ensemble du territoire et de l'ordre de 6 à 7 dans le Bassin Parisien.

En s'appuyant, d'une part, sur les données moyennes de consommation fournies par le CREDOC et, d'autre part, sur le potentiel agronomique des zones précitées du Bassin Parisien, il est possible d'illustrer ce raisonnement en estimant le nombre de français privés de nourriture par le "bétonnage" d'un hectare de terre agricole.

Tous les résultats sont rassemblés dans le tableau et deux exemples concrets en faciliteront la lecture.

L'exemple le plus simple est illustré par la pomme de terre dont la consommation annuelle est, selon le CREDOC, de 20 kg/habitant. Pour un rendement moyen de 40 tonnes/ha, on peut dire qu'un hectare suffit pour satisfaire les besoins annuels de 2.000 français ou encore que 5 m² cultivés en pommes de terre correspondent à la consommation d'un français.

Un exemple un peu plus compliqué est celui de la viande de porc dont la consommation moyenne est de 35 kg/habitant. Sachant qu'un porc charcutier de 80 kg de carcasse a consommé 300 kg d'aliment (compte tenu de l'aliment de la truie) et que cet aliment comprend 70% de céréales et 30% de protéagineux (rendement estimé à 65 quintaux d'aliment/ha), un hectare de terre agricole du Bassin Parisien fournit 1760 kg de viande de porc, ce qui correspond à la consommation annuelle de 50 français. Autrement dit, 200 m² correspondent aux besoins annuels de chaque français pour ce produit.

On peut appliquer le même raisonnement avec d'autres composantes de la ration alimentaire comme le pain et les autres produits à base de céréales, le sucre, les fruits, les légumes, les viandes (bœuf, volaille), les œufs, le lait et les produits laitiers (lait, fromages, yaourts...).

Pour faciliter les calculs, quelques hypothèses de travail ont été faites; ainsi, l'ensemble des produits laitiers a été transformé en équivalent-lait (soit 400 litres/habitant/an). Pour les fruits et légumes, on se limite à la production locale et saisonnière, position qui pourrait d'ailleurs se justifier par l'augmentation régulière des coûts de l'énergie et des transports.

En résumé, la ration annuelle d'un français buvant de l'eau et ne consommant pas de poisson peut être satisfaite par 2160 m² d'une bonne terre agricole du Bassin Parisien, ce qui correspond à 4,6 français/ha. En l'absence de viande bovine et de viande ovine, 1 hectare nourrirait 10 français.

Rappelons à titre indicatif que, dans une hypothèse d'autarcie, la France nourrirait 2,2 habitants/ha de SAU et 3,4 habitants/ha de terre labourable.

II. Discussion

En premier lieu, nous suggérons quelques pistes de réflexion qui permettront peut-être de relever le défi alimentaire en 2050.

1. Faire comprendre aux décideurs et aux élus locaux qu'il faut cesser de bétonner nos meilleurs terrains agricoles. Les villes nouvelles proposées dans le rapport ATTALI (Ecopolis) devraient s'implanter de préférence dans les zones au faible potentiel agronomique et occuper le moins de surface au sol possible (priorité à la densification urbaine).
2. Mieux répartir les productions en fonction des possibilités pédologiques et climatiques. Par exemple, éviter la production de viande bovine et ovine dans les zones céréalières.
3. Réhabiliter les jardins familiaux sachant que moins de 250 m² peuvent subvenir aux besoins en légumes d'une famille: à l'image des quotas de logements sociaux, les communes pourraient réserver des terrains à cet effet, quand cela est encore possible.
4. En raison de l'augmentation prévisible du coût des transports et de l'énergie, mieux éduquer les consommateurs en faveur des produits locaux et saisonniers.
5. Arrêter de détruire à grands frais, au nom d'un "principe de précaution" assez discutable, un tonnage impressionnant de farines de viande, source de protéines précieuse pour les porcs, les volailles et les poissons.
6. Ne pas oublier les possibilités d'augmenter les rendements (dans les limites raisonnables respectant l'environnement et la biodiversité).
7. Encourager l'ouverture de la chasse aux gaspillages de toutes natures: pertes à la récolte et au stockage, éliminations abusives pour cause de défauts d'apparence ou hétérogénéité (fruits et légumes).

Il reste à estimer, dans l'hypothèse de souveraineté alimentaire, le nombre d'habitants que peut nourrir la France.

On peut considérer 3 situations, les 2 premières étant extrêmes, la troisième étant plus vraisemblable:

1. Si toutes les productions vivrières sont concentrées sur les meilleures terres (cf. tableau), il suffit de 14 millions d'hectares pour nourrir 63 millions de français, 14 millions d'hectares restant disponibles
2. Si les productions de viande bovine et ovine sont concentrées sur des terres dont la fertilité est réduite de moitié par rapport au cas précédent: 20,85 millions d'hectares sont occupés, 7 millions d'hectares restent disponibles.
3. Si les productions de viande bovine et ovine ainsi que la production laitière sont concentrées dans des zones de productivité moyenne l'espace nécessaire pour nourrir 63 millions de français est de 18 millions d'hectares, 10 millions d'hectares restant disponibles.

Dans tous les cas, l'espace disponible représente une réserve foncière pour les exportations et les cultures industrielles (textiles, amidon de maïs et de pomme de terre, biocarburants ...); s'il semble justifier à court terme la poursuite de l'urbanisation, ces terrains ouvrent la porte à une agriculture plus naturelle et moins productive.

Dans la troisième situation, si nos 28 millions d'hectares de S.A.U. étaient destinés à l'alimentation humaine, on peut estimer que l'on pourrait nourrir 98 millions de français.

Bien entendu, il convient de nuancer ces situations d'école. Il serait très imprudent de bannir l'élevage des régions céréalières pour des raisons de restitution de la matière organique et pour la consommation de sous-produits locaux. Il faut également rappeler que l'élevage des ruminants dans les zones non ou difficilement labourables est un atout précieux pour l'environnement et la gestion des paysages.

III Un regard sur le monde

Certains experts prévoient une augmentation de la consommation de céréales et la diminution de la consommation de viande. Ces prévisions ne sont pas évidentes en regard de la situation en France (Figure 1) ou dans des pays émergents comme la Chine (Figure 2) où la consommation de viande a doublé en 30 ans.

La France n'est pas le seul pays à connaître l'abandon des meilleures terres agricoles par l'urbanisation. Ce phénomène affecte non seulement l'ensemble des pays d'Europe, mais aussi les pays émergents comme l'Inde et la Chine. Dans ce dernier pays où l'urbanisation touche

annuellement près d'1 million d'hectares, l'agriculture s'est essentiellement développée dans les plaines alluviales et les deltas, et le désert avance par le Nord; l'extension actuelle de villes telles que Pékin et Shanghai est loin d'être rassurante pour l'avenir.

Toute transposition aux autres régions doit tenir compte des spécificités climatiques et agronomiques sans oublier les besoins et les traditions alimentaires des populations. Il serait cependant utopique et dangereux d'imaginer que tous les hommes vont devenir végétariens et la plupart des nutritionnistes continuent de qualifier d'indispensables les protéines d'origine animale. L'élevage des ruminants permet de valoriser au mieux les zones dont le climat ou le relief se prêtent mal aux cultures classiques et nous avons vu que l'élevage des monogastriques (porcs et volailles) n'exige qu'une surface agricole relativement modérée. Enfin, si le pillage des océans se poursuit au rythme actuel, la pêche en mer ne sera plus en 2050 qu'un loisir au même titre que la pêche en rivière et la chasse. Heureusement, l'élevage des poissons à dominante herbivore (carpe chinoise, tilapia, poisson chat du Mékong...) reste compatible avec un développement durable.

Dans l'attente d'une modélisation rigoureuse et diversifiée, ces chiffres sont indicatifs et sous-estiment probablement le potentiel alimentaire réel de nos terres agricoles. La vérité est que, d'ici 2050, le rouleau compresseur de l'urbanisation risque de faire disparaître plus de 2 millions d'hectares en France. Cela représente un "manque à nourrir" de 5 à 6 millions de français. A l'échelle mondiale, les prévisions sont très délicates mais ce chiffre serait de l'ordre de plusieurs centaines de millions d'habitants.

Il reste à évoquer les précisions des prévisions démographiques en 2050. Selon l'INED, la population en France métropolitaine serait proche de 70 millions avec une fourchette allant de 64 à 76 millions d'habitants. Si la population chinoise ne doit pas dépasser 1,5 milliards d'habitants, c'est surtout en Inde, dans le Sud-Est asiatique, au Moyen Orient et en Afrique, que l'on prévoit les plus fortes augmentations de population.

Conclusion

L'Histoire portera son jugement: après l'époque des chasseurs-cueilleurs, celle des défricheurs, celle des créateurs de nos paysages, celle des remembreurs, il y a maintenant l'ère des bétonneurs. Faut-il tout laisser faire ?

Potentiel alimentaire d'un hectare dans l'une des zones de référence du bassin parisien (Plaine de France, plateau de Saclay, etc..)

Aliment	Consommation /français/an	Rendement brut/ha	Produit /ha	Nb. de français pourvus/ha	Surface/français (m ²)
Pain	50	8 t	7,5 t	150	67
Différentes céréales	24	6	4,8	200	50
Pommes de terre	20	40	-	2000	5
Légumes	40	4	-	100	100
Fruits	45	35	-	778	13
Sucre	10	90	15	1500	7
Lait + produits lait	400 litres	10	-	25	400
Viandes Bœuf	25	-	0,250	10	1000
Porc	35	-	1,75	50	200
Volaille	24	-	1,95	82	122
Autres	4	-	-	150	150
Œufs	15	-	3,25	217	46
Total					2160

Source: IFIP Toulouse.

12 Le modèle landais peut-il servir à une synergie

« agriculture capitaliste et agriculture de paysans » ?

Marc Gizard

Comment maintenir le maximum de population à la terre en évitant de faire grossir les mégalo-pôles d'aujourd'hui par des paysans abandonnant leurs terres ou en étant chassés par une agriculture de type capitaliste.

L'installation d'entreprises agricoles dites capitalistes dans les pays du tiers monde ou dans les pays en voie de développement aujourd'hui, était un fait devant lequel rien ni personne n'y pouvait. Comment un développement de ce type exogène par rapport aux milieux, pourrait servir à l'agriculture existante et aux agriculteurs indigènes n'ayant dans un premier temps aucune relation, ni humaine, ni économique, avec ces entreprises venues d'ailleurs et à forte productivité, de plus dont la production est le plus souvent tournée vers les pays solvables, c'est-à-dire déjà développés.

L'exemple des Landes est à ce titre intéressant : de gros agriculteurs du bassin parisien, voire d'Algérie, ont investi dans ce département entre 1950 et 1980, défrichant des milliers d'hectares de forêts ; ils ont apporté des techniques inconnues dans cette région et notamment quant aux intrants et surtout à l'irrigation et à l'assainissement.

Après une période où chacun s'est ignoré, les petits producteurs ont à leur tour innové, profitant de l'apport technique sans compter le savoir faire économique de « ces gros agriculteurs venus d'ailleurs ».

Certes :

1- chaque pays d'Afrique, d'Amérique latine, ou d'Asie constitue en soi des situations particulières qui ne tolèrent aucune généralisation hâtive.

2- le modèle Landais en soi n'est sans doute pas transposable.

Mais : Il peut mériter cependant par les ingrédients qu'il contient de servir « de boîte à outils » vis-à-vis de la question posée : comment une entreprise agricole capitaliste peut entraîner le développement de petits agriculteurs sans capital et souvent sans beaucoup de connaissances techniques ?

Quelques personnes encore vivantes ayant participé à ce qui a été pour elles une aventure extraordinaire ont été interrogées.

Rappelons que le rendement maïs était de l'ordre de 10 à 12 quintaux/ha, 25 quintaux les meilleures années pour les petits agriculteurs. 30 000 exploitants vivaient en moyenne sur 7,5 ha soit en propriété, soit en fermage ou métayage. Les gros agriculteurs (1) ont cependant tâtonné pendant des années mais rapidement sont parvenus à dépasser les 40 quintaux/ha, voire les 70 en maîtrisant l'assainissement, l'irrigation et les intrants. Ces derniers avaient cependant les reins assez solides (la plupart mais pas tous) pour supporter financièrement ces années d'essais, les petits agriculteurs ont recouru au Crédit Agricole.

Des hommes extrêmement peu nombreux ont alors compris tout l'intérêt que pouvaient avoir ces techniques appliquées aux agriculteurs paysans. Au sein de leur CETA ils ont petit à petit élargi leur cercle en trouvant parmi les gros agriculteurs, quelques hommes pas plus nombreux que les doigts d'une main pour échanger et propager les techniques.

Une certaine émulation même entre les organisations professionnelles existantes contribue au développement : le syndicalisme très présent –et même partagé dans le département des Landes entre la gauche MODEF et la droite FDSEA- organise des concours de maïs, offre un service TVA, incite à adhérer au centre de gestion.

Je vous propose de passer en revue les ingrédients qui ont tissé ce que l'on pourrait appeler aujourd'hui un décollage économique réussi.

A. Les hommes.

Ce développement a été marqué par quelques individus, peu nombreux du reste, -d'après ce que j'ai pu en savoir une dizaine seulement environ- qui ont compris tout l'intérêt économique, au sens de leurs revenus, que l'on pouvait tirer de l'expérience de ces gros agriculteurs (1). M'ont été cités :

- des agriculteurs paysans ayant compris la nécessité d'aller de l'avant : on peut les compter sur les doigts de la main ;
- quelques agriculteurs ayant une solide formation technique et désireux d'œuvrer pour le pays : 3 à 4 ;
- quelques hommes à des postes clés ayant une formation agricole mais des fonctions qui étaient décisives pour prendre en compte le souci des petits agriculteurs. Exemple : un banquier, Directeur du Crédit Agricole départemental, et ayant une formation agricole (Il fut capable d'accueillir les demandes, de les analyser et de prendre un risque), un Directeur du Centre de gestion des agriculteurs faisant du porte à porte pour faire vivre sa structure.

1) le terme « gros agriculteurs » sera utilisé par mesure de facilité mais sans en tirer ni un sens péjoratif, ni non plus de conclusions décisives quant à leur avantage : simplement c'est un terme compréhensible et même sociologiquement très perceptible par la population concernée, les uns traitant le foncier par centaine d'hectares, les autres par hectare, en ayant une douzaine voire 20 au plus.

Enfin, ces hommes ont eu la confiance ou au moins l'intérêt partagé de structures étatiques ne sachant comment faire pour organiser toute cette paysannerie relativement pauvre, mais se rendant compte que la seule carte qui restait pour le développement agricole était au fond de miser sur l'effet d'entraînement que les agriculteurs eux-mêmes pouvaient provoquer entre eux.

L'Etat a ainsi abouti à ce que l'on a appelé « la cogestion », décrite par certains mais néanmoins qui fut d'une grande efficacité dans la mesure où les ministères relayés par les chambres d'agriculture ont compris qu'il valait mieux œuvrer avec les hommes que sans eux.

B. Les CETA et les GEVEA.

Les petits agriculteurs n'avaient ni argent, ni connaissance. Les CETA ont constitué pour eux un élément de développement extraordinaire. 30 personnes au maximum se réunissaient tous les mois pour se critiquer mutuellement dans les façons agricoles utilisées et dans les résultats de chacune de leurs exploitations. Ces CETA ont ensuite essaimé sous l'impulsion de quelques hommes, vers des groupes de quartiers ou de hameaux, à raison de 3 à 4 agriculteurs qui en sabots venaient aux réunions sans aucune espèce de prévention par rapport, non seulement à ce qui allait être dit, mais aussi à ceux qui allaient leur parler.

Dans un premier temps, l'action des CETA a porté uniquement sur les techniques agricoles tant sur les matériels à utiliser que sur la culture elle-même et les variétés à choisir.

Aucune gestion comptable ou financière n'était proposée. Elle est venue plus tard. Environ une dizaine d'années après.

C. L'environnement comptable, puis fiscal.

Un centre de gestion a été créé bien après les CETA et les GEVEA, avec une poignée d'agriculteurs. Le véritable démarrage a été provoqué par la fiscalité : la TVA d'abord, décisive, les bénéfices réels ensuite incitant les agriculteurs à l'investissement (avec quelques effets pervers quant à la difficulté pour eux de conserver une épargne hors fiscalité : donc recours systématique à l'emprunt).

a jusque là, agriculteurs, paysans et gros agriculteurs ne se connaissent pas : chacun à son centre de gestion, l'un à MONT DE MARSAN -petits agriculteurs- l'autre à SOISSONS -gros agriculteurs-. Ces derniers sont rassemblés dans ce qu'ils appellent le GRCETA qui ne demande rien personne tout au moins sur le plan local, qui fonctionne avec ses propres fonds, résultat de ses cotisations, de ses propres adhérents en nombre limité si on pense aux centaines de personnes brassées par les CETA du Sud du département.

b quelques hommes ont compris cependant, parmi les agriculteurs paysans, que ces gros agriculteurs avaient des techniques stupéfiantes. Ils adhèrent au CETA des « gros ».

D. N'oublions pas les coopératives.

Elles existaient en grand nombre mais très divisées, relativement faibles. Un regroupement eut lieu sous l'égide de la Coopérative de PAU et de Maïs ADOUR qui continuent leur concurrence aujourd'hui.

Elles sont devenues très importantes se nourrissant du développement agricole, mais en même temps en profitant pour accroître leurs capitaux propres, leurs circuits de commercialisation et leur puissance de recherches.

Soulignons qu'au départ, ces coopératives étaient plutôt à dominante radical socialiste et qu'elles sont passées aux mains des agriculteurs à orientation nettement économique sans apparente difficulté aujourd'hui.

La coopérative a été un facteur important mais au départ non décisif : on m'a même cité une coopérative qui a existé avant même la production, le souci de commercialisation étant ainsi intégré au développement du produit agricole en amont, en l'espèce des asperges.

La recherche génétique n'a pas été le fort des gros agriculteurs, mais plutôt des coopératives avec des hommes qui circulaient en permanence dans les campagnes pour proposer à chaque saison la dernière trouvaille des recherches de variétés.

E. Quelques facteurs institutionnels et financiers.

L'Europe avec ses deux principes de préférence communautaire et de prix garantis a incontestablement été un levier important dont seules certaines élites syndicales avaient saisi l'importance au départ.

- la loi d'orientation agricole de 1960 a eu toute son importance en ce qu'elle a conféré aux agriculteurs les canaux de pouvoirs nécessaires pour « institutionnaliser » ce qui n'était encore qu'un bouillonnement relativement précaire.

Peut-on parler de volonté de l'Etat ou d'acceptation forcée de l'Etat vis-à-vis d'une situation qui risquait de lui échapper ? était créée « la cogestion » que certains critiquent aujourd'hui mais qui cependant a semble-t-il eu un effet d'entraînement incontestable.

- la fiscalité avec la TVA d'abord et essentiellement, les bénéfices réels ensuite : nous en avons déjà parlé.
- les prêts bonifiés au dessous du taux de l'inflation rendant ainsi le crédit à la fois attractif et supportable.

Pour nous résumer, il faut :

- quelques leaders, même en nombre réduit ;
- de la formation presque autogérée à un niveau très proche de chaque exploitant ;
- un crédit de type coopératif qui sache prendre quelques risques ;
- un environnement institutionnel tendant vers la cogestion avec certes des risques, mais aussi des avantages ;
- moyens de financement coopératifs et moyens de commercialisation encore coopératifs, les uns et les autres s'épaulant mutuellement ;
- des prix garantis sur quelques années.

Se dégage ainsi une sorte de boîte à outils susceptible de servir dans d'autres régions du monde, sans vouloir ni transposer un modèle, ni surestimer ce que des hommes des années 50 ont pu apporter à l'agriculture de leur temps.

13 Changer le système d'appropriation du sol pour accroître la production ?

André Neveu

La rente foncière dégagée par l'activité de production agricole revient pour partie au propriétaire du sol. Cette situation est-elle de nature à freiner le développement de la production agricole ? Dans ce cas, peut-on y remédier ?

La rente foncière est fonction des rendements obtenus et des prix de vente des productions. Le prélèvement opéré par le propriétaire du sol dépend de ces deux facteurs mais aussi est fonction du mode faire valoir, c'est-à-dire des relations contractuelles avec l'exploitant.

Certes, en Europe occidentale, ces différents facteurs n'ont plus guère d'influence sur le niveau d'intensification pratiqué. Il n'en était pas ainsi il y a encore un siècle lorsque le métayage, par exemple, était souvent synonyme de sous production agricole. Mais ce système a peu à peu disparu. Aujourd'hui, la rémunération des propriétaires fonciers est souvent assez modeste. Elle n'a donc que peu d'influence sur le fonctionnement interne des exploitations.

La situation est fort différente dans de nombreux autres pays où la propriété du sol et la répartition de la rente foncière sont très inégalitaires et contribuent à faire obstacle au développement de la production. Toutefois, comme nous le verrons, les situations sont extrêmement diverses ce qui exclut des solutions trop simplistes. Par exemple,

En Amérique du Sud, la grande propriété qui est très ancienne, s'étend sans égard pour les zones forestières qu'il faudrait conserver, pour les petits exploitants brutalement éliminés, ni même pour les sols trop vite épuisés. Lorsque les prix sont bas, l'activité agricole reste relativement extensive et les rendements dégagés inférieurs au potentiel agronomique. La hausse actuelle des prix favorise donc les défrichements et l'accroissement des rendements.

Dans la savane sub-saharienne, la tradition confie au chef des terres le soin d'attribuer une parcelle aux membres de chaque famille. Ce système de gestion des terres est une survivance de l'agriculture ancienne sur abattis-brûlis. Il explique que l'accroissement de la production agricole s'effectue beaucoup plus grâce à l'augmentation des surfaces cultivées que par celle des rendements. En outre, la multiplication des conflits entre agriculteurs et éleveurs ne facilite pas non plus le développement d'une agriculture intensive. Plus au sud, dans la forêt, la terre appartenait traditionnellement à celui qui la cultivait. Mais une fois cette appropriation réalisée, les causes de litiges réapparaissent : les récents événements de Côte d'Ivoire sont en partie dus à des problèmes fonciers amplifiés par la crise du marché du café. Situation plus compliquée encore, la palmeraie du sud du Bénin où le sol a un propriétaire, les palmiers un second et où la terre est cultivée par une troisième personne avec des résultats très médiocres.

Changeons de continent : **en Chine**, après la « décollectivisation » des années 1980, la production agricole a rapidement augmenté. Mais aujourd'hui les conflits pour l'accès à la terre se multiplient. En effet, les paysans individuels ont bien reçu une superficie proportionnelle au nombre de membres de leur famille, mais seulement accompagnée d'une mise à disposition de longue durée car l'Etat reste propriétaire du sol. Or la rapide extension des villes s'effectue souvent par l'éviction des paysans en place sans indemnisation ni réinstallation ce qui occasionne un grand nombre de conflits avec les autorités.

En Russie et en Ukraine, la « décollectivisation » a pris un autre visage : les kolkhoziens ont reçu des parts de propriété foncière fictives. Ils les ont revendues pour une bouchée de pain à des sociétés contrôlées par les nouveaux riches. Recherchant le plus grand profit, ceux-ci ont installé à la tête de ces grandes exploitations des gérants qui ont pour seule mission de maximiser le retour sur investissement. Pour cela, ils abandonnent les productions peu rentables, comme l'élevage, et licencient les anciens kolkhoziens devenus inutiles. Un prolétariat rural misérable a remplacé une main d'œuvre soviétique certes peu efficace car la collectivisation autoritaire du sol a toujours conduit à de graves déboires.

On pourrait citer de nombreux autres exemples qui nous montrent la diversité des situations locales et les entraves qu'elles provoquent à l'accroissement de la production agricole. Existe-t-il des solutions pour lever ces obstacles ?

Au 19^{ème} et au début du 20^{ème} siècle, on a beaucoup attendu des réformes agraires. Celles-ci devaient constituer la voie de passage obligé vers une augmentation de la production grâce à une plus juste répartition des terres. Malheureusement, pour de multiples raisons, les résultats obtenus ont rarement été à la hauteur des espérances. En effet, la résistance des anciens propriétaires, la trop petite taille des lots attribués, le manque de capitaux d'exploitation et l'insuffisante formation des hommes ont conduit à de nombreux échecs. Seuls quelques pays comme le Japon, la Corée du Sud ou Taïwan ont su les éviter.

Il apparaît donc que pour faciliter l'augmentation de la production, il ne faut pas trop attendre des changements d'appropriation du sol qui sont toujours difficiles à mettre en œuvre et souvent aléatoires.

14 L'évolution des structures de production agricole favorise-t-elle l'accroissement de la production ?

André Neveu

La lutte entre la grande propriété et la petite est aussi vieille que le monde. Les avancées et les reculs se suivent avec des succès qui sont remis en cause quelques décennies plus tard. Qu'on en juge :

La disparition des latifundias dans les pays latins avait semblé inexorable au milieu du 20^{ème} siècle. Or la grande exploitation capitaliste est aujourd'hui en plein essor dans toute l'Amérique latine.

Aux Etats-Unis, la ferme familiale d'une centaine d'hectares semblait un des fondements de la société agraire nord américaine. Or, même si elles restent familiales, les exploitations de plus de 2000 hectares sont maintenant fort nombreuses et, dans ce pays, 42% des vaches laitières sont élevées dans des troupeaux de plus de 1000 vaches.

Le grand domaine colonial paraissait définitivement condamné après la décolonisation. Or les capitaux internationaux sont partout à la recherche de terres à exploiter comme en Indonésie et en Malaisie où les plantations industrielles de palmiers à huile se multiplient. En Egypte elle même, où les structures traditionnelles sont pourtant minuscules, les nouvelles terres irriguées sont attribuées à des gros investisseurs des pays du Golfe. En Afrique subsaharienne enfin, Chinois et Indiens, sont semble-il, à la recherche de concessions pour exploiter de manière moderne de grandes étendues encore plus ou moins incultes.

En Russie, les grands domaines féodaux ont disparu après 1917. Ils renaissent sous forme d'exploitations collectives vers 1930. Un moment menacés dans les années 1990, ces kolkhozes et sovkhoses se transforment aujourd'hui en entreprises capitalistes à la recherche du seul profit.

Cette expansion de la très grande exploitation presque partout dans le monde est donc bien réelle, même si au total elle ne concerne que quelques dizaines de milliers d'unités de production. Certes, elle ne s'attaque pas directement aux centaines de millions de micro-exploitations qui subsistent et font encore vivre la moitié de la population mondiale. Ainsi en Chine où l'expérience des communes populaires s'est soldée par un échec retentissant, la taille moyenne des exploitations ne dépasse pas 0,6 hectare. En Inde, elle atteint tout juste 1,3 hectare et, dans la région, seule la Thaïlande fait exception avec une moyenne de seulement 4 hectares. De même en Afrique où le travail manuel domine encore, la micro-exploitation reste la règle. Aujourd'hui, toutes ces petites structures se maintiennent en l'état. En Inde, le nombre des toutes petites exploitations continue même d'augmenter.

La situation de l'Europe est un peu intermédiaire avec encore beaucoup d'exploitations de taille moyenne mais en voie d'agrandissement rapide. L'Europe suit la voie de la concentration des exploitations mais avec quelques décennies de retard sur les Etats Unis.

Cette dualité des structures de production pose évidemment un grave problème dès lors qu'un doublement de la production mondiale constitue l'objectif à atteindre vers le milieu du 21^{ème} siècle. En effet les méthodes de développement à adopter seront radicalement différentes selon que l'on se trouve face à une exploitation de plusieurs milliers d'hectares ou seulement de 2 ou 3 hectares.

Dans la grande exploitation capitaliste, les techniques les plus modernes seront appliquées sans difficulté. Les rendements vont progresser au moins si les prix de vente restent élevés. En revanche, on peut s'interroger sur les moyens utilisés lors de la création d'unités nouvelles : Défrichements de forêts sans égard pour les problèmes environnementaux qu'ils entraînent, expulsions de petits paysans qui « gênent » l'installation des grandes parcelles nécessaires à la production de masse, dégradation prématurée des sols... De toute façon, et quel que soit le rythme d'expansion de ces grandes exploitations, elles ne suffiront pas à nourrir le monde.

Il faut donc aussi se pencher sur le cas beaucoup plus complexe des micro-exploitations car elles doivent, elles aussi, apporter leur contribution à la nécessaire augmentation de production. Or dans ces centaines de millions d'exploitations, le progrès technique ne pénètre que lentement car les freins y sont nombreux et puissants : formation des hommes très souvent insuffisante, manque de capitaux

pour moderniser les outils de production alors que leur rentabilité est fort incertaine, techniques proposées mal adaptées aux conditions concrètes de chaque exploitation ou de chaque région...On peut aussi s'interroger sur l'intérêt d'enclencher un processus d'agrandissement qui demandera beaucoup de temps et qui accélèrera l'exode rural.

L'orientation des travaux de recherche, le choix et l'implantation des équipements collectifs, le type de matériel à utiliser devront tenir le plus grand compte de cette dualité des structures agricoles.

15 Investir pour augmenter la production

André Neveu

La rentabilité de l'activité agricole et donc des investissements qu'elle implique, est fonction des rendements dégagés et des prix de vente. A priori, l'actuelle hausse des prix devrait favoriser les investissements et donc permettre une augmentation de la production. Mais les conditions de mise en œuvre de ces éventuels investissements sont parfois très problématiques.

Dans les très grandes exploitations, souvent gérées directement par le propriétaire du sol, la situation conjoncturelle actuelle des marchés agricoles est éminemment favorable à la réalisation d'investissements nouveaux, y compris dans les pays neufs, à l'achat de terres qui vont être défrichées et mises en culture. En cas de besoin, les chefs d'exploitation n'ont aucune difficulté particulière pour faire appel au crédit des banques commerciales. Contribuant également aux exportations et donc à l'équilibre de la balance commerciale de leur pays, ces agriculteurs disposent ainsi d'un excellent moyen de pression sur leur gouvernement afin que celui-ci réalise les équipements collectifs nécessaires à leur activité.

Il est vrai également que si les prix viennent à baisser durablement, ces agriculteurs réduisent aussitôt leurs investissements, comme ce fut le cas en Argentine il y a une dizaine d'années.

Dans le monde immense des petits paysans, la situation est bien différente : produisant peu, vendant encore moins, ils ne bénéficient guère de la hausse des prix, surtout si une bonne part du profit supplémentaire est prélevée par le propriétaire foncier. De plus sur ces petites structures, la rentabilité des investissements est médiocre car la plupart des équipements nouveaux, même très modeste, y sont sous-utilisés. Seules font exception les avances aux cultures (engrais, semences, produits de traitements...) pour lesquelles la durée de retour sur investissement est inférieure à un an.

Longtemps le système bancaire a ignoré ces populations à risques aux besoins unitaires très modestes et sans l'épargne préalable requise avant tout investissement nouveau. Certes, depuis 20 ans, les institutions de micro-finances se sont efforcées de remplir ce vide laissé par les banques commerciales. Les résultats sont encourageant pour les prêts à court terme finançant les avances aux cultures, même si les taux d'intérêts demandés sont souvent élevés (il est vrai beaucoup moins que ceux pratiqués par les usuriers locaux). Mais le microcrédit, qui se heurte lui aussi à la faible rentabilité des équipements un peu conséquents, n'accorde que très peu de prêts à moyen terme pour financer achat de matériel ou plantations.

Face à l'absence d'épargne et à la carence actuelle de tout le système bancaire, seul l'Etat est en mesure d'intervenir en faveur de ces petites exploitations. Il lui revient de financer les équipements collectifs. Il doit également apporter son aide aux investissements individuels, par exemple sous forme de bonification d'intérêt, mais seulement dans la mesure où ceux-ci se justifient. Or un investissement peut avoir plusieurs finalités :

- alléger le travail des paysans donc assurer une fonction sociale,
- permettre de travailler sur une plus grande superficie, ce qui suppose soit de défricher des terres nouvelles (comme dans certains pays d'Afrique), soit de remplacer d'autres agriculteurs si l'exode rural est intense et vide les campagnes de l'essentiel de sa main d'œuvre (comme en Europe au cours du siècle dernier),
- contribuer à améliorer les rendements des cultures, la conservation des récoltes ou la qualité des produits.

Seule cette dernière fonction a un impact sur les quantités produites. Mais c'est aussi la plus difficile à mettre en œuvre dans des pays aux campagnes surpeuplées et aux exploitations de très petite dimension. Il faut en effet que les investissements envisagés soient bien adaptés à la taille des exploitations à moderniser. Car un suréquipement, qui constitue toujours une erreur grave en agriculture, est particulièrement dommageable aux petites exploitations du Tiers monde.

Ainsi, si la réalisation des investissements indispensables à l'amélioration de la production agricole ne pose pas de problèmes fondamentaux aux très grandes exploitations, elle reste très problématique pour les toutes petites. En effet, même si leur rentabilité toujours faible est compensée par des aides

publiques, il faut encore s'assurer que le choix du matériel ou des équipements retenus est bien en rapport avec les conditions de production de ces toutes petites unités de production.

16 La mondialisation favorise-t-elle

le développement de la production agricole ?

André Neveu

Selon la théorie des avantages comparatifs, l'ouverture des marchés mondiaux a pour but de faire jouer la spécialisation internationale, afin d'accroître l'efficacité dans l'emploi des facteurs de production disponibles dans les différents pays. Chacun d'entre eux disposant, outre de ressources naturelles différenciées, d'une dotation donnée en facteurs (une certaine quantité de travail et de capital), il a intérêt à se spécialiser dans les productions pour lesquelles il est *comparativement* le mieux placé.

La démonstration est puissante, car elle reste valide même lorsque l'un des pays n'a aucun avantage compétitif (avantage absolu) : même si le Sénégal est moins compétitif que la Hollande pour produire des poulets et des tomates (aucun avantage compétitif) et qu'il reste malgré tout comparativement moins mal placé pour produire des tomates que pour produire des poulets, il aura intérêt à se spécialiser dans la production de tomates et à importer des poulets. Mais la démonstration ne vaut que sous l'hypothèse que seules les marchandises circulent, mais que le capital et le travail dont dispose un pays y restent cantonnés à l'intérieur de ses frontières.

Dans le contexte actuel de la mondialisation des marchés, la théorie des avantages comparatifs ne joue plus puisqu'il y a au moins un facteur de production, le capital, qui circule librement à travers les frontières. L'échange a alors pour but de stimuler les avantages compétitifs pour abaisser les prix des produits offerts aux consommateurs grâce au renforcement de la concurrence entre les producteurs.

Dans ce nouveau cadre, les pays qui ne disposent d'aucun avantage compétitif dans aucune production sont condamnés à disparaître ou à se trouver rejetés aux marges de l'échange international. Ils peuvent seulement exporter, légalement ou illégalement, les seules ressources qui leur restent, c'est à dire leurs ressources naturelles ou leur main d'œuvre.

Dans la logique des avantages compétitifs, la concurrence fait baisser les prix, ce qui en période de forte pression sur les cours des matières premières n'est pas négligeable. Mais l'expérience prouve que la concurrence, qui s'abstrait du long terme, accroît aussi la volatilité des prix de marché.

En matière d'échanges agricoles, la faible élasticité de la demande par rapport aux prix, conjuguée aux incertitudes et aux multiples imperfections des marchés conduisent à un constat particulièrement décevant: Toutes les simulations récentes faites à l'occasion des négociations du cycle de Doha , y compris les plus optimistes, pour mesurer l'impact sur l'amélioration du bien-être planétaire, d'une libéralisation des échanges agricoles et alimentaires débouchent sur des résultats oscillant entre 0 et 100 milliards de dollars , non significatifs par rapport à la précision des modèles utilisés, et toujours inférieurs à 1% du PIB mondial.

Le problème posé ici est en outre de savoir si cette ouverture des marchés favorise, ou non, l'augmentation de la production agricole mondiale dans le long terme. Certes, en théorie, rien ne s'y oppose. Mais en réalité, c'est beaucoup moins évident dans la mesure où grandes exploitations capitalistes et petite agriculture paysanne ne sont pas à égalité face au marché.

Les grandes exploitations ont la capacité d'adapter le choix de leurs productions et le niveau d'intensification pratiquée en fonction des signaux du marché. En Argentine par exemple, les grandes haciendas peuvent selon les besoins du marché se consacrer soit à l'élevage bovin très extensif, soit à l'agriculture céréalière, cette dernière elle-même pouvant être conduite avec des méthodes plus ou moins intensives.

En revanche, la petite agriculture du Sahel subsaharien résulte d'un équilibre ancien mais fragile entre élevage et cultures. Si le marché conduit à remettre en cause l'une ou l'autre de ces activités, il est souvent impossible d'abandonner la moins rentable sous peine de voir tout le système s'écrouler, évolution qui est de plus à peu près irréversible. Il est vrai aussi que les petits paysans africains sont beaucoup moins sensibles à une baisse des prix que leurs « collègues » sud-américains, car leurs charges d'exploitations sont réduites et qu'une part importante de la production est autoconsommée.

La sensibilité de ce type d'agriculture aux incitations du marché est donc beaucoup moins grande que celle de l'agriculture capitaliste.

Néanmoins, la remise en cause même partielle de l'équilibre fragile de cette petite agriculture peut être catastrophique car elle conduit à l'abandon de toute activité agricole et par conséquent à une baisse de la production. Or c'est bien de toutes les forces de production réunies dont le monde aura besoin au cours des prochaines années. On ne peut donc accepter que, sous prétexte d'ouvrir partout les marchés à la concurrence, on condamne à la disparition des pans entiers de l'agriculture mondiale parce qu'elle n'est pas concurrentielle.

On peut certes avancer que, même dans les pays en développement, des évolutions de système de production sont possibles. Il en existe de nombreux exemples. Mais à terme, celles-ci ne sont pas toujours concluantes. Ainsi le Sénégal était autrefois un gros producteur et un gros exportateur d'arachides. Les conditions du marché des oléagineux étant devenues plus concurrentielles, ce pays a largement perdu ses positions dans ce domaine sans les remplacer par aucune autre.

Dans plusieurs autres pays de l'Afrique sub-saharienne, c'est la culture du coton qui est menacée par les aides que les américains apportent à leurs propres producteurs. Leur refus de les supprimer sont même une des causes de l'échec des négociations à l'OMC. Surtout dans ces pays comme dans de nombreux autres, on ne voit pas bien par quelle autre production on peut remplacer cette culture plutôt bien adaptée à l'environnement climatique.

Aujourd'hui La seule solution concevable à cette question cruciale du développement agricole et alimentaires réside donc dans l'établissement de marchés régionaux, qui stimulent les échanges entre agricultures de niveau de productivité comparable, mais protègent les agricultures les plus faibles d'une concurrence meurtrière. Dès lors qu'il est exclu que les agricultures les plus productives assurent seules la sécurité alimentaire de la planète, le développement des petites exploitations des pays les moins avancés reste indispensable, ce que ne permet pas aujourd'hui la mondialisation des échanges.

17 Les géostratégies agro-alimentaires japonaises : un "Japon bis agricole" délocalisé

Nahid Movahedi

Aperçu

Montagneux, couvert pour deux tiers par des forêts et habité par 127 millions de personnes (2% de la population mondiale), sur une superficie de 380.000 km² (0,3% de la surface mondiale), le Japon réussit à très convenablement nourrir son peuple.

Ce 9^{ème} pays le plus peuplé du monde, intensément urbanisé et industrialisé, mais dépourvu de ressources naturelles et énergétiques hormis son bois et ses réserves halieutiques, ne cultive que seulement 12,5% de son territoire. Sa population est affectée par un vieillissement accéléré sous l'effet d'un faible taux de natalité (1,3) et d'une hausse de l'espérance de vie de 80,5 ans.

Confronté à une pénurie croissante de la main-d'œuvre, le pays exclut le recours à l'immigration et s'appuie sur son capital pour créer un "Japon-bis agricole" en délocalisant ses activités de production et de transformation dans des pays où les terres sont disponibles et les travailleurs abondants et bon marché. Ses productions hors du Japon sont destinées, d'une part, à approvisionner ses marchés domestiques et, d'autre part, à gagner des parts de marchés internationaux. Le pays n'offre aucun avantage comparatif pour être compétitif.

Les incertitudes issues des échecs successifs des négociations sur le volet agricole du cycle de Doha ont augmenté le nombre de traités d'échanges bilatéraux. La pression continue pour mettre fin à son protectionnisme agricole contraint également le Japon à ouvrir davantage ses frontières à l'importation des produits agro-alimentaires étrangers. Le pays est conscient qu'une plus grande libéralisation de ses marchés agricoles se fera inévitablement dans la douleur. Il occupe déjà le rang de plus grand importateur net des produits agro-alimentaires au monde. Son taux d'autosuffisance alimentaire a chuté de plus d'un tiers durant ces deux dernières décennies pour ne couvrir que seulement 40% de ses besoins.

Restaurer la productivité agricole nationale

Contraint de retarder son passage vers une société post-industrielle, le Japon s'inquiète pour l'avenir de son monde agricole et rural. Depuis la *Loi fondamentale sur l'alimentation, l'agriculture et les zones rurales de 1999*, les gouvernements successifs s'appuient sur des outils de développement comme le paiement d'aides directes aux agriculteurs des régions défavorisées. Les consommateurs sont également sensibilisés aux critères de l'indépendance alimentaire nationale au travers de nombreux mouvements coopératifs agricoles qui s'efforcent de répondre directement aux besoins des ménages avec des denrées produites au pays, dans le but d'atteindre une autosuffisance de 45% d'ici 2010.

Cet objectif paraît irréalisable puisque plus de 70% des 2 millions agriculteurs du pays, qui cultivent près de 5 millions d'ha de terres dans moins de 3 millions d'exploitations d'à peine 2 ha en moyenne, sont âgés de plus de 55 ans. Les friches se développent (380.000 ha sont en jachère) et les reprises des fermes se font de plus en plus rares. La déprise des terres agricoles a été de 665.000 ha ces 20 dernières années. Les prix sans cesse croissants de la terre et l'essor de la demande urbaine multiplient les cultures maraîchères sur des milliers d'ha en bordure des grandes villes dans l'attente d'opportunités foncières spéculatives. Parallèlement, les mœurs culinaires des consommateurs se modifient au profit des aliments importés en faisant plus de place aux protéines animales.

Dans un pays où la population agricole est plus de 9 millions de personnes (7% du total) sur les 43 millions qui vivent dans des zones rurales, l'agriculture demeure un secteur sensible, protégé et fortement subventionné. Ce secteur ne représente que 5% de l'emploi et 1,3% du PIB, traduisant ainsi la faible productivité de sa main d'œuvre. C'est pourquoi l'aide publique couvre plus de la moitié des revenus des agriculteurs.

Selon les barèmes douaniers japonais, il y a 1 322 produits agricoles importés dont 101 sont soumis à des taxes de plus de 200%. Ces droits élevés sont couplés des mesures de sauvegarde dites "retour aux droits antérieurs" qui augmentent lors des montées subites des importations. Les revenus douaniers et les prix élevés de marché permettent de financer près de 90% des subventions. Celles-ci

sont accordées de manière inégalitaire. Par exemple, les céréaliers reçoivent deux fois plus d'aides que les producteurs de sucre. Outre les apports des secteurs public et privé, les agriculteurs bénéficient également du soutien d'un "troisième secteur", composé de milliers de fondations et entités à but non lucratif, qui intervient dans la gestion des prêts de machines agricoles ou de l'exploitation forestière sous l'égide des collectivités locales.

Déjà, depuis les accords d'Uruguay, le Japon avait augmenté son budget de l'agriculture pour aider davantage ses paysans et contrebalancer l'élargissement de l'accès à son marché, en se servant des clauses de sauvegarde pour réduire la concurrence des importations. Par l'intermédiaire de ses entreprises commerciales d'Etat, le gouvernement assure toujours un contrôle strict des produits importés dans les limites des contingents qu'il fixe et dont il décide de la quantité, de la date de leur mise sur le marché et du prix de revente nettement majoré. Les politiques agro-alimentaires visent essentiellement les produits de base vulnérables, tels que fruits, légumes, riz, soja, lait, ... et encadrent le contingentement de la production, la stabilisation du revenu, les paiements compensatoires, les subventions aux assurances contre les risques et la constitution de réserves.

Principales productions du Japon (million de t)	Parts dans le total des importations agro-alimentaires	Fournisseurs agroalimentaires	Taux d'ausuffisance	Quelques tarifs douaniers (%)
Légumes..... 11,3	Viande.....21,5 %	Etats-Unis..... 26 %	Riz..... 96%	Riz décortiqué ..778
Riz 10,9	Céréales14,1	Chine.....15	Maïs.....20	Arachide.....737
Produits laitiers.... 8,3	Aliments préparés.....14,3	UE..... 11	Blé10	Féculets.....558
Betterave à sucre...4,7	Huiles végétales.....9,5	Australie.....8	Légumes.....83	Beurre.....360
Fruits et noix..... 4,4	Fruits.....8,0	Canada.....6	Fruits.....44	Sucre.....305
Tubercules..... 4,3	Légumes7,8	Thaïlande.....5	Viandes.....53	
Viande..... 3,1	Produits laitiers.....3,1	Indonésie.....4	-bovine..... 44	Sources : Ministère japonais de l'Agriculture et Services économiques de l'Ambassade du Japon en France.
Œufs..... .2,5	Tabac.....6,8	France.....3	-porcine.....50	
Canne à sucre..... 1,2	Autres produits.....14,9	Russie.....3	-volailles.....67	
Blé et orge.....1,1		Autres pays.....19		

Après des décennies de résistance, le Japon accepte d'élaborer progressivement un cadre pour préparer son agriculture à entrer dans la concurrence. Il s'efforce de réduire ses coûts de sa production, qui sont parmi les plus élevés du monde, pour pouvoir faire jouer ses avantages comparatifs et supprimer ultérieurement les subventions. C'est ainsi qu'une loi autorise depuis peu les regroupements des terres pour créer des unités plus grandes et plus rentables, ce qui a abouti à une taille moyenne de 2,1 ha des exploitations, contre 1,4 ha avant 1990. De même, depuis 2003, les entreprises non agricoles sont autorisées à louer et cultiver de nombreuses terres abandonnées par les paysans. Cette réforme foncière qui marque l'avènement de l'agri-management au Japon connaît un certain succès, surtout auprès des restaurateurs qui garantissent la traçabilité de leurs produits. Le relâchement attendu du protectionnisme agricole pousse de nombreux fermiers à se convertir dans le tourisme rural, une activité rentable grâce aux retraités voyageurs dont le nombre augmente sans cesse.

Cependant et en dépit de ses terres cultivables peu étendues et de la petitesse de la taille de ses exploitations qui limite sa productivité, le Japon se trouve parmi les pays les plus performants en termes de rendements de ses cultures. Les agriculteurs japonais sont bien équipés et ont largement recours aux intrants, avec 282 kg d'engrais, plus de 15 kg de produits phytosanitaires en moyenne utilisés à l'ha et 2,2 millions de tracteurs. Les rizières, par exemple, dont le rendement atteint 6,5 t/ha (contre une moyenne mondiale de 4 t/ha), couvrent près de 40% des surfaces utilisées et fournissent un tiers du revenu agricole. Le Japon est ainsi autosuffisant en riz avec, des prix quatre à cinq fois supérieurs aux cours internationaux, dans un marché interdit de fait aux étrangers. De même, le rendement moyen des légumes avoisine 28 t/ha et celui des fruits 15 t/ha, soit plus que les 23 et 10 tonnes qu'obtiennent les agriculteurs français sur ces deux cultures.

Le pays est doté des techniques de production les plus modernes, telles que les usines hydroponiques sans terre et sans soleil, à l'abri des intempéries, dont les produits sont recherchés par ceux qui apprécient l'hygiène clinique de leur culture. Les chercheurs japonais sont présents sur toutes les filières du secteur avec de nombreuses avancées remarquables dans la biotechnologie végétale.

Une nouvelle politique offensive d'approvisionnement agro-alimentaire

Le Japon a fini par intégrer depuis 1998 la conclusion d'accords de libre-échange dans sa nouvelle politique commerciale, tout en étant confronté à l'hostilité de son tout puissant lobby agricole farouchement réticent au commerce libre de produits agricoles. Le nombre de ces initiatives bilatérales et régionales ne cesse d'augmenter, notamment avec Singapour, le Mexique, la Suisse, la Corée du sud, la Thaïlande, la Malaisie, les Philippines, le Laos et d'autres pays de l'ASEAN.

L'engouement pour ces accords bilatéraux avec ses voisins asiatiques vise surtout à éviter la pression d'une hégémonie économique des Chinois qui mènent une stratégie commerciale offensive en Asie pour créer d'ici 2010 une zone de libres échanges dans laquelle les Japonais risquent de se voir isolés. Les entreprises agro-alimentaires japonaises prennent en compte la restructuration de leur industrie qui est soumise aux contraintes locales et influencée par la rareté des ressources. Elles préparent leur intégration dans le jeu d'alliance et de concurrence issues de la nouvelle division internationale du travail.

De 1950 à 1997, le Japon n'avait que très peu investi dans des projets agricoles à l'étranger, avec seulement 3,7 milliards de dollars, soit 0,6% du total de ses 620 milliards d'investissement directs hors de ses frontières. La visibilité de sa "stratégie d'expansion agricole hors-Japon" diminue au fur et à mesure que ses avoirs financiers augmentent et lui permettent des financements transversaux de ses opérations de fusions et acquisitions. Celles-ci sont facilitées notamment par les apports de la puissante et riche diaspora japonaise qui est solidement intégrée dans les économies de nombreux pays d'Asie, d'Amérique du Nord et Latine et qui facilite le rayonnement de l'influence du Japon dans le monde. C'est particulièrement le cas au Brésil où 1 million d'immigrés japonais comptent parmi des entrepreneurs actifs des régions agricoles et gèrent des centaines de milliers d'ha de terres cultivées. Parmi les cinq grandes maisons de commerce japonaises qui organisent les approvisionnements alimentaires du Japon, Mitsui vient de consolider sa base brésilienne, avec un investissement de 200 millions de dollars dans l'infrastructure ferroviaire du pays et en portant de 25 à 40% sa part dans le capital de Multigrain, sa filiale commune avec la brésilienne PMG Trading, qui cultive du soja sur une surface de 100.000 ha.

Déjà, sur la période 1994-2004, le Japon a cumulé une dizaine d'opérations de productions agroalimentaire et forestière au Brésil pour un montant de plus de 250 millions de dollars. Des initiatives semblables illustrent également l'ouverture du marché agricole japonais aux producteurs mexicains avec lesquels 7 accords de production sont signés en une décennie avec un investissement direct total de 200 millions de dollars. Près de 20% des importations agricoles du Japon proviennent ainsi des pays latino-américains.

La genèse de relations économiques avec l'Afrique

L'offensive économique du Japon en direction de ce continent paraissait jusqu'ici marginale et passait par ses pactes de coopération technico-humanitaire pour des développements à petite échelle, comme la création en Tunisie d'un centre de recherche en agronomie ou le financement de 50 oasis pour économiser l'eau d'irrigation. La présence japonaise en Afrique sera désormais nettement plus marquée avec l'octroi de prêts qui vont doubler dans les cinq prochaines années. Déjà en 2006, les pays d'Afrique subsaharienne avaient reçu 2,7 milliards de dollars d'aides du Japon au travers d'un système de coopération qui assurait la coordination entre les entreprises publiques et privées. Le Japon multiplie ainsi ses liens avec l'Afrique.

Parmi les projets agricoles du Japon à destination des Africains, le riz garde une place symbolique et fait partie d'un programme spécifique intitulé NERICA (*New Rices for Africa*) qui prévoit d'inclure une technologies de pointe pour plusieurs cultures de base (manioc, maïs, mil, sorgho, ...) et accroître ainsi la productivité des petites exploitations africaines.

La signature de deux protocoles d'investissements dans l'agriculture égyptienne en 2006 pour acheter des terres bonifiées et cultiver des légumes destinés à l'exportation, avec une usine clé en main pour

le traitement de ces légumes, est une illustration de cette nouvelle stratégie qui vise à élever le Japon au rang de principal partenaire de l'Égypte. Des études sont ainsi engagées dans l'installation d'énergie renouvelable, de manutention et de transport terrestre et maritime pour faciliter les exportations. Attiré par la position stratégique de l'Égypte entre l'Europe, l'Afrique et l'Asie, les Japonais y financent déjà plusieurs projets d'assistance technique et d'aménagement de l'infrastructure (Pont du canal de Suez, Opéra du Caire, hôpitaux,...). En 2007, près de 13 millions d'euros avaient été investis pour des prises de participations dans le capital des entreprises égyptiennes, dont près de 10% dans celles du secteur agricole.

La capacité technologique et financière du Japon lui permet de mener simultanément des négociations semblables sur les vastes terres récupérables de l'Afrique du Sud avec des systèmes d'irrigation et d'amélioration des variétés de cultures. Les Japonais renforcent également leur présence sur les terres turques en raison de l'importance des marchés de ce pays et ses possibilités d'exportations vers l'Europe.

La recherche de partenariats en Afrique du Nord et au Moyen Orient montre la volonté du Japon de dépasser la simple protection de ses paysans et même la réduction de sa dépendance alimentaire pour utiliser la force de sa monnaie et sa capacité technologique afin d'étendre ses bases de production à l'extérieur.

Le secteur de la pêche et d'aquaculture se délocalise aussi. Les innovations technologiques avant-gardistes dans ce domaine (navires-usines, balises sous marines profondes, récifs artificiels, ...) n'ont pas suffi pour empêcher les délocalisations vers des côtes aux coûts de production moindres, d'abord vers la Chine ou le Vietnam, puis vers les côtes plus éloignées, notamment africaines. De plus en plus d'entreprises se transforment en importateurs d'aliments de mer en s'installant dans des zones de pêche lointaines comme celles du Maroc et de la Mauritanie, deux pays avec lesquels le Japon a récemment signé des accords d'échanges et de coopérations pour le développement des infrastructures de transports maritimes et des industries de traitement des produits de la mer.

Certes sa balance alimentaire continue à se dégrader (plus de 40 milliards de dollars en 2004) et c'est souvent le lot des pays développés qui privilégient les échanges internationaux. Mais c'est la prospérité globale des industries et services du Japon qui autorise cette situation de déséquilibre. Cela n'exclut par la recherche de solutions pour rendre plus diversifiées et plus performantes ses filières agro-alimentaires nationales.

Les nouveaux programmes agricoles du Japon ont pour objectif à la fois une meilleure productivité de son agriculture et une stratégie offensive à l'international. Bien que la production agricole nationale ne soit pas négligeable, le Japon compte de plus en plus sur sa politique de diversification des sources d'approvisionnement. Celle-ci s'intensifie à l'aide d'une organisation centrée sur une coordination publique-privée entre les grandes maisons de commerce (*sogo shocha*), les multinationales agro-alimentaires et le gouvernement qui conduit une politique d'échanges mutuels et conclut des accords de coopération pour le développement international.

La réussite des politiques d'approvisionnement alimentaire du Japon réside donc dans la sécurisation de ses ressources propres et dans la consolidation d'un "hors Japon". Celle-ci passe par une utilisation optimum de terres sises "outre-mer" (estimées déjà à 12 millions d'ha), pour produire et rapatrier au pays en toutes sécurités, des matières premières brutes. Ces dernières sont soit traitées dans les usines nationales, soit transformées "à la japonaise" sur les lieux de culture puis exportées vers le Japon.

Quelques ouvrages à lire

Nourrir l'humanité. Les grands problèmes de l'agriculture mondiale au XXIe siècle
Bruno Parmentier, Ed. La Découverte, 2009.

Le Monde a faim

Philippe Chalmin, Ed. Bourin, 2009.

L'avenir de l'eau. Petit précis de mondialisation II

Erik Orsenna, Ed. Fayard, 2008.

Qui va nourrir le monde ? Pour une nouvelle révolution agricole

Michel Barnier, Ed. Acropole, 2008.

Les nouvelles ruralités à l'horizon 2030

Olivier Mora (coordinateur), Ed. Quae, 2008.

Agriculture durable & Nouvelle révolution verte

Gérard Kafadaroff, Ed. Le Publieur, 2008.

Planète alimentaire - L'Agriculture française face au chaos mondial

Gérard Le Puill, Ed. Pascal Galodé, 2008.

Une politique mondiale pour nourrir le monde

Ouvrage collectif dirigé par Edgard Pisani, Ed. Springer, 2007.

Nourrir la planète

Michel Griffon, Ed. Odile Jacob, 2006.

Nourrir 9 milliards d'hommes

Gérard Gherzi, Ed. ADPF, 2006.

L'Agriculture de demain. Gagnants et perdants de la mondialisation

Pierre Rainelli, Ed. Le Félin, 2007.

La régulation des marchés agricoles internationaux. Un enjeu décisif pour le développement

Jean-Marc Boussard et Hélène Delorme, Ed. L'Harmattan, 2007.

L'alimentation dans le monde - mieux nourrir la planète

Jean-Paul Charvet, Ed. Larousse, 2e édition 2007.

L'Agriculture mondialisée

Jean-Pail Charvet, Ed. Documentation française, 2007.

Agriculture, environnement et territoires. Quatre scénarios à l'horizon 2025

Xavier Poux (Coordination), Ed. Documentation française, 2006.

Libéraliser l'agriculture mondiale ? Théories, modèles, réalité

Jean-Marc Boussard, Ed. CIRAD, 2005.

Les grandes heures de l'agriculture mondiale. Espoirs, succès et menaces

André Neveu, Ed. L'Harmattan, 2005.

Nourrir l'humanité. Espoirs et inquiétudes

Joseph Klatzmann, Ed. Economica, 1999.