

# La protection des cultures dans une agriculture durable

SERGE SAVARY ET PAUL S. TENG



En cette fin du xx<sup>e</sup> siècle, l'agriculture mondiale est confrontée à un conflit dont l'enjeu est considérable pour l'avenir des sociétés humaines : il oppose une demande croissante de produits alimentaires à une offre que les limites et les dégradations des ressources naturelles restreignent. D'une part, la population mondiale croît encore rapidement, essentiellement dans le tiers monde, même si le rythme de cette croissance se ralentit progressivement. D'après l'ONU, les villes des actuels pays en développement compteront 3,6 milliards d'habitants en 2020, soit 77,4% de la population urbaine mondiale et 44,6% de

Figure 1. L'agriculture mondiale est confrontée à la nécessité de produire plus pour répondre à la croissance démographique ; mais elle doit pour ce faire réduire le recours aux moyens de production non renouvelables (engrais synthétiques, pesticides, carburants). En particulier, dans de nombreux pays, l'application d'insecticides sur les cultures irriguées de riz (ici aux Philippines) est sans justification économique. Elle est même dangereuse pour les agro-écosystèmes, parce qu'à l'origine de la destruction des ennemis naturels des ravageurs. (Cliché IRRI)

la population totale, alors qu'elles en représentaient en 1990 respectivement 61,2 et 26,1%. En d'autres termes, non seulement la production

agricole devra demain subvenir aux besoins d'une population rurale croissante, mais elle devra aussi couvrir ceux d'une population urbaine en explosion. D'autre part, les réserves en surfaces cultivables diminuent rapidement, en raison même de l'accroissement démographique. Un milliard et demi d'hectares sont cultivés aujourd'hui<sup>(1)</sup>. Selon les estimations de la Banque mondiale, en maintenant les rendements égaux à ce qu'ils sont aujourd'hui, il faudrait mettre en culture deux milliards d'hectares supplémentaires en 2020 et trois milliards d'hectares en 2050 pour assurer l'alimentation de la population mondiale<sup>(2)</sup>.

Quant au total des terres éventuellement disponibles pour une production agricole, il est estimé à quatre milliards d'hectares<sup>(2)</sup>. Mais les nouvelles terres à mettre en culture sont pour l'essentiel, dans le monde tropical, des sols peu profonds, souvent en pente, facilement érodables et épuisables, qui sont actuellement principalement couverts de forêts. Il y a ainsi conflit, dans le monde tropical, entre la mise en culture de nouvelles terres et la conservation du patrimoine forestier.

Le problème est donc de grande ampleur : il s'agit d'accroître la production globale, en mettant nécessairement à contribution des terres fragiles pendant une durée indéterminée. Les scénarios démographiques sont si variables<sup>(2)</sup> qu'il est impossible de chiffrer cette échelle de temps. Or ce problème est accentué par la nécessité de réduire le recours aux moyens de production non renouvelables (engrais, carburants) ou susceptibles, comme les pesticides, d'altérer le niveau de production des agro-écosystèmes et sa régularité dans le temps en modifiant l'équilibre des populations de ravageurs et de micro-organismes pathogènes (fig. 1). Dans les pays développés comme dans les pays en développement, le « paradigme chimiothérapeutique » qui régnait après la Seconde Guerre a constitué jusqu'à ces dernières années le fondement d'une réponse à l'obsession des restrictions alimentaires<sup>(3)</sup> : les produits de l'industrie chimique apportaient des solutions rapides, générales, et surtout simples aux problèmes de protection des cultures. Le « printemps silencieux » (*Silent Spring*), publié en 1962 par la biologiste américaine Rachel Carson (1907-1964), marqua le premier signe d'une inquiétude quant à la nocivité des pesticides<sup>(4)</sup>. Depuis, nombreuses sont les études qui ont abordé les effets de l'emploi de pesticides agricoles sur la santé et l'environnement<sup>(5)</sup>. Elles reconnaissent unanimement le profit tiré chaque année de l'emploi de pesticides ; à l'échelle mondiale, il s'élève à plusieurs milliards de dol-

lars. Mais elles indiquent aussi que des coûts importants sont associés à leur utilisation. Aux États-Unis, ces coûts, dus notamment aux empoisonnements chez l'homme, chez les animaux domestiques, aux contaminations alimentaires et à divers impacts sur l'environnement (pollution des sols et des nappes phréatiques, effets secondaires sur les organismes non visés et réduction de la biodiversité, destruction des ennemis spontanés des ravageurs, apparition de souches de parasites et de ravageurs résistantes aux pesticides) ont été estimés par David Pimentel et ses collègues de l'université Cornell, à New York, à 955 millions de dollars par an<sup>(5)</sup>. En France, une étude statistique publiée en 1992 par des épidémiologistes de l'hôpital de Besançon, Jean-François Viel et S.T. Richardson, conclut à une augmentation significative du nombre de cancers du rein et du pancréas chez les agriculteurs ayant été exposés régulièrement aux pesticides<sup>(6)</sup>. Dans les pays en développement, les estimations sont rares, et très incomplètes (voir « Les pesticides et le tiers monde » dans *La Recherche* d'avril 1986). L'enquête effectuée en 1987 par M.E. Loevinsohn, en collaboration avec l'IRRI (Institut international de recherches sur le riz) et la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)<sup>(7)</sup>, chez les agriculteurs philippins, et celle plus récente de A.C. Pola et P.L. Pingali, de l'IRRI<sup>(8)</sup>, constituent de rares exemples d'analyses précises des risques de santé associés à l'usage des pesticides par les populations rurales. Elles ont mis en évidence un accroissement des affections oculaires et cutanées, des troubles respiratoires, cardiaques et gastro-intestinaux, des troubles neurologiques et des affections du sang chez les personnes utilisant des pesticides agricoles.

Afin de contribuer à la stabilité et à la productivité des agro-écosystèmes, les techniques de protection des cultures doivent répondre à un certain nombre de critères. En premier lieu figure évidemment leur capacité à sauvegarder les

ressources, humaines et naturelles, des milieux agricoles. On parle souvent, pour désigner cette capacité, de protection « intégrée » des cultures (*Integrated pest management* en anglais) : elle rassemble des démarches anti-ravageurs respectueuses des ressources naturelles et une utilisation « raisonnée » des pesticides synthétiques (voir « Vers une agriculture intégrée » dans le supplément Agronomie de *La Recherche*, décembre 1990). Englobant cette notion de lutte intégrée, le concept d'« agriculture durable » (*Sustainable agriculture*) affirme que la pérennité de la production agricole dépend du maintien et de l'entretien des ressources dont elle dépend, la notion de ressources étant prise au sens le plus général possible : les sols et leurs nutriments, les réserves d'eau, la diversité génétique des écosystèmes et des cultures qu'ils renferment, et les populations rurales. La « durabilité » d'un agro-écosystème peut être définie comme un équilibre entre les intrants (engrais, pesticides, carburants) et la production (voir l'encadré 2). Cet équilibre est dynamique : un agro-écosystème devient plus ou moins durable, c'est-à-dire capable d'être productif au long terme. Ce concept implique la définition de nouveaux critères d'évaluation des composants des agro-écosystèmes. Une classification des sols fondée sur la notion de « fertilité » ne suffit plus ; il est nécessaire de prendre en considération la résistance des sols à l'érosion, en fonction des couverts végétaux et des pratiques culturales. De la même manière, l'évaluation des méthodes de protection des cultures selon leur coût et leur efficacité devient insuffisante ; il faut envisager leur viabilité, par exemple la durée de la résistance des variétés aux ravageurs, leur impact sur les organismes non visés par ces techniques, dans les conditions où elles sont mises en œuvre. La notion d'agriculture durable ne fournit pas des solutions immédiates, mais un canevas facilitant la résolution des problèmes que posent les interactions entre les différents composants des

systèmes complexes que sont les agro-écosystèmes. Afin d'illustrer cette idée, nous avons choisi cinq exemples de stratégies de protection des cultures contre les ravageurs caractérisant des régions écologiques aussi différentes que possible et situés à des niveaux très divers d'intensification agronomique (voir les exemples 1 à 5). Ce processus d'intensification peut se résumer à une série d'étapes successives apportant chacune de nouvelles technologies dans le système de production pour accroître son efficacité.

## Produire plus en tentant de dégrader moins

L'évolution des systèmes de production agricole constitue un processus par nature discontinu : de nouvelles pratiques culturales sont testées, mises en œuvre, puis intégrées chacune à leur tour, par étapes successives. Les systèmes de production que nous connaissons aujourd'hui résultent ainsi pour une très large part des efforts de l'« agriculteur-chercheur » : les essais successifs effectués par les agriculteurs durant plusieurs millénaires (voir l'exemple 1). Nous reviendrons sur ce point. Un rôle essentiel de la recherche agronomique moderne, depuis un siècle, a été d'accélérer ce processus de tri et d'évaluation, face aux demandes souvenant pressantes de l'instant (voir « A quoi sert la recherche en agronomie ? » dans le supplément Agronomie de *La Recherche*, décembre 1990).

Ainsi, après la Seconde Guerre mondiale, au moment où la protection des cultures était fortement influencée par le paradigme chimiothérapeutique, la « Révolution Verte » s'est appuyée sur l'emploi de pesticides pour assurer la pleine expression des potentialités des nouvelles variétés qu'elle engendrait. Néan-

moins, l'étude effectuée en 1987 par P.E. Kenmore et ses collègues de l'IRRI chez les agriculteurs philippins montre que l'emploi de pesticides a précédé, et non pas suivi, l'adoption des variétés à haut rendement<sup>(9)</sup>; autrement dit, ces agriculteurs avaient commencé à utiliser des pesticides avant d'être touchés par la Révolution Verte, ce qui souligne la capacité d'adoption indépendante de nouvelles techniques par les agriculteurs des pays en développement. Une analyse plus fine, à l'échelle de la province suggère cependant que les deux processus se sont plus tard renforcés réciproquement.

Actuellement, en réponse à la demande démographique croissante, nombreux sont les pays en développement, en particulier l'Inde, la Chine, le Nigéria ou le Brésil, qui envisagent une intensification des systèmes de production. Chacune des étapes de l'intensification agricole provoque une variation du risque phytosanitaire lié aux ravageurs. La production d'arachide en Afrique de l'Ouest l'illustre bien (voir l'exemple 2). Dans la zone soudano-guinéenne, l'Institut des savanes (Côte-d'Ivoire) et le Centre international de recherches en agronomie pour le développement ont proposé un « itinéraire » d'intensification<sup>(10)</sup> : un désherbage mécanique ou manuel régulier, un accroissement de la densité de semis et celui de l'apport d'engrais synthétiques. Or ces mesures entraînent un accroissement sensible des pertes de rendement attribuables aux maladies foliaires de l'arachide, en particulier les maladies fongiques telles que les cercosporioses et la rouille de l'arachide. Cet accroissement est, en fait, plus rapide que celui des rendements eux-mêmes, si bien que l'intensification ne peut être envisagée sans mesures de protection complémentaires, notamment des traitements fongicides<sup>(11)</sup>. Depuis la Révolution Verte, l'utilisation de plus en plus massive d'insecticides à large spectre a été à l'origine de l'explosion des populations de cicadelle brune du riz (*Nilaparvata lugens*) dans plusieurs pays du Sud-Est asiatique dans

SERGE SAVARY est phytopathologiste à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (Orstom), et attaché scientifique à l'Institut international de recherches sur le riz (IRRI), à Manille, aux Philippines. PAUL S. TENG, professeur de phytopathologie, est coordinateur pour la recherche sur la lutte intégrée à l'IRRI.

- (1) G.C. Wilken, *Sustainable agriculture is the solution, but what is the problem?*, BIFADEC, Occasional Paper 14, 1991.
- (2) D.H. Meadows et al., *Beyond the limits. Global collapse, or a sustainable future*, Earthscan, 1992.
- (3) J.C. Zadoks, *Netherlands J. Plant Pathol.*, 97, 3, 1991.
- (4) R.L. Carson, *Silent Spring*, Fawcett World Library, Crest Book, 1962.
- (5) D. Pimentel et al., in *CRC handbook of pest management in agriculture*, vol. 1, 2<sup>e</sup> éd., CRC Press, 1991.
- (6) J.F. Viel et S.T. Richardson, *Soc. Sci. Med.*, 37, 1993.
- (7) M.E. Loevinsohn, *The Lancet*, 1, 1359, 1987.

les années 1970. En effet, les prédateurs naturels de la cicadelle sont plus sensibles à ces pesticides que le ravageur lui-même et sont détruits par les traitements. La solution est simple : ne pas traiter. Des expérimentations conduites aux Philippines, en Indonésie et en Thaïlande dans le cadre du Programme Inter-Etats de la FAO pour la lutte intégrée,

courcissement des rotations de pomme de terre (l'augmentation de l'indice de culture) dans les régions andines du Pérou n'est pas envisageable sans un contrôle extrêmement strict des populations de certains nématodes (*Globodera pallida* et *G. rostochiensis*) à l'aide de nématicides coûteux<sup>(13)</sup>. De même, l'IRRI a montré qu'une modifi-

## Comparer les systèmes de protection des cultures

Il est possible d'évaluer l'efficacité et la durabilité des différentes techniques de protection des cultures, comme celles qui sont mises en œuvre aux Philippines, en Afrique de l'Ouest, au Vietnam et aux Etats-Unis (voir le tableau). Nous avons proposé pour cela d'utiliser deux groupes d'indicateurs<sup>(28)</sup> : d'une part, des caractéristiques qui permettent de décrire sommairement les situations de production, et en particulier, leur niveau d'intensification ; d'autre part, des indicateurs reflétant le degré d'utilisation et les performances des techniques de protection des cultures.

INDICES	Système traditionnel à base de riz (Philippines)	Système maïs-riz (Afrique de l'Ouest)	Système coton-maïs-arachide (Afrique de l'Ouest)	Blé monoculture-arachide (Centre-Ouest Etats-Unis)	Betterave (Centre-Ouest Etats-Unis)	Riz dans le delta du Mékong (Vietnam)
Indice de culture (1=faible,3=fort)	1	0,5	2	2	1	3
Homogénéité de culture (1=faible,3=fort)	1	1,5	2	3	3	3
Utilisation de produits agrochimiques (0-3)	0,5	0,5	1,5	1,5	3	3
Infrastructures (0-3)	0,5	0,5	2	3	3	3
Services	0,5	0,5	2	3	3	3
<b>Total</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>9,5</b>	<b>12,5</b>	<b>13</b>	<b>15</b>
<b>TECHNIQUES DE PROTECTION DES CULTURES</b>						
Résistance de la plante-hôte	1 - 3	0,5 - 1	1,5 - 1,5	3 - 3	3 - 1	2 - 1
Pesticides	0,5 - 0,5	0 - -	2,5 - 1,5	0,5 - 0,5	3 - 0,5	3 - 1
Pratiques culturales	3 - 3	1,5 - 2	2 - 1,5	0,5 - 0,5	1 - 1	1 - 0,5
Antagonistes naturels - lutte biologique	1 - 3	1 - 2	0,5 - 0,5	0 - 0	0 - 0	1 - 1
Pratiques traditionnelles/rituelles	3 - 1	3 - 1	2 - 1	0 - 0	0 - 0	1 - 1
<b>Total</b>	<b>8,5 - 10,5</b>	<b>5,5 - 6</b>	<b>8,5 - 6</b>	<b>4 - 4</b>	<b>7 - 2,5</b>	<b>8 - 4,5</b>

\* Le premier chiffre indique l'importance et la fréquence d'utilisation, le second est une mesure d'efficacité des techniques.

contre les ravageurs du riz, ont amplement montré que, dans la presque totalité des cas, ces traitements n'ont, au mieux, aucun effet sur les populations de ravageurs ; les mécanismes de régulation spontanés par les prédateurs suffisent en soi pour assurer un contrôle de ces populations et les rendements obtenus sont au moins aussi bons si aucun insecticide n'est appliqué<sup>(12)</sup>.

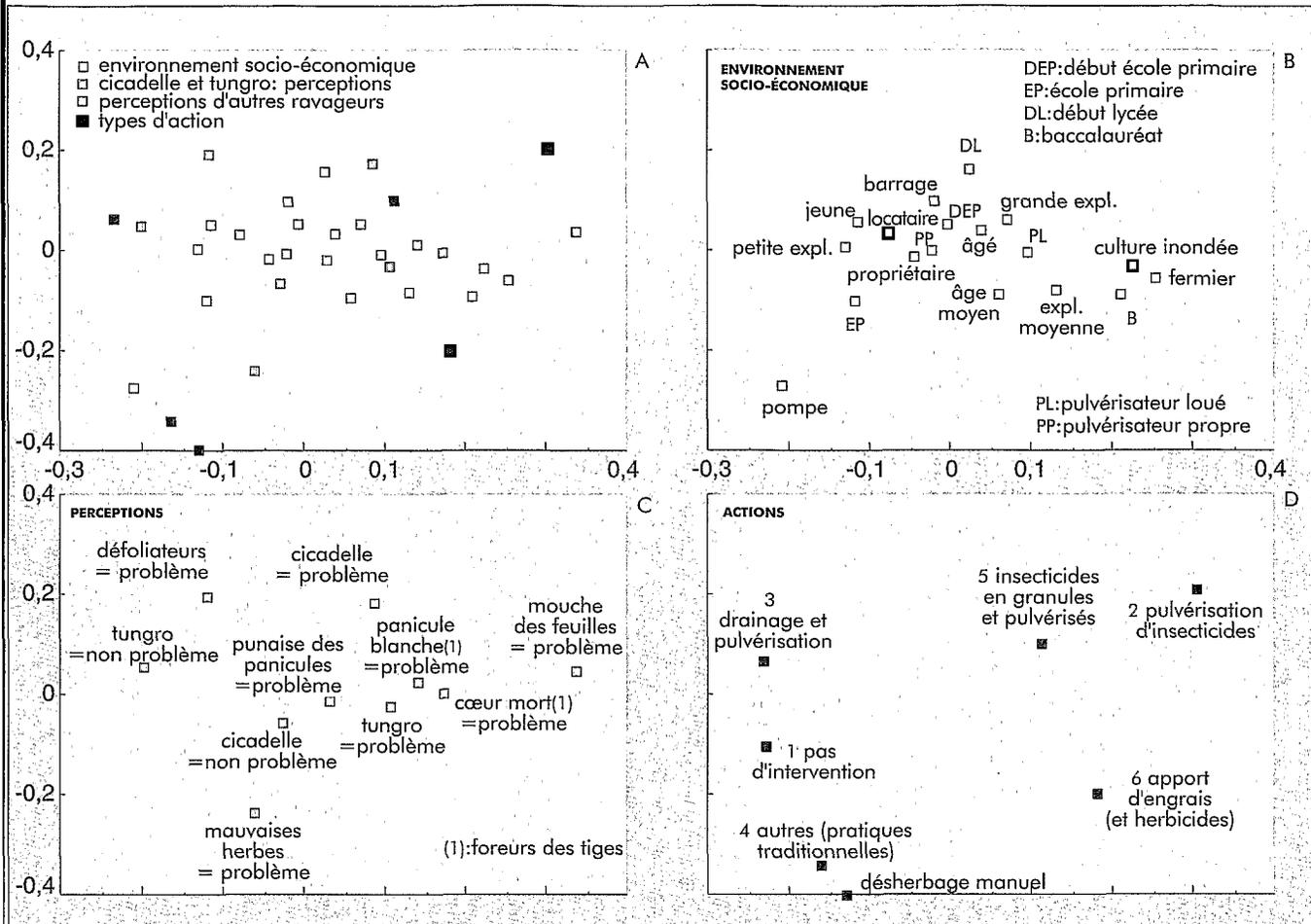
Il existe, malheureusement, assez peu d'études abordant dans son intégralité — c'est-à-dire prenant en compte la dégradation de l'écosystème et les effets sur la santé humaine — le risque lié au processus d'intensification des systèmes de culture. Les effets propres de certains facteurs d'intensification ont cependant fait l'objet d'études détaillées. Par exemple, la rac-

tion des apports azotés en riziculture est associée à un changement, parfois radical, des espèces de ravageurs qui l'affectent avec, par exemple, la multiplication des bactéries *Xanthomonas oryzae*, causes du flétrissement bactérien du riz<sup>(14)</sup>. Pour les deux principales cultures vivrières du monde, le blé et le riz, l'intensification se fonde sur de nouvelles variétés dont l'indice de récolte (le rapport entre la biomasse récoltée et la biomasse totale produite au cours d'un cycle culturale) est élevé. Ces variétés à paille courte sont capables de produire des rendements élevés grâce à des apports importants d'engrais, notamment azotés. La fumure accroît fortement le contenu en azote des plantes qui, petites, sont plus proches des sources de

importance-efficacité. La somme des différents indices permet de comparer les situations de production, d'une part, et les systèmes de protection contre les ravageurs, d'autre part. Le tableau indique, de gauche à droite, un gradient d'intensification parmi les systèmes de production. Il indique aussi une dégradation concomitante des performances des techniques de protection des cultures dans ces différents systèmes de production (le rapport importance-efficacité passe de 8,5-10,5 à 8-4,5). Nous pensons que ce type d'indicateurs pourrait être utile pour rendre opérationnel le concept de protection durable des cultures, pour évaluer les techniques de gestion des ravageurs actuelles, et pour en élaborer de nouvelles.

pathogènes (le champignon *Rhizoctonia solani*, notamment) hébergés dans le sol. La propagation des agents pathogènes est ainsi facilitée. De plus, ces cultures denses constituent des habitats souvent favorables au développement des maladies<sup>(15)</sup>. Pour mesurer les pertes de récoltes occasionnées par un ensemble de maladies, d'insectes et de mauvaises herbes du riz, à différents niveaux de production, l'IRRI et l'Orstom

collaborent actuellement à l'établissement d'une base de données expérimentale. Elle est fondée sur des expériences successives, dans lesquelles différentes combinaisons de composants des pratiques culturales (rendement potentiel des variétés, apport d'engrais, gestion de l'irrigation, mode de mise en culture), et différents ravageurs sont impliqués tour à tour. A mesure que le niveau de rendement accessible aug-



(8) A.C. Rola et P.L. Pingali, *Pesticides, rice, productivity and Farmers' health*, IRRI, World Resources Institute, Los Baños, Philippines, 1993.  
 (9) P.E. Kenmore et al., in J. Tait et B. Napompeth (eds), *Management of pests and pesticides: farmers' perceptions and practices*, Westview Press, 1987.  
 (10) J.P. Busnardo, *Projet de recherche sur la culture de l'arachide en Côte-d'Ivoire*, Institut des Savanes/IRAT-CIRAD, DSP N°3, Montpellier, 1986.  
 (11) S. Savary et F. Brissot, *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent*, 55, 253, 1990.  
 (12) P.E. Kenmore, in *World food production by means of sustainable agriculture: the role of crop protection*, Ciba Foundation Symposium 177, John Wiley & Sons Ltd, 1993.  
 (13) E.H. Glass et H.D. Thurston, *BioScience*, 28, 109, 1978.  
 (14) A.P.K. Reddy et al., *Phytopathology*, 69, 970, 1979.  
 (15) R.J. Cook et R.J. Veseth, *Wheat Health Management*, American Phytopathological Society, 1991.  
 (16) W.E. Fry et al., *Ann. Rev. Phytopathol.*, 30, 107, 1992.  
 (17) R. Rabbinge et al. (eds), *Simulation and systems management in crop protection*, Pudoc, 1989.  
 (18) H.D. Thurston, *Sustainable practices for plant disease management in traditional farming systems*, Westview Press, 1992.

mente grâce à l'intensification des pratiques culturales, la variabilité des rendements réels entre parcelles s'accroît. Dans le cas du riz, les pertes de récoltes faibles à modérées sont, généralement, associées à des rendements accessibles bas ou moyens. En revanche, lorsque les rendements accessibles sont élevés (forte intensification), deux grands types de situations émergent : soit les pertes de rendement sont faibles ou négligeables, soit elles sont très fortes. En pratique, parmi la gamme extrêmement large des ravageurs qui affectent le riz irrigué en Asie du Sud et du Sud-Est, le « tungro », une maladie virale transmise par la cicadelle verte (*Nephotettix* spp.), constitue en soi un risque considérable (voir l'encadré 1). Un autre risque, dont le niveau va croissant avec le rendement accessible de la culture, et en particulier, avec un apport d'azote élevé, est constitué par le flétrissement des gaines causé par le champignon du sol *Rhizoctonia solani*.

Figure 2. Les perceptions des agriculteurs sont un déterminant essentiel de leurs décisions en matière de protection des cultures. Aux Philippines, dans la plaine centrale de Luzon, les agriculteurs perçoivent les pertes associées aux ravageurs d'une manière qui est liée à l'environnement socio-économique et aux conditions techniques de production. Le graphique A illustre la répartition, sur un plan imaginaire, de différentes données représentées par les autres graphiques (B, C et D) et obtenues lors d'une enquête menée par l'un des auteurs. Sont projetées les données relatives, en B, à l'environnement socio-économique, en C, aux perceptions des agriculteurs vis-à-vis des ravageurs et des pathogènes (la cicadelle, un insecte, le tungro, une maladie virale, et d'autres agents) et en D, aux actions de protection du riz à mener. On voit, par exemple, que l'absence d'intervention phytosanitaire correspond à la perception d'un risque nul ou faible (à gauche de C et D) et qu'en revanche la pulvérisation d'insecticides n'a lieu que pour lutter contre la mouche des feuilles (à droite). Par ailleurs, la formation de base par l'éducation semble jouer peu dans l'élaboration de ces perceptions, et dans le processus de décision qui conduit, par exemple, à utiliser un insecticide.

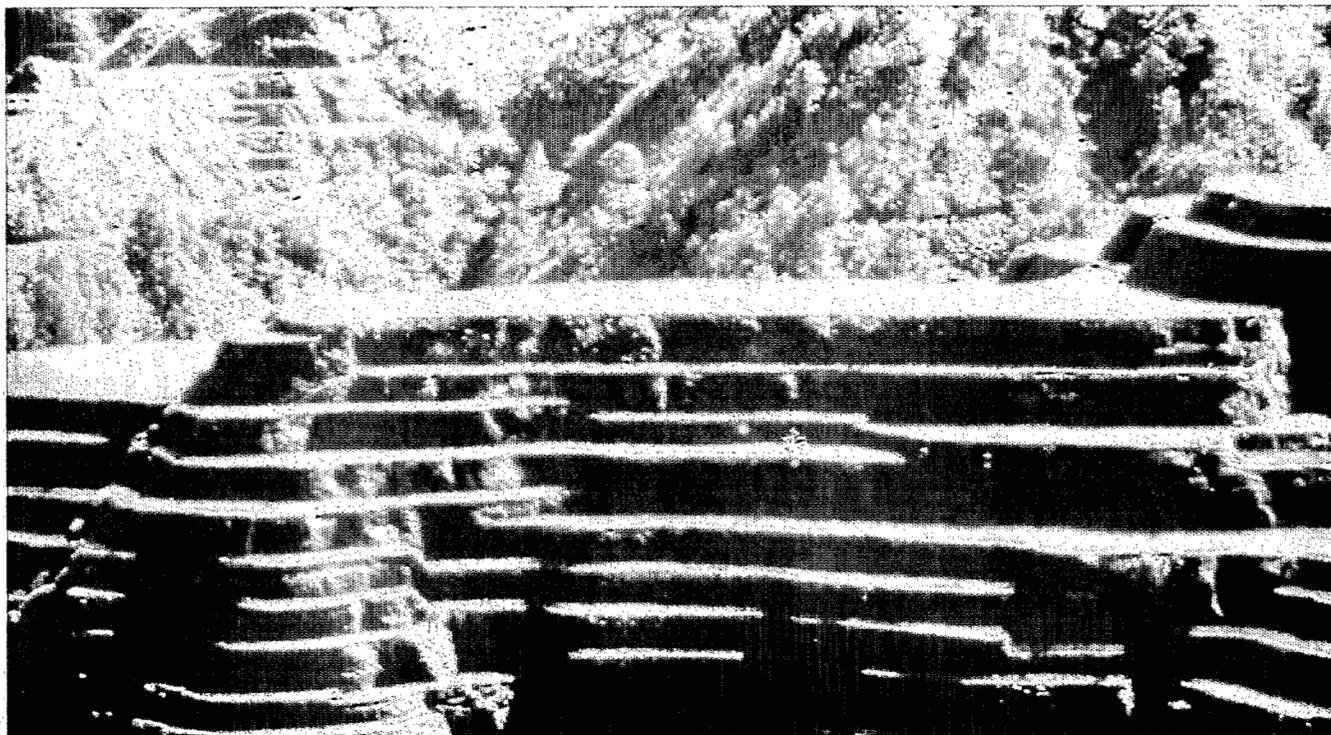
Plus généralement, pour protéger les cultures tout en contribuant à accroître la « durabilité » des systèmes de production, trois voies de recherche peuvent être signalées : les techniques de détection précoce des ravageurs, les méthodes de traitement de l'information et la modélisation, et enfin l'optimisation des stratégies de gestion des ravageurs selon le contexte agronomique. Pour faciliter la détection pré-

coce des maladies des plantes, des « immuno-essais » analysent les épidémies à l'échelle moléculaire, en mettant en œuvre des anticorps polyclonaux et monoclonaux ainsi que des sondes d'ADN. Ainsi, dans le cas du mildiou de la pomme de terre, ces techniques ont permis de comprendre les déterminismes génétiques associés à une épidémie à l'échelle continentale<sup>(10)</sup> : un afflux massif du parasite (*Phytophthora infestans*) a eu lieu en Europe à

la fin des années 1970, en provenance du Mexique, sans doute avec une cargaison de pommes de terre infectées. Cet événement ponctuel correspondait à l'arrivée en Europe de nouvelles souches du parasite. Ces dernières, plus agressives, résistantes au fongicide jusque-là utilisé, et formant des structures (des « œufs ») de résistance aux conditions hivernales, ont remplacé les anciennes souches. Des phénomènes similaires semblent, depuis, s'être produits en Amérique du Sud et en Extrême-Orient.

En outre, depuis plus de vingt ans, des avancées considérables ont été faites pour modéliser et simuler l'évolution des populations de ravageurs et leur impact sur la production agricole<sup>(17)</sup>. Des modèles mathématiques permettent aujourd'hui de simuler numériquement l'évolution dans le temps ou dans l'espace des populations d'insectes ravageurs et d'agents pathogènes de nombreuses plantes cultivées. Cette modélisation vise

# UNE INTENSIFICATION VARIABLE



## 1 • LA CULTURE DU RIZ AUX PHILIPPINES

Il existe encore ça et là dans l'archipel des Philippines des systèmes traditionnels de culture du riz, comme celui des terrasses de Banawe, véritable monument national pour ce pays (voir la photographie). Les méthodes de contrôle des ravageurs y sont essentiellement prophylactiques, avec souvent un effet indirect : les cultures sont groupées dans le cours d'une saison, réduisant ainsi le risque de propagation des parasites et ravageurs entre les cultures successives. Le système de culture fait appel à une forte diversité génétique, aussi bien interspécifique (le riz est cultivé en association avec d'autres plantes), qu'intraspécifique (souvent, différentes variétés sont semées dans la même parcelle). Cette diversité contribue probablement à réduire la vulnérabilité du système vis-à-vis du plus grand nombre de ses ravageurs. Elle se traduit de diverses manières dans l'espace : des mosaïques dont les unités sont constituées par différentes variétés de riz

dans une même parcelle ou dans des parcelles voisines ; des bordures (souvent du taro) entourant les champs, ou encore des cultures en association. Des pesticides ou des produits répulsifs d'origine indigène, provenant par exemple des cendres des foyers ménagers simplement épandues dans les champs, sont parfois utilisés. Le maintien de populations spontanées d'ennemis des ravageurs est favorisé par la diversité du milieu et l'absence d'application de produits chimiques à forte rémanence. En fin de saison, des pièges mécaniques sont utilisés contre les rats ou les oiseaux. Parmi ces pratiques, des rituels traditionnels jouent un rôle avant tout social, mais peuvent contribuer indirectement à la protection de la culture. Par exemple, l'enfumage des champs grâce à un combustible contenant des agents répulsifs naturels est associé aux rites religieux. Ce système traditionnel n'a presque aucun accès aux infrastructures et aux services d'une agriculture intensive. Il se caractérise par un contrôle des populations de ravageurs fondé sur des antagonistes naturels. Cette

pratique est probablement associée aux traditions orales qui interdisent la destruction délibérée des différentes formes de vie dans les champs. Les agriculteurs sont, par ailleurs, parfaitement conscients du rôle que joue tout un ensemble d'espèces de batraciens, de reptiles, d'oiseaux et d'insectes dans le contrôle de certains insectes ravageurs ; ceux-ci (ou les dégâts qu'ils occasionnent) ont leur propre dénomination dans les différentes langues locales — c'est le cas des foreurs des tiges et des insectes défoliateurs — de même que beaucoup de leurs ennemis naturels. Ainsi, la notion de stabilité, et de vulnérabilité, de ce système vis-à-vis de ses ravageurs doit être rapportée aux perceptions des agriculteurs : les ravageurs du riz sont considérés comme partie intégrante de l'agroécosystème, et des pertes de rendement de 20 % sont perçues comme « normales ». Ce système donne toutes les apparences d'un système durable. Il s'agit, en fait, d'une relique, incompatible avec la pression démographique actuelle. (Cliché IRR)

## 2 • LE SYSTÈME TRADITIONNEL DE CULTURE DES SAVANES HUMIDES EN AFRIQUE DE L'OUEST

L'arachide constitue un composant important de certains systèmes traditionnels de production dans les régions humides d'Afrique de l'Ouest. Sa culture est mise en place après des périodes de jachère très longues, sur brûlis, souvent dans le cadre d'une rotation avec du maïs et du riz pluvial. L'élevage assure une fumure organique généralement suffisante pour le maintien de la fertilité des sols. Là, comme dans l'exemple philippin, les infrastructures et les services sont extrêmement limités. Le contrôle des ravageurs ne dépend que d'un certain niveau de résistance des cultures. La valeur intrinsèque de ces variétés traditionnelles — leur vigueur et leur résistance partielle aux ravageurs — n'est pas, pour l'essentiel, mesurable et donc reconnue par les agriculteurs. Les pratiques culturales incluent des opérations, telles que le brûlis ou

le travail du sol (sarclage), qui ont pour objectif essentiel de réduire l'enherbement. Dans ce système, comme beaucoup d'autres apparentés, le désherbage peut représenter jusqu'à 50% du temps de travail<sup>(24)</sup>. Les maladies foliaires (photographie A) représentent un frein majeur pour toute tentative d'intensification de la production d'arachide (graphique B). A partir d'un mode de conduite traditionnel (1), un contrôle accru des mauvaises herbes par des herbicides (2), un accroissement de la densité de semis (3), et un apport d'engrais (4) sont successivement introduits. Tandis que les rendements des cultures protégées d'une manière systématique avec des fongicides (barres claires) progressent régulièrement, ceux des cultures non protégées (barres foncées) plafonnent. Ce processus d'intensification, en étapes successives, ne peut aboutir à un système « durable ».

que s'il incorpore progressivement des stratégies de protection des cultures appropriées. Tout autre a été l'introduction du coton dans ce système au cours de la période coloniale. Le rôle prépondérant pris par cette culture d'exportation, ainsi que l'accroissement de la pression démographique, ont entraîné son intensification : les périodes de jachère ont été fortement raccourcies, l'indice de culture (nombre de parcelles cultivées) s'est accru, l'emploi d'engrais synthétiques est devenu systématique. L'homogénéité des cultures y est plus grande. Les insecticides et les herbicides sont davantage employés, et des infrastructures et des services sont mis en place. Le nouveau système est associé à un niveau plus élevé de résistance spécifique aux insectes et aux maladies (en particulier pour le maïs avec des variétés améliorées), aux dépens des mécanismes de régulation

spontanés. La mécanisation des opérations de travail du sol contribue sans doute également à la limitation de certaines espèces de ravageurs. Mais la durée nécessaire à la restauration de la fertilité des sols, la dépendance du système vis-à-vis de la culture d'exportation, exposée aux aléas d'un marché mondial difficile, constituent des hypothèques pour ce système de production. (Cliché S. Savary)

### 3 • LA PRODUCTION DE LA BETTERAVE À SUCRE AUX ÉTATS-UNIS

Cette zone de culture correspond essentiellement à la vallée de la Red River, dans le Minnesota et le Dakota du Nord. Il s'agit d'une monoculture, avec une utilisation intensive d'intrants, en particulier de fongicides contre la cercosporiose, maladie de la betterave due au champignon *Cercospora beticola*. Dans les années 1970, des variétés de betterave à haut rendement, relativement peu résistantes à la maladie, étaient cultivées sous une couverture fongicide essentiellement constituée de benzimidazoles. En 1981, une épidémie sérieuse, responsable de pertes de rendement de l'ordre de 50%, eut lieu en raison de l'établissement de souches résistantes à ce fongicide, et s'est traduite par un échec généralisé de cette tactique chimique de protection<sup>(25)</sup>. Cet exemple classique, lié à une trop forte dépendance vis-à-vis d'un seul composant de la gestion culturale, a donné l'impulsion nécessaire à la recherche de solutions dites « intégrées » : le contrôle des parasites se fonde maintenant sur l'emploi de variétés à rendement modérément élevé, sur l'utilisation de fongicides non systémiques (agissant sur une partie de la plante), dont l'application est guidée par un système d'avertissement climatique, sur un suivi régulier des cultures et une meilleure connaissance des relations entre les dégâts et les pertes de récoltes<sup>(26)</sup>.

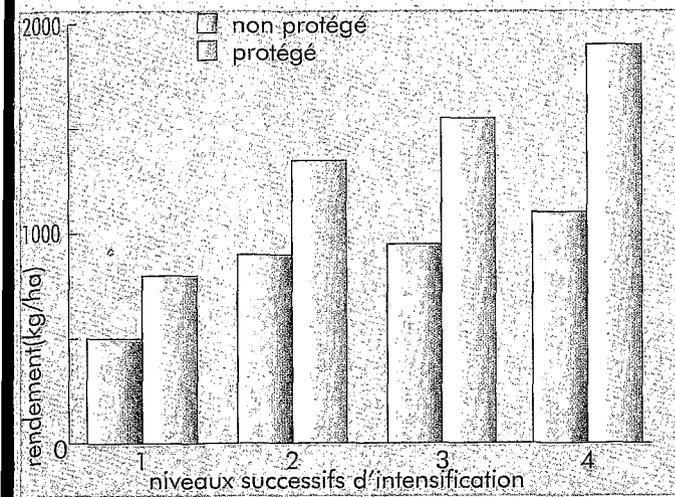
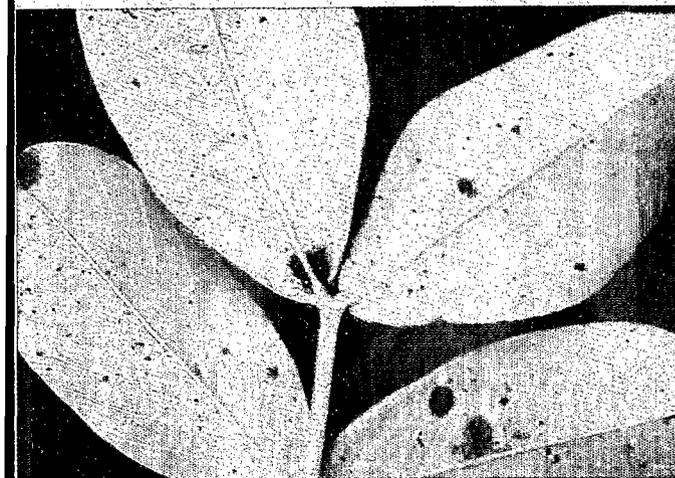
### 4 • LA CULTURE INTENSIVE DU RIZ EN ASIE

C'est un système intensif et spécialisé dont l'objectif économique diffère de l'exemple précédent puisqu'il s'agit d'une culture vivrière. Le delta du Mékong, au Vietnam, est sans doute l'une des zones d'Asie du Sud-Est les plus caractéristiques de cette monoculture. Jusqu'à trois cycles de culture sont effectués chaque année, sous un régime intensif d'engrais et de pesticides synthétiques. Des explosions de populations de cicadelles brunes y provoquent régulièrement des pertes de rendement importantes. Depuis 1986, ces attaques vont croissant, parallèlement à l'accroissement de l'utilisation d'insecticides à large spectre. Dans ce système, l'utilisation de fongicides, destinés au contrôle de la pyriculariose, maladie due au champignon *Pyricularia oryzae*, et du flétrissement des gaines, dû au champignon du sol *Rhizoctonia solani*, est courante<sup>(27)</sup>. Depuis peu, un syndrome de jaunissement des feuilles, dont la cause est encore inconnue, affecte des milliers d'hectares. Les premiers résultats acquis par l'IRRI suggèrent un déséquilibre de la nutrition minérale provoqué par une fumure trop riche en azote.

### 5 • LA CULTURE EXTENSIVE DU BLÉ AUX ÉTATS-UNIS

Ce système présente certains aspects d'intensification : peu de rotations culturales, apport régulier d'engrais synthétiques. Mais presque aucun pesticide n'est employé, et la protection des cultures — surtout vis-à-vis des rouilles des céréales — dépend essentiellement de l'emploi de variétés résistantes. Cette dépendance presque exclusive s'est sans doute, jusqu'ici, avérée efficace du fait du renouvellement constant des gènes de résistance aux maladies et de la mise sur le marché régulière de nouvelles variétés. Il s'agit donc d'une agriculture dans laquelle la stratégie de gestion des ravageurs est simplifiée.

(19) P.S. Teng, A situation analysis of plant protection systems in West and Central Africa, Consultant's Report to the Plant Protection Service, FAO, Rome, 1985.  
 (20) C.C. Mundt et L.S. Brophy, Phytopathology, 78, 1087, 1988.  
 (21) S. Savary, Netherlands J. Plant Pathol., Suppl. 3, 181, 1993.  
 (22) M. Upton, in World food production by means of sustainable agriculture : the role of crop protection, Ciba Foundation Symposium 177, John Wiley & Sons Ltd, 1993.  
 (23) P.S. Teng et K.L. Heong (eds), Pesticide management and integrated pest management in Southeast Asia, Consortium for International Crop Protection, College Park, 1988.  
 (24) P. Milleville, in J. Claude et al. (eds), Un espace sahélien : la mare d'Oursi, éditions de l'Orstom, 1992.  
 (25) W.W. Shane et P.S. Teng, Plant Disease, 76, 812, 1992.  
 (26) W.W. Shane et al., North Dakota Farm Research, 43, 3, 1992.  
 (27) N.N. Thuy et D. van Thieu, « Status of integrated pest management programme in Vietnam », in P.A.C. Ooi et al. (eds), Integrated pest management in the Asia-Pacific Region, CAB International/Asian Development Bank, 1992.  
 (28) P.S. Teng et S. Savary, in World food production by means of sustainable agriculture : the role of crop protection, Ciba Foundation Symposium 177, John Wiley & Sons Ltd, 1993.



## Un concept à multiples facettes

Il existe un nombre impressionnant de définitions des termes « durable » et « durable ». Cette diversité reflète celle des approches d'un problème très complexe<sup>(2)</sup> : assurer la sécurité alimentaire pour tous, tout en réduisant les impacts de la production sur l'environnement et sur l'homme. En outre, le concept d'agriculture durable contient en lui-même ses propres contradictions. Il y a, d'abord, des conflits de durée : les activités liées à la production agricole couvrent une année ou une période culturale ; la conservation des ressources nécessaires à cette production ne peut s'envisager qu'en termes de décennies, puisque c'est approximativement le délai de renouvellement de la plupart des ressources agricoles ; le concept de durabilité, lui, implique en principe une limite de temps indéfinie. Il y a, ensuite, conflits d'objectifs entre les catégories sociales impliquées : nombreux sont les gouvernements du tiers monde pour lesquels la croissance de la production constitue une priorité nationale ; cette priorité porte le plus souvent à la fois sur des productions visant les marchés nationaux et la couverture des besoins alimentaires, et sur des productions destinées à l'exportation. Mais l'accent mis dans certains cas sur celles-ci aux dépens des cultures vivrières, dans des conditions de « non-durabilité », peut pénaliser les consommateurs du pays producteur. A l'inverse, dans les pays développés, le souci de protection de l'environnement s'oppose parfois aux objectifs de productivité, puisque celle-ci est liée à l'usage des ressources non renouvelables (engrais, pesticides et carburants). Enfin, bien que l'agriculture durable soit censée accroître, dans le long terme, la stabilité des agroécosystèmes, les systèmes durables de production agricole nécessitent un grand raffinement de mise au point et d'adaptation à des situations spécifiques de production. Leur gestion, marquée avant tout par des préoccupations de long terme, manque alors de souplesse dans le court terme, où leur mise en œuvre peut impliquer d'accepter des risques. C'est le cas lorsqu'un agriculteur accepte de ne pas utiliser préventivement des pesticides en tablant sur l'intervention d'antagonistes spontanés des ravageurs, ou lorsqu'une variété possédant une résistance partielle à une maladie est cultivée.

à la fois des objectifs fondamentaux, les mécanismes impliqués dans les dynamiques parasitaires, mais aussi des objectifs appliqués, la protection à l'échelle du champ, dans le cadre d'une saison, et la protection à l'échelle régionale, dans le cadre des saisons à venir. Les modèles contribuent également à l'amélioration des techniques de gestion des ravageurs, par exemple en tant que support à l'amélioration de la résistance des plantes aux maladies<sup>(17)</sup>. Par exemple, l'augmentation de la diversité des variétés dans l'espace constitue en soi un exemple de retour vers les stratégies de contrôle des ravageurs utilisées dans les systèmes agricoles traditionnels. Grâce à la modélisation, l'adoption de méthodes dérivées de pratiques traditionnelles peut être évaluée de manière systématique<sup>(18)</sup>. Parallèlement, la gestion des ravageurs bénéficie d'efforts considérables pour accroître l'efficacité des pesticides, et réduire leur impact sur les organismes non visés. Tandis que les pesticides de la première génération étaient appliqués par kilogrammes de produit actif à large spectre à l'hectare, les plus récents s'appliquent en grammes de produit par hectare, avec un spectre précis<sup>(3)</sup>. Aussi, notre opinion est que le rejet systématique des pesticides en tant qu'instrument de contrôle des populations de ravageurs est injustifié car ils peuvent renforcer d'autres outils, ou intervenir comme dernier recours lors de situations désespérées. Comment les agriculteurs devraient-ils être impliqués dans l'élaboration des systèmes durables de protection des cultures ? Un paradigme récent de la recherche agronomique consiste à reprendre en compte l'importance de l'« agriculteur-chercheur », qui teste par son travail même les systèmes culturaux, et à l'impliquer dans l'amélioration, ou l'adaptation du système qu'il utilise déjà, dans un environnement qu'il connaît. Le Programme Inter-Etats de la FAO pour la lutte intégrée contre les ravageurs du riz est fondé sur ce princi-

pe<sup>(1)</sup>. En Indonésie, son succès est fondé sur une implication directe des agriculteurs dans l'élaboration et la mise en œuvre de tactiques de contrôle des ravageurs du riz. L'accent est mis sur la nature des ravageurs (par exemple, la cicadelle brune) — et non sur les dégâts qu'ils sont susceptibles d'occasionner (une brûlure des feuilles et le flétrissement des plants) —, ainsi que sur leurs antagonistes spontanés (des arachnides, en particulier). L'usage de pesticides n'est envisagé qu'en ultime recours, dans les rares cas où les mécanismes naturels de régulation des populations de ravageurs ne sont pas susceptibles d'enrayer leur explosion. Tous les éléments de la gestion de la culture — sa croissance, les pratiques culturales, le choix des variétés — et de la gestion des ravageurs — leur nature, leurs antagonistes, les éventuels traitements — font l'objet de discussions en groupes (« des écoles villageoises ») où des agriculteurs initiés par d'autres agriculteurs aux principes de la lutte intégrée mènent les débats, et conduisent, avec leurs collègues, des expérimentations dans les rizières. Chaque session aboutit à la formation de nouveaux formateurs. Cette démarche en cascade ne peut, naturellement, se faire sans l'appui des autorités locales. Il s'agit là d'une entreprise majeure concernant plusieurs centaines de milliers de personnes, et ce projet n'a pas rencontré un succès équivalent dans d'autres pays d'Asie du Sud-Est, où les infrastructures locales d'appui à l'agriculture sont moins fortes. Tandis que la plupart des pays d'Asie du Sud et du Sud-Est bénéficient de services de protection des cultures relativement bien développés, et où les concepts de lutte intégrée sont généralement acceptés, il en va bien autrement dans d'autres pays tropicaux, spécialement en Afrique centrale et de l'Ouest, où ces services sont extrêmement faibles, voire inexistant<sup>(19)</sup>. Un contexte particulièrement favorable à l'éclosion et au développement de systèmes de protection intégrée pourrait être celui où, d'une part, les agriculteurs seraient en

mesure de prendre eux-mêmes des décisions tactiques (en cours de cycle cultural) concernant leur exploitation — ce qui implique un accès à l'information, aux techniques et aux financements —, tandis que les services d'appui viendraient en aide aux communautés agricoles, au moyen d'avertissements météorologiques, par exemple, pour formuler des décisions stratégiques. Ces dernières concerneraient en particulier la lutte contre les ravageurs migrants, tels que la cicadelle brune du riz ou les rouilles des céréales, et porteraient par exemple sur les dates de mise en place des cultures, les types de variétés à déployer et leurs caractéristiques de résistance<sup>(20)</sup> ou sur les pesticides qui devraient être stockés en cas de situation d'urgence. Les décisions des agriculteurs ne peuvent pas s'expliquer sans prendre en considération le contexte socio-économique dans lequel elles sont prises. Ainsi en Asie, l'emploi des insecticides sur le riz est lié à la valeur rassurante que leur attribuent les agriculteurs. L'un d'entre nous (S.S.) a analysé les perceptions des agriculteurs de la plaine centrale de Luzon, aux Philippines, en matière de protection de leurs cultures de riz<sup>(21)</sup>. L'analyse montre que les perceptions, puis les actions, très diverses, des agriculteurs vis-à-vis des problèmes phytosanitaires peuvent être associées aux profils socio-économiques, et au contexte technique des exploitations (fig. 2). Les lois du marché pourraient-elles constituer un arbitre entre systèmes durables et systèmes purement intensifs, fondés sur les seuls critères économiques<sup>(22)</sup> ? L'attitude des consommateurs dans les pays développés en faveur de produits agricoles provenant de systèmes durables — et donc en principe de qualité — peut, par exemple, infléchir les modes de production. Mais, pris isolément, ces mécanismes de régulation par le marché seraient probablement trop lents pour empêcher une fraction considérable des ressources naturelles agricoles d'être détruites avant qu'un effet significatif soit percep-

# L'indispensable conservation de la diversité génétique

ENTRETIEN AVEC MICHEL CHAUVET ET MARIANNE LEFORT



tible<sup>(2)</sup>. En outre, l'accès récent de nombreux pays d'Amérique latine et d'Asie au marché des pesticides, et l'établissement par certains gouvernements de pays en développement de priorités absolues à la production sont sources de dégradations des ressources agricoles<sup>(23)</sup> : les pesticides sont alors très rapidement incorporés dans les systèmes de production, sans accompagnement adéquat des infrastructures agricoles susceptibles de limiter leurs effets néfastes sur l'écosystème. Enfin, les usines de production de pesticides constituent, souvent, le fer de lance d'une industrie agrochimique naissante ; la prise de conscience des risques à moyen terme d'une agriculture non durable et de ceux, à très court terme, d'accidents technologiques majeurs d'usines chimiques, comme celui de Bhopal (Inde) en décembre 1984 (pollution par du méthyl isocyanate, trois mille cinq cents morts, deux cent mille personnes intoxiquées), n'ont pas jusqu'à maintenant infléchi réellement les politiques agricoles de développement dans le sens d'un plus grand respect de l'environnement. Les lois du marché ne mènent donc guère à une agriculture durable. Des politiques permettant de réelles alternatives demeurent à inventer. ■

## POUR EN SAVOIR PLUS

- *World food production by means of sustainable agriculture: The role of crop protection*, Ciba Foundation Symposium 177, John Wiley & Sons Ltd, 1993.
- R. Rabbinge et al. (eds), *Simulation and systems management in crop protection*, Pudoc, Wageningen, 1989.
- D.H. Meadows et al., *Beyond the limits. Global collapse, or a sustainable future*, Earthscan, 1992.
- FAO, *Agriculture: horizon 2010*, Rome, 1993.
- R. Netting, *Smallholders, households: farm families and the ecology of intensive, sustainable agriculture*, Stanford University Press, 1993.
- A. Rérat, *Production alimentaire mondiale et environnement. Notre avenir en jeu*, Technique et Documentation, Paris, 1994.
- S. Savary (sous la dir. de), *Approches de la pathologie des cultures tropicales*, Karthala-Orstom, 1991.

**La Recherche :** Depuis plusieurs décennies, le nombre de plantes cultivées et de races animales exploitées ainsi que la diversité génétique au sein des espèces diminuent.

Quelles sont les conséquences de cette perte de diversité biologique pour l'agriculture ?

**Marianne Lefort :** Il est vrai que le succès même de l'intensification de l'agriculture a entraîné et entraîne encore une homogénéisation des productions animales et végétales et la sous-exploitation, voire souvent la disparition, de variétés locales qui étaient le fruit d'une longue évolution. Ainsi, le nombre d'espèces cultivées

diminue car les plantes économiquement les plus importantes sont aussi celles qui sont le plus étudiées. Parallèlement, la diversité des variétés d'une même espèce diminue car elles tendent à s'aligner sur quelques grands types correspondant aux contraintes du marché. Et la variabilité génétique au sein des variétés se réduit également avec leur remplacement progressif par des lignées pures, des hybrides ou des clones.

**Michel Chauvet :** Aujourd'hui, les systèmes agricoles sont très performants, ce qui est une bonne chose, mais ils sont plus fragiles car l'uniformité des espèces et des variétés exploitées ne permet pas de

répondre à un nouveau type de parasites ou de pathogènes. Il faut donc s'organiser de façon à pouvoir « injecter » très rapidement de la diversité génétique dans le système lorsque le besoin s'en fait sentir, en présence d'un ravageur, par exemple. Les exemples de catastrophes agricoles dues à l'étroitesse de la base génétique des plantes cultivées sont nombreux : mildiou de la pomme de terre en 1846, en Irlande, épidémie d'helminthosporiose (due à un champignon) en 1970 aux Etats-Unis, qui a dévasté les hybrides de maïs dérivés d'une unique variété du Texas, phylloxéra de la vigne en Europe à la fin du siècle

MICHEL CHAUVET est chercheur au Bureau des ressources génétiques (BRG), à Paris.  
MARIANNE LEFORT est directrice du BRG depuis fin 1993.

L'agriculture de demain: produire sans détruire?

LA

# RECHERCHE

LA DIVISION CELLULAIRE • LE NÉOLITHIQUE DE PALESTINE  
LES DIAMANTS • LA GÉOMÉTRIE SYMPLECTIQUE • L'ATOME AU GOULAG



## LE CŒUR DES COMETES

ISSN 0029-5671  
CANADA: 6,50 \$  
BELGIQUE: 277 FB  
ESPAGNE: 800 Ptas  
MIL: 3500  
TURQUIE: 35 Lira  
MAROC: 35 Dirhams  
SUISSE: 11,50 Sfr

MENSUEL N° 271 DECEMBRE 1994 • 38 FRANCS

PM 28

- 2 MARS 1995

ORSTOM Fonds Documentaire

N° 41.113 ex 1

Cote B