

Vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement ?

La dynamique de la production de techniques agricoles plus écologiques en France

Sylvie Bonny

On a beaucoup dénoncé certains effets néfastes de l'agriculture industrielle sur l'environnement. Le modèle agricole qui s'est mis en place en France dans les décennies d'après 1945 est en effet caractérisé sur le plan technique par un nouveau matériel génétique amélioré, ce qui a souvent réduit le nombre d'espèces et de races utilisées. Certains se sont inquiétés, par exemple, de la diminution de la diversité génétique et de la disparition de races animales ou de variétés végétales adaptées à des conditions locales, et ont regretté que les espèces rustiques aient laissé la place à des races ou variétés nécessitant davantage d'intrants pour exprimer leur potentiel. Par ailleurs, l'utilisation d'engrais et de pesticides chimiques a entraîné des pollutions, tandis que la mécanisation a eu parfois des effets néfastes sur certains sols (tassement par des engins trop lourds) et a nécessité l'agrandissement des parcelles. Cela a abouti au remembrement, à la disparition de beaucoup de haies, talus, chemins creux, d'où un appauvrissement des paysages et de la faune et flore sauvages.

Ce modèle de production, que l'on qualifie souvent de « productiviste », visait à assurer une forte production et à aug-

menter la productivité de la terre et du travail qui était généralement fort basse auparavant. Il s'est caractérisé par la concentration de la production, l'intensification et la spécialisation des exploitations, la dissociation de la culture et de l'élevage, avec des effets environnementaux parfois négatifs : non-utilisation et gaspillage des sous-produits, pollution par les déjections animales en certaines zones et par les engrais en d'autres, désertification de certaines régions au profit d'autres à productions trop intensives, etc. Ce modèle a entraîné aussi un certain appauvrissement des cultures paysannes et de la relation à la nature. Toutefois, il serait erroné de penser que seule l'agriculture moderne peut avoir des impacts défavorables sur l'environnement : ce fut aussi le cas de certaines formes d'agriculture ancienne ([1] et encadré 1).

La réduction des pollutions d'origine agricole a beaucoup été étudiée sous l'angle des mesures économiques à prendre (taxations, incitations, etc.). De nombreuses publications ont déjà été consacrées à cet aspect que nous ne reprendrons pas dans ce texte. Mais il est aussi souhaitable d'attaquer le problème à sa racine et d'examiner si on peut produire des techniques agricoles plus respectueuses de l'environnement. On les considérera ici essentiellement sous l'angle de la réduction des pollutions, en particulier de celles liées à l'emploi des intrants (engrais et pesticides notamment) qui peuvent être

nocifs pour le milieu naturel et la santé humaine. On ne prendra pas en considération l'impact des techniques agricoles sur l'entretien de la nature et du territoire qui nécessiterait des recherches supplémentaires.

On se propose d'étudier dans le domaine mentionné la dynamique en cours eu égard aux différents acteurs. Les techniques utilisées en agriculture trouvent leur origine dans les savoir-faire paysans, les firmes de l'agrofourniture, la recherche agronomique publique et les instituts techniques. La genèse de technologies nouvelles et l'orientation du progrès technique au XX^e siècle ont généralement été analysées par les économistes à travers deux grands types de facteurs : d'une part la pression exercée par les avancées scientifiques et techniques, d'autre part l'influence de la demande [2]. D'autres auteurs ont insisté également sur le rôle du coût relatif des facteurs de production. Mais comme l'ont souligné les sociologues de l'innovation, il faut surtout raisonner en termes d'interactions réciproques entre science, technique et société [3, 4].

Comment s'est donc faite et se fait la genèse de techniques agricoles plus respectueuses de l'environnement ? Nous rappellerons le processus de prise de conscience de certains impacts environnementaux négatifs de l'agriculture, puis les mesures prises par les pouvoirs publics, pour analyser ensuite l'évolution des recherches publiques et, enfin, la stratégie des firmes de l'agrofourniture.

S. Bonny : Inra-ESR, 75850 Grignon, France.

Tirés à part : S. Bonny

Élaboration de la prise de conscience

L'analyse des mécanismes de genèse et de production technologique rappelée brièvement ci-dessus s'applique bien à celles des techniques plus respectueuses de l'environnement. En effet, l'évolution des sciences et des techniques a permis de prendre conscience et de mesurer certains effets néfastes des pollutions d'origine agricole qui, révélées à l'ensemble de la communauté scientifique, aux décideurs et au grand public, ont induit progressivement une pression croissante en faveur d'une agriculture plus « propre ». On s'est dès lors orienté vers des techniques agricoles plus respectueuses de l'environnement : meilleure adaptation des apports d'intrants aux besoins des plantes et des animaux (ce qui évite les fuites dans l'environnement), à la protection des

cultures, à l'alimentation animale, plantes résistant aux maladies nécessitant moins de traitements, etc. La prise de conscience de certains effets négatifs des techniques agricoles s'est traduite par une pression sociale accrue, d'abord de la part de groupes isolés, ensuite plus large, puis par des mesures réglementaires. Mais toute cette évolution a été lente et souvent conflictuelle.

Les préoccupations écologiques des années 60, liées entre autres à la diffusion de certains ouvrages alertant sur les pollutions (encadré 1), se sont renforcées dans les années 70 avec la première conférence internationale sur l'environnement à Stockholm en 1972. Par ailleurs, en 1973-1974, le premier choc pétrolier a amené à se préoccuper des consommations de l'agriculture en énergie fossile, d'autant plus que, dans un article qui eut une grande répercussion, Pimentel montrait que, avec la modernisation de sa culture, il fallait de plus en plus d'énergie fossile pour obtenir un quintal de maïs et

que le rendement énergétique des productions (c'est-à-dire le rapport *output* en énergie alimentaire/*input* en énergie fossile) diminuait [5]. Cela fut un important facteur de prise de conscience de certaines limites écologiques du modèle agricole occidental [6-9].

Vinrent ensuite les préoccupations concernant la teneur en nitrates des eaux de boisson. En 1976, un « inventaire de la qualité des eaux superficielles » réalisé par le ministère de l'Environnement et du Cadre de vie mettait en évidence la pollution des eaux de surface. En 1980, le rapport du groupe de travail « activités agricoles et qualité des eaux » fit apparaître une tendance à la dégradation de cette dernière, liée à l'accroissement des teneurs en composés azotés et phosphatés, et proposait diverses mesures : campagnes de sensibilisation, recherches à entreprendre [10].

L'agriculture biologique a joué un rôle particulier dans cette dynamique. Elle exclut l'emploi des engrais et pesticides

Encadré 1.

Prise de conscience des effets environnementaux négatifs de certaines pratiques agricoles : quelques aspects historiques

La prise de conscience des effets environnementaux négatifs de certaines techniques agricoles ne date pas d'aujourd'hui, même si ce n'est que très récemment qu'elle s'est généralisée. Il faut noter que des techniques traditionnelles, voire très anciennes, peuvent causer de graves dommages à l'environnement. Ainsi, pour pratiquer l'agriculture, la déforestation a détruit la forêt méditerranéenne entre 1000 et 200 ans avant notre ère en Méditerranée, tandis que le surpâturage a détérioré certains sols depuis longtemps. Plus près de nous, la mise en culture des plaines herbeuses du *Middle West* américain a provoqué, à la fin des années 20, une forte érosion des sols (phénomène de « *dust bowl* »). Au XIX^e siècle, on a commencé à utiliser divers produits chimiques pour lutter contre les parasites des plantes (cuivre, sels d'arsenic et soufre comme fongicides, en particulier pour les vignes, extraits de plantes contre les insectes). On constata, dès le début du XX^e siècle, la présence de résidus toxiques dans les aliments et certains produits furent prohibés. Ainsi, la loi du 1^{er} août 1905 interdit et réprime la vente d'aliments nuisibles à la santé. En 1938, P. Müller (prix Nobel 1948) découvre les propriétés insecticides du DDT. Ce produit a connu un succès spectaculaire mais, par la suite, on se rendit compte de certains de ses effets négatifs [6], notamment de la concentration de ses résidus au

sein des pyramides alimentaires, de sorte que les carnivores en fin de chaîne en présentaient des taux très élevés [19]. Par ailleurs, des souches de parasites résistant aux pesticides apparurent. L'emploi des produits phytosanitaires fut dès lors fortement réglementé.

En 1962, dans son ouvrage *Silent spring* qui eut un grand retentissement, la biologiste américaine Rachel Carson alerta le monde sur les dangers des pesticides. Son ouvrage fut traduit en français dès 1963. Jean Dorst publia en 1965 *Avant que nature ne meure* tandis que le livre de Barry Commoner, *Science and survival*, publié en 1963 aux États-Unis, parut en français en 1969 sous le titre *Quelle terre laisserons-nous à nos enfants ?* Le grand public commença à s'intéresser à ce sujet et, dans divers milieux, des polémiques opposèrent partisans du « chimique » ou du « biologique ». Mais l'intérêt pour les méthodes de lutte biologique en agriculture est ancien chez certains scientifiques : dès 1948, fut créée une Commission internationale de lutte biologique et, en 1956, fut fondée l'Organisation internationale de lutte biologique (OILB). Par ailleurs, au début des années 70, une publication des Communautés européennes analysait déjà l'impact des pratiques agricoles modernes sur l'environnement [20].

Awareness of certain farming practices' negative environmental effects: a few mile-stones

chimiques et propose une série de techniques pour les remplacer : compost, rotations culturales, désherbage mécanique ou manuel, associations de cultures [11]. Elle a eu et a une grande importance en tant qu'élément de questionnement et de contre-proposition qui est apparu très tôt (dès les années 30 en Allemagne et en Suisse, 40 en Grande-Bretagne et à la fin des années 50 en France) et qui a été repris ensuite par le courant écologiste comme contre-modèle. Mais ses rapports avec la recherche agronomique n'ont pas été très bons et son extension en France est restée limitée à environ 3 000 agriculteurs biologiques dans les années 70 et 80 (soit moins de 1 % des exploitations et des surfaces). Toutefois, sa reconnaissance sociale s'est nettement élargie depuis quelques années.

Les préoccupations environnementales concernant l'agriculture se sont accentuées à partir de 1990 et sont passées de la marginalité à une reconnaissance assez largement partagée. Les médias ont beaucoup contribué à cette évolution. En août-septembre 1989, le mensuel consumériste *50 millions de consommateurs* proposa un article sur « les champions de la pollution verte ». En janvier 1990 le magazine *Que choisir* publia un dossier sur « la pollution cachée » où il présentait, notamment, les résultats d'analyses de l'eau effectuées dans 42 villes [12]. Le bilan faisait apparaître « une forte progression des nitrates, une présence de plus en plus inquiétante des pesticides et de produits chlorés ». Ce dossier fut largement repris par les journaux et la radio. Le 20 février 1990, lors d'une conférence de presse, le secrétaire d'État à l'Environnement accusa les agriculteurs de porter une responsabilité essentielle dans l'aggravation de la pollution des eaux, ce qui suscita une très grande émotion dans les milieux professionnels agricoles. En réponse, d'autres acteurs soulignèrent au contraire que « les agriculteurs sont les premiers écologistes de notre société » et que l'agriculture était loin d'être la seule responsable de la pollution des eaux. *Que choisir* publia un nouvel article en avril 1990, insistant sur le fait que le problème des engrais et des nitrates dans les eaux ne devait pas escamoter celui des pesticides « qui empoisonnent aussi notre eau ». Les associations écologistes ont également joué un rôle non négligeable dans la prise de conscience des pollutions d'origine agricole, mais en France leur impact est

demeuré beaucoup plus limité que dans les pays anglo-saxons, en raison notamment d'un nombre d'adhérents nettement plus faible.

Cet enchaînement de prises de conscience a conduit à des pressions auprès des décideurs pour l'édictation de diverses mesures, mais qui se sont souvent heurtées à la position défensive de l'agrofourmiture ou de la profession agricole. Les pouvoirs publics ont élaboré des réglementations et des normes qui sont notamment importantes pour les pesticides soumis à des dossiers d'homologation. De leur côté, les recherches se sont orientées vers la mise au point de techniques agricoles plus respectueuses de l'environnement.

Mais toute cette évolution a été lente, progressive et contradictoire, faisant l'objet de très vives controverses. Ainsi, en ce qui concerne les pollutions dues à certains pesticides, les firmes agrochimiques insistent sur l'importance des pertes de rendement en l'absence de traitement et soulignent la nécessité de l'usage des produits phytosanitaires face aux problèmes alimentaires mondiaux. L'*European Crop Protection Association* a, par exemple, commandité récemment une vaste étude à un universitaire allemand qui évalue à 55 % les pertes actuelles de la production de riz dans le monde en raison des maladies, des parasites et des mauvaises herbes ; sans protection des cultures, les pertes s'élèveraient à 83 % de la production [13]. On fait remarquer également qu'il faut mettre en balance les vies humaines sauvées par l'éradication de la malaria (ou autres maladies) dans un certain nombre de régions face aux risques des pesticides. Les firmes agrochimiques insistent aussi sur les dangers des carcinogènes naturels présents dans divers aliments et qui, selon certains, pourraient être souvent plus toxiques que les pesticides commercialisés soumis à homologation. L'inventaire national de la qualité alimentaire en France réalisé par le ministère de l'Environnement [14] mit ainsi en évidence que certains aliments, à la suite de mauvaises conditions de conservation, contiennent des substances toxiques d'origine naturelle (les mycotoxines) produites par des moisissures ; les pommes abîmées de fin de marché avaient alors, par exemple, souvent une teneur importante de patuline. Pour Ames, de l'Université de Californie, 99,99 % des pesticides ingérés par l'homme sont naturels : ce sont les plantes qui les produisent en

se protégeant des champignons, insectes et autres prédateurs ; or, on a rarement testé l'effet cancérigène de ces pesticides naturels [15]. Dans un article classant les produits cancérigènes chez le rat, son équipe note que beaucoup sont naturels et peuvent être consommés de façon assez importante par l'homme (alcool éthylique dans le vin et la bière, acide caféique dans la laitue, les pommes, les poires, le café, etc.) [16]. En ce qui concerne les nitrates, certains ne leur attribuent aucun danger direct pour l'homme et mettent même en doute leur nocivité indirecte (transformation en nitrites induisant la formation de nitrosamines cancérigènes) [17] ; cette position n'est pas partagée en général par les scientifiques et les comités responsables de la santé publique. Autrement dit, même aujourd'hui, l'existence et l'importance d'atteintes à l'environnement dues à certaines techniques agricoles, bien qu'elles soient devenues assez largement reconnues, sont encore un sujet de controverses et font l'objet de débats. De ce fait, l'élaboration de normes, par exemple pour les teneurs maximales admissibles de résidus de pesticides, se situe dans un univers controversé et fait l'objet de négociations où interviennent scientifiques, politiques et juristes [18].

Mesures prises par les pouvoirs publics

La prise de conscience des effets environnementaux néfastes de certaines pratiques agricoles a conduit depuis longtemps à chercher à les corriger. Dans les Andes, en Amérique latine ou en Asie du Sud-Est, des tabous ont de fait protégé les forêts de montagne après que la déforestation eut entraîné une première série d'inondations catastrophiques. Au Pérou, en Chine, aux Philippines et sur le pourtour méditerranéen, des terrasses ont été édifiées afin de fixer le sol et retenir l'eau en l'absence de couvert arboré [21]. Les pouvoirs publics ont souvent joué un rôle très important. À la fin du XIX^e siècle, dans le sud du Massif Central, l'État français décida de limiter les troupeaux ovins dans le Massif de l'Aigoual et fit procéder à un reboisement. Par ailleurs, des mesures furent prises pour réglementer l'usage de certains pesticides chimiques qui pouvaient être dangereux. On peut classer l'inter-

vention de l'État dans le domaine des pollutions agricoles en deux types principaux : d'une part les normes et réglementations pour la fabrication des intrants utilisés en agriculture, l'homologation des produits phytosanitaires, la conformité aux normes de la composition des engrais, l'autorisation de mise sur le marché pour les hormones et médicaments vétérinaires, etc., et d'autre part les mesures concernant les pratiques agricoles elles-mêmes. Dans ce texte qui traite des pollutions agricoles, nous aborderons uniquement les normes concernant les intrants eux-mêmes et leur emploi, et non celles portant sur les usines de fabrication (qui, comme toutes les activités polluantes, sont soumises à des réglementations en ce qui concerne les émissions), ni celles concernant les dépôts de produits phytosanitaires et d'engrais qui, depuis peu, figurent dans les installations classées pour la protection de l'environnement. Nous prendrons ici l'exemple de la réglementation concernant l'homologation des pesticides agricoles en France. Les mesures concernant les pratiques agricoles nécessiteraient un autre article.

Les agriculteurs ont cherché depuis longtemps à protéger leurs cultures contre les parasites et ravageurs, mais avec difficulté. L'emploi de produits minéraux ou chimiques apporta certains résultats mais les premiers produits essayés n'étaient guère sélectifs et avaient de nombreux effets secondaires (comme les dérivés de l'arsenic utilisés à partir de 1867), de sorte que l'État dut réglementer leur emploi. Parmi les textes importants en la matière, il faut citer la loi du 2 novembre 1943 (validée par une ordonnance du 13 avril 1945) relative à l'organisation du contrôle des produits antiparasitaires à usage agricole, et l'arrêté du 8 novembre 1943 concernant l'homologation des produits antiparasitaires à usage agricole. Il apparaît donc que 1943 est une date charnière du point de vue législatif qui coïncide avec l'arrivée en France des premiers insecticides organiques de synthèse. La loi du 22 décembre 1972 étend le champ d'application de la précédente en renforçant un arsenal législatif et réglementaire déjà important [22]. De nombreux autres décrets, arrêtés et lois suivront. Par ailleurs, au niveau communautaire, diverses directives européennes concernent les pesticides :

teneurs maximales de résidus dans les produits alimentaires, interdiction de certaines matières actives, classification, emballage et étiquetage des substances dangereuses, etc. [22, 23]. En juillet 1991, le Conseil de la CEE a adopté la directive 91/414 concernant la mise sur le marché des produits phytosanitaires, qui vise à l'harmonisation des procédures dans les divers pays européens et qui est en cours de transposition dans le droit français.

Dès 1943, on institue « le principe d'homologation des produits antiparasitaires à usage agricole » et on énonce les précautions à prendre lors de leur épandage. Actuellement, tout industriel propriétaire d'une molécule active nouvelle (ou bien ayant procédé à une formulation nouvelle d'une molécule ancienne) doit constituer un dossier d'homologation qui se compose de deux parties complémentaires : un dossier toxicologique et un dossier biologique. Le premier est examiné par la Commission d'étude des antiparasitaires à usage agricole et des fertilisants (Commission des toxiques), le second par le Comité d'homologation qui, au vu des conclusions et recommandations de la Commission des toxiques et après examen des données biologiques, accorde ou n'accorde pas l'homologation de la spécialité. Dans le dossier toxicologique, l'innocuité du produit pour l'homme et pour toutes les composantes de l'environnement, biotiques ou abiotiques, doit être démontrée, compte tenu de l'usage auquel ce produit est destiné. Dans le dossier biologique, le demandeur doit faire preuve de l'efficacité de son produit, de sa sélectivité ou des qualités nouvelles qu'il peut présenter par rapport aux spécialités déjà autorisées.

Les normes et dossiers toxicologiques sont devenus plus sévères. D'après un membre de la Commission des toxiques [24], aucune spécialité phytosanitaire n'est mise sur le marché et livrée aux agriculteurs, sans avoir été très sérieusement étudiée sur le plan toxicologique. La Commission des toxiques peut être amenée à retirer des spécialités du marché à l'examen de données toxicologiques nouvelles, ou même à refuser une nouvelle spécialité présentant un risque important pour l'utilisateur, si elle n'apporte pas un « plus » certain à la panoplie déjà existante dans le domaine concerné. La fixation des « limites maximales de résidus » résul-

tant des bonnes pratiques agricoles se réfère à une compatibilité poussée avec la DJA (dose journalière admissible) fixée par les toxicologues. Enfin, les analyses effectuées sur le territoire national montrent que, au niveau des produits frais livrés au consommateur, peu de dépassements sont enregistrés. La santé du consommateur n'est certainement pas menacée par la consommation de fruits et légumes traités. Finalement, il paraît assez dérisoire de s'acharner à mettre en place une réglementation de plus en plus draconienne (eaux de boisson) alors que, dans le même temps, les pesticides à usage ménager sont en vente libre sur les éta-gères des supermarchés et ne sont soumis à aucune réglementation d'utilisation [24].

Mais de leur côté, les organisations écologistes dénoncent le fait que les produits les plus dangereux, qui ont été interdits dans les pays industrialisés, sont écoulés dans les pays en développement où les normes de sécurité sont moins bien respectées. Même pour les produits homologués dans les pays occidentaux, le manque d'information et l'analphabétisme des agriculteurs peuvent conduire à une utilisation dangereuse dans les pays en développement, avec des intoxications aiguës, voire des morts humaines, phénomène tout à fait exceptionnel et accidentel en Occident [25]. À partir d'une enquête effectuée en Asie, un chercheur évalue ainsi à 25 millions (3 %) le nombre de travailleurs agricoles qui sont victimes chaque année d'un épisode d'intoxication par les pesticides dans les pays en développement [26]. Un réseau d'organisations non gouvernementales, le PAN (*Pesticide Action Network*), mène une action pour faire interdire certains produits qu'il juge dangereux. Dans l'Union européenne, la Fédération européenne des syndicats de travailleurs agricoles (EFA) demandait en 1993 la révision complète de la directive adoptée le 15 juillet 1992 sur la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, estimant qu'elle ne tenait pas assez compte de la santé des salariés agricoles. En définitive, les mesures prises par les pouvoirs publics ont joué un rôle important pour la mise au point d'intrants moins toxiques en agriculture, mais cela s'est fait dans un contexte de controverses et, à l'heure actuelle, les réglementations strictes sont loin d'être appliquées partout.

Recherche publique : évolution et orientation

La recherche agronomique publique, ainsi que les instituts techniques pour les expérimentations appliquées, jouent un rôle important dans la production de nouvelles techniques en agriculture. L'Inra a parfois été accusé d'avoir favorisé le « productivisme », ce qui est indéniable dans les trois décennies suivant 1945 où l'impératif était de produire et d'améliorer la productivité de la terre et du travail. Mais depuis plus d'une quinzaine d'années, le modèle technique mis en place à cette époque semble moins bien adapté. D'une part, le contexte économique a changé avec la saturation des débouchés agricoles solvables et des possibilités d'emploi hors agriculture, ainsi qu'avec la croissance des excédents. D'autre part, des limites sont apparues à ce modèle : le coût de soutien des marchés, les atteintes à l'environnement, la désertification d'une partie du territoire, la stagnation des revenus des agriculteurs, etc. Enfin, les fonctions assignées à l'agriculture ont changé en 40 ans : aujourd'hui, il s'agit de produire la quantité et la qualité requises, de préserver l'environnement, de gérer l'espace rural, d'entretenir la nature, etc., plutôt que de produire toujours plus [27].

L'orientation et les objectifs des recherches menées à l'Inra ont pris en compte cette évolution du contexte économique, parfois avec un certain retard, parfois au contraire en l'anticipant longtemps à l'avance [28]. Ainsi, des scientifiques se préoccupent de lutte biologique depuis plusieurs décennies, tandis qu'en amélioration des plantes, on a essayé de longue date de créer des variétés résistantes aux maladies et nécessitant, de ce fait, moins de traitements. De telles variétés, souvent moins productives, ont eu peu de succès auprès des agriculteurs qui recherchaient la production maximale. En effet, l'augmentation des rendements (à l'hectare ou par animal) permettait, jusqu'à une date récente, de diminuer les coûts de production unitaires et donc d'être plus compétitif. Dans les années 80 par exemple, la variété de blé Renan, présentant d'intéressantes résistances aux maladies mais dont le potentiel de rendement était un peu moindre que celui des autres variétés, a eu peu de succès. En production laitière, on a cher-

ché pendant très longtemps à intensifier et augmenter le rendement laitier par vache (malgré les excédents apparus dès la fin des années 70), car il est moins coûteux de produire 8 000 litres de lait avec une vache à haut potentiel qu'avec deux vaches à production moyenne, à cause des coûts fixes d'entretien de l'animal. On a cherché de même à accroître le nombre de porcelets sevrés par truie pour en réduire le coût unitaire. Mais l'amélioration de la productivité peut aussi alléger la pollution : ainsi, par exemple, un des objectifs majeurs de la recherche en élevage depuis plusieurs décennies a été de diminuer les indices de consommation (IC) ; avec une baisse de l'IC, il faut moins d'aliment pour produire un kilo de viande, ce qui réduit la pollution, d'autant plus que les rejets sont moindres.

La prise de conscience de la nécessité de diminuer les pollutions d'origine agricole est déjà ancienne dans la recherche agronomique. En 1977 et 1978, le directeur scientifique de l'Inra, Jacques Poly, définit « l'agriculture de la fin du XX^e siècle comme une agriculture à valeur ajoutée biologique maximale ou optimale » et souligne la nécessité pour celle-ci d'être autonome et économe en intrants, propre, conservatrice du capital de production nécessaire à sa perpétuation, utilisatrice de tout le potentiel du territoire national, etc. [29, 30]. Cependant, les recherches conduites à l'Inra sont restées longtemps productivistes en raison du contexte socio-économique. Mais d'indéniables inflexions, voire réorientations, se sont produites [28]. Elles concernent notamment la recherche de la qualité des produits, préoccupation qui s'affirme de manière croissante depuis une ou deux décennies pour toutes les productions, un début de prise en considération des aspects éthiques et de l'acceptabilité sociale des techniques, la réduction des pollutions d'origine agricole et une meilleure gestion de la nature et de l'espace rural.

Malgré tout, un accent important reste mis sur la compétitivité. Si, pour réduire les coûts de production, on cherche généralement à accroître la productivité par travailleur, par animal et par hectare, l'objectif d'augmentation de la productivité de la terre est cependant actuellement remis partiellement en question, en raison de la baisse des prix des produits agricoles qui conduit à réduire le plus possible les charges, y compris les achats d'intrants et, en tout cas, à mieux raison-

ner et ajuster leurs apports. Par ailleurs, les perspectives démographiques agricoles font envisager un accroissement de la surface moyenne des exploitations, l'agriculteur pourrait donc les mettre en valeur de façon moins intensive. De ce fait, un certain nombre de réflexions et de travaux sont menés sur l'extensification en élevage et sur la désintensification de certaines cultures.

On observe, en outre, dans la recherche, deux tendances très nettes qui pourraient réduire les pollutions dues aux produits chimiques utilisés en agriculture :

- une adaptation fine des apports d'intrants aux besoins, ce qui évite les épandages inutiles et les fuites dans l'environnement (agriculture de précision ou de prescription). Elle repose en particulier sur une meilleure connaissance des besoins des plantes et des animaux à leurs différents stades de développement, sur une évaluation des besoins locaux en traitements et en fertilisation à l'aide de capteurs ou d'une carte mémorisée des hétérogénéités de la parcelle, sur une localisation plus précise des apports, en particulier grâce aux progrès du machinisme et de l'électronique. Elle s'appuie aussi sur une meilleure évaluation des risques de maladies ou de carence azotée à l'aide de kits de diagnostic, du piégeage et du comptage des ravageurs, ou de modèles de prévision ;

- une biologisation et une naturalisation des techniques conduisant à remplacer certaines techniques chimiques par des moyens d'action biologiques : la meilleure connaissance des potentialités du vivant pourrait rendre possible une meilleure utilisation de ses capacités (avec notamment les applications des biotechnologies) [31].

En matière de pollution par les nitrates, la recherche vise à un ajustement des doses d'azote aux besoins des cultures, ce qui évite les lessivages. Dès les années 50, Coïc a établi la relation entre rendement du blé et azote nécessaire et a proposé un fractionnement des apports d'azote qui permet, en tenant compte des stades de développement de la plante, une meilleure utilisation des apports. Hébert et Rémy ont mis au point, dans les années 70, les méthodes de la fertilisation raisonnée, tandis que Meynard [32] a proposé, dans les années 80, un pilotage de la culture du blé en fonction des objectifs de rendement. Récemment, des travaux ont été menés pour doser les nitrates dans la tige du blé en croissance, afin d'évaluer l'intérêt d'un troisième

apport en azote [33]. Toutefois, la mise en œuvre pratique de ces méthodes peut être exigeante en temps pour les relevés et l'interprétation, ou nécessiter la mise en place d'un réseau de références.

En matière de réduction des pollutions par les pesticides, l'amélioration des plantes cherche depuis longtemps à introduire des résistances aux maladies et aux parasites chez les végétaux (encadré 2 pour l'exemple des pommes).

En matière de pollution par les lisiers et les déjections animales, l'un des objectifs est de réduire la quantité d'azote dans l'alimentation des porcs et des volailles pour limiter son excrétion, en apportant à l'animal la quantité exacte de protéines nécessaires en fonction de son stade de développement (croissance, âge adulte) ou de son état (lactation, gestation, etc.). On vise aussi à améliorer la qualité des protéines : pour satisfaire les besoins en acides aminés limitants (notamment la lysine), on donnait jusqu'alors les autres acides aminés en excès ; on tend aujourd'hui à se rapprocher au mieux de la protéine idéale (c'est-à-dire du besoin précis en acides aminés).

L'Inra a, par ailleurs, mis en place des structures se préoccupant d'environnement, comme la cellule environnement en 1984. Début 1993 lui succède une délégation permanente à l'environnement, créée à la suite de la rédaction de deux rapports commandés par la direction de l'Inra, l'un sur l'environnement, l'autre sur l'agriculture de demain [34, 35]. Cette délégation pourrait permettre de répondre à une demande sociale de plus en plus pressante en ce domaine et d'avoir une approche plus globale sur ce sujet.

Au Cemagref, la prise en compte des aspects environnementaux date aussi de plusieurs années. On s'y préoccupe notamment de matériel assurant un meilleur épandage des engrais et produits phytosanitaires, de la lutte intégrée, de la gestion des déchets d'élevage (nombreux travaux), de l'influence du drainage sur la qualité des eaux, de la dynamique des polluants dans les milieux naturels, de l'impact des engrais et pesticides sur les écosystèmes aquatiques [36]. Un délégué à l'environnement a été nommé en 1994.

Les instituts techniques ont cherché également à intégrer les aspects environnementaux dans leurs expérimentations. Toutefois, comme à leur tête figurent des agriculteurs souvent productivistes, ce type d'orientation est plus récent. Pré-

Encadré 2.

La recherche de variétés de pommiers résistant aux maladies

Dès 1960, les chercheurs de l'Inra qui travaillaient sur l'amélioration génétique du pommier ont cherché à introduire la résistance à la tavelure ; plus tard, on y a ajouté la résistance à l'oïdium, au feu bactérien et au puceron cendré. Il faut souligner que cette introduction de résistances s'est faite à contre-courant à une époque où les producteurs ne s'y intéressaient pas du tout. Dans la mesure où la création variétale prend 15 ans, l'amélioration génétique demande beaucoup de « flair » aux chercheurs pour pressentir ce que sera la demande 15 ans plus tard. Ces dernières années, on a proposé des variétés de pommiers (Florina, Baujade, etc.) qui ne nécessitent plus que 10 traitements chimiques par an au lieu de 20, car on évite tous les traitements contre la tavelure. Mais Florina n'a pas été bien accueillie en France, car elle n'était pas homogène au niveau coloration et se conservait moins longtemps que la Golden. En revanche, elle a eu plus de succès en Suisse, où la chaîne de magasins Migros la fait planter à ses adhérents. Aujourd'hui, même en France, les arboriculteurs sont sensibilisés à la nécessité de réduire les traitements ; encore faut-il que les consommateurs, et surtout les négociants et distributeurs, acceptent des fruits présentant de très légers défauts d'apparence !

The search for disease-resistant apple tree varieties

sentant la synthèse des travaux des instituts techniques le 23 avril 1991, le président de l'ACTA (association qui les fédère) déclarait : « *Pendant plusieurs décennies, le développement a eu pour mission d'accroître la production (...) les données ont changé (...) l'environnement est aujourd'hui un sujet sensible.* » Aux actions engagées depuis un certain nombre d'années (gestion des effluents d'élevage, fertilisation et irrigation raisonnées, protection sanitaire), se sont ajoutés récemment quelques travaux concernant des systèmes se substituant au mode d'exploitation intensif gros consommateur d'intrants : « *Il semble urgent d'explorer d'autres modèles de production moins productivistes, élaborés en fonction des contraintes croissantes en matière d'environnement.* » Des travaux sont ainsi menés sur la production intégrée où les intrants chimiques sont réduits pour comparer ses résultats à l'agriculture classique [37].

Malgré cette évolution de la recherche, beaucoup reste à faire dans ce domaine, d'autant plus qu'une approche globale est nécessaire en la matière, ce qui va à l'encontre du réductionnisme disciplinaire qui caractérise souvent les travaux de recherche scientifique [38]. Une évolution semble se dessiner en ce sens dans les divers organismes concernés,

mais elle se heurte parfois à certaines inerties. De plus, le poids de l'objectif de compétitivité de l'agriculture légitime la poursuite de travaux assez productivistes. Par ailleurs, si certains financements de recherche – et aussi les stratégies de communication des divers organismes – visent à répondre aux demandes du moment, il ne faut pas oublier que les préoccupations de la société en matière d'environnement pourraient peut-être s'avérer versatiles et, donc, que la pérennité d'investigations importantes en ce domaine n'est pas assurée si, demain, d'autres problèmes prenaient le devant de la scène : la recherche n'échappe pas au phénomène de mode !

Stratégie des firmes de l'agrofourniture

Pour les firmes de l'agrofourniture, comme pour les autres firmes industrielles, la pression environnementale représente une contrainte, voire une menace, mais aussi des opportunités. « *Les anciens pollueurs se déclarent prêts à sauver la planète... en se taillant des parts de marché* » et affirment contribuer à un meilleur environnement mieux que qui-

conque [39]. Dès 1973, des industriels fondent l'association Chimie et Écologie, dont les membres actifs sont diverses sociétés industrielles (en agrofourniture, on y trouve en 1993 Ciba Geigy, Elf Aquitaine, Hoechst, Monsanto, Procida, Rhône-Poulenc, Roussel-Uclaf, Sandoz Chimie, Sanofi, etc.). L'association organise des réunions, des groupes de travail, des journées d'étude.

La quasi-totalité des firmes semble avoir intégré la pression environnementale dans leurs stratégies. Le *tableau 1* montre un certain nombre d'actions mises en œuvre par les différents secteurs de l'agrofourniture. L'environnement peut représenter de nouveaux marchés potentiels, cependant plutôt limités compte tenu de la crise que traverse l'agriculture : plantes résistant aux maladies, kits de détection des parasites, logiciels de gestion des intrants ou des effluents. D'autres firmes modifient les produits vendus, ce qui peut s'avérer coûteux en recherche : mise au point de nouveaux produits phytosanitaires peu toxiques, élaboration d'aliments pour bétail mieux ajustés aux besoins spécifiques des animaux en acides aminés. Pour d'autres industriels encore, il faut s'adapter à la pression environnementale, d'où la promotion de la fertilisation et de l'agriculture raisonnées. Enfin, l'environnement peut être une nouvelle « force industrialisante » selon l'expression de Roqueplo (cité dans [40]), notamment en se tournant vers les biotechnologies.

L'industrie des engrais a dû faire face à une chute de ses ventes dès 1974, en raison des conséquences de la crise de l'énergie qui entraîna un renchérissement momentané des engrais et conduisit à des critiques envers l'agriculture moderne, accusée d'être dispendieuse en énergie fossile directe et indirecte. Par ailleurs, des préoccupations croissantes s'exprimaient à propos des nitrates dans les eaux. Face à ces tendances, des agronomes créent en 1980 le Comifer, (Comité français d'étude et de promotion de la fertilisation raisonnée), formé de trois collèges, le premier comprenant l'administration, la recherche publique et l'enseignement, le deuxième les organisations professionnelles agricoles, le troisième les industries fabriquant les matières fertilisantes, les structures de distribution de ces produits et les industries productrices de matériels de mise en œuvre. Il a organisé de nombreux forums et contribué à la diffusion des méthodes de fertilisation raisonnée. L'agrochimie a par

Tableau 1

Exemples d'action des firmes de l'agrofourniture pour prendre en compte les problèmes environnementaux en agriculture

Secteur	Actions	
Semences, biotechnologies	– Mise au point de plantes résistant aux parasites et aux ravageurs	
Engrais	– Promotion de la fertilisation raisonnée – Mise sur le marché de nouveaux produits : inhibiteurs de nitrification, magnésie, oligo-éléments, conseils, logiciels	
Phytosanitaires	– Mise au point de molécules actives plus spécifiques, moins polluantes (sévérité des dossiers toxicologiques) – Utilisation par les agriculteurs de kits de détection des maladies et promotion de l'agriculture raisonnée (Farre) – Investissements dans les biotechnologies, les semences et, de façon moindre, dans les biopesticides	
Aliments pour bétail	– Diminution des additifs toxiques pour les sols à long terme (cuivre) – Adaptation plus précise des aliments aux besoins en acides aminés des animaux → moins de protéines en excès → moins d'azote dans les déjections animales	
Génétique animale	– Animaux résistants aux maladies – Porcs et volailles pouvant synthétiser certains acides aminés essentiels qui ne devraient plus être apportés dans l'alimentation	} à long terme : perspectives de la transgénèse
Matériel agricole	– Traitements phytosanitaires avec des matériels permettant une pulvérisation plus précise, là où le besoin existe – Épandage des engrais selon les besoins locaux dans les parcelles grâce à une carte mémorisée de ses hétérogénéités – Automatismes de régulation de la consommation de fioul – Irrigation bioprogrammée selon les besoins en eau des cultures (cf. le système « pépista » qui évalue la « soif » des arbres fruitiers)	
Logiciels agricoles	– Raisonnement de la fumure, gestion des intrants (eau, engrais) – Diagnostic des maladies des végétaux par système expert – Gestion des effluents d'élevage	
Autres	– Quelques firmes ont investi dans la lutte biologique et assurent la commercialisation de prédateurs naturels des ennemis des cultures	

Exemples of agricultural supplies companies' practical responses to environmental problems

ailleurs mis sur le marché des inhibiteurs de nitrification qui pourraient contribuer à limiter quelque peu les pollutions nitratées ; elle cherche aussi à développer le marché des oligo-éléments et le conseil en fertilisation, notamment par l'intermédiaire de divers logiciels. Incontestablement, l'industrie des engrais

a pris en compte la nouvelle donne environnementale. Ignazi, directeur agronomique de Grande Paroisse SA (Groupe Elf-Atochem), écrivait récemment : « L'analyse détaillée des programmes de recherche et développement agronomiques des principaux producteurs d'engrais, en France et en Europe, montre qu'à l'éviden-

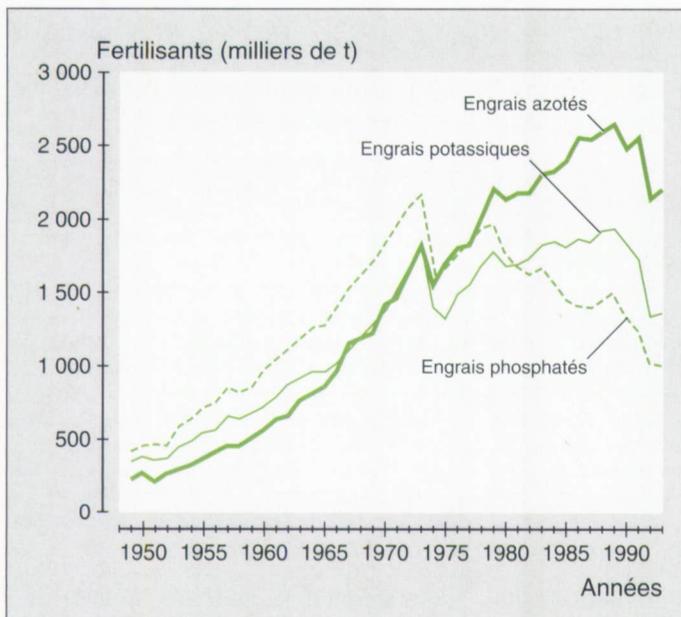


Figure 1 Évolution des consommations des différents engrais dans l'agriculture française depuis 40 ans (en milliers de tonnes d'éléments fertilisants). Source : SCEES (Service central des enquêtes et études statistiques du ministère de l'Agriculture)-SNIE (Syndicat national de l'industrie des engrais). Les livraisons d'engrais sont établies par campagne. Ainsi, 1993 correspond à la campagne 1993-1994 (les campagnes commencent le 1^{er} mai ou le 1^{er} juin selon les engrais).

Figure 1. Consumption of fertilisers in French agriculture over the past 40 years (1 000 tonnes of fertiliser elements).

Summary

Towards a more environmentally-friendly type of farming? The creation of more ecological farming methods in France

S. Bonny

In tackling the problem of pollution due to agriculture, it is interesting to investigate whether more environmentally-friendly farming methods can be devised. The present paper analyses such possibilities, with special emphasis on the use of pesticides and fertilisers in French farming. How such farming methods can be generated by the actors involved is discussed. The factors which have gradually increased the awareness of scientists, public opinion and governments to the existence of agricultural pollution are analysed. These have resulted in governments introducing various measures and regulations such as pesticide certification. The paper then examines the shift in the objectives and trends of government-funded research and reports on the recent concern to reduce agricultural pollution (in fact, research has long been trying to find a better match between input applications and the requirements of crops or livestock). The agricultural supplies industry has also changed (table 1), promoting « rational agriculture », developing new products and seeking new markets – the interest in biotechnologies is a case in point. To try and cut their production costs, farmers have been buying less and less fertiliser (figure 1) and pesticides over the past few years. The paper concludes by emphasising that the process under way is both conflicting and contradictory (although a trend towards a more environmentally-friendly type of farming does exist, other trends run counter) and raises the problem of how the “productivist” production model of recent decades will actually develop.

Cahiers Agricultures 1994 ; 3 : 385-96.

ce l'essentiel des travaux est sous-tendu par ce souci de respect de l'environnement : produits nouveaux à libération contrôlée, techniques de mise en place de cultures “pièges à nitrates”, logiciel de conseils de fumure sophistiqué, amélioration des qualités physiques des produits, etc., tout vise à conforter les concepts de “fertilisation raisonnée” (...). Ayant largement contribué à développer cette agriculture moderne et productrice, l'industrie des engrais entend contribuer, de tout son pouvoir, à la faire évoluer vers des techniques plus respectueuses de l'environnement, tout en conservant sa compétitivité [41].» Les firmes cherchent à améliorer leur image de marque et le Syndicat national de l'industrie des engrais participe au Corpen (Comité d'orientation pour la réduction de la pollution des eaux par les nitrates et les phosphates).

Mais l'industrie des engrais a du mal à faire face à la crise. Les achats des agriculteurs ont diminué, en raison notamment de la réforme de la politique agricole commune : la baisse des prix des produits agricoles, la jachère et les incertitudes les ont incités à utiliser moins d'intrants [42] ; toutefois, en 1993-1994, on a observé une très légère reprise (figure 1). Les industriels français subissent par ailleurs une forte concurrence des solutions azotées importées à bas prix des pays de l'Est. Le prix des engrais continue de baisser en francs constants depuis 1981 ; cette situation semble toutefois provenir davantage de la concurrence internationale que d'une stratégie pour enrayer la diminution des achats des agriculteurs. Compte tenu de ces difficultés, d'importantes restructurations sont en cours dans ce secteur industriel.

L'industrie des produits phytosanitaires a dû se préoccuper depuis plusieurs décennies des aspects environnementaux, en raison de la nécessité de composer un dossier d'homologation (qui comprend un dossier toxicologique) pour chacun des produits qu'elle souhaite mettre sur le marché. Les critères d'homologation sont devenus sévères. En 1992, on estimait que chaque nouveau produit phytosanitaire mis sur le marché coûtait 700 millions de francs, dont 70 environ pour le coût des études sur l'environnement qui a doublé en cinq ans [43]. La société Hoechst indiquait qu'en 1990, dans un dossier d'homologation, 50 % des études étaient consacrées à la toxicologie, 33 % à l'environnement et 17 % à l'efficacité du produit, alors qu'en 1950,

cette dernière représentait 80 % des études contre 20 % pour la toxicologie, le nombre d'études nécessaires ayant plus que quintuplé. Pour trouver un seul produit nouveau, il faut aujourd'hui tester 20 000 molécules par an. Par ailleurs, les ennemis des cultures développent des résistances aux pesticides, ce qui fait que certains deviennent inefficaces après un certain nombre d'années d'emploi ; cela nuit à la rentabilité des investissements réalisés, la durée de vie d'un brevet étant limitée. Les firmes ont donc intérêt à ce que les produits phytosanitaires ne soient pas employés abusivement, afin d'accroître la durée de leur efficacité.

Les pesticides actuellement mis sur le marché sont moins nocifs que ceux d'autrefois et leur dégradabilité dans le temps est meilleure. Ils sont utilisés à des doses plus faibles à l'hectare. Par ailleurs, on cherche à mettre au point des produits qui agissent sur une cible spécifique de l'organisme à combattre, et non sur les autres organismes, et sont de ce fait moins nocifs pour ces derniers. L'objectif est également de stimuler les réactions de défense de la plante. Globalement, les matières actives actuelles utilisées dans les pays développés sont plus propres et plus performantes [44, 45] ; toutefois, une fraction notable de pesticides n'atteint pas sa cible et se perd dans l'environnement.

Les industries de l'agrofourmiture ont aussi recherché une légitimité avec d'importantes campagnes publicitaires et opérations montrant leur respect de l'environnement (*encadré 3*) et elles ont cherché de nouvelles ouvertures au travers d'actions visant à encourager des pratiques agricoles plus propres. Les firmes agrochimiques ont ainsi cherché à promouvoir une utilisation rationnelle des pesticides par les agriculteurs. Des actions ont été aussi menées pour collecter les reliquats de produits (PICAgri : programme interprofessionnel de collecte). Comme les producteurs d'engrais, les firmes de pesticides s'impliquent dans les programmes d'agriculture raisonnée où l'emploi des intrants est adapté le plus finement possible aux besoins des cultures, en évitant autant que possible les traitements systématiques d'assurance. L'industrie phytosanitaire européenne est ainsi à l'origine d'un réseau d'exploitations pratiquant l'agriculture raisonnée : FIP (Fördergemeinschaft Integrierter Pflanzenbau) introduit en 1986 en Allemagne, LEAF (Linking Environment and Farming) lancé en 1991 en Angle-

terre, FARRE (Forum pour l'agriculture raisonnée et respectueuse de l'environnement) qui a débuté en France en 1993, etc. L'objectif est de « montrer au grand public, mais aussi aux agriculteurs, que l'agriculture peut être à la fois propre et performante » sur base de quelques exploitations modèles représentatives de tous les types de culture. Enfin, quelques firmes, comme DuPont avec le Diagnostics, commencent à commercialiser des kits de diagnostic basés sur les anticorps polyclonaux ou monoclonaux, les sondes moléculaires ou l'amplification de séquences d'acides nucléiques, ce qui permet de détecter un agent pathogène précocement et de faire ainsi un traitement adapté aux parasites ou ravageurs présents au lieu d'effectuer des traitements préventifs systématiques.

Les grandes entreprises de l'agrochimie ont également cherché de nouveaux marchés. Elles ont diversifié leurs activités depuis une quinzaine d'années, notamment en prenant une part importante dans l'évolution de certaines activités contribuant à la production agricole [46]. Par exemple Schering, Ciba-Geigy, Upjohn, Monsanto ont investi dans les semences ; EMC (Entreprise minière et chimique), Rhône-Poulenc, Upjohn dans la sélection avicole ; EMC, ICI, Rhône-Poulenc dans l'alimentation animale, etc. L'agrochimie s'intéresse également beaucoup aux biotechnologies

et on observe des rachats, des prises de participation ou des accords de coopération dans ce secteur [47]. D'importantes collaborations existent aussi avec la recherche publique (par exemple le programme Bio-avenir signé en 1992 entre Rhône-Poulenc, le Cnrs, l'Inra et l'Institut Pasteur).

Diverses grandes firmes agrochimiques mondiales ont investi dans l'amélioration des plantes utilisant les biotechnologies en vue d'obtenir par génie génétique des variétés résistant aux agents de maladies, aux insectes, aux virus, etc. ; on a déjà obtenu nombre de résistances par l'amélioration classique des plantes mais le génie génétique offre de nouvelles possibilités [27, 28, 48]. De telles variétés nécessiteraient moins de traitements, ce qui pourrait diminuer le marché de l'agrochimie. En 1994, de nombreuses plantes transgéniques sont en cours d'expérimentation et les premières autorisations de commercialisation viennent d'être accordées. Parmi les premières plantes transgéniques qui seront proposées, il y a notamment des variétés rendues résistantes à un herbicide et que l'on cultive avec ce dernier afin que les mauvaises herbes soient détruites alors que la variété résistante pourra prospérer. Pour l'environnement, ce pourrait être bénéfique si le nombre de traitements est diminué et si l'herbicide en question est particulièrement peu toxique, ce qui ne

Encadré 3.

Campagnes publicitaires récentes des firmes de l'agrochimie pour montrer leur respect de l'environnement

Les industriels ont cherché à améliorer leur image de marque auprès du grand public. Rhône-Poulenc a lancé en 1990 une campagne « Bienvenue dans un monde plus fertile, plus sain, plus généreux ». Bayer a mis l'accent sur son implication avec la photo d'un lapin : « Pour Bayer, être compétent c'est aussi être responsable. » DuPont a choisi un hérisson comme symbole de sa campagne « L'avis de chacun nous intéresse ». Dow Elanco a mis l'accent sur la beauté des paysages agricoles : « la France est belle grâce à son agriculture ». En 1993, l'UIPP (Union des industries de la protection des plantes) a diffusé à la télévision un spot publicitaire : « Protéger les plantes, c'est aussi protéger les hommes » et a lancé une campagne sur ce thème dans la presse. Elle a aussi publié en juin 1991 une « Charte pour le développement agricole et le respect de l'environnement » où elle « réaffirmait son engagement dans le domaine de l'environnement » et présentait les actions menées dans ce secteur.

Respect for the environment: recent advertising campaigns of agrochemicals companies

semble pas être toujours le cas : on a créé diverses plantes résistant au bromoxynil, un herbicide considéré comme assez toxique. Par ailleurs, des risques existent qui font l'objet de nombreuses interrogations et investigations : le gène de résistance à l'herbicide peut-il passer de la variété cultivée aux espèces sauvages ? Dans le cas du transfert de gènes insecticides à des plantes, quelles en seront les conséquences sur l'évolution des populations d'insectes ciblés et non ciblés et sur l'homme et l'animal qui consommeront ces végétaux ? La dissémination des organismes génétiquement modifiés est soumise à réglementation et nombre de travaux cherchent à étudier ses impacts possibles sur l'environnement. Pour les firmes, le choix d'investir dans la production de telle ou telle semence « apparaît plutôt influencé par l'importance économique globale d'une culture et, en ce qui concerne les gènes, par les possibilités futures de développement de produits spécifiques, en particulier des produits phytosanitaires. Le cas des herbicides est à cet égard assez démonstratif. La mise au point d'un herbicide, de la découverte de la matière active jusqu'à l'homologation, nécessite environ une dizaine d'années et un investissement minimum de 40 millions de dollars. Or, les coûts de sélection d'une nouvelle variété résistante seraient de l'ordre de 2 millions de dollars. Dans ce cas, l'adaptation des plantes aux herbicides existants peut apparaître moins coûteuse et porteuse d'un retour d'investissement plus rapide que la recherche de nouvelles molécules [49] ». À l'heure actuelle, les travaux de recherche-développement en biotechnologie végétale sont faits en grande partie par des grandes sociétés semencières et chimiques qui fournissent près des trois quarts des 250 millions de dollars investis par le secteur privé dans ce domaine, les dépenses publiques étant quant à elles estimées à 100 millions de dollars [49]. Les grandes firmes de l'agrochimie s'intéressent en revanche assez peu au marché de la lutte biologique qui consiste à utiliser des organismes vivants ou leurs produits comme facteur de régulation des populations d'un agent pathogène ou d'un ravageur [50]. En effet, le mode d'action très spécifique de ces produits fait que leurs marchés sont plus limités que pour les pesticides chimiques. Les biopesticides (en prenant en compte toutes les possibilités des solutions biologiques) représentaient en 1992 environ 1 % du marché phytosanitaire ; d'ici à

l'an 2000, ils pourraient peut-être atteindre 10 %. Toutefois, plusieurs firmes ont un programme de lutte biologique, axé sur *Bacillus thuringiensis*, bactérie qui produit des protéines toxiques pour les larves d'insectes et qui est déjà beaucoup utilisée. Pour certains critiques, il s'agit, pour ces firmes, de se donner une image de marque verte. Dès lors, la recherche en matière de lutte biologique est, au niveau mondial, essentiellement une recherche publique qui a parfois du mal à trouver des partenaires pour assurer le relais en matière de production et de distribution. La lutte biologique présente des perspectives intéressantes mais peut aussi comporter certains risques (pollution écologique due à la modification des équilibres existants) et ne saurait à elle seule remplacer la lutte chimique dans les prochaines années.

Les produits phytosanitaires ont connu, depuis 1950, 40 ans de croissance ininterrompue de leurs ventes. Une rupture nette s'est produite au début des années 90 : les ventes en volume ont chuté de 3,9 % en 1991, de 4,1 % en 1992 et de 5 % en 1993. Cette diminution provient notamment des inquiétudes des agriculteurs en raison de la réforme de la PAC et de leur souci de réduire les coûts de production. Depuis 30 ans, le prix des pesticides en francs constants a présenté une tendance à la baisse, sans que cela ait suffi à enrayer la diminution des ventes. Aussi, l'industrie phytosanitaire est-elle en cours de restructuration.

Conclusion

Le fait que l'agriculture pouvait être polluante a été long et difficile à faire admettre et est encore un objet de polémiques, de même que les causes réelles des diverses atteintes à l'environnement. Même s'il y a eu une large prise de conscience, surtout depuis la fin des années 80, certains acteurs ont du mal à reconnaître que l'agriculture puisse polluer. L'élaboration de normes, par exemple en ce qui concerne les doses maximales de résidus tolérables, est également l'objet de controverses. Mais peu à peu, la nécessité de techniques plus respectueuses de l'environnement s'est imposée.

Les possibilités techniques d'une agriculture plus respectueuse de l'environne-

ment existent [51]. La prise de conscience des scientifiques, des écologistes, puis du grand public, la montée des préoccupations environnementales et l'évolution des réglementations qui en découle ont fait que la dynamique de la production des techniques agricoles s'est orientée vers une meilleure prise en compte des aspects environnementaux. La recherche agronomique publique, les firmes de l'agroalimentaire, les instituts techniques sont concernés par ce « verdissement du progrès technique » (*the greening of technological progress* [52]), qui n'est pas seulement de l'ordre du discours mais correspond aussi à une réalité. Par ailleurs, les avancées scientifiques et techniques (biotechnologies, nouvelles technologies de l'information) peuvent permettre une meilleure connaissance du vivant et de la dynamique des systèmes complexes, une adaptation plus précise des apports d'intrants aux besoins des cultures et des élevages, un pilotage plus précis des productions et, à plus long terme, le remplacement de certaines techniques chimiques par des méthodes biologiques, notamment issues des biotechnologies.

Mais il existe aussi de nombreux obstacles : stratégies de maintien de leurs marchés par les firmes de l'agroalimentaire, lenteur des évolutions réglementaires, dangers potentiels de la manipulation du vivant, risque de versatilité des préoccupations environnementales des citoyens et des pouvoirs publics et, par là, possibilité de non-pérennité des recherches en ce domaine, incitations économiques souvent insuffisantes pour l'adoption par les agriculteurs de pratiques moins polluantes, poids culturel du modèle productiviste, réaction défensive de certains acteurs, etc. Par ailleurs, on constate une polarisation de l'opinion sur certains problèmes qui ne sont pas les plus graves. Ainsi, actuellement, on est très sensibilisé à la pollution des eaux par les nitrates. Or, une enquête du ministère de la Santé montre que 78 % des nitrates absorbés par un Français dans une journée proviennent des aliments [53] et pourtant peu d'actions sont conduites pour réduire leur teneur en nitrates. En ce qui concerne les pesticides, les agriculteurs ne sont pas les seuls à les employer. Par ailleurs, certaines pollutions, comme celles dues aux métaux lourds (qui peuvent provenir de l'agriculture via l'emploi de boues de stations d'épuration ou de certains fertilisants comme le cadmium associé aux engrais phosphatés), paraissent fort pré-

occupantes [54] et, pourtant, elles n'ont guère fait l'objet d'alerte.

Pour étudier la dynamique de la production de techniques agricoles plus respectueuses de l'environnement, nous nous sommes centrés dans ce texte sur les comportements de trois acteurs : les mesures prises par les pouvoirs publics concernant l'homologation des pesticides, l'évolution et l'orientation des recherches publiques, la stratégie des firmes de l'agrofourmure. Mais il ne suffit pas de produire des techniques plus respectueuses de l'environnement, encore faut-il que les agriculteurs les adoptent. Les facteurs qui rentrent en jeu en ce domaine – déjà largement étudiés par les économistes et sociologues – sont nombreux : réglementations et rentabilité économique surtout (en particulier coût pour l'agriculteur de l'adoption de mesures de protection de l'environnement), mais aussi formation, aspects techniques, préoccupations de santé, de qualité ou écologiques des exploitants, etc.

En définitive, la dynamique de la production de techniques agricoles respectueuses de l'environnement apparaît comme un processus conflictuel, contradictoire et de ce fait progressif : certaines tendances vont dans ce sens, mais d'autres le freinent. Divers facteurs remettent en cause le modèle productiviste des quatre dernières décennies et la question environnementale n'en est qu'une parmi d'autres [27]. Le modèle productiviste va-t-il intégrer certains aspects environnementaux sans modifications profondes ? Ou bien s'orientera-t-on vers la mise en œuvre effective d'un nouveau modèle de production plus respectueux de l'environnement, permettant une agriculture davantage durable ? Ajustement marginal ou modification sensible de la trajectoire technologique : l'évolution effective dépendra de la dynamique des diverses forces en présence et de la stratégie des différents acteurs en jeu ■

Références

1. Thiébaud L. Historique des relations agriculture-environnement. In : *L'écologie, l'écologie et les sciences sociales*. Actes du séminaire de l'INPSA, 9-13 mars 1992. Dijon : INPSA ; 221-41.
2. Thirtle CG, Ruttan VW. *The role of demand and supply in the generation and diffusion of technical change*. Chur, Londres, Paris, New York : Harwood Academic Publishers, 1987 ; 173 p.
3. Callon M, éd. *La science et ses réseaux*. Paris : La Découverte, 1989 ; 214 p.
4. Commissariat Général du Plan. *Recherche et innovation : le temps des réseaux*. Préparation du XI^e Plan, groupe « recherche, technologie et compétitivité ». Paris : La Documentation française, 1993 ; 160 p.
5. Pimentel D, Hurd LE, Belloti AC, et al. Food production and the energy crisis. *Science* 1973 ; 182 : 443-9.
6. Ramade F. *Éléments d'écologie. Écologie appliquée*. Paris : McGraw-Hill, 1989 ; 578 p.
7. Bonny S. *L'énergie et sa crise de 1974 à 1984 dans l'agriculture française*. Thèse de docteur-ingénieur de l'Ina-PG en agro-économie. Grignon : Inra-ESR, 1986 ; 442 p. + biblio. + ann.
8. Bonny S. Les effets du renchérissement de l'énergie de 1974 à 1984 sur l'agriculture française et son environnement. *Économie Rurale* 1987 ; 180 : 3-11.
9. Bonny S. Effects of the energy crisis on French agriculture between 1974 and 1984. *Agricultural Economics* 1987 ; 1 : 259-72.
10. Hénin S. *Rapport du groupe de travail activités agricoles et qualité des eaux*. Paris : ministère de l'Agriculture, ministère de l'Environnement et du Cadre de vie, 1980 ; 59 p.
11. Bonny S, Le Pape Y. L'agriculture biologique : quelques éléments d'étude de sa viabilité et de sa reproductibilité. *Bulletin Technique d'Information* 1984 ; 386 : 17-39.
12. La pollution cachée. *Que choisir ?* 1990 ; 257 : 37-44. Pesticides : l'ennemi numéro 2. *Que choisir ?* 1990 ; 260 : 10-2.
13. European Crop Protection Association. *Protecting the world's harvest: food needs, crop losses and plant protection*. Bruxelles : ECPA, 1992 ; summary, 9 p.
14. Ministère de l'Environnement. *Inventaire national de la qualité alimentaire*. Paris : Cerna, 1982 ; 199 p.
15. Ames BN. Pollution, pesticides and cancer. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 1992 ; 75 : 1-5.
16. Gold LS, Slone TH, Stern BR, Manley NB, Ames BN. Rodent carcinogens: setting priorities. *Science* 1992 ; 258 : 261-5.
17. L'hirondel J. Les nitrates de l'alimentation de l'homme : métabolisme et innocuité. *C R Acad Agric Fr* 1994 ; 80 : 41-52.
18. Theys J, éd. *Environnement, science et politique*. *Cahiers du Germes* 1991 ; 13 : 676 p.
19. Riba G, Silvy C. *Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives*. Paris : Inra, 1989 ; 230 p.
20. Noirfalise A. Conséquences écologiques de l'application des techniques modernes de production en agriculture. *Informations internes sur l'agriculture*. Bruxelles : Commission des Communautés Européennes novembre 1974 ; 137 : 71 p. + ann.
21. AFIP. *Agriculture et environnement : vers la réconciliation ?* Paris : AFIP (supplément hors-série n° 2 à Trans Rural Express), 1992 ; 11 fiches non paginées.
22. ACTA. *Réglementation française des produits phytosanitaires*. Paris : ACTA, 1990 ; 447 p.
23. AIDEC. *La lutte contre les insectes nuisibles de l'agriculture et son influence sur l'environnement*. Colloque organisé à l'Ina-PG à Paris, 24-26 février 1987.
24. De Cormis L. L'usage des pesticides est réglementé : la protection du consommateur est assurée, celle de l'environnement devrait l'être. In : Byé, Descoins, Deshayes, eds. *Phytosanitaires, protection des plantes, biopesticides*. Paris : Inra, 1991 ; 43-52.
25. Bouguerra ML. Il faut déclarer la guerre à la lutte chimique. *Courrier de la Planète* 1993 ; 14 : 28-31.
26. Jeyaratnam J. Acute pesticide poisoning: a major global health problem. *World Health Statistics Quarterly* 1990 ; 43 : 139-44.
27. Bonny S. *Vers un nouveau modèle de production en agriculture ?* Grignon : Inra-ESR, 1993 (version provisoire) ; 240 p.
28. Bonny S. *Le changement technique en cours et à venir en agriculture : un essai de bilan dans les différents secteurs*. Études Économiques n° 12. Grignon : Inra ESR, 1993 ; 134 p.
29. Poly J. *Recherche agronomique : réalités et perspectives*. Paris : Inra, 1977 ; 72 p.
30. Poly J. *Pour une agriculture plus économe et plus autonome*. Paris : Inra, 1978 ; 65 p. + tabl.
31. Bonny S, Daucé P. Les nouvelles technologies en agriculture : une approche technique et économique. *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales* 1989 ; 13 : 5-33.
32. Meynard JM. *Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver*. Thèse de docteur-ingénieur. Paris : Ina-PG, 1985 ; 297 p.
33. Justes E. *Diagnostic de la nutrition azotée du blé à partir de la teneur en nitrate de la base de tige. Application au raisonnement de la fertilisation*. Thèse de docteur de l'Ina-PG. Paris : Ina-PG, 1993 ; 227 p. + ann. Un nouvel outil pour raisonner l'azote. *Cultivar* 1993 ; 352 : 49-51.
34. Rémy JC. *Les recherches sur l'environnement à l'Inra*. Paris : Inra, 1992 ; 112 p.
35. Sebillotte M. *Avenir de l'agriculture et futur de l'Inra*. Paris : Inra, 1993 ; 139 p.
36. Cemagref. *Connaissance et prévention des pollutions d'origine agricole*. Antony : Cemagref, 1992 ; 60 p.
37. Vereijken P, Viaux P. Vers une agriculture « intégrée ». *La Recherche Agronomie, la Recherche* 1990 ; 227 (suppl.) : 22-5.
38. Jollivet M, Pavé A. L'environnement : un champ de recherche en formation. *Natures-Sciences-Sociétés* 1993 ; 1 : 6-20.
39. Cans R. *Tous verts. La surenchère écologique*. Paris : Calmann-Lévy, 1992 ; 233 p.
40. Godard O. Stratégies industrielles et conventions d'environnement : de l'univers stabilisé aux univers controversés. In : Environnement-Économie. Actes du colloque des 15-16 février 1993, Paris. *Insee-Méthodes* 1993 ; 39-40 : 145-76.
41. Ignazi JC. L'industrie des engrais face aux défis de l'agriculture. *Ingénieurs de la vie* 1993 ; 427 : 25-7.
42. Bonny S, Carles R. Perspectives d'évolution de l'emploi des engrais et des phytosanitaires dans l'agriculture française. *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales* 1993 ; 26 : 29-62.
43. Lorelle V. L'agrochimie en quête de rentabilité. *Agriculture Magazine* 1992 ; 74 : 34-8.
44. Byé P, Descoins C, Deshayes A. *Phytosanitaires, protection des plantes, biopesticides*. Paris : Inra, 1991 ; 178 p.

45. Descoins C, communication personnelle.

46. Janet C, Gorse P, Bouquery JM. Le rôle des grandes entreprises diversifiées du pétrole et de la chimie dans la production alimentaire. *Economies et sociétés, Cahiers de l'isméa* 1985 ; série AG 18 : 243-84.

47. Samaniego L, du Granrut C. Les stratégies de la chimie européenne. *La Recherche* 1991 ; 235 : 1108-19.

48. Académie des Sciences, Cadas (comité des applications de l'académie des sciences). *Les techniques de transgenèse en agriculture. Applications aux animaux et aux végétaux*. Paris : Lavoisier, 1993 ; 154 p.

49. Rajnchapel-Messaï J. Plantes transformées : les lois du marché. *Biofutur* 1993 ; 123 : 28-33.

50. Ferron P. Évolution des solutions alternatives à l'emploi de pesticides. *C R Académie d'Agriculture de France* 1992 ; 78 : 25-32.

51. Bonny S. Possibilities for a model of sustainable development in agriculture: the French example. In : Actes du Symposium International « *Models of sustainable development* ». Paris : C3E (Université Paris I) et Afcet, 1994 : 427-38.

52. Kemp R, Soete L. The greening of technological progress. *Futures* 1992 ; 24 : 437-57.

53. Ministère de la Santé. *La diagonale des nitrates. Études sur la teneur en nitrates de l'alimentation*. Paris : Ministère chargé de la Santé, 1992 ; 16 p. + ann.

54. Nugon-Baudon L. *Toxic-bouffe. Enquête sur les aliments d'aujourd'hui*. Paris : JC Lattès, 1994 ; 295 p.

Résumé

Pour faire face aux pollutions d'origine agricole, il paraît souhaitable de mettre au point des techniques agricoles plus respectueuses de l'environnement. Ce texte en analyse les possibilités, particulièrement en ce qui concerne l'emploi des intrants, dans le cas de l'agriculture française. La dynamique de la production de techniques agricoles plus respectueuses de l'environnement est étudiée en fonction des acteurs en jeu. En premier lieu, l'élaboration de la prise de conscience de l'existence de pollutions d'origine agricole et la nécessité d'y remédier sont évoquées. Puis les mesures prises par les pouvoirs publics, l'évolution et l'orientation des recherches publiques, les stratégies des firmes de l'agrofourriture sont tour à tour examinées. En conclusion, le caractère conflictuel et contradictoire de cette dynamique est souligné.



Vient de paraître

DANIÈLE LATIN
AMBROISE QUEFFELEC
JEAN TABI-MANGA
1993, broché, 480 pages
200 FF.

Prix préférentiel : Afrique, Asie
Amérique du Sud, Haïti, **80 FF***

INVENTAIRE DES USAGES DE LA FRANCOPHONIE : NOMENCLATURES ET MÉTHODOLOGIES

Collection actualité scientifique
co-édition John Libbey Euro-
text/AUPELF-UREF

NOM Prénom
Adresse.....

Désire recevoir
Inventaire des usages de la francophonie
soit au prix de 230 F (200 F + 30 F de port)
soit au prix de 110 F* (80 F + 30 F de port).

Ci-joint mon règlement à l'ordre de
John Libbey Eurotext

127, avenue de la République
92120 MONTROUGE, FRANCE
Tél. : (1) 46.73.06.60.