

## La culture du maïs peut-elle faire bon ménage avec l'environnement ?

Jean-Pierre Moreau

**D**epuis une quarantaine d'années, la culture du maïs-grain s'est considérablement intensifiée et répandue en France, d'abord dans les zones où elle était implantée traditionnellement comme monoculture des terres les plus riches, puis à partir des années 70 dans les zones d'assolement triennal, où elle a pris la place de tête d'assolement. Cette « révolution verte » à l'échelle du pays s'est réalisée à travers quatre composantes principales :

— l'emploi généralisé de semences hybrides, sélectionnées pour leur productivité, et montrant la fameuse *hétérosis* qui illustre les cours de génétique ;

— la sélection et l'introduction de lignées précoces, qui ont permis d'obtenir du grain, d'abord séché ou récolté « après la Toussaint » au sud de Paris, puis de plus en plus facilement mené à maturité jusqu'en Picardie et en Normandie, voire en Bretagne et dans le Nord-Pas-de-Calais (zone de maïs-fourrage) les années les plus chaudes ;

— le développement des moyens de productivité autres que les paramètres apportés par la semence (désherbage et protections chimiques, fumure, mécanisation de la récolte...);

— la mise en place de la « filière » qui inclut le stockage, l'alimentation animale, et la diversification des débouchés.

Le résultat a été un rendement fortement augmenté en terres profondes ou irriguées, approchant les 100 qx en Région Parisienne, qui rivalise ainsi avec les zones de culture traditionnelle

du maïs, comme l'Alsace et le Sud-Ouest. Sur des terres légères de la « moitié Nord-Ouest » — terres de rendzine de la Champagne aux Charentes —, les rendements ont pu dépasser plusieurs fois 80 qx, mais aussi retomber à 60, et même 40 qx sans irrigation, en année sèche et dans un environnement défavorable.

Contrairement au blé, qui reçoit peu de fumure et d'intrants dans la majorité des régions agricoles des USA, le parallèle peut être facilement fait entre les maïs américain et français, dont les rendements sont du même ordre de grandeur. Les conséquences néfastes de la culture du maïs sur l'environnement (excès de fertilisation azotée par rapport à la consommation de la plante) ont été officiellement reconnues aux États-Unis depuis plusieurs années, même s'il semble encore difficile de « raisonner » la majorité des agriculteurs. C'est ainsi que le programme initié au Nebraska (Central Platte Natural Resource District), dans le but de limiter les fumures, a révélé que pour 14 % des surfaces, l'excès d'azote avait malgré tout dépassé de 100 kg/ha et plus les quantités conseillées ; en moyenne, 164 kg avaient été appliqués, à comparer avec les 116 recommandés. C'est ce qu'indiquent Schepers, Moravek, Alberts et Franck dans leur article consacré à ce suivi [1]. En France, une stagnation des rendements moyens a été notée depuis environ 5 ans, dans des zones à forte productivité situées au nord de l'aire de culture du maïs. Ceci malgré une augmentation soutenue des fumures azotées, encouragée par la progression des résultats obtenus au cours de la décennie précédente. On peut penser, qu'en plus des irrégularités climatiques (détérioration de l'équilibre « température-humidité »), plusieurs causes sont impliquées, du style « fatigues des

sols », qu'elles soient de nature physique, chimique ou biologique, ou plutôt « fatigues de l'agrosystème en général ». Certaines d'entre elles ne sont pas bien évaluées, ou sont encore considérées comme négligeables par la plupart des agronomes.

On peut citer les viroses transmises par pucerons, principalement la jaunisse nanisante de l'orge (« barley yellow dwarf »), qui peut être la cause de diminutions de rendement d'après Moreau [2], ou les pollutions dues à l'industrialisation et à l'urbanisation : par exemple Craker et Waldron [3] indiquent que les précipitations acides sont causes de stérilité des épis dès pH4, alors qu'une feuille en bon état résiste à pH2. Si le maïs se révèle plus sujet que le blé à ce dernier type d'accidents, c'est peut-être à cause de sa période de végétation, qui le fait fleurir au moment des pics de photo-oxydants, comme le rappelle Moreau [4].

Quelles que soient les causes de la stagnation des rendements, on peut craindre un gaspillage insidieux des intrants. Le fait de mettre plus d'azote que la culture, soumise à différents stress, ne va pouvoir en utiliser, est aussi anti-économique qu'anti-écologique. Il faut néanmoins admettre que le cultivateur a et aura sans doute encore pendant longtemps l'excuse de ne pouvoir disposer de références fiables concernant l'effet de stress pas toujours prévisibles sur la potentialité du peuplement végétal. Une course « azote-rendements », qui ne tenait pas compte de manière suffisante des conséquences sur l'environnement, a été orchestrée aux États-Unis, sur lesquels l'Europe agricole (Italie, France, Hongrie, Roumanie, etc.) a rapidement copié. En raison des apports d'intrants incomplètement utilisés, ou directement nuisibles à un

J.-P. Moreau : Station de Zoologie, INRA Versailles, route de St-Cyr, 78026 Versailles Cedex, France.

bon équilibre des sols, le maïs est devenu l'objet de critiques. Ce serait, selon certains, une sorte de « porc végétal », la grande culture la plus polluante potentiellement. Paraphrasant J. Poly, ancien Directeur Général de l'INRA, nous pourrions dire, pour frapper l'opinion, que si un cochon « *salit comme 3 hommes* », un hectare de maïs vaut 3 hectares de betteraves ! Voyons pourquoi on l'accuse de dégrader l'environnement, en considérant les principaux types de pollution et de désorganisation du milieu : percolation de nitrates, de pesticides, lessivage et érosion des sols, avec amplification des effets à quantités égales d'intrants.

Comme la betterave, le maïs a l'inconvénient de laisser le sol nu pendant une grande partie de l'année, ce qui accroît le lessivage, ainsi que le rappellent Liang, Remillard et MacKensie [5], mais la première culture n'a guère quitté les sols profonds, alors que la seconde s'est lancée à l'assaut des terres légères, dans lesquelles il arrive de lui administrer, comme en terres profondes et irriguées, 200 unités d'azote. Quand c'est, — très rarement —, en fumier ou en lisier, cela ne change rien, bien entendu, et le résultat peut être encore plus mauvais, car à la sortie, ce sont évidemment les mêmes nitrates, ce qu'ont vérifié Cates et Keeney [6]. Sans faire régulièrement le bilan azoté au fil des années, le cultivateur nourrit l'espoir de dépasser significativement la barrière des 100 quintaux (rappelons-nous de l'objectif 150 qx, alors que le blé visait les 100). Dans son livre « *Fabuleux maïs* », Gay [7] mentionne le record obtenu par un agriculteur du Nebraska (l'État des excès cité plus haut !) en 1976 (212 qx de grain sec/ha), alors que pour la France, 171 qx ont été atteints dans le Gers en 1983.

Chambolle disait en 1988 [8] que « *la réduction de la pollution nitratée passe essentiellement par une meilleure maîtrise, de la part des agriculteurs eux-mêmes, de leurs diverses pratiques* ». Il est permis de manifester quelque impatience rétrospective quand il poursuivait modestement : « *Compte-tenu de la sensibilisation dont la profession agricole fait preuve à cet égard, sensibilisation qui se traduit notamment par sa participation active aux travaux du Corpen, il n'est pas déraisonnable de penser que d'ici à vingt ans, des*

*progrès sensibles auront pu être réalisés.* » Depuis nous avons vu qu'il y avait urgence, en partie « grâce » à la sécheresse apparue en 1989 et qui perdure dans les zones de céréaliculture intensive.

Quant aux désherbants que le maïs a la particularité de tolérer à fortes doses, les triazines (simazine, atrazine), non seulement ils contribuent directement à la pollution des nappes phréatiques, mais ils pourraient accélérer le lessivage plus que sous d'autres cultures, en freinant l'activité des microorganismes du sol. A cet égard, des fongicides et d'autres herbicides ont été accusés, selon des travaux de Bollag et Henninger qui remontent à plus de 15 ans [9].

Les deux processus importants du comportement des pesticides dans le sol, l'adsorption et la dégradation, continuent d'être étudiés en parallèle pour les différents herbicides en usage, par exemple par Singh, Spencer, Cliath et van Genuchten [10]. Le brome et l'atrazine, modèles pour les composés chimiques les plus utilisés sur maïs, ont été récemment étudiés dans leur devenir, toujours par des Américains, Starr et Glotfelty [11].

Pour calculer plus précisément l'impact de l'intensification de la culture, il conviendrait de le faire dans l'ensemble du système agricole, en fonction des techniques de travail du sol, comme Isensee, Nash et Helling [12], et encore mieux dans le but de réduire les doses entraînées, selon Felsot, Mitchell et Kenimer [13]. Pour ce faire, il faudrait tenir compte des rotations et de l'assolement.

En fait, dans les régions où il s'est installé récemment, le maïs n'est que l'une des composantes de la céréaliculture intensive, et ne reçoit ni fongicides, ni régulateurs de croissance, contrairement aux céréales à paille qui lui succèdent, et souvent qui le précèdent, sur la même sole. Il aurait peut-être été judicieux de plutôt le maintenir sur les mêmes parcelles, au cas où la rotation « céréales à paille — maïs » se révélait être un risque supplémentaire pour le passage des pesticides et des engrais dans les nappes phréatiques. Les écotoxicologues, mis à part quelques Américains, dont ceux qui viennent d'être cités, n'ont pas suffisamment étudié les combinaisons herbicides-fongicides, même si l'on sait

que l'association céréales-maïs, caractérisée par une forte consommation de fongicides sur les blés, a entraîné la raréfaction des vers de terre, et la perturbation de la dynamique des bactéries qu'ils favorisent habituellement par leur régime et leur comportement. Ces inconvénients, encore apparemment négligeables ou considérés comme acceptables en sols profonds, peuvent devenir notables et gênants en d'autres situations : Malkomes [14] a montré que le DNOC est susceptible d'inhiber les processus de transformation de l'azote en agissant sur les microorganismes du sol. On voit donc qu'un herbicide peut intervenir directement sur le devenir de la fumure azotée.

## Les concurrents et les ennemis du maïs en France

Le maïs, plante en C4, est un bon compétiteur devant les adventices en C3, à la condition d'être favorisé en début de culture, en bénéficiant alors d'une température suffisante. Son maintien sur les mêmes parcelles, sous réserve de retrouver une « tête d'assolement » dicotylédone, tournesol ou betterave, pour les céréales à paille, — ou de s'en passer résolument —, permettrait de supprimer les abus actuels d'herbicides.

En Europe céréalière, le maïs est jusqu'à présent peu sujet aux maladies fongiques et aux viroses, et rarement attaqué par des bactérioses. Il convient cependant d'être vigilant, et d'assurer un encadrement sans failles, car cette situation peut évoluer vers une détérioration des stratégies phytosanitaires, au moins localement. On peut craindre par exemple l'extension de fongicides destinés à lutter contre le charbon des inflorescences, ou des traitements insecticides effectués à contretemps à l'égard de pucerons.

De 1958 à 1980, j'ai été le témoin de la progression des maïs hybrides. J'ai étudié successivement oscinies, pyrale, pucerons, jaunisse nanisante de l'orge, ainsi que les différentes méthodes de lutte envisagées ou appliquées. Entre temps, le rendement moyen a été multiplié par 2 dans l'ensemble du Bas-

sin Parisien, passant de 35 à 70 qx/ha environ.

En dehors des adventices, jugées au début de l'intensification comme étant le principal facteur limitant du rendement, — et dont la destruction est souvent devenue difficile à cause de la résistance de plusieurs espèces aux herbicides, ce qui les rend à nouveau causes de pertes dans certaines situations —, les principaux ennemis notoires du maïs sont des arthropodes : les chenilles foreuses, pyrale dans la moitié nord, sésamie et noctuelles dans la moitié sud, et plus récemment les pucerons, puis les acariens, ces deux derniers groupes de ravageurs en conséquences secondaires de la généralisation des insecticides et des modifications du milieu. Tous ces ennemis « aériens » de la culture sont le prétexte de traitements insecticides en végétation sur près de 600 000 ha. Si l'on multiplie les surfaces par le nombre de traitements, on doit approcher 800 000 EH (Équivalents-ha). Très généralement, on ne fait qu'une seule application (surtout contre la pyrale, qui justifie plus de la moitié des interventions).

Les insectes du sol, présents ou simplement craints, entraînent une protection au semis sur des surfaces du même ordre de grandeur, en partie les mêmes que les précédentes. Les insecticides sont alors utilisés « en plein », ou mieux « en localisation » le long de la raie de semis. Il s'agit de poudres mouillables ou de liquides chlorés (lindane, classiquement en plein), ou de microgranulés en localisé (carbamates ou plus rarement organophosphorés), qui peuvent contribuer eux aussi à la pollution de l'environnement.

On peut estimer qu'en gros la moitié seulement des applications apportent un bénéfice à l'agriculteur, ce qui veut dire que l'on devrait, en théorie, faire l'économie de 400 000 EH. Aucun progrès significatif n'a été fait dans ce sens depuis 10 ans, bien au contraire, malgré le recul des populations de ravageurs et l'amélioration variétale. L'une des raisons en est l'allègement des avertissements spécialisés de la Protection des végétaux, qui a remplacé la surveillance continue des cultures par des dispositifs fixes, certes très utiles et performants, mais insuffisants pour l'élaboration de conseils précis et personnalisés.

Les dégâts dus aux ravageurs principaux sont en régression, et ceci pour diverses causes (tolérance ou résistance variétale, évolution des pratiques phytotechniques, etc.). Par exemple, les populations, et donc les dégâts d'oscinie, ont pratiquement disparu depuis le fort recul des céréales secondaires de printemps (avoine et orge), et le développement des herbicides contre les graminées-réservoirs (ray-gras, vulpin), associés aux déchaumages d'été. Les taupins, malgré des informations contradictoires, et sans doute quelques problèmes locaux, ont presque déserté les zones de grande culture.

Depuis dix ans, avec la reprise des labours et le quasi-abandon du travail minimum des sols, la pyrale du maïs est en régression, et tombée souvent en dessous du seuil de nuisibilité. Il faut rappeler que ce seuil est de 10 pontes pour 100 plantes, et non de 1 chenille par plante à l'automne, « seuil de risque » établi pour la campagne suivante dans les zones où le semis direct domine. Ce seuil, établi lors du recul des travaux intercultures, ne concerne pas les secteurs où l'on broie et enfouit les tiges après récolte ! La jaunisse nanisante, quant à elle, intervient comme facteur limitant du rendement seulement lorsque le maïs est inoculé au stade plantule et qu'il manque d'eau. Il importe de bien distinguer ce problème du risque « pucerons en eux-mêmes », contre lesquels on s'organise toujours un peu tard, et donc assez souvent en pure perte.

Pour ces différentes raisons, et à la condition bien entendu d'une meilleure information et d'une prise de conscience des maïsiculteurs et de leurs conseillers, on devrait noter rapidement un net recul des intrants en pesticides, et passer de 8 à 6, et même à 4 EQ (Équivalents-quintaux) à l'hectare.

Le choix des produits (insecticides et dans une moindre mesure herbicides) en fonction uniquement de la nature et du niveau des nuisibles craints ou présents peut avoir des conséquences néfastes sur la suite de la culture (effets secondaires à moyen terme, comme des pullulations de pucerons et d'acariens), et éventuellement sur des cultures avoisinantes (détérioration des biocénoses épigées et hypogées).

Comme le rappelaient récemment les Chambres d'Agriculture (voir le Supplément au n° 787 de mars 1991, inti-

tulé « Agriculture et Environnement »), il serait vain de traiter le problème du seul point de vue de l'environnement en oubliant les aspects économiques pour l'agriculteur. Par exemple, une solution de lutte biologique ne pourra, sauf exception, être proposée à un coût trop supérieur à celui d'une lutte chimique, surtout si on la conçoit comme préventive et par là aussi systématique ! Il serait préférable de raisonner scrupuleusement chaque type de lutte, et de s'abstenir de toute intervention injustifiée.

Les tentatives larvées de lutte biologique, ou présentées comme des échecs par leurs détracteurs, sont parfois celles qui n'ont pas pris en compte l'ensemble des problèmes présents dans un lieu donné. De plus, elles n'ont pas fait suffisamment appel de manière réfléchie au choix des variétés, dont le paramètre dominant est resté la productivité basée sur une conduite intensificatrice. Or ce dernier modèle, souvent avancé par le passé comme une « norme » générale et incontournable, n'est désormais plus transférable aux diverses conditions mésologiques.

Que faire devant une telle situation ? Comment concilier l'envahissement des zones « sensibles » — ou classées comme telles — par le maïs, facteur de développement et de progrès pour l'agriculteur, avec le souci du maintien des équilibres écoagricoles, basé traditionnellement sur les rotations et le pouvoir épurateur des sols ?

Nous arrivons à une époque où un changement des mentalités est inévitable, de manière d'autant plus urgente que l'on est allé plus loin dans les aberrations d'un surexploitation des agrosystèmes, comme le soulignent Oberlé et Keeney [15].

Une meilleure stratégie de production intégrée (ou alternative comme disent les Américains), que l'on pourrait appeler « production raisonnée », puisque la lutte raisonnée est admise depuis longtemps par les firmes agrochimiques, aurait pour tâche de coordonner assolements, fumures, herbicides et insecticides, avec le choix des variétés et des pratiques culturales. Il ne faudrait pas hésiter, pour ce faire, à remettre en cause à la fois le modèle traditionnel local aussi bien que le modèle général, proposé sous prétexte qu'il a fait ses preuves dans d'autres conditions.

L'objectif devrait être non seulement de conserver l'ordre de grandeur de la productivité souhaitée, d'augmenter de manière significative la rentabilité économique et de réduire les transferts d'engrais et de polluants à la nappe, mais également de préserver un potentiel acceptable en agrobiocénoses régulatrices, aspect qui n'a pas été retenu jusqu'à présent dans les programmes et dans les stratégies à promouvoir. Reprenons le raisonnement en fonction des pratiques actuelles et des problèmes rencontrés dans chacun des principaux secteurs agrotechniques.

### Fumure azotée

En Beauce, en 1990, grâce à la chaleur et à l'irrigation, 200 unités d'azote ont conduit les meilleures variétés à 130-140 qx (Documents de la CA d'Eure-et-Loir). Comme il s'agit d'essais variétaux de la Chambre d'Agriculture, on peut penser à une

surestimation de 10 %, due à la faible taille des parcelles et au soin de la récolte. Cela dénote pourtant une bonne maîtrise des intrants en bonnes conditions. En grandes parcelles, 160 unités conduisent à 100 qx, aussi bien que 200 unités ou plus... Voilà dix ou vingt ans que les Beaucerons ont appris à économiser l'azote, sur blé d'abord, grâce à la « méthode Coïc », du nom de notre ancien collègue, et à la démonstration des premiers excès par les GRCETA (essais de Stasiak à Pithiviers), puis sur maïs. Ils sont devenus de véritables « éco-productivistes », et des régions arrivées plus récemment à l'intensification feraient bien de s'en inspirer de près.

Mais la Beauce n'a pas que des excellentes terres, et que ce soit dans le Drouais ou dans la « Petite Beauce » au nord de la forêt d'Orléans, on rencontre nombre de sols « squelettiques », plus ou moins sableux, caillou-

teux, donc filtrants. Sans irrigation ni pluie, les rendements tombent à 35 qx (de 11 à 51 selon les variétés en 1990), malgré 150 unités d'azote. C'est là que se situe le vrai problème. Les mauvaises terres, ou les mauvaises années, augmentent les risques de fuites « vers les parties communes » de notre espace agricole que l'urbanisation grignote. Faut-il essayer de trouver un « azote-retard », en réserve pour 2 ou 3 ans et ne se laissant en aucun cas entraîner par la percolation ? Il serait certainement plus raisonnable de faire bénéficier toutes les terres sans vocation céréalière caractérisée de la politique de déprise agricole.

### Désherbage

Existe-t-il encore quelques parcelles qui ne reçoivent pas de désherbant ? Oui, peut-être, en monoculture traditionnelle... ! « Face aux nouvelles contrain-

## Summary

### Can maize cropping and environment go hand in hand ?

J.P. Moreau

*Forty years have passed since intensive and wide-spread cropping of maize began in France. Originally, it was the permanent crop in the fertile soils of the traditionally cultivated areas. From the seventies onwards, it became the first crop in the 3-course rotation areas in the northern farming regions.*

*Contrary to wheat, which receives meagre nutrient and other agricultural inputs in most US farming areas, given the similarity in yield, comparison of American and French maize is relatively easy because their yields are of the same magnitude. The harmful effects to the environment of maize cultivation have been officially recognised in the United States for a few years now. Nevertheless, most maize farmers remain hard to convince.*

*In France, apart from weeds which used to be considered the main yield limiting factor (and of which some are now becoming herbicide-resistant), the main pests of maize are arthropods, such as the European corn borer in the north and other borers (e.g. Sesamia) in the south.*

*Recently, because of both wide-spread use of insecticides and changes in the environment, aphids and mites also become a serious problem. The best strategy of integrated production (or alternative production as the Americans say) is « supervised production ». « Supervised production » has been used for a long time by agro-chemical companies trying to co-ordinate agricultural rotation, manuring, use of herbicides and insecticides, with the choice of varieties and cultural practices.*

*A long-term « sustainable » strategy should involve not only maintaining the desired magnitude of yield capacity, significantly increasing the economical profitability, and reducing transfer of pollutants to the underground water, but preserving an acceptable agrobiocoenosis regulation. However, these aspects have not yet been incorporated into programme and promotion strategies.*

*Management of huge areas of cereal crops must take the general concern for the environment into account. Perhaps it is not too late to inform the parties concerned and embark upon a common endeavour ? Maize, a traditional cereal now raising new problems, could serve as a pilot crop.*

*Cahiers Agricultures 1992 ; 1 : 189-95.*

tes imposées à l'emploi d'atrazine et de simazine, l'AGPM et différents prescripteurs ont défini quelques règles de bonne utilisation de ces herbicides ! », comme le résume Blanc [16]. Voici quelques extraits de l'article référencé... « Le risque majeur résiderait dans l'entraînement par les eaux de ruissellement, à la suite de précipitations importantes au printemps intervenant après des traitements sur sol nu. L'entraînement par lessivage dans le sol n'interviendrait que dans de faibles proportions et dans certains types de sols : sols sableux, boubènes... En présence de graminées estivales et en particulier de digitaires, la dose de 1 500 g ma/ha (maximum annuel autorisé par le décret du 13/07/90) n'assurant plus un contrôle suffisant, il est nécessaire d'utiliser un antigraminée spécifique, à base d'alachlore, métolachlor, EPTC ou vernolate. Cette association permet de diminuer la dose de l'atrazine en prélevée à 750-1 000 g ma/ha, avec incorporation fortement conseillée en sol battant ou à pente forte. Il est alors possible d'appliquer un complément d'atrazine en postlevée, sans dépasser 1 500 g au total bien entendu. Dans les sols riches en matière organique (plus de 5 %), comme la dégradation rapide par les microorganismes rend l'application en présemis insuffisante, il sera préférable d'apporter l'atrazine en postlevée. »

On comprend la difficulté pour chaque situation régionale et pédologique, de rentrer dans une réglementation nationale, dont la dose devrait en fait être considérée comme un « maximum maximorum », et non comme une norme générale. Comme le souligne Blanc, « la limitation de la dose d'atrazine à 1 500 g ne bouscule pas le dés herbage du maïs ». On peut imaginer dans un court délai soit une interdiction pure et simple, soit une nouvelle restriction (à 1 000 g/ha ?), qui permettrait un passage progressif à d'autres produits... ou à d'autres pratiques culturales, du moins dans les zones sensibles. Il serait assez facile de mettre en place des interdictions locales ou régionales, et pas seulement dans le « un pour cent » des parcs naturels et des périmètres de protection des captages de « qualité supérieure ».

Les nouveaux herbicides, destinés à remplacer les triazines, sont déjà sur le

marché, et devraient se développer rapidement à partir de 1993.

## Maladies

### • Viroses et mycoplasmes

Au niveau mondial, selon Mac Gee [17], le maïs subit des dommages importants de la part de nombreux virus, d'un spiroplasme (celui du rabougrissement ou « corn stunt ») et d'un mycoplasme (cause du rabougrissement buissonnant appelé « maize bushy stunt »).

Il n'y a aucune commune mesure avec la situation que nous connaissons en France, où seule la mosaïque nanisante (MDMV = maize dwarf mosaic virus) cause des dégâts sporadiques dans le quart Sud-Est. Cependant, comme le maïs représente le réservoir estival de la jaunisse nanisante de l'orge, il joue un rôle de premier plan dans l'épidémiologie de cette virose. Selon Moreau [2], il n'est pas opportun d'attirer l'attention sur les faibles dégâts, souvent aléatoires, que la JNO est susceptible de causer sur maïs, étant donné que le résultat de traitements dirigés contre les pucerons a presque toujours conduit jusqu'à présent à des niveaux de population supérieurs, et qui présentent d'autant plus de risques pour les céréales à paille qu'ils se décalent par rapport aux dynamiques habituelles. Il s'agit de résurgences induites par la destruction des auxiliaires, que l'on devrait savoir éviter par le choix des insecticides : en végétation, il n'y a que deux matières actives recommandables contre les pucerons, un carbamate (pyrimicarbe) et un seul pyrèthroïde (fluvalinate). Il ne faudrait évidemment pas les associer à des insecticides à large spectre, comme c'est trop souvent le cas ! Toute intervention non justifiée, sous prétexte de lutter contre des pucerons, avec des mélanges inadéquats bien qu'homologués, est à proscrire impérativement.

### • Bactérioses

On signale de plus en plus de bactérioses, (*Erwinia*, *Pseudomonas* ?) même si elles restent au niveau de la curiosité, car elles n'ont pas eu jusqu'à présent de caractères épidémiques. En 1990, on a vu que les fortes chaleurs les favorisaient jusque dans la moitié nord du pays (Bassin Parisien). Il est possible que les applications répétées

de fongicides en céréaliculture sélectionnent les bactéries en général par rapport aux champignons du sol et de la végétation cultivée...

### • Mycoses

Au temps où le maïs hybride commençait à s'installer dans le Bassin Parisien, avec des variétés encore peu vigoureuses au départ sous températures fraîches, le ravageur principal était l'oscinie, et ses dégâts se sont prolongés quelque temps, comme « ouvreuse » du charbon des tiges et des feuilles. Depuis dix ans, l'une comme l'autre ont été reléguées très loin dans la hiérarchie des ennemis du maïs, sauf dans les cas de petites parcelles en régions froides du Centre-Est. L'helminthosporiose est localisée au sud et ne fait pas grands dommages. La fusariose des tiges et des épis a un statut de parasite secondaire, en complément des dégâts de pyrale. Depuis que se sont généralisées les variétés à tige solide, les *Fusarium* ne peuvent plus être considérés comme des parasites d'importance économique, et de toute façon il n'existe pas de lutte directe contre eux.

Le seul champignon qui ait pris récemment une extension, est le charbon des inflorescences, et il convient de le surveiller de près, ne serait-ce que pour éviter des applications fongicides sans efficacité prouvée.

## Ravageurs

Au début de la « montée » du maïs vers le nord, les principaux ravageurs étaient ceux du sol, vers blancs, rapidement disparus, taupins, scutigérelles, nématodes... auxquels venaient s'ajouter quelques nuisibles « aériens » de début de végétation (oscinies, *Geomyza*...). Ce sont eux qui ont imposé les insecticides-nématocides en plein ou en raie de semis, seule protection d'une maïsiculture « intensivo-extensive », c'est-à-dire visant de hauts rendements « en trois passages », préparation du sol, semis et récolte. Il en est resté la pratique des microgranulés (counter, curater, ou temik pour ceux qui souhaitent une action sur nématodes ou prolongée sur les premiers ravageurs aériens, mouches et pucerons). Les taupins ne sont plus un problème pour les grandes plaines céralières, et ce ne sont pas les quelques tipules ou

bibions qui peuvent justifier du lindane à 1 kg 5, 1 kg 35 (nouvelle norme) ou même 1 kg ma/ha !

Depuis une douzaine d'années, ne subsistent comme nuisibles principaux que des « foreurs », chenilles de lépidoptères, pyrale au nord, sésamie et noctuelles au sud. Si l'on considère que les problèmes apparus à cause des pucerons et des acariens leur sont très souvent associés, comme conséquences secondaires de traitements insecticides liquides devenus généralisés et répétitifs, ces ravageurs sont à l'origine, directement ou indirectement, de la quasi-totalité des interventions en végétation.

On possède maintenant tous les éléments pour organiser une véritable protection intégrée contre la pyrale du maïs : lutte biologique par Tricho-

grammes, microbiologique par *Bacillus thuringiensis* ou *Beauveria*, à associer impérativement au choix des variétés (tolérantes aux dégâts des chenilles et défavorables à la ponte des papillons femelles), et s'il le faut à quelques insecticides judicieusement choisis. Cette intégration des méthodes devrait bien entendu se faire au niveau de l'exploitation, c'est-à-dire au niveau même de la parcelle, et il est très dommage que tous les conseillers n'aient pas encore compris cette clause de durabilité des agrosystèmes.

Au cours de ces pages, j'ai essayé de montrer à la fois la complexité de la gestion de la culture du maïs et l'unicité du raisonnement à y appliquer. J'espère y être parvenu, mais j'ai conscience de la difficulté de tirer des conclusions et surtout des conseils généraux applicables

en toutes régions ou circonstances. La gestion des grands espaces de la céréaliculture intensive va devoir obligatoirement se baser sur une préoccupation collective du respect de l'environnement. Peut-être n'est-il pas trop tard pour éclairer les différents partenaires et poursuivre avec eux une discussion commune ? Tout récemment, un séminaire « sur les technologies et pratiques d'une agriculture durable » s'est tenu à Paris sous l'égide de l'OCDE. En particulier, O'Connell y a plaidé pour l'agriculture « soutenable » au nom de l'USDA [18]. Ni les groupes d'experts, ni les délégués des nombreux pays présents n'ont traité le sujet du maïs. Cette culture pourtant, rencontre entre la tradition et la nouvelle réflexion, mériterait de servir de pilote pour de telles initiatives ■

---

## Résumé

Depuis une quarantaine d'années, la culture du maïs-grain s'est considérablement intensifiée et répandue en France, d'abord dans les zones où elle était implantée traditionnellement comme monoculture des terres les plus riches, puis à partir des années 70 dans les zones d'assolement triennal, où elle a pris la place de tête d'assolement. Contrairement au blé, qui reçoit peu de fumure et d'intrants dans la majorité des régions agricoles des États-Unis, le parallèle peut être facilement fait entre les maïs américain et français, dont les rendements sont du même ordre de grandeur. Les conséquences néfastes de la culture du maïs sur l'environnement ont été officiellement reconnues aux États-Unis depuis plusieurs années, même s'il est encore difficile d'y « raisonner » l'ensemble des agriculteurs.

En France, en dehors des adventices, jugées au début de l'intensification

comme étant le principal facteur limitant du rendement, et dont certaines ont montré depuis de la résistance aux herbicides, les principaux ennemis du maïs sont des arthropodes : les chenilles foreuses, pyrale dans la moitié nord, sésamie et noctuelles dans la moitié sud, et plus récemment les pucerons, puis les acariens. Ces deux derniers groupes de ravageurs ont été favorisés par la généralisation des traitements insecticides et certaines modifications du milieu.

Une meilleure stratégie de production intégrée (ou alternative comme disent les Américains), que l'on pourrait appeler « production raisonnée », puisque la lutte raisonnée est conseillée depuis longtemps par les firmes agrochimiques, aurait pour tâche de coordonner assolements, fumures, herbicides et insecticides, avec le choix des variétés et des pratiques culturales. L'objectif, dans un contexte d'agricul-

ture durable, devrait être non seulement de conserver l'ordre de grandeur de la productivité souhaitée, d'augmenter de manière significative la rentabilité économique et de réduire les transferts d'engrais et de polluants à la nappe, mais également de préserver un potentiel acceptable en agrobiocénoses régulatrices, aspect qui n'a pas été retenu jusqu'à présent dans les programmes et dans les stratégies à promouvoir.

La gestion des espaces de la céréaliculture intensive va devoir obligatoirement se baser sur une préoccupation collective du respect de l'environnement. Peut-être n'est-il pas trop tard pour éclairer les différents partenaires et poursuivre avec eux une discussion commune ? Le maïs, rencontre entre une tradition ancienne et les nouvelles interrogations, pourrait servir de culture pilote.

## Références

1. Schepers JS, Moravek MG, Alberts EE, Frank KD. Maize Production Impacts on Groundwater Quality. *J Environ Qual* 1991 ; 20(1) : 12-6.
2. Moreau JP. Nuisibilité des pucerons *Metopolophium dirhodum* Wlk. et *Rhopalosiphum padi* L. en culture de maïs-grain. 1<sup>re</sup> Conf Int Rav Agr, *Ann ANPP*, 1987 ; 6 (II) : 263-70.
3. Craker LE, Waldron PF. Acid rain and Seed Yield Reductions in Corn. *J Environ Qual* 1989 ; 18(1) : 127-9.
4. Moreau JP. Pucerons et pollution : une association catastrophique ? *Phytoma* 1988 ; 398 : 22.
5. Liang BC, Remillard M, McKenzie AF. Influence of Fertilizer, Irrigation, and Non-Growing Season Precipitation on Soil Nitrate-Nitrogen under Corn. *J Environ Qual* 1991 ; 20(1) : 123-8.
6. Cates RL, Keeney DR. Nitrous Oxide Production throughout the Year from Fertilized and Manured Maize Fields. *J Environ Qual* 1987 ; 16(4) : 443-7.
7. Gay JP. Fabuleux Maïs, Histoire et avenir d'une plante. *AGPM*, 1984 : 296 p.
8. Chambolle T. Agriculture et environnement, un couple de choc. *Cultivar* 1988 ; 233 : 180-1.
9. Bollag JM, Henninger NM. Influence of Pesticides on Denitrification in Soil and with an Isolated Bacterium. *J Environ Qual* 1976 ; 5(1) : 15-8.
10. Singh G, Spencer WF, Cliath MM, van Genuchten MTh. Sorption Behavior of s-Triazine and Thiocarbamate Herbicides on Soils. *J Environ Qual* 1990 ; 19(3) : 520-5.
11. Starr JL, Glotfelty DE. Atrazine and Bromide Movement through a Silt Loam Soil. *J Environ Qual* 1990 ; 19(3) : 552-8.
12. Isensee AR, Nash RG, Helling CS. Effect of Conventional vs. No-Tillage on Pesticide Leaching to Shallow Groundwater. *J Environ Qual* 1990 ; 19(3) : 434-40.
13. Felsot AS, Mitchell JK, Kenimer AL. Assessment of Management Practices for Reducing Pesticide Runoff from Sloping Cropland in Illinois. *J Environ Qual* 1990 ; 19(3) : 539-45.
14. Malkomes HP. Einfluss unterschiedlich formulierter Pflanzenschutzmittel auf mikrobielle Aktivitäten im Boden. *Z Pflkr Pflsch* 1990 ; 97(5) : 517-31.
15. Oberlé SL, Keeney DR. A Case for Agricultural Systems Research. *J Environ Qual* 1991 ; 20(1) : 4-7.
16. Blanc D. Désherbage du maïs : de nouvelles contraintes. *Perspectives Agricoles* 1991 ; 156 : 91-2.
17. McGee DC. Maize diseases. A reference source for seed technologists. APS Press, 1988 ; 149 p.
18. O'Connell PF. Sustainable Agriculture in the US. In : *Outlook on Agriculture*. CAB Int Publ, 1992 (sous presse).

## COLLECTION ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE

Co-édition  
UREF/AUPELF  
John Libbey Eurotext

### Téledétection en Francophonie : Bilans Régionaux et Thématiques

J.M. DUBOIS et P. LAFRANCE

Chercheurs, enseignants et étudiants trouveront dans cet ouvrage les possibilités nouvelles offertes par la télédétection

#### Bilans régionaux

- Développement et télédétection des ressources naturelles au Maghreb central
- Télédétection en Afrique subsaharienne, bilan régional
- Contribution des institutions universitaires belges
- La télédétection satellitaire en France
- La télédétection en Suisse

#### Bilans thématiques

- Agriculture, désertification, conservation des sols
- Analyse de l'utilisation du sol à partir des données SPOT et TM : aspects méthodologiques
- Contribution de la télédétection à la cartographie du milieu forestier
- Le traitement des images de télédétection : aperçus et perspectives
- L'évolution de la télédétection satellitaire concernant les milieux littoraux
- Ressources minérales et ressources en eau

1990, broché, ISBN 0 86196 250 3

**60 FF** (Prix préférentiel : Afrique, Asie, Amérique du Sud, Haïti)

**120 FF** (Autres pays)

### BON DE COMMANDE

Veuillez m'adresser ( ) exemplaire(s) de .....

.....

Veuillez trouver ci-joint mon règlement à l'ordre de John Libbey Eurotext

Nom ..... Prénom .....

Adresse .....

Ville ..... Pays .....

À retourner à : **John Libbey Eurotext**, 6, rue Blanche - 92120 Montrouge  
Tél : 47.35.85.52 - Fax : 46.57.10.09

