

L'insecte et le risque agricole

Paul COCHEREAU *

Le risque agricole peut être défini comme tout un ensemble de facteurs contraires à une production stable et économiquement satisfaisante. L'insecte ravageur des cultures est un de ces facteurs ; il peut, dans certains cas, devenir prépondérant.

En effet, pour se nourrir, l'insecte prélève une part très importante des plantes cultivées et des denrées alimentaires entreposées par l'homme. Il est plus prudent de n'en pas donner ici une évaluation précise à l'échelle de la planète, faute de données fiables.

Ce risque constant de pertes alimentaires est perçu plus ou moins distinctement par chaque cultivateur, en pays industrialisé comme en pays en voie de développement. Cet agriculteur cherche à se prémunir contre le risque de perdre tout ou partie de sa récolte, ou des réserves qu'il constitue, en utilisant, s'il en a les moyens, toute une panoplie de méthodes de lutte, sophistiquées ou empiriques ; mais ce n'est qu'à ce stade que le cultivateur pourra intervenir.

De leur côté, avant de transmettre le produit de leurs recherches à l'utilisateur, l'entomologiste agricole et l'agronome doivent considérer un grand nombre d'aspects interdépendants.

Il s'agit d'abord d'identifier de façon précise l'insecte ravageur (ou l'oiseau, ou le rongeur), mais aussi les auxiliaires naturels qui pourraient aider à le limiter ; puis d'évaluer sur place le risque encouru par la culture et l'économie du pays, de la région ou de l'exploitation ; enfin de combattre le ravageur en cause, c'est à dire d'abord de prévenir ses dégâts, lorsque cet insecte est bien connu, puis de diminuer ces derniers, lorsque l'état de crise est installé sur la culture ou dans les stocks.

L'IDENTIFICATION DU RISQUE

Identifier le risque, c'est d'abord identifier l'insecte responsable des pertes que l'on pressent. C'est un problème majeur.

Dans une zone géographique donnée, les mêmes plantes sont cultivées depuis des générations et leurs ravageurs habituels sont répertoriés depuis longtemps. Cependant, l'amplitude des échanges commerciaux entre régions

* Entomologiste. ORSTOM-INRA, BP 1232, 97184 Pointe-à-Pitre cedex.

écologiquement semblables, autrefois isolées, l'extension des zones cultivées, la diversification des façons culturales, les manipulations variétales, modifient constamment les paramètres écologiques des agrosystèmes et en particulier l'identité des ravageurs potentiels. C'est ainsi que, souvent, devant les introductions de plantes, de variétés et de cultures nouvelles, le spécialiste de la défense des cultures se trouve en partie désarmé faute de taxonomistes. La détermination et la description d'un ravageur nouveau, si elles ne sont pas toujours aisées, sont fournies le plus souvent, mais elles le sont rarement avec certitude lorsqu'il s'agit de la faune auxiliaire ; celle-ci gravite autour du ravageur primaire et reste utilisable en lutte biologique. Cette identification précise doit non seulement permettre de rapporter pour l'avenir, à l'espèce en cause, le travail accompli, mais devrait aussi guider la bibliographie, si possible, et surtout la lutte future. Il existe là un risque important de perte de temps et de données à propos d'espèces qui peuvent rester inconnues pour la science longtemps encore. Le risque d'erreur de détermination de la part du spécialiste, d'autre part, peut à l'inverse faire perdre du temps en engageant sur de fausses pistes, la publication du travail accompli sous un nom erroné pouvant sembler un moindre mal. Ainsi au Vanuatu, la lutte contre la cochenille transparente du cocotier a été menée au moyen d'une coccinelle prédatrice désignée sous trois noms différents en l'espace de dix ans, chacun de ces noms désignant bien une espèce distincte des deux autres... En Afrique, jusqu'ici, toutes les publications attribuaient à la cécidomyie des riz africains le nom de l'espèce asiatique ; il s'avère, depuis peu, que ce sont deux espèces bien distinctes. Le chercheur qui attribuait à l'espèce africaine la masse des travaux menés sur l'autre espèce, en particulier en Inde, courait divers risques évidents.

La cochenille du manioc a commencé à faire d'importants dégâts au Congo au début des années 1970 ; elle y était auparavant inconnue sur le manioc et n'était pas encore décrite ailleurs dans le monde, parce qu'elle n'avait pas attiré l'attention du fait de populations anormalement fortes sur le manioc. Ainsi, elle a été décrite à partir d'exemplaires en pullulation récoltés au Congo, bien qu'il se soit avéré par la suite que cette espèce était originaire d'Amérique du Sud, ainsi qu'une autre espèce de cochenille très voisine. La distinction précise entre ces deux espèces, qui ne fut pas tout de suite assurée, a permis alors de rechercher avec sûreté dans l'aire d'origine de l'espèce, les auxiliaires naturels spécifiques de cet hôte précis. Du fait du contexte économique local, la lutte biologique était ainsi préférée à la lutte chimique sur une grande échelle. C'est ainsi que certains parasites ont été introduits en Afrique à partir du Paraguay. Un raisonnement analogue doit être fait à propos de l'acarien vert du manioc.

Ici, le risque d'erreur que l'on n'a pas tout de suite décelé, reposa dans la distinction précise entre deux espèces de cochenilles voisines, distinction qui déterminait leurs aires d'origines respectives en Amérique du Sud, et surtout la faune parasitaire spécifique, inféodée au seul ravageur en cause, et que l'on voulait utiliser.

La connaissance précise de l'identité des principaux insectes ravageurs potentiels dans le monde permet aussi de prévenir les risques d'introduction de ces espèces dans des régions nouvelles, d'où le rôle essentiel des services phytosanitaires aux frontières, qui sera analysé plus loin.

L'ÉVALUATION DE LA SITUATION DE CRISE

L'évaluation des processus possibles d'introduction d'un ravageur donné est primordiale, si l'évaluation précise du risque encouru, lorsque l'insecte n'est

pas encore introduit dans une région donnée et donc présent sur la culture concernée, ne peut être faite et reste subjective. Cette évaluation doit être faite lorsque l'insecte commet des ravages *in situ*; elle conditionne la lutte.

Un des buts essentiels de l'entomologie appliquée est de suivre l'évolution des populations des insectes ravageurs des cultures, puis de prévoir leurs pullulations afin de mieux les contrarier. En effet, le plus souvent, l'insecte ne devient nuisible que lorsqu'il pullule. Néanmoins, il peut arriver que des insectes soient nuisibles à de faibles niveaux de populations. La lutte devient alors plus difficile.

Cela est vrai d'insectes piqueurs de parties florales; les piqûres et la salive toxique perturbent la physiologie de la plante et sa fructification du fait de nécroses, dépôts de tanins le long des vaisseaux conducteurs de la sève ou de réactions localisées de la plante; il en est ainsi de certaines punaises (*Amblypelta*) qui piquent les jeunes noix de coco et leur pédicelle, de Coreïdes qui piquent les boutons floraux des agrumes ou provoquent des nécroses de bourgeons. Cela est aussi vrai d'insectes piqueurs vecteurs de viroses, comme les cicadelles ou les aleurodes (*Bemisia tabaci*).

La pullulation est donc en général la première manifestation du risque de pertes sur la culture. La défense des cultures va ainsi s'appliquer à déceler les conditions et les causes de ces pullulations. Les migrations (criquets, noctuelles), qui peuvent affecter ces populations, constituent un facteur favorable à la survie de l'espèce et à sa pérennité dans un milieu devenu momentanément très hostile. À ces phénomènes migratoires est lié un brassage génétique de populations élémentaires qui ont survécu isolément lors de stress climatiques extrêmes, comme une forte sécheresse; ils apparaissent maintenant d'une grande importance dans les études de dynamique des populations, (noctuelles des pâturages ou piqueuses de fruits tropicaux).

En outre, le risque de pullulations d'une espèce donnée est fortement lié à la *situation géographique* du lieu considéré, dans l'aire de répartition de l'espèce. Cette aire est partout soumise aux fluctuations aléatoires du climat et le système constitué par l'espèce et ses environnements biotique et abiotique présentera un équilibre d'autant plus instable qu'on se trouvera plus près des franges de l'aire de répartition de l'espèce; c'est là que les risques de pullulation face aux aléas climatiques seront les plus grands (pullulations d'insectes et de rongeurs au Sahel).

L'homme lui-même peut favoriser l'apparition d'un déséquilibre biologique à l'intérieur de l'aire d'abondance normale d'un ravageur: ainsi la *monoculture* et la simplification conséquente du milieu environnant fragilisent les équilibres. Le risque latent lié à la monoculture, comme celui de la simplification faunistique due à des traitements chimiques intempestifs qui lui sont appliqués, ne doit pas être perdu de vue dans l'analyse des conditions économiques d'établissement d'une culture donnée.

Une autre situation peut se présenter: le passage d'une *faune endémique sur une culture nouvelle*. Toute culture nouvelle présentera ce type de risque qui ne peut être cerné a priori en conditions de grande culture et sur plusieurs récoltes; une culture expérimentale doit être auparavant mise en place pour permettre de l'évaluer. Ainsi, pour les cultures de soja ou de tournesol en Afrique et aux Antilles, ou d'essences forestières en Guyane, où des ravageurs endémiques peuvent aussitôt compromettre ces cultures nouvelles du fait de leurs pullulations.

Il faut alors distinguer deux situations fondamentalement différentes. La première rejoint les considérations précédemment exposées lors de l'identification du risque et concerne des insectes introduits accidentellement, malgré les

barrières phytosanitaires, dans un milieu vierge et devenus chroniquement nuisibles, puisqu'ils se trouvent en état de pullulation permanente.

Ces ravageurs sont justiciables de recherches à la fois sur les facteurs de mortalité apparaissant sur place, donc à favoriser, sur ceux existant dans leur aire d'origine (en particulier les parasites et prédateurs), donc à utiliser après introduction, et sur les conditions intrinsèques de leur multiplication et de leur survie, qu'il faut combattre. Dans cette catégorie, on peut citer de nombreuses cochenilles (dont celle du Manioc) et aleurodes (des *Citrus*), des mouches des fruits (*Ceratitis*, *Dacus*) dans les îles, *Oryctes rhinoceros* dans les îles du Pacifique, des tiques, des acariens phytophages, *Thrips palmi* sur cultures maraîchères aux Antilles, mais aussi beaucoup de mauvaises herbes introduites. Lorsqu'on se trouve dans cette situation, à priori, le risque de la voir se perpétuer est plus grand que dans la situation où l'insecte est endémique, car subsiste toujours l'espoir de restaurer la situation qui prévaut dans le pays d'origine du ravageur, si les travaux sont menés en conséquence.

La seconde situation concerne de nombreux insectes endémiques, ou manifestement installés depuis très longtemps, qui présentent des pullulations soudaines et catastrophiques, alors qu'habituellement ils ne sont pas nuisibles. Ils sont justiciables de recherches sur les causes de ces pullulations. Connaissant ces dernières, on peut espérer agir sur les mécanismes écologiques qui les ont établies. Les noctuelles ou les pyrales sur les graminées cultivées, leurs chenilles étant phyllophages ou foreuses des tiges, en sont le type en Afrique ou en Amérique : *Spodoptera* et *Mocis* sur les pâturages, *Spodoptera*, *Sesamia*, *Heliothis* sur le maïs, *Diatraea* et *Eldana* dans les tiges de canne ou de maïs, les *Chilo* dans les tiges de riz. On peut aussi citer les noctuelles piqueuses de fruits des genres *Othreis*, *Serodes*, *Achaea* et *Gonodonta* et de nombreuses cochenilles des agrumes. Les populations de rongeurs présentent aussi les mêmes caractéristiques.

Lorsqu'une pullulation est établie, le risque est maximum pour l'agriculteur de perdre une grande partie ou la totalité de sa récolte ; mais une question subsiste, et c'est la question la plus couramment rencontrée : à quel niveau de populations l'insecte commence-t-il à devenir nuisible ? Si l'insecte s'est multiplié beaucoup en un laps de temps court par rapport à la vitesse de croissance de la plante, le risque est grand de voir la récolte compromise. Il faut alors intervenir. Mais la simple présence sur une culture d'un insecte ravageur ne suffit pas pour juger de sa nuisibilité, pour avancer qu'il existe un risque certain. La décision de combattre cet insecte doit avoir pour préalable l'étude précise des modalités de ses déprédations et l'évaluation du niveau de ses populations causant un dommage économique à la plante. Ceci est un préalable essentiel au développement de programmes modernes de gestion des populations de ravageurs. En général, il existe dans le monde peu de renseignements à ce sujet, et ceux qui existent pour des cultures précises sont souvent difficilement exploitables par le cultivateur et le spécialiste de la protection des cultures. Cette méconnaissance du risque réel, des seuils économiques de dégâts, rapportés aux densités des populations des ravageurs, a fréquemment conduit à de graves erreurs de jugement, puis à des traitements insecticides complètement inutiles. Ceci ne suggère en aucune manière qu'on doive prôner l'abandon du contrôle chimique, car cela mènerait aussitôt à la famine. Cependant, la société toute entière reste concernée par les décisions et les pratiques du spécialiste auquel est confiée la mission de protéger la plante cultivée des attaques des insectes. Pour rendre la situation pire encore et augmenter les risques, les produits élaborés au laboratoire par les chercheurs sont souvent confiés à des gens non préparés à les utiliser au mieux dans la

nature. Tout indique que le contrôle d'un insecte ravageur doit être placé à un niveau de compétence élevée en écologie appliquée des populations. C'est vers ce but que l'entomologie appliquée doit progresser à partir des méthodes empiriques actuelles, dont la philosophie simpliste se résume à la conception d'un environnement qui serait complètement débarrassé des ravageurs des cultures à la suite de leur éradication. Et pourtant, il existe un fait irréfutable, que l'homme trouve difficile à accepter, c'est que les insectes en tant que classe, y compris les compétiteurs actuels et potentiels, constituent une ressource essentielle pour un environnement viable et productif.

Ainsi, une approche purement technologique et prophylactique du contrôle des insectes ravageurs équivaut à soumettre les écosystèmes au bulldozer. On crée ainsi souvent plus de problèmes à moyen terme qu'on n'en résoud, sans que les risques encourus soient même soupçonnés.

On a longtemps ignoré que le concept de *seuil économique* doit être le critère majeur d'utilisation des pesticides. La littérature révèle que les renseignements sur la signification économique des dégâts causés par un grand nombre de ravageurs et sur le seuil économique des espèces nuisibles restent très succincts. Pourtant, il existe toujours une relation entre la densité des populations d'un ravageur donné et les dégâts qu'elle provoque. Ce seuil économique est défini comme la densité de population au niveau de laquelle des mesures de lutte doivent être déterminées et appliquées pour empêcher la population du ravageur en augmentation d'atteindre le niveau de population provoquant des dégâts économiques. Ce niveau est défini par la plus basse densité de population du ravageur qui provoquera sûrement une quantité de dégâts, exprimée en pertes monétaires, qui justifie a priori le coût des mesures de lutte. Le prix d'un traitement sera à ranger dans les pertes indirectes à attribuer au ravageur ; l'attaque d'un ravageur comprend à la fois la présence du ravageur, l'infestation du produit et les dommages causés aux tissus végétaux, tandis que le dégât inclut l'attaque et les pertes monétaires qui en résultent. Il y a ainsi un risque constant d'évaluation fautive de la perte économique.

Avant de prendre la décision d'engager la lutte, il y a donc nécessité d'estimer les pertes économiques dues aux insectes ravageurs, de déterminer le degré d'infestation à partir duquel il faut contenir le ravageur, de déterminer le coût des interventions et d'en évaluer l'effet. Deux aspects importants de la lutte engagée ne doivent pas être perdus de vue, d'abord l'évaluation du bénéfice particulier face au bénéfice attribuable à la société ; ensuite la nature statique du bénéfice confronté à la dynamique de l'opération dans le temps. De nombreuses méthodes d'évaluation des pertes à la récolte ont été proposées.

La perte économique dépend non seulement de la quantité d'attaques, mais aussi de l'activité compensatoire de la plante soumise à cette somme d'attaques. Entrent aussi en jeu, en particulier, le moment et la durée de l'attaque, le stade phénologique de la plante, la variété cultivée, la fertilité du sol, l'approvisionnement en eau, les conditions climatiques locales et interannuelles, les façons culturales : amendements, désherbages, mode de récolte et densité de plantation de la culture.

Un traitement efficace et économiquement rentable devra fournir une valeur ajoutée à la récolte qui aurait été obtenue sans traitement. La valeur de ce supplément de récolte doit plus que couvrir le prix du traitement (prix du produit, amortissement du matériel d'épandage, main d'œuvre, carburant à l'occasion, risques divers) et la modification, difficilement chiffrable, de l'agroécosystème. Dans le contexte économique actuel de l'Afrique, surtout lorsqu'il s'agit de cultures vivrières, les prix des produits chimiques, des

matériels et du carburant augmentent plus vite que la valeur du gain de récolte escomptable, ce qui a pour conséquence d'élever le seuil de dégâts économiques. Il en résulte que bien souvent, en cultures paysannes africaines, on se trouve en dessous du seuil d'intervention et d'autant plus que la valeur des récoltes reste faible. Il y a là des risques certains pour le petit paysan que le spécialiste de la protection des cultures doit évaluer au préalable.

LA LUTTE CONTRE LES RISQUES DE PERTES DE RÉCOLTES

L'expérience de situations de crise antérieures où les risques ont été parfaitement identifiés et évalués amène à considérer la *prévention* comme la première forme de la lutte. L'Australie oppose une législation phytosanitaire draconienne à toute introduction de plantes ou d'animaux sur ce continent. Une bonne législation phytosanitaire est ainsi une première forme de lutte qui peut être très efficace. Cependant, elle peut être tournée par des perturbations atmosphériques. Les très nombreux systèmes d'avertissements des pullulations d'insectes mis en place dans le monde préviennent les cultivateurs, par l'intermédiaire des médias, du moment où les risques de pertes monétaires apparaissent et où il faut donc se préoccuper de la lutte. De même, les inconvénients dus à la monoculture ont amené aux cultures associées ; les dégâts importants constatés sur des variétés améliorées mais sensibles aux insectes ravageurs ont conduit aux recherches sur la résistance variétale.

Les inventaires régionalisés des insectes ravageurs les plus dangereux, avec iconographie à l'appui (affiches), permettent non seulement aux services phytosanitaires, dans les ports maritimes et aéroports, mais aussi aux passagers et usagers, lorsqu'ils sont suffisamment informés et conscients du risque encouru, donc formés, de rester constamment en état d'alerte et d'éviter d'introduire en zones indemnes des espèces potentiellement nuisibles. Cette psychose peut devenir particulièrement forte dans les îles, qui sont des milieux écologiquement fragiles, et même à l'entrée d'un continent insulaire comme l'Australie.

Les *barrières phytosanitaires* empêchent déjà des ravageurs exotiques parfaitement connus et potentiellement nuisibles à des cultures précises d'être introduits dans de nouvelles contrées. En certains pays, l'inspecteur phytosanitaire doit, comme le douanier, fouiller les bagages des passagers à la recherche de plantes et d'animaux potentiellement nuisibles. Les avions et les bateaux sont inspectés dans ce but et parfois traités à l'insecticide à leur arrivée dans les ports. Mais ces barrières ne sont pas étanches et laissent parfois passer des ravageurs importants, ou qui le deviennent dans le pays d'introduction, sur une de leurs plantes-hôtes ou même sur une nouvelle plante-hôte. Les plantes, les graines, les fruits, les emballages, les terreux ne sont pas toujours inspectés ou traités à la sortie du pays d'origine ou à l'entrée du pays importateur. Les introductions frauduleuses doivent être les premières incriminées et font courir des risques économiques très importants à l'agriculture des pays récepteurs. Parfois ces introductions peuvent être le fait d'organismes gouvernementaux qui ne prennent pas toujours toutes les précautions indispensables.

Le risque est pleinement évalué lorsqu'il s'agit de santé humaine, de vaccinations obligatoires ou d'introductions d'animaux domestiques, mais pas encore suffisamment lorsqu'il s'agit d'arrêter l'extension dans le monde des ravageurs potentiels des plantes cultivées. Cela est aussi vrai pour les mauvaises herbes, les petits mammifères, les oiseaux ou les maladies des plantes. L'exemple bien connu de l'Australie sur ce point est exemplaire, avec les introductions puis les multiplications catastrophiques des lapins ou des

cactus, sans parler des nombreuses maladies des plantes ou des insectes nuisibles, originaires d'Europe, d'Amérique ou d'Asie. La jacinthe d'eau envahit actuellement de nombreux milieux aquatiques, en particulier les embouchures des grands fleuves africains. Dans le monde, des sommes très importantes sont maintenant investies dans la lutte contre des mauvaises herbes introduites d'un autre continent involontairement ou volontairement (mais, alors, elles n'avaient pas encore la réputation de mauvaises herbes, car elle ne s'étaient pas encore multipliées de façon catastrophique). Dans tout milieu, et en particulier dans un milieu fragile parce qu'il a pu évoluer longtemps sans aucun contact avec l'extérieur, toute introduction nouvelle porte en elle un risque potentiel inconnu qu'il faut évaluer au préalable donc prévenir.

Les insectes des stocks alimentaires ont été ainsi disséminés dans le monde entier et le sont encore en Afrique à la faveur de l'aide alimentaire. La grand capucin des grains de maïs sur pied et au magasin vient d'être introduit en Tanzanie, au Burundi au Kenya et au Togo, depuis l'Amérique centrale, le Mexique ou le sud des États-Unis ; il s'attaque aussi au manioc stocké. Les pertes qu'on lui attribue sont déjà très importantes. Au Sahel, les infestations des stocks villageois augmentent à la faveur des distributions de grains importés pour l'aide alimentaire. Les Coléoptères Scarabeides, à l'état de larves (vers blancs), comme les nématodes, sont disséminés dans les terreaux, les pots de fleurs ; il en est ainsi d'un vers blanc de la canne à sucre, actuellement, à la Réunion ; les cochenilles, difficilement observables, les mouches des fruits et les foreurs divers, sur ou dans des boutures diverses ou des fruits, que l'on peut facilement cacher dans un sac de voyage, se trouvent ainsi disséminés à travers le monde entier.

Néanmoins, la prévention du risque d'introduction est impossible lorsqu'il s'agit d'un phénomène naturel exceptionnel, comme un *cyclone*, qui peut transporter d'une île à une autre, ou d'un continent à l'autre, un ravageur bon voilier, ou une spore de champignon. Parfois, les qualités intrinsèques du ravageur peuvent lui permettre de parcourir de lui-même de grandes distances et de coloniser de nouvelles régions. C'est sans doute le processus qui a permis aux grosses noctuelles migratrices d'étendre leurs aires de distribution, à la suite d'essais et d'adaptations génétiques à des climats nouveaux et à des flores nouvelles. On a pu capturer de la sorte de nombreux insectes, le plus souvent de petite taille, à très haute altitude, transportés par les courants aériens. Un processus analogue explique l'arrivée récente aux Antilles de la rouille de la canne à sucre, les spores ayant été transportées par un vent de sable de haute altitude venu d'Afrique.

La prévention du risque lié à l'insecte se traduit le plus souvent chez l'agriculteur par des *traitements insecticides d'assurance*. Ces traitements préventifs, intempestifs et non ciblés, s'avèrent souvent inutiles et même nuisibles à moyen terme, car ils instaurent des déséquilibres persistants dans les biocoenoses.

Ces dernières années on a cherché à diminuer ces traitements-réflexes de la part du petit cultivateur en pays en voie de développement ; des recherches sur la gestion des populations des insectes ravageurs des cultures ont mis en évidence des solutions de remplacement, surtout en pays en voie de développement, qui permettent de diminuer l'utilisation excessive des produits chimiques phytosanitaires, donc de diminuer les risques dûs à des investissements trop élevés, surtout si le prix de la récolte et la potentialité de la variété cultivée ne sont pas en rapport avec l'investissement consenti, peut être à perte. Ces solutions sont fondées sur la découverte de relations écologiques qui

permettent une gestion satisfaisante des agroécosystèmes à des niveaux de dégâts inférieurs au seuil économique.

Les principaux problèmes posés par les ravageurs des cultures concernent les ravageurs de *monocultures*, où la diversité faunistique est réduite et la composition floristique simplifiée.

On donne des explications variées à un phénomène que jusqu'ici on constate simplement : que les insectes sont moins nombreux en *cultures mélangées ou associées* qu'en monoculture. Les cultures associées fournissent une plus grande diversité d'abris et de sources de nourriture, par exemple de pollen ou de nectar pour les prédateurs et les parasites. La complexité du biotope affecte les réponses olfactives et contrarient sans doute de la sorte la dynamique des populations des insectes dans l'agrosystème. Certains insectes évitent de se nourrir sur des plantes ombragées et des plantes de plus grande taille peuvent constituer une barrière physique aux insectes ravageurs des plantes des strates inférieures. On constate que la diversité des taxons et des microclimats dans des communautés végétales diversifiées tend à réduire la probabilité des explosions démographiques chez les insectes phytophages. Des plantes très espacées les unes des autres attirent moins d'insectes et subissent moins de dommages que des plantes de la même espèce installées selon des densités de populations plus importantes.

Une autre solution permettant de réduire les risques de déséquilibre écologique, de traitements inutiles ou d'interventions trop tardives, est celle des *avertissements agricoles*. Avant de mettre en place un réseau d'avertissements agricoles, il faut d'abord évaluer si le gain qu'on en escompte est supérieur aux frais investis, c'est à dire si le risque qu'on cherche à diminuer n'introduit pas un nouveau risque dont le prix à payer serait supérieur au premier. Car de tels réseaux supposent une surveillance continue des populations d'insectes au moyen de prélèvements divers, comme la capture des larves *in situ*, ou le piégeage, lumineux ou sexuel par phéromones, des adultes. Cette surveillance ne peut être assurée qu'au prix d'une main-d'œuvre consciencieuse et parfois chère et d'un matériel important. En Guyane, des pullulations dévastatrices de chenilles de noctuelles apparaissent périodiquement sur les prairies artificielles installées à grands frais. Le peu d'efficacité des interventions chimiques pratiquées pour enrayer les dégâts est lié au caractère trop tardif des interventions, les éleveurs n'appliquant les insecticides que lorsque les dégâts sont visibles, c'est à dire lorsque les chenilles se trouvent en fin de développement. Les traitements n'empêchent ainsi pas la perte du matériel végétal et ne détruisent qu'une partie de la population. Dans ce contexte, l'installation d'un réseau d'avertissement des pullulations de noctuelles sur pâturages se justifie pleinement, à condition qu'il soit pris en charge par la profession ou le Développement et si l'intensification de l'élevage bovin se confirme en Guyane.

Enfin, on peut prévenir les risques de pertes de récolte en recherchant chez la plante cultivée elle-même des gènes qui augmentent sa résistance aux attaques des ravageurs. La sélection de *variétés résistantes* fait appel à l'antibiose et à la tolérance ; des caractères génétiques physiques ou chimiques sont liés à ces qualités. Le seuil de dégâts économiques est ainsi relevé. Une graminée qui tallerait plus fortement peut ainsi compenser un certain niveau d'attaque par une vigueur accrue.

La prévention du risque suppose que l'événement contraire n'est pas présent et qu'on cherche à l'éviter ou du moins à engager la lutte à temps. La lutte suppose que les risques de pertes monétaires ou autres sont bien présents, autant pour le chercheur que pour le cultivateur, et qu'il faut chercher à les

diminuer au maximum. La réaction immédiate du cultivateur est le recours aux traitements chimiques d'assurance, sans souci de leur intérêt à long terme ; cette attitude est compréhensible lorsqu'il s'agit avant tout de sauver une récolte en un temps très court. Mais les préoccupations doivent être tout autres pour le chercheur qui doit résoudre un problème globalement et moins superficiellement, à l'échelle d'un écosystème et du contexte économique d'une région donnée.

Le chercheur abordera un problème particulier selon le concept du *système de vie* du ravageur incriminé. Selon la définition générale de l'écosystème, la nature fonctionne comme un complexe indivisible dans lequel aucune espèce n'évolue isolément et où aucun facteur physique ou biotique n'agit en complète indépendance : ce niveau d'inter-relations contrôle, entre autres, l'abondance des insectes. Un complexe tout entier contrôlera de la sorte les populations du ravageur en cause et non le facteur individuel ; ce qui n'exclut pas que certains facteurs puissent avoir une influence prépondérante à un moment et en un lieu donnés. Les codéterminants de l'abondance de l'espèce seront donc, d'une part les propriétés innées caractéristiques de chaque individu, propriétés qui conditionneront sa survie et sa multiplication, c'est à dire sa biologie, d'autres part les propriétés de l'environnement : le climat et le relief, les ressources larvaires et imaginaires et les ennemis naturels considérés comme facteurs limitants. Toutes ces propriétés fournissent des événements observables, appréhendés dans les divers biotopes au moyen de méthodes de dénombrements, tandis que divers mécanismes écologiques, en particulier des mécanismes stabilisateurs assurent le maintien de l'espèce dans le milieu.

Le système de vie du ravageur étudié sera établi de la synthèse raisonnée de toutes ces informations ; on y distinguera alors les facteurs favorables à l'espèce et les facteurs limitants, eux-mêmes subdivisés en facteurs endogènes, propres à l'espèce, et en facteurs exogènes, propres à son environnement. La situation du ravageur étant comprise au mieux, ces facteurs seront hiérarchisés et placés dans un enchaînement logique. On débouchera enfin sur la prévision des pullulations et la gestion globale et raisonnée (« pest management ») des populations du ravageur, en utilisant tous les renseignements rassemblés : on essaiera de modifier le système de vie de façon à ce que les interventions sélectives soient bien adaptées à la biologie des populations spécifique à combattre. Les diverses stratégies qui en découleront se subdivisent naturellement en deux groupes : soit en s'attaquant aux caractéristiques de l'espèce, soit en modifiant les conditions de son environnement. Ces manipulations sélectionnées, intégrées dans un *plan directeur*, devront réduire les dégâts du ravageur au dessous du niveau économiquement acceptable ; mais ces interventions devront aussi être acceptables autant sur le plan écologique qu'économique.

La gestion des populations d'un ravageur est ainsi une stratégie dont la grande qualité est la *sélectivité* de son action sur des populations spécifiques. Cette action doit rester constamment en rapport avec les risques potentiels que font courir à la culture et à l'économie de la région les populations concernées ; elle doit aussi rester bien adaptée à la biologie de l'espèce nuisible. Elle consiste à minimiser les risques que pose le ravageur, au moyen de méthodes de lutte sélectionnées, mais adoptées seulement après que le système de vie du ravageur ait été compris et prédits, aussi précisément que possible, les risques écologiques et économiques de l'action entreprise dans le meilleur intérêt de l'homme. Il s'agit, dans ces conditions, de modifier utilement le système de vie du ravageur selon diverses stratégies, de poser le pour et le contre et de faire un choix en toute connaissance de cause. Devant la grande

plasticité de l'insecte, confronté à son environnement habituel ou à un nouvel environnement, devant les adaptations de son comportement vers une meilleure survie de l'espèce, comme devant sa résistance aux insecticides, quelles sont les chances de l'homme de contrôler les insectes de façon plus effective et quelle sera la nature des risques rencontrés à l'avenir ? Une fois les dégâts actuels et potentiels déterminés et l'action décidée, il s'agit de prédire à quel moment le ravageur présentera un impact économique, donc d'analyser les événements, les conditions et les facteurs qui mènent à la situation de crise observée. Sans ce genre de connaissance, il reste impossible d'évaluer ou de prévoir avec justesse les effets et les risques de n'importe quelle manipulation que l'on applique à l'environnement. Il s'agit enfin de décider quelles sont les mesures de lutte à utiliser. Quels autres problèmes elles impliquent ; quels principes doivent guider leur utilisation. Le problème central, auquel il faudra toujours faire face dans la lutte contre les insectes, est de trouver le moyen d'obtenir un contrôle satisfaisant associé à un risque de perturbation de l'environnement le plus faible possible. Ceci implique les décisions les plus difficiles, car nos pouvoirs sont grandissants, donc les risques courus, alors que les connaissances, comme la prudence et la mesure, ne suivent pas.

De nombreux aspects de l'environnement et beaucoup de formes de vie sont valables, soit pour des raisons économiques, scientifiques, sociales ou esthétiques. Mais les jugements de valeur changent. Plus les connaissances sont approfondies sur le rôle que jouent les plantes et les animaux, pris individuellement, dans les mécanismes de l'environnement naturel, mieux cet environnement pourra être exploité pour satisfaire des besoins croissants de nourriture et d'espace ; les valeurs changeront d'autant plus en fonction des composantes diverses de l'environnement et ces changements transformeront les attitudes vis à vis des mesures de lutte spécifiques contre les insectes et vis à vis d'autres pratiques agricoles. À ce point de l'analyse, il faut reconnaître une *hiérarchie des problèmes* posés et des risques qui leur sont liés.

Le premier niveau s'applique aux problèmes pour lesquels l'approche relève avant tout de l'histoire naturelle appliquée. De tels problèmes sont résolus sans faire appel à une expérimentation très élaborée ; on aboutit communément à des solutions relativement satisfaisantes dans l'ensemble, mais la réponse est à court terme, aussi bien sur le plan social qu'économique ; plusieurs questions sont laissées en suspens et les inconvénients de ces solutions ne deviennent apparents que lorsque le système se trouve en état de stress, ou lorsqu'un point de vue à long terme est adopté.

Les problèmes du second niveau sont caractérisés par la voie expérimentale selon laquelle on les aborde. En général, ils n'ont pas reçu de réponse au niveau 1, ou bien sont les conséquences d'une rétroaction des techniques appliquées au niveau 1. Les problèmes du niveau 2 sont caractérisés par les relations quantitatives et les processus écologiques sous-jacents aux dégâts causés aux cultures. Souvent les moyens sont élaborés et, parfois, les résultats peuvent être analysés selon un modèle soumis à l'ordinateur. La solution apportée, peut, au premier abord, paraître simple. Cependant, elle peut impliquer des conséquences sociologiques, comme l'éducation du consommateur, la recherche de marchés de remplacement, une crise dans une branche particulière de l'industrie, avec ses répercussions sociales et économiques, ou la recherche de nouvelles techniques industrielles. Ainsi, plus la sévérité de la pression démographique sur l'environnement augmentera, plus la lutte contre les ravageurs et ses répercussions inévitables passeront du secteur privé des responsabilités au secteur public.

Les études expérimentales au niveau 2 ont produit la nouvelle génération

d'armes contre les ravageurs : chimiostérilisants, phéromones, organismes pathogènes, hormones juvénile, gènes pernicious, répulsifs, produits chimiques hautement spécifiques et les principes théoriques utilisables pour diminuer l'activité des ravageurs par l'aménagement de l'environnement. Ces armes ont besoin d'un développement considérable qui nous permettrait de les utiliser avec efficacité. Certains pensent que nous nous trouvons en grave danger de posséder un stock d'armes hautement élaborées, mais dénuées, soit des systèmes appropriées d'utilisation, soit des stratégies appropriées qui rendraient ces armes très utiles.

Les problèmes au niveau 3, enfin, concernent les inter-relations très complexes entre les systèmes de vie au niveau fondamental et, finalement, la gestion sur une grande échelle des ressources de l'environnement. De tels programmes demandent beaucoup de fonds et une continuité soutenue dans l'effort entrepris, qui s'avère encore prohibitive. C'est pourquoi ces problèmes sont du ressort des gouvernements ou d'institutions spéciales. De telles études sont souvent entreprises à la suite d'un événement écologique aux proportions catastrophiques, provoquant une telle pression politique de la part de l'industrie et du public que les institutions possédant des fonds sont forcées d'agir. Ici, les risques politiques sont liés aux risques économiques. On peut citer comme exemples, l'arrivée de la rouille de la canne à sucre dans les Grandes Antilles, mettant en danger en un laps de temps très court toute l'économie sucrière de ces îles ; le problème des foreurs des bois mettant en danger l'industrie du bois sur le continent australien ; les vols de criquets en Afrique ; les pullulations de rats au Sahel ; l'invasion de certaines îles du Pacifique par l'escargot géant d'Afrique ; la reconversion de régions entières d'Australie à la culture de la pomme de terre, le problème de la teigne étant résolu au moyen d'une maladie à virus, avec toutes les répercussions socio-économiques qu'une telle décision entraîne sur le plan national ; au début du siècle, en Europe, l'introduction du phylloxera de la vigne, ou celle du doriphore de la pomme de terre ont rencontré les mêmes contextes.

Cette hiérarchie de problèmes, très intriqués en pratique, rend peu compte d'une croissance dans leur complexité. Ainsi, plusieurs problèmes de niveau 1 qui sont liés peuvent être symptomatiques d'une situation de niveau 3 et souvent, des approches au niveau 1 et les solutions apportées, peuvent parfaitement aggraver une situation de niveau 3. Il peut être alors important d'instituer des *programmes de digression* au niveau 1, de façon à éviter une détérioration de la situation, ou même d'attendre jusqu'à ce que le problème soit abordé au niveau fondamental. Ainsi les migrations de papillons piqueurs de fruits sont associées à des dégâts brutaux dans les vergers et les producteurs lésés demandent alors bruyamment aux services publics qu'une solution immédiate soit apportée au problème ainsi posé. Le problème se place alors momentanément au niveau 3. Mais malheureusement, lorsqu'il se pose de la sorte, il est trop tard ; les pullulations de chenilles se sont développées depuis longtemps sur des plantes sauvages, souvent loin des vergers, et sont en général passées inaperçues. Après une étude approfondie de ce problème il est conseillé en Afrique du Sud par exemple, d'estimer, dans le calcul des coûts de production, les pertes de fruits qui surviennent en moyenne tous les cinq ans dans les régions sinistrées, avant que des recherches plus poussées puissent apporter une solution satisfaisante et surtout si des solutions de niveau 1 risquent de détériorer encore plus la situation.

La situation qui prévaut actuellement dans la rizière japonaise est symptomatique des risques soulevés ; cette expérience malheureuse doit maintenant profiter à la riziculture africaine. En effet en Afrique, la sécurité de

production, bon an mal an, importe pour le moment plus que la performance aléatoire, qu'il faut alimenter en énergie. Dans la majorité des cas les équilibres naturels subsistent, tandis que les rendements de cultures vivrières ne sont pas négligeables, face aux investissements obligatoirement faibles. Un choix est à faire, lié aux risques encourus : transférer purement et simplement les technologies de l'agriculture intensive ou bien conserver ce qui subsiste des patrimoines techniques et biologiques, en ajustant, améliorant, aménageant progressivement les techniques actuelles. Alors que l'agroécosystème constitué par la rizière paysanne asiatique s'est développé, avant l'ère de la révolution verte, pendant une trentaine de siècles, avec des problèmes acceptables de ravageurs, un autre agroécosystème l'a remplacé au cours des deux à trois dernières décennies, sans que les phénomènes constatés aient été prévus, pas plus que les risques encourus. Des dégâts inacceptables dus aux attaques des insectes ravageurs ont fait suite à l'introduction des technologies modernes à haute productivité. À l'heure actuelle, au Japon, seules trois ou quatre espèces d'insectes sont dominantes et très nuisibles au riz, alors qu'il y a seulement une dizaine d'années un bien plus grand nombre d'espèces étaient considérées comme nuisibles, mais, toutes ensemble, à un degré moindre. Les causes de ces changements, en particulier les pullulations de la cicadelle brune, vectrice de viroses, sont attribuées à l'introduction et à la propagation de variétés de riz naines, à haute productivité, au tallage important et répondant à la fumure. Ces changements ont aussi entraîné l'augmentation des applications d'engrais, le développement des complexes irrigués et de la culture en continu, des écarts plus faibles entre les touffes au repiquage et l'utilisation trop fréquente et irraisonnée des pesticides. Ces derniers ont provoqué une simplification de la faune des ravageurs, de leur importance saisonnière et des cycles de pullulations. L'introduction des pratiques culturales intensives a créé des problèmes encore plus sérieux qu'auparavant en matière de protection des plantes, avec des pertes plus importantes en pourcentages, des investissements en énergie plus élevés, tandis que les rendements augmentaient dans une proportion moindre. Une telle approche est devenue antiéconomique ; elle a conduit à une augmentation de la pollution de l'environnement et des résidus dans les produits récoltés. La faune de l'agroécosystème est simplifiée à l'extrême et s'appauvrit à l'exception des trois à quatre insectes ravageurs dominants. Ces derniers développent des souches résistantes aux insecticides les plus puissants en un temps plus court que celui requis par l'industrie phytopharmaceutique pour rechercher et mettre au point une molécule nouvelle, dont le coût augmente dans des proportions démesurées. Cette pression de sélection favorise aussi l'apparition de nouveaux biotypes qui en quelques générations ravagent à nouveau des variétés de riz sélectionnées par les généticiens pour leur résistance à tel ou tel insecte. Ainsi, les risques d'une telle approche sont maintenant bien connus ; ils doivent être évalués et minimisés dans les biotopes peu encore perturbés comme en Afrique.

CONCLUSION

Des questions paraissant étrangères aux problèmes initiaux ont été parfois soulevées. Lorsque tous les risques ont été correctement ciblés et évalués, un véritable choix doit mener à une décision correcte. Mais quels en sont les critères convenables et quels sont les faits pertinents à retenir ? Les spécialistes, les experts, les agronomes, les entomologistes peuvent difficilement choisir délibérément leur ligne d'action. Celle-ci est choisie pour eux. Et il leur faut

prêter beaucoup plus d'attention à cet état de fait qu'il est habituellement de mise dans les cercles initiés de spécialistes de défense des cultures. En outre, il leur faut tenir compte du degré de conscience subjective et collective que l'on a d'un ravageur donné à un moment donné. À ce niveau, la tendance de l'opinion publique s'instaure à la manière d'une réaction en chaîne, mais seulement si le ravageur engage une situation douée d'un pouvoir suffisant pour séduire l'esprit de ceux qui se trouvent en position de l'exploiter, c'est à dire des médias, des décideurs, des actionnaires et bailleurs de fonds, des contribuables, de ceux qui votent. Ce processus est le plus important ; si un programme possède ce pouvoir de séduction, il devient une chose dont on peut tirer avantage sur le plan politique et il a de grandes chances d'être matérialisé un jour ou l'autre sous la forme d'un plan-directeur, élaboré pour le bien-être d'une communauté toute entière, tous les risques étant intégrés au plan-directeur. Ainsi, la politique de la lutte contre les insectes ravageurs des cultures n'est pas et ne peut être gouvernée par des considérations essentiellement scientifiques, mais elle est grandement déterminée par des circonstances précises, qui sont autant de risques, dont les chercheurs doivent avoir conscience.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREWARTHA (H. G.) et BIRCH (L. C.), 1954. — The distribution and abundance of animals. Chicago : University of Chicago Press, 782 p.
- BIRCH (L. C.), 1957. — The role of weather in determining the distribution and abundance of animals. *Cold Spring Harbor Symposia on a quantitative biology*, 22 : 202-218.
- BOTTRELL (D. G.) et ADKISSON (P. L.), 1977. — Control insect pest management. *A. Rev. Ent.*, 22 : 451-481.
- BRADER (L.), 1979. — Integrated pest control in the Developing World. *A. Rev. Ent.*, 24 : 225-254.
- CLARK (L. R.), GEIER (P. W.), HUGHES (R. D.) et MORRIS (R. F.), 1967. — The ecology of insect population in theory and practice. Methuen and Co. Ltd., London, 232 p.
- COCHEREAU (P.), 1977. — Biologie et écologie des populations, en Nouvelle-Calédonie, d'un papillon piqueur de fruits : *Othreis fullonia* Clerk (*Lepidoptera, Noctuidae Catocalinae*) These, ORSTOM, Paris, *trav. et doc.* n° 77, 322 p.
- COCHEREAU (P.) 1982. — Les conditions de la lutte contre les insectes ravageurs des cultures vivrières africaines. *Entomophaga*, 27 (N° HS) : 5-10.
- COOK (W. C.), 1929. — A bioclimatic zonation for studying the economic distribution of injurious insects. *Ecology*, 10 : 282-293.
- DE BACH (P.) (ed), 1964. — Biological control of insect pests and weeds. Reinhold Publishing Corp., New-York, 844 p.
- GEIER (P. W.), 1966. — Management of insect pest. *A. Rev. Ent.*, 11 : 471-490.
- GLEN (R.), 1954. — Factors that affect abundance. *J. Ec. Ent.*, 41 : 398-405.
- JUDENKO (E.), 1972. — The assessment of economic losses in yield of annual crops caused by pests, and the problem of the economic threshold. *Pans*, 18 (2) : 186-191.
- KIRITANI (K.), 1979. — Pest management in rice. *A. Rev. Ent.*, 24 : 279-312.
- HUFFAKER (C. B.), MESSENGER (P. S.) et DE BEACH (P.), 1971. — The natural enemy component in natural control and the theory of biological control in *Biological Control* C. B. Huffaker (ed.), Plenum Publishing Corporation, New York, London, 511 p.
- RABB (R. L.) et GUTHRIE (F. E.), 1970. — Concepts of pest management. Proceedings of a conference held at North Carolina State University at Raleigh. North Carolina, march 25-27, 1970. Rabb and Guthrie Ed., 242 p.
- SILVAIN (J. F.) et DAUTHUILLE (D.) 1986. — Le contrôle des insectes déprédateurs des graminées fourragères en Guyane française. I. Mise en place d'un réseau d'avertissement contre les attaques de chenilles de Noctuelles, 13 p., 9 figs., 1 tabl. « Les colloques de l'INRA » — ORSTOM, Cayenne.
- SMITH (R. F.), 1978. — Transfer of North American crop protection technology to the third world. — *Bull. Ent. Soc. Can.*, 10 (4) : 86-94.

- SPRINGETT (B. P.), 1970. — Ecological aspects of insect pest control *Proc. Ecol. Soc. Aust.*, 5 : 52-58.
- STERN (V. M.), 1973. — Economic thresholds. *A. Rev. Ent.*, 18 : 259-280.
- UVAROV (B. P.), 1931. — Insects and climate. *Trans. Ent. Soc. Lond.*, 79, 247 p.
- VAN EMDEN (H. F.), 1976. — Insect pest management in multiple cropping systems : a strategy. Cropping system Symposium : 325-343.
- VAN EMDEN (H. F.) et WILLIAMS (G.), 1974. — Insect stability and diversity in agro ecosystem. *A. Rev. Ent.*, 19 : 455-475.
- WILSON (F.), 1967. — Insect abundance : propect, 143-158 in : Southwood (L.T.R.D.) ed., Insect abundance. Symposia of the Royal Entomological Society of London, n° 4. Blackwell Scientific publications. Oxford and Edinburgh, 160 p.