

# **bases écologiques de la protection des cultures**

## **gestion des populations et aménagement de leurs habitats**

**par Pierre Ferron**

CBGP, Campus international Agropolis de Montpellier, Baillarguet, 34980 Montpellier-sur-Lez  
*p. ferron @ wanadoo. fr*

La protection des cultures, des forêts et des denrées stockées, contre les organismes qui leur sont nuisibles, s'inscrit aujourd'hui, comme d'autres secteurs de l'agriculture, dans une démarche nouvelle. Celle-ci est la conséquence logique de l'évolution des connaissances et des techniques, mais aussi d'une attitude nouvelle de la société. Depuis quelques années, celle-ci exprime en effet, en particulier dans les pays développés, son souci de la garantie de la qualité tant des produits qu'elle consomme que de l'environnement dans lequel elle évolue. Or, la méthode de lutte classiquement préconisée contre les organismes nuisibles aux cultures repose sur des traitements chimiques curatifs, dont les effets indirects sont souvent nocifs pour l'homme et la biosphère, en dépit de rigoureuses préconisations d'emploi. C'est pourquoi il est aujourd'hui proposé d'adopter une stratégie globale de protection intégrée des cultures, donnant la priorité à une méthode préventive et aux solutions biologiques d'intervention<sup>(19)1</sup>.

### **Vers des pratiques phytosanitaires compatibles avec un développement durable ?**

L'objectif de cette méthode préventive est d'éviter, ou de réduire autant que faire se peut, la multiplication d'organismes nuisibles, indigènes ou exotiques. Dans ces conditions le recours à la méthode curative, généralement efficace mais considérée comme trop agressive, peut être limité d'autant. Cette méthode préventive a ses sources dans les principes établis par Stern *et al.*<sup>(41)</sup>, qui, au travers de techniques culturales, recommandaient déjà le recours à deux stratégies complémentaires de

---

<sup>1</sup> Les numéros entre parenthèses renvoient à la liste des références bibliographiques, en fin d'article.

gestion de l'environnement : rendre celui-ci simultanément défavorable au développement des organismes nuisibles aux cultures et favorable à celui des organismes auxiliaires naturels. Certaines de ces mesures préventives relèvent donc tant de l'agronomie traditionnelle, qu'il s'agisse, par exemple, de la rotation des cultures contrariant les cycles de reproduction des ennemis des plantes, que de l'agriculture moderne avec la sélection de variétés résistantes à ces mêmes antagonistes. Parmi ces dernières mesures, certaines ne connaissent encore qu'une diffusion discrète en raison de leur degré de complexité, puisqu'elles visent à subvenir préférentiellement aux besoins trophiques et écologiques des organismes auxiliaires par une gestion appropriée de l'espace rural<sup>(9,49)</sup>.

On sait que l'histoire de la protection des cultures est dominée par un événement majeur, la découverte et la mise au point de molécules toxiques issues de la chimie de synthèse. Le succès des pesticides est dû tant à leur efficacité et à leur facilité de mise en œuvre qu'à leur coût relativement modéré par rapport au bénéfice attendu d'une récolte accrue, après traitements phytosanitaires. Nombre d'économies de subsistance ne peuvent cependant avoir accès à cette solution technique, trop onéreuse dans ces conditions particulières de marché. À l'inverse, les pays développés prennent progressivement conscience des limites d'utilisation de ces mêmes pesticides, mises en évidence, par exemple, tant par les phénomènes de résistance des organismes visés, de réduction de la diversité biologique des milieux ainsi traités que de pollution de l'environnement. Pour des raisons bien différentes, une convergence d'intérêts se dessine ainsi en faveur de l'adoption d'une nouvelle stratégie de protection des cultures.

Si on confond trop souvent les stratégies dites de protection raisonnée et de protection intégrée des cultures, c'est que cette évolution attendue n'est sans doute pas encore arrivée à son terme. Des événements récents, aux conséquences apparemment sous-estimées, tels que l'utilisation de semences génétiquement modifiées pour leur résistance aux pesticides de synthèse ou aux organismes nuisibles eux-mêmes, ne sont pas de nature, pour l'instant, à clarifier un débat dans lequel des groupes de pression puissants s'affrontent. À cet effet, le rappel de données agroécologiques paraît opportun<sup>(2)</sup>. Ainsi, il y a lieu de distinguer la *protection raisonnée*, qui a pour objectif véritable l'utilisation aussi judicieuse que possible des pesticides issus de la chimie de synthèse, de la *protection intégrée*, qui donne délibérément la priorité aux solutions biologiques au travers de méthodes préventives et curatives appropriées. Priorité ne signifie pas pour autant refus, l'utilisation raisonnée de pesticides pouvant s'avérer justifiée en dernier recours, mais seulement après épuisement de l'ensemble des méthodes biologiques de lutte.

L'échec relatif de la promotion, aux États-Unis, du concept d'« *integrated pest management* » ou IPM, en donne un exemple riche d'enseignements, en dépit du succès médiatique pourtant toujours accordé à cette expression<sup>(18)</sup>. Malheureusement, celle-ci est le plus souvent employée à contresens, pas toujours involontairement d'ailleurs, qualifiant suivant leurs auteurs des actions ayant des rapports plus ou moins éloignés d'une protection effective des cultures ! Cette ambiguïté trouve sans doute ses origines dans les imperfections des définitions adoptées par un comité d'experts en lutte intégrée, réuni à plusieurs reprises par l'Organisation des Nations unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO), à partir des années 1960. Il s'agissait alors de savoir comment prendre à la fois en considération l'ensemble des organismes nuisibles à une même culture et, par voie de conséquence, de s'assurer de la compatibilité de techniques de lutte utilisées jusqu'alors indépendamment les unes des autres. À partir du moment où on convient, en revanche, de donner effectivement la priorité aux solutions biologiques, cette ambiguïté tombe d'elle-même en raison de la structuration même du raisonnement qu'elle induit. En effet, c'est bien l'intégration de mesures préventives et curatives, donnant les unes et les autres la priorité aux solutions biologiques, qui caractérise cette forme nouvelle de protection intégrée des cultures<sup>(20)</sup>. Elle implique de donner la priorité à une gestion appropriée des populations et peuplements, au travers d'un aménagement judicieux de leurs habitats dans le cadre des systèmes de culture préconisés par les agronomes.

## Gérer les populations et préserver la diversité biologique

Comme le nombre d'espèces végétales cultivées, celui des organismes régulièrement nuisibles aux cultures, aux forêts et aux denrées stockées est également limité ; en revanche leurs populations sont souvent l'objet de proliférations importantes, à l'origine de dégâts susceptibles de compromettre les récoltes. C'est donc la connaissance des causes de ce phénomène particulier qu'il convient d'abord d'acquérir puis de maîtriser, le phénomène occasionnel de pullulation étant lui-même l'objet d'études spécifiques <sup>(27)</sup>.

Le déterminisme des mécanismes biologiques de ces proliférations intempestives d'organismes parasites des cultures ou des denrées stockées tient d'abord aux caractéristiques biologiques des ravageurs considérés <sup>(48)</sup>. Leur expression est soumise à l'influence des facteurs physiques et biologiques d'un environnement exploité, sous des formes diverses, par les agriculteurs. Suivant les systèmes de culture adoptés et les itinéraires techniques mis en œuvre, les populations de ces espèces de ravageurs sont ainsi placées dans des conditions plus ou moins favorables à leur multiplication. Ces populations phytophages sont généralement étroitement inféodées à des plantes cultivées particulières. Ainsi, la Pyrale du maïs, initialement originaire d'Europe centrale, où elle vivait aux dépens de graminées sauvages, est-elle devenue un des ravageurs majeurs du maïs après son introduction involontaire aux États-Unis, elle en est revenue avec cette adaptation alimentaire particulière, qui en fait aujourd'hui le ravageur majeur de cette graminée. Ces espèces nuisibles aux cultures, forêts et denrées stockées sont généralement bien connues, tant du point de vue de leur identification systématique que de leur biologie. Quelquefois même leurs populations ont été l'objet de caractérisations morphologiques, biologiques, biochimiques et/ou moléculaires.

La synthèse des observations sur la prolifération d'organismes nuisibles aux cultures confirme les hypothèses soulignant l'importance déterminante de deux facteurs à effets contraires : l'un, favorable, dû à la culture privilégiée des plantes les plus appropriées à leur développement (*resource concentration hypothesis*), et l'autre, défavorable, dû à l'action antagoniste des organismes auxiliaires naturels (*natural enemies hypothesis*). Alors que le recours à la modélisation, pour étudier la dynamique des populations, a longtemps eu pour effet de considérer isolément chacun de ces deux facteurs, il est aujourd'hui reconnu qu'ils doivent être l'objet d'une démarche simultanée, suivant une approche globale associant les caractéristiques des populations et des agro-écosystèmes concernés, suivant le concept dit de «population-environnement». La relative ambiguïté de l'interprétation de ces données déjà anciennes, se rapportant à l'influence favorable de la diversification des systèmes de culture sur la réduction des risques de multiplication des organismes nuisibles, justifie cette évolution conceptuelle. Certes, un raisonnement écologique simple voudrait qu'à une diversité biologique accrue des plantes cultivées corresponde une diversité non moins accrue des espèces antagonistes phytophages et, par voie de conséquence, des peuplements parasitaires associés. Celui-ci n'est pourtant validé que par une faible majorité des cas recensés, laissant supposer l'intervention d'autres facteurs <sup>(25,31)</sup>.

Comme le souligne Atieri <sup>(1,3)</sup>, la diversification d'un agro-écosystème est assurément favorable à la limitation des populations d'organismes nuisibles aux cultures par la fourniture aux auxiliaires : 1) de proies de substitution lorsque les populations du ravageur-hôte sont momentanément absentes ; 2) de pollen et de nectar nécessaires à l'alimentation des formes imaginales des prédateurs ou parasitoïdes ; 3) d'abris ou de refuges pour nidifier ou pour hiverner ; 4) voire encore, de la présence prolongée du ravageur-hôte lui-même, maintenu artificiellement dans l'écosystème plus longtemps qu'à la normale. D'autres facteurs, apparemment non moins importants, tels que la mobilité des ravageurs et la réponse agrégative de leurs auxiliaires en fonction de la géométrie du parcellaire et de l'architecture des plantes cultivées et sauvages, sont l'objet aujourd'hui d'une attention renouvelée <sup>(14,32)</sup>. En outre, l'évaluation du rôle régulateur joué par les auxiliaires prédateurs indigènes polyphages, auxquels on a

le plus souvent préféré les auxiliaires parasites exotiques spécifiques dans les opérations de lutte biologique classique, retient aujourd'hui à nouveau l'attention, conséquence vraisemblable de l'intérêt porté à la conservation de la diversité biologique dans son ensemble <sup>(42)</sup>.

La gestion des populations en protection des cultures, déjà remarquable par ses nombreuses applications en lutte biologique, connaît ainsi des perspectives de développement prometteuses. L'aménagement d'habitats favorables à la conservation des auxiliaires indigènes est en effet également propice à l'acclimatation d'auxiliaires exotiques comme à l'efficacité de traitements inondatifs à base de biopesticides. C'est également en favorisant les échanges géniques entre populations qu'on envisage de limiter la propagation de caractères de résistance aux insecticides, voire aux plantes génétiquement transformées pour l'expression de molécules toxiques pour les insectes <sup>(39)</sup>. Les particularités structurelles des agro-écosystèmes, telles que la fragmentation des parcelles cultivées et la durée réduite de cultures annuelles, soumises par ailleurs à des systèmes de rotation, créent des conditions écologiques spécifiques auxquelles les populations et peuplements inféodés, phytophages ou entomophages, répondent tant par leurs propriétés de déplacement ou de migration que d'arrêt de développement ou de diapause, de résistance aux pesticides comme d'adaptation aux cultivars.

Depuis quelques années, l'attention est de ce fait particulièrement attirée sur l'importance des mouvements de populations au sein de la mosaïque des parcelles cultivées (fig. 1, ci-dessous), soulignant ainsi le rôle, tant des bordures ou lisières que des haies ou corridors, dans le comportement des espèces animales <sup>(11,13)</sup>. La fragmentation des habitats entrave en effet les échanges entre populations, quand elle ne compromet pas leur survie <sup>(47)</sup>. La dilution des gènes de résistance aux pesticides, comme la colonisation d'une parcelle tant par un phytophage que par ses antagonistes, sont liées à ce phénomène, qui est à la base de l'aménagement des systèmes de culture par la prise en considération de la réhabilitation des habitats. L'étude de ces différents mécanismes (dispersion, interactions du type « source-puits », extinction et recolonisation) met en œuvre des moyens nouveaux

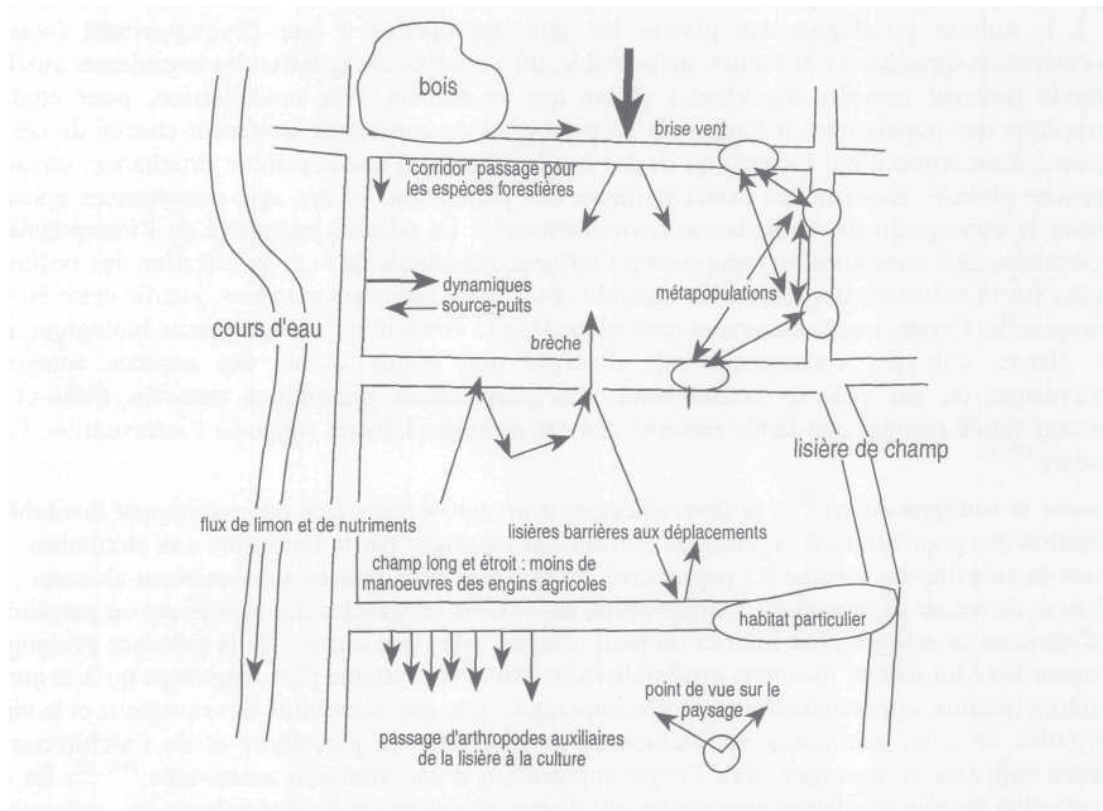


Figure 1. Schéma de quelques fonctions des lisières de champ dont l'étude doit être menée aux échelles du lieu, du champ et du paysage d'après Fry <sup>(21)</sup>.

de traitement de l'information, car adaptés à leur dimension spatiale, tels que les systèmes d'information géographique et les systèmes multi-agents<sup>(22)</sup>. D'une façon générale, la nature de ces recherches est favorable à un regain d'intérêt pour les études de terrain, voire pour l'implantation temporaire de « laboratoires de campagne », qui illustrèrent, dans un passé encore récent, une des démarches méthodologiques favorites de la zoologie agricole à l'INRA<sup>(24)</sup>. Le recours à la modélisation de ces processus complexes et, plus encore, à la simulation de situations de crise justifie en effet non seulement une démarche de nature systémique mais aussi la validation d'hypothèses de travail à l'aide de données nouvelles.

## Aménager les habitats

Le lien entre la protection des cultures, la gestion des populations parasites et la conservation de la diversité biologique est ainsi noué, en particulier au travers d'un aménagement des structures paysagères et donc de l'écologie du paysage auquel la société est par ailleurs sensibilisée<sup>(6,29)</sup>. Un tel raisonnement peut alors sous-tendre des propositions prospectives et cohérentes avec les principes d'une agriculture dite raisonnée, dans les domaines de la recherche, de la formation et de l'application. Il permet aussi de répondre, sans contradiction avec lui-même, aux attentes de variantes de l'agriculture traditionnelle, telle que l'agriculture biologique.

Il est remarquable de noter que les conclusions de la majorité des études récemment consacrées à ces problèmes convergent en soulignant, d'une part, le défaut général de prise en compte de la dimension spatiale des phénomènes étudiés et, d'autre part, l'importance insuffisante réservée au rôle des prédateurs généralistes indigènes dans la régulation des populations de phytophages<sup>(12,13,42)</sup>. Ces deux questions sont en effet au centre des réflexions récentes sur la nécessaire préservation des auxiliaires indigènes par l'aménagement de leurs habitats<sup>(5,31,35)</sup> et, d'une façon plus générale, sur la compatibilité entre la préservation des espèces indigènes et la protection des cultures<sup>(23)</sup>. À cet effet, on commence à disposer de données suffisamment abondantes pour avancer l'hypothèse que la dynamique des interactions hôte-parasitoïdes est soumise tant à la structure spatiale des habitats qu'aux capacités de déplacement des organismes concernés<sup>(37)</sup>. L'hypothèse de définir, pour partie, les dimensions des parcelles cultivées en fonction de la capacité des organismes nuisibles et utiles à les coloniser à partir des bordures mérite d'être validée<sup>(22)</sup>, d'autant plus qu'elle n'est qu'une extrapolation de la technique de cultures en bandes alternées (*strip-intercropping*) préconisée depuis déjà longtemps en monoculture de cotonnier. Des expérimentations récentes soulignent l'intérêt de cette pratique qui assure l'accroissement des populations de prédateurs indigènes<sup>(25,33,34)</sup>. Il faut cependant bien convenir que les structures agraires, élaborées à partir de systèmes de culture (assolements, jachères), de la morphologie agraire définie par la géométrie des parcelles et leur environnement immédiat (réseau de chemins, espaces clos ou ouverts) et du mode d'habitat (groupé ou dispersé) n'ont guère laissé place, jusqu'à maintenant, à de telles considérations. On notera cependant la proposition de créer des banquettes enherbées (*beetle banks*), au sein des parcelles de culture, pour favoriser l'installation de ces populations de prédateurs<sup>(43,44,45,46)</sup>. Le choix des espèces végétales les plus favorables à la constitution de tels abris ou à l'alimentation en nectar et pollen des formes imaginales des auxiliaires est l'objet d'expériences comparatives<sup>(8,31)</sup>.

Au cours des cinquante dernières années, le développement en Europe d'une agriculture de marché a été accompagné de notables modifications du paysage rural, par la création de grandes exploitations spécialisées et mécanisées, constituées de vastes pièces de terre aussi homogènes que possible. À l'exiguïté des champs clos du bocage, à la dispersion et à l'éloignement des parcelles de culture de l'openfield, il fallu donc substituer des pièces de terre plus grandes, moins éloignées les unes des autres et aussi proches que possible des bâtiments d'exploitation. Ce fut l'objet des opérations de remembrement d'exploitation, ou mieux encore de remembrement des propriétés. Ces opérations,



quand elles peuvent être menées à leur terme, induisent une véritable restructuration et une sensible modification du paysage. On en connaît des exemples spectaculaires dans les pays de bocage, qu'il s'agisse de la Flandre septentrionale ou du Massif armoricain, avec une quasi disparition des haies et arbres, voire des fossés, favorisant l'implantation de vastes pièces de terre aux formes régulières, carrées ou rectangulaires, d'une superficie de 5 à 20 ha d'un seul tenant, conditions favorables à une réduction sensible du temps de travail des machines agricoles en système céréalier<sup>(40)</sup>. Compte tenu de la nécessité du respect, tant de la ressource en eau que de la diversité biologique, on est aujourd'hui conduit à recommander un découpage en parcelles, d'une superficie unitaire maximale de l'ordre de 5 ha, entourées de haies jouant tant le rôle de corridors entre les populations dispersées, ou métapopulations, que de réseau de drainage des eaux de ruissellement<sup>(26)</sup>.

Un des traits remarquables du paysage rural est en effet apporté par les bordures de champ (*field margin*) qui donnent du relief à la mosaïque de formes et de couleurs des parcelles de culture. Il peut s'agir aussi bien de murets de pierres sèches que de haies arborées ou non, qui constituent en fait l'axe central d'un dispositif agro-écologique complexe, constitué en outre de fossés et talus, de tournières indispensables à la circulation et à la manœuvre des machines agricoles, voire encore de bandes de terre, cultivées ou non, utilisées soit comme piège de bordure ou territoire privilégié de lutte contre les organismes nuisibles venant de l'extérieur (insectes phytophages, mauvaises herbes), soit encore comme source de nectar et de pollen pour les organismes auxiliaires. La diversité, voire l'incompatibilité des objectifs ainsi visés, révèle bien l'état limité de nos connaissances dans ce domaine, objet depuis peu de l'attention des spécialistes d'une science nouvelle, l'écologie du paysage<sup>(10)</sup>. L'emprise de ces bordures de champ est souvent considérée comme trop importante par les agriculteurs, d'abord soucieux d'une productivité optimale, alors que les écologistes au contraire y voient une solution pratique aux problèmes de conservation des espèces.

La réintroduction imposée de la jachère dans les systèmes de culture européens offre pourtant aujourd'hui l'opportunité de prendre en considération, dans l'élaboration d'une nouvelle stratégie phytosanitaire, tant la géométrie et la distribution spatiale des parcelles de culture que leur environnement immédiat<sup>(28)</sup>. Ces facteurs de la dynamique des populations n'ont en effet été étudiés jusqu'à présent seulement dans quelques cas particuliers, tel que celui de la pullulation des rongeurs<sup>(17)</sup>. On remarquera que la conservation des espèces dites en péril, ou encore la gestion des populations d'insectes vecteurs de maladies humaines, met souvent en œuvre des techniques d'aménagement de leurs habitats dont on s'inspire aujourd'hui pour préserver les organismes auxiliaires indigènes des cultures<sup>(5,31)</sup>. On mesurera en outre tout l'intérêt de l'évolution récente des objectifs affichés par les agronomes, qui prennent désormais en compte les composantes environnementales de leur mission traditionnelle, telles que la lutte contre l'érosion des sols, la préservation de la qualité des eaux et de la diversité biologique<sup>(7,38)</sup>. Il est en effet vraisemblable que certaines difficultés rencontrées dans un passé récent, lors des premières tentatives de vulgarisation du concept de lutte intégrée, tiennent à une insuffisante intégration des procédés préconisés dans les itinéraires techniques alors définis et conseillés par les agronomes.

L'expérience de la manipulation de l'environnement des vergers de pommiers ou de poiriers, tant par l'implantation de haies composites que par la culture intercalaire de plantes de couverture, attire cependant l'attention sur les contraintes d'une telle technique de lutte, tout particulièrement dans le cas de cultures pérennes. Le choix des essences tient d'abord compte de leur adaptation aux conditions édaphiques et climatiques locales et aux caractéristiques phénologiques des arbres fruitiers ; mais il convient bien sûr de s'assurer au préalable qu'elles ne peuvent en aucune manière exercer des effets défavorables sur l'état sanitaire du verger considéré, en jouant soit le rôle d'abri non seulement pour des espèces auxiliaires mais également pour des ravageurs phytophages potentiels ou pour des vecteurs de maladies, soit de réservoir pour des microorganismes ou virus phytopathogènes. Compte tenu du caractère durable de la culture, on peut également tenir compte de la nature du risque phytosanitaire majeur encouru par le verger, en sélectionnant des essences qui favorisent, au-delà des

auxiliaires prédateurs généralistes, des complexes parasitaires spécialisés. Par exemple, sachant qu'en verger de poiriers l'accent est mis sur la protection contre le Psylle *Carpopsylla pyri*, il est recommandé d'ajouter le frêne, *Fraxinus oxyphylla*, à la composition type de la haie composite pour les vergers de la vallée du Rhône, en raison du fait que celui-ci abrite un autre Psylle, *Psyllopsis fraxini*, inoffensif pour le poirier, mais assurant la multiplication précoce d'un cortège d'auxiliaires spécialisés<sup>(16,36)</sup>. Cet exemple européen est à rapprocher de celui, bien connu, de *Prunus domestica*, planté dans le vignoble américain, de façon à permettre la survie hivernale à *Anagrus epos*, Hyménoptère *Mymaridae* parasite de la Cicadelle de la vigne *Erythroneura elegantula*, grâce aux œufs d'une autre cicadelle, jamais nuisible, qu'il abrite<sup>(15)</sup>.

## Adapter nos recherches et nos actions de développement à ces nouveaux objectifs

La défense d'une telle conception de la protection des cultures implique évidemment de mesurer non moins objectivement ses propres limites : défaut de solutions répondant aux besoins, faisabilité parfois insuffisante en raison des limites de nos connaissances comme de notre savoir-faire biotechnologique, effets secondaires parfois non négligeables, mise en œuvre impliquant une technicité accrue des praticiens, systèmes d'aide à la décision encore insuffisants... Sans négliger l'importance de ces limites, cette différence d'interprétation entre protection raisonnée et protection intégrée ne peut cependant être ni ignorée, ni même minimisée, tant elle a des conséquences importantes en matière de formation, de recherche et de développement, et plus généralement sur le devenir de la biosphère.

L'analyse développée ci-dessus confirme que le devenir de la protection intégrée des cultures s'inscrit bien dans une démarche de nature préventive étroitement liée à la gestion de l'espace rural. Il est en outre souligné que la stratégie phytosanitaire doit viser non seulement les parcelles de culture mais également leur environnement immédiat, les bordures de champ. Espace cultivé non productif, mais d'une haute valeur écologique et paysagère, ces bordures de champ doivent donc être également considérées pour leur valeur agronomique indirecte et gérées en conséquence, c'est-à-dire intégrées dans le système de culture de l'exploitation avec des itinéraires techniques appropriés<sup>(8,30)</sup>. On tiendra également compte à ce sujet des recommandations visant à préserver les populations d'insectes pollinisateurs sauvages<sup>(4)</sup>. À cet effet, il est souhaitable, sinon nécessaire, que les différentes compétences agronomiques concernées soient associées dans une démarche structurée commune pour définir leurs meilleures conditions d'aménagement. Dans le domaine phytosanitaire, c'est tout particulièrement le cas de la malherbologie, de la phytopathologie et de la zoologie agricole, dont la coordination des actions illustrerait opportunément le concept de protection intégrée. Au-delà de l'aménagement de ces bordures, la géométrie des parcelles de culture pourrait aussi être avantageusement reconsidérée sur des bases écologiques et non pas seulement socio-économiques, comme c'est le plus souvent le cas. Une telle gestion raisonnée de l'espace rural (*farmscaping*) impliquerait évidemment que les recherches et expérimentations tiennent mieux compte de cette dimension fondamentale, encore trop souvent négligée. Il serait sans doute judicieux de l'aborder à différents niveaux d'échelle et d'organisation, ceux de la plante cultivée, de la parcelle de culture et de l'exploitation toute entière d'une part, de la métapopulation, de la population, du peuplement, des communautés et biocénoses d'autre part. De même, il conviendrait sans doute de s'investir dans les disciplines et techniques scientifiques autorisent la compréhension et la maîtrise de ces phénomènes biologiques .

En hommage à Pierre Grison (1911-2000), directeur de recherches honoraire de l'INRA, fondateur du Laboratoire de lutte biologique et de biocénétique à La Minière (1953) et infatigable premier secrétaire général de la Commission internationale de lutte biologique. Le qualificatif amical de « benjamin » qu'il m'avait spontanément attribué lors de mon intégration dans son équipe de recherche (1959), alors composée des Atger, Burgerjon, Dusaussouy, Hurpin, Martouret et leurs collaborateurs, a pris au fil des ans une signification affective encore concrétisée, il y a peu, par son intérêt critique pour ce manuscrit.

Pierre Ferron est directeur de recherche honoraire à l'INRA, président honoraire du Complexe international de lutte biologique Agropolis (CILBA), Montpellier.

### Remerciements

La recherche bibliographique sur laquelle s'appuie cette mise au point a bénéficié, pour une large part, du concours du Centre commun de ressources documentaires en lutte biologique, propre au Centre de biologie et de gestion des populations (CBGP), à l'European Biological Control Laboratory (EBCL - USDA) et au Laboratoire européen du département d'Entomologie du CSIRO, implantés sur le campus international Agropolis de Baillarguet à Montferrier-sur-Lez (Hérault). En raison de l'importance du nombre de références bibliographiques se rapportant au sujet, le choix de privilégier les plus récentes et, parmi celles-ci, les références d'ouvrages ou d'articles de synthèse, a été le plus souvent fait de façon à faciliter en cas de besoin une identification exhaustive des données documentaires. Il m'est agréable de remercier sincèrement ceux de mes collègues qui m'ont fourni des informations, ou qui ont bien voulu relire ce manuscrit : J. Baudry (INRA), D. Bordât (CIRAD), P. Delattre (INRA), A. Fraval (INRA), Y. Gillon (IRD), K. Hoelmer (ARS-USDA), R. Le Bugger (université de Californie, Davis), Ph. Pointereau (SOLAGRO), C. Quimby (ARS-USDA), J. Scott (CSIRO), C. Silvy (INRA) et B. Vercambre (CIRAD).

### Références bibliographiques

- (1) ALTIERI M. A., 1991. Increasing Biodiversity to Improve Insect Pest Management, Agroecosystems. In H. D. L. HAWKSWORTH : *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates*. CAB International, 165-182.
- (2) ALTIERI M. A., 1995. *Agroecology*. Westview Press, Boulder, CO, 433 p.
- (3) ALTIERI M. A., 1999. The ecological role of biodiversity agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 74, 19-31.
- (4) BANASZAK J., 1992. Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 40, 179-192.
- (5) BARBOSA P., 1998. *Conservation Biological Control*. Academic, San Diego, CA, 396 p.
- (6) BAUDRY J., 1989. Interactions between agricultural and ecological systems at the landscape level. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 27, 199-130.
- (7) BENOÎT M., PAPY F., 1998. La place de l'agronomie dans la problématique environnementale. Sciences de la société et environnement à l'INRA – matériaux pour un débat. In O. VILOTTE & D. BARRÈS : *Dossier de l'environnement de l'INRA*, 17, 53-62.
- (8) BUGG R. L., ANDERSON J. H., THOMSEN C. D., CHANDLER J., 1998. Farmscaping in California : Managing Hedgerows, Roadside and Wetland Plantings, and Wild Plants for Biointensive Pest Management. In C. H. PICKETT & R. L. BUGG : *Enhancing Biological Control. Habitat management to Promote Natural Enemies of Agricultural Pests*. University of California Press, Berkeley, 339-374.
- (9) BUGG R. L. C., PICKETT H., 1998. Introduction : Enhancing Biological Control – Habitat Management to Promote Natural Enemies of Agricultural Pests. In C. H. PICKETT & R. L. BUGG : *Enhancing Biological Control – Habitat management to Promote Natural Enemies of Agricultural Pests*. University of California Press, Berkeley, 1-23.
- (10) BUREL F., BAUDRY J., 1999. *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 359 p.
- (11) BUREL F., BAUDRY J., DELETTRE Y., PETIT S., MORVAN N., 2000. Relating insect movements to farming systems in dynamic landscapes. In B. EKBOM, M. IRWIN & Y. ROBERT : *Interchanges of Insects between Agricultural and Surrounding Landscapes*. Kluwer Academic Publishers, Pays-Bas, 5-32.
- (12) CHANG G. C., KAREIVA P., 1999. The case for indigenous generalists in biological control. In B. A. HAWKINS & H.V. CORNELL : *Theoretical Approaches to Biological Control*. Cambridge University Press, Cambridge, 103-115.
- (13) CORBETT A., 1998. The importance of movement in response of natural enemies to habitat manipulation. In C. H. PICKETT & R. L. BUGG : *Enhancing Biological Control : Habitat Management to Promote natural Enemies of Agricultural Pests*. Univ. Calif. Press, Berkeley, 25-48.
- (14) CORBETT A., PLANT R., 1993. Role of movement in the response of natural enemies to agroecosystem diversification : A theoretical evaluation. *Environ. Entomol.*, 22, 519-531.
- (15) CORBETT A., ROSENHEIM J. A., 1996. Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecol. Entomol.*, 21, 155-164.
- (16) DEBRAS J. F., COUSIN M., RIEUX R., 2000. Conception d'une haie fonctionnelle pour lutter contre le psylle du poirier. *Phytoma – La Défense des Végétaux*, 525, 44-48.
- (17) DELATTRE P., DUPLANTIER J. M., FICHET-CALVETE E., GIRAUDOUX P., 1998. Pullulation de rongeurs, agriculture et santé publique. *Cahiers Agriculture*, 7, 285-298.
- (18) EHLER L. E., BOTTRELL D. G., 2000. The illusion of integrated pest management. *Issues in Science and Technology*, spring 2000, 1-6.  
EHLER L.E., BOTTRELL D.G., 2000. L'illusion de la protection intégrée des cultures. *Cour. Envir. INRA*, 40, 85-88.
- (19) FERRON P., 1999a. Protection intégrée des cultures : évolution du concept et de son application. *Cahiers Agriculture*, 8, 386-396 (et *Dossier de l'environnement de l'INRA*, 19, 19-28).
- (20) FERRON P., 1999b. La lutte biologique : définition, concept et stratégie. In A. FRAVAL & C. SILVY : *Lutte biologique II. Dossier de l'environnement de l'INRA*, 19, 7-17.
- (21) FRY G. L. A., 1994. The role of field margins in the landscape. In N. BOATMAN : *Field Margins : Integrating Agriculture and Conservation*. British Crop Protection Council Monograph, 58, 31-40.
- (22) FRY G., 1995. Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. In M. GLEND., M. P. GREAVES & H. M. ANDERSON : *Ecology and Integrated Farming Systems*, John Wiley and Sons, Chichester, 177-202.



- (23) GILLESPIE R. G., NEW T. R., 1998. Compatibility of conservation and pest management strategies. In M. P. ZALUCKI, R. A. I. DREW, G. G. WHITE : Pest Management – Future Challenges. *Proceedings of the Sixth Australasian Applied Entomological Research Conference, Brisbane, Australia, 29 September – 2nd October 1998*. University of Queensland, Vol. II, 195-208.
- (24) GRISON P., 1992. *Chronique historique de la zoologie agricole française*. INRA, département de Zoologie, Paris, 366 p.
- (25) GURR G. M., VAN EMDEN H. F., WRATTEN S. D., 1998. Habitat manipulation and natural enemy efficiency implications for the control of pests. In P. BARBOSA : *Conservation Biological Control*. Academic Press, London, 155-183.
- (26) HART B. J., MANLEY W. J., LIMB T. M., DAVIES W. P., 1994. Habitat creation in large fields for natural pest regulation. In N. BOATMAN : *Field Margins : Integrating Agriculture and Conservation*. British Crop Protection Council Monograph, 58, 319-322.
- (27) HASTING A., 1999. Outbreaks of insects : a dynamic approach. In B. A. HAWKINGS & H. V. CORNELL : *Theoretical Approaches to Biological Control*. Cambridge University Press, Cambridge, 206-215.
- (28) KAREIVA P., 1990. The spatial dimension in pest-enemy interactions. In M. Mackauer, L. E. Ehler & J. ROLAND : *Critical Issues in Biological Control*. Intercept, Andover, 213-227.
- (29) KAREIVA P., WENNERGREN U., 1995. Connecting landscape patterns to ecosystems and population processes. *Nature*, 373, 299-302.
- (30) LANDIS D. A., MARINO P. C., 1999. Landscape Structure and Extra-Field Processes : Impact on Management of Pests and Beneficials. In J. R. RUBERSON : *Handbook of Pest Management*, Dekker, Inc. New York, 79-104.
- (31) LANDIS D. A., WRATTEN S. D. M., GURR G., 2000. Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. *Annu. Rev. Entomol.*, 2000, 45, 175-201.
- (32) MARINO P. C., LANDIS D. A., 1996. Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecol. Applic.*, 6, 276-284.
- (33) MENSARH R. K., 1999. Habitat diversity : implications for the conservation and use of predatory insects of *Helicoverpa* spp. in Cotton systems in Australia. *Intern. J. Pest Manag.*, 45, 91-100.
- (34) PARAJULEE M. N., SLOSSER J. E., 1999. Evaluation of potential relay strip crops for predator enhancement in Texas cotton. *Intern. J. Pest Manag.*, 45, 275-286.
- (35) PICKETT C., H. BUGG R. L., 1998. *Enhancing Biological Control : Habitat Management to Promote natural Enemies of Agricultural Pests*. Univ. Calif. Press, Berkeley, 422 p.
- (36) RIEUX R., SIMON S., DEFANCE H., 1999. Role of hedgerows and ground cover management on arthropod populations in pear orchards. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 73, 119-127.
- (37) ROLAND J., TAYLOR P. D., 1997. Insect parasitoid species respond to forest structure at different spatial scales. *Nature*, 386, 710-713.
- (38) SEBILLOTTE M., ALLAIN S., DORE T., MEYNARD J. M., 1993. La jachère et ses fonctions agronomiques, économiques et environnementales. Diagnostic actuel. *Cour. Envir. INRA*, 20, 11-22.
- (39) SHELTON A. M., TANG J. D., ROUSH R. T., METZ T. D., EARLE D., 2000. Field tests on managing resistance to Bt-engineered plants. *Nature Biotechnol.*, 18, 339-342.
- (40) SKY P. K., 1992. The use of geographic information systems in the Land Consolidation Service of Norway. *Kart og Plan* 51, 307-313 (cité par G. L. A. Fry, 1994)
- (41) STERN V. M., ADKINSON P. L., BEINGOLEA O. B., VIKTOROV G. A., 1976. Cultural controls. In C.B. HUFFAHER & P. S. MESSENGER : *Theory and practice of biological control.*, Academic Press, New York, 593-613.
- (42) SUNDERLAND K., SAMU F., 2000. Effects of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders : a review. *Entomol. Exper. Appl.*, 95, 1-13.
- (43) THIES C., TSCHARNTKE T., 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science*, 285, 893-895.
- (44) THOMAS C. F. G., WRATTEN S., SOTHERTON N. W., 1991. Creation of « island » habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods : predator densities and emigration. *J. Appl. Ecol.*, 28, 906-917.
- (45) THOMAS M. B., SOTHERTON N. W., COOMBES D. S., WRATTEN S. D., 1992a. Habitat factors influencing the distribution of polyphagous predatory insects between field boundaries. *Ann. Appl. Ecol.*, 120, 197-202.
- (46) THOMAS M. B., WRATTEN S. D., SOTHERTON N. W., 1992b. Creation of « island » habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods : predator densities and species composition. *J. Appl. Ecol.*, 29, 524-531.
- (47) TSCHARNTKE T., KRUESS A., 1999. Habitat fragmentation and biological control. In B. A. HAWKINS & H.V. CORNELL : *Theoretical Approaches to Biological Control*, Cambridge University Press, Cambridge, 190-205.
- (48) WALLNER, 1987. Factors affecting population dynamics : difference between outbreak and non-outbreak species. *Annu. Rev. Entomol.*, 32, 317-340.
- (49) WRATTEN S. D., VAN EMDEN H. F., THOMAS M. B., 1998. Within-field and border refugia for the enhancement of natural enemies. In R. BUGG & C.H. PICKETT : *Enhancing Natural Control of Arthropod Pests through Habitat Manipulation*. Wiley, New York, 375-403.

### Les haies composites réservoirs d'auxiliaires

Une publication de la série Hortipratic (avril 2000) du CT1FL, réalisée par O. Baudry (CTIFL), C. Bourgerie (CITARE), G. Guyot (INRA) et R. Rieux (INRA), 116 p.  
CTIFL : 22, rue Bergère, 75009 Paris.

Ce petit ouvrage collectif, particulièrement bien présenté et illustré, donne en quatre chapitres (Rôles physiques des haies, Rôles biologiques et écologiques des haies. Choix des espèces végétales, Plantation des haies), des informations claires et concrètes sur l'intérêt des haies pour l'aménagement de l'environnement physique et biologique des cultures (brise-vent, conservation des sols, stockage et épuration de l'eau, préservation de la diversité biologique, manipulation des auxiliaires).  
À l'occasion, il n'hésite pas à rapporter des données de base, qui sont en outre l'objet d'une bibliographie fournie (76 références). Cet équilibre illustre la compétence et l'expérience des auteurs, particulièrement dans le domaine de l'arboriculture fruitière. On notera le soin avec lequel l'information est fournie aux praticiens, en particulier au niveau du choix des espèces végétales et des conditions de leur plantation. En conclusion, un exemple concret d'action coordonnée au niveau d'une région est donné, avec le projet conduit de 1994 à 1997 par le conseil général du Lot-et-Garonne, dans le cadre du programme national des ministères de l'agriculture et de l'environnement visant à aider « les plantations et replantations d'arbres en alignement, dans une approche globale et à long terme de mise en valeur du patrimoine paysager. »