

L'homme se rendra-t-il maître de l'insecte nuisible?

Autor(en): **Bovey, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal
= Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **124 (1973)**

Heft 1

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-767417>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

L'homme se rendra-t-il maître de l'insecte nuisible? ¹

Par P. Bovey, Zurich

Oxf.: 41:453

Cette leçon met un terme à 42 années d'activité au service de la Confédération, 20 à la Station fédérale d'essais viticoles et arboricoles à Lausanne, dont j'ai été le premier entomologiste, et 22 à l'Ecole polytechnique fédérale, comme second directeur de son Institut d'entomologie.

Cette activité s'est déroulée presque dès les débuts de la lutte antiparasitaire en Suisse, durant une période au cours de laquelle l'entomologie appliquée a connu un grand essor, dicté par la nécessité de faire échec à l'insecte nuisible qui réalise ce paradoxe d'aggraver sa menace au fur et à mesure que la civilisation marque de nouvelles conquêtes.

Au cours de cette heure, j'aimerais brosser devant vous un rapide tableau des efforts tentés dans ce but, faire le point de la situation actuelle pour essayer de répondre à la question que j'ai posée comme thème de cette leçon.

Les insectes sont de très vieux habitants de la Terre sur laquelle ils nous ont précédés de quelque 400 millions d'années. Si, durant cette longue période de leur histoire, de nombreux groupes ont disparu pour faire place à d'autres, le phylum reste aussi florissant que par le passé et l'on doit les considérer comme une des grandes réussites de l'évolution. Leur supériorité tient à leur énorme pouvoir de reproduction, à leur étonnante faculté d'adaptation qui leur a permis de peupler tous les milieux terrestres et d'eau douce — il n'y a pas d'insectes dans la mer — à leurs moyens de défense les plus variés. Aussi n'est-il pas surprenant que l'homme, dès sa tardive apparition sur la Terre, ait eu affaire à ce vieil habitant installé partout.

L'insecte se heurte à l'homme directement et indirectement. Directement lorsqu'il se nourrit de son sang et, ce faisant, véhicule souvent les germes de dangereuses maladies. Pour mesurer l'importance de cette attaque directe, il suffit de rappeler que l'agent infectieux de cinq des plus grands fléaux de l'humanité est obligatoirement véhiculé par un insecte, à savoir la malaria et la fièvre jaune par des moustiques, la maladie du sommeil par la mouche tsé-tsé, le typhus exanthématique par les poux et la peste par la puce du rat.

Nous laisserons de côté cet aspect du rôle de l'insecte pour nous pencher sur celui de l'insecte ennemi de nos cultures et de nos forêts.

¹ Leçon d'adieu prononcée à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, le 3 juillet 1972, par Paul Bovey, professeur d'entomologie.

Plus de la moitié des insectes de la faune actuelle sont végétariens, phytophages, et il n'est guère de plante sauvage ou cultivée qui n'en héberge quelques espèces, parfois jusqu'à plusieurs centaines chez les végétaux particulièrement attirants.

Mais si la classe des insectes compte plus des quatre cinquièmes des espèces animales, seule une faible proportion d'entre elles peut être considérée comme économiquement nuisible. On l'estime dans le monde à quelque 3000 espèces, ce qui correspond à 0,1 % de celles qui doivent y exister.

L'homme subit depuis fort longtemps l'âpre concurrence de l'insecte phytophage, sans doute depuis qu'abandonnant la vie de chasseur il se fit agriculteur et créa le champ cultivé. Mais durant de nombreux siècles, et jusqu'à nos jours dans les régions encore soumises à une économie de subsistance, l'homme se contenta de récolter ce que les ennemis de ses cultures voulaient bien lui laisser. S'il subissait parfois de lourdes pertes, les ravageurs n'avaient toutefois pas l'importance qu'on leur connaît dans les régions à agriculture intensive.

En Europe, la situation s'aggrava dès les débuts de l'ère industrielle, lorsque se fit sentir la nécessité de répondre aux besoins en aliments végétaux des grands centres urbains en voie de développement.

Les insectes que l'on considère aujourd'hui comme nuisibles, les «*Pests*» des auteurs anglo-saxons, existaient tous avant les débuts de l'agriculture et d'une sylviculture moderne. Dans le milieu primitif où ils vivaient, la complexité de l'écosystème, terme très à la mode aujourd'hui par quoi l'on entend l'ensemble des organismes qui peuplent un milieu donné et de tous les facteurs biologiques et physiques auxquels ils sont soumis, maintenait leurs populations à un faible niveau, comme c'est encore le cas de la plupart des phytophages inféodés à la flore sauvage et de nombreuses espèces de nos plantes cultivées.

Mais la faune entomologique originelle a subi d'importantes modifications dans sa composition dès qu'ont été créés ces milieux artificiels que sont nos champs, nos vignobles et nos vergers, nos peuplements purs en sylviculture.

La transformation progressive des écosystèmes primitifs, en ce que l'on désigne sous le nom d'agro-écosystèmes, a eu des conséquences diverses sur la composition faunistique de ces milieux. De nombreuses espèces en ont été éliminées que l'on retrouve dans les lieux incultes. Parmi celles qui ont suivi leur hôte, désormais cultivé, d'aucunes sont restées indifférentes, leurs populations fluctuant toujours à faible densité. D'autres au contraire ont été promues plus ou moins tôt au rang de ravageurs selon des processus liés à des causes diverses.

Un cas très frappant, signalé en 1940 par mon collègue et ami, le Dr *F. Schneider*, Wädenswil (1), montre que cette promotion dépend souvent de peu de chose. Il concerne une chenille inféodée à une liane de la

forêt vierge de Sumatra, *Uncaria gambir*, qui fut cultivée en arbustes pour la production de tanin, dans de grandes plantations aménagées sur place après déboisement de la forêt. Alors que les chenilles se maintenaient toujours en faibles populations dans le milieu naturel, on ne tarda pas à les voir pulluler dans la plantation avec une intensité croissante au fur et à mesure que l'on s'éloignait de la forêt vierge. Que s'était-il passé? Tout simplement que le Lépidoptère nuisible *Oreta carnea* n'avait été suivi de ses parasites, et en particulier du plus utile d'entre eux, le Chalcidien *Brachymeria euploeoae*, qui ne trouvaient plus dans la plantation les fleurs productrices de nectar et de pollen nécessaires à leur alimentation.

Le passage d'insectes indifférents au rang de ravageurs a dû se produire dès les débuts de l'agriculture, mais ce phénomène s'est accéléré avec l'extension des monocultures, lesquelles favorisent la multiplication de certains des phytophages qui leur sont inféodés en leur offrant une table toujours bien garnie, dans un milieu souvent peu propice à l'efficacité de leurs ennemis naturels.

Mais les monocultures ont un autre inconvénient; par l'attraction massive qu'elles exercent sur certains phytophages, elles les détournent d'autres plantes-hôtes sauvages et renforcent leurs tendances à la monophagie. C'est ainsi qu'à l'exception du Phylloxéra importé d'Amérique, presque tous les ravageurs de la vigne sont indigènes, issus de la faune primitivement adaptée à la flore sauvage. C'est en particulier le cas des deux Tordeuses ou Vers de la grappe, la *Cochylis* et l'*Eudémis*, dont les chenilles se rencontrent encore, hors des vignobles, sur de nombreuses plantes sauvages. De même la faune des céréales cultivées dérive de celle des graminées sauvages, la faune du cotonnier, dans les régions tropicales et subtropicales, de celle des malvacées sauvages.

Ces processus d'adaptation secondaire lents et progressifs dans certains cas, immédiats et brutaux dans d'autres, relèvent de facteurs complexes et souvent difficiles à analyser. En relation avec l'aménagement des cultures, avec l'état physiologique des plantes lié aux méthodes culturales, et, comme nous le verrons à l'instant, avec les techniques de lutte, ils se poursuivent sous nos yeux et je pourrais vous citer une bonne dizaine d'espèces indigènes qui se sont révélées nuisibles pour la première fois en Suisse dans les 20 dernières années.

C'est ainsi que le Carpocapse ou Ver des pommes et des poires que vous connaissez tous n'est devenu un ravageur économique des abricots et des prunes que dans des monocultures de ces fruits. Sur abricots en Valais, il s'est agi d'un processus lent, car le Carpocapse des abricots n'y est devenu un problème que depuis 1940, 55 ans après l'introduction de l'abricotier dans ce canton (2). Il fut brutal dans le cas du Doryphore qui, dans les plaines arides du Colorado où il vivait chichement aux dépens des maigres touffes d'une solanée sauvage, *Solanum rostratum*, se porta immédiatement

sur la pomme de terre, *Solanum tuberosum*, lorsqu'elle y fut introduite durant la seconde moitié du siècle dernier.

Mais un autre fait a encore contribué à aggraver dans chaque pays la menace de l'insecte, à savoir l'apparition et l'acclimatation de ravageurs d'origine étrangère, singulièrement favorisées depuis un siècle par le prodigieux développement des relations internationales. La liste est longue de ces ravageurs qui, dans le monde, ont étendu leurs méfaits hors de leur aire primitive, souvent sur d'immenses territoires et plusieurs continents. Les échanges intercontinentaux contribuent ainsi, dans les limites imposées par le climat, à uniformiser, à internationaliser, la faune des espèces nuisibles. En Europe, ce sont plusieurs dizaines d'espèces étrangères qui, depuis un siècle, ont ajouté leurs méfaits à ceux des espèces indigènes. Il en est parmi elles de redoutables, tels le Phylloxéra, le Pou de San José, le Doryphore, et nos après-venants en connaîtront certainement d'autres.

La gravité de ces échanges est attestée par le fait que plus de la moitié des ravageurs agricoles des Etats-Unis est d'origine étrangère.

Tous ces faits ont singulièrement augmenté les pertes occasionnées par les insectes nuisibles, auxquelles il convient d'ajouter celles dues aux rongeurs, aux nématodes, aux maladies cryptogamiques et aux virus des plantes dont l'évolution a suivi un cours semblable. Ces pertes totales dans le monde sont estimées annuellement à 70 à 90 milliards de dollars.

L'homme a tenté depuis fort longtemps de s'opposer aux plus importants ravageurs de ses cultures, mais il le fit jusqu'à une époque plus ou moins récente suivant les régions en recourant à des méthodes grossièrement empiriques, quand elles ne relevaient pas de la superstition.

La nécessité d'une lutte rationnelle, dictée par des impératifs économiques, s'est surtout fait sentir dès la fin du siècle dernier ou le début de ce siècle, après que l'on eût reconnu les possibilités offertes par l'arme chimique.

C'est une intéressante histoire que celle des recherches liées dès lors à la mise au point de méthodes rationnelles de lutte que les hommes de ma génération ont vécue presque dès ses débuts. Elle s'est développée en trois phases.

Jusqu'en 1940 à 1945, la protection des cultures a fait appel à un modeste arsenal de produits simples (composés arsenicaux, insecticides végétaux, huiles minérales et de goudron) qui, en association avec les fongicides cupriques et soufrés, permit de réaliser de grands progrès dans la production quantitative et qualitative des aliments végétaux, sans trop bouleverser les équilibres biologiques, ni présenter d'inconvénients majeurs pour la santé publique.

Mais un certain nombre de ravageurs d'intérêt agricole, et surtout médical et vétérinaire, restaient invulnérables ou très difficiles à combattre.

Aussi, la découverte dès 1940 à 1942 des remarquables propriétés du DDT, de l'hexachlorocyclohexane, suivie peu après de celle des terpènes chlorés, puis des esters phosphoriques suscita-t-elle une vague d'enthousiasme en inaugurant la deuxième phase de cette histoire.

La chimie des insecticides prit un essor prodigieux et le marché se trouva rapidement inondé de spécialités permettant de répondre à presque toutes les exigences.

Grâce à leur incontestable supériorité, due à leur mode d'action à la fois par contact et par ingestion et à la persistance de cette action, ces nouveaux insecticides chlorés et phosphorés supplantèrent rapidement les anciens insecticides et, à la suite de résultats spectaculaires contre des ravageurs agricoles, forestiers et surtout contre de dangereux vecteurs de maladies, on put croire un moment avoir définitivement résolu le problème de la lutte insecticide. C'était, hélas, méconnaître l'étonnante plasticité et la souveraine puissance de l'insecte et l'on dut se convaincre très tôt que certaines de ces armes étaient des éléments perturbateurs des écosystèmes incomparablement plus puissants que les anciens insecticides. Leur emploi généralisé, et souvent inconsidéré, se manifesta par des incidences désavantageuses dans trois directions:

1. par la sélection de lignées résistantes;
2. par une perturbation des équilibres biologiques;
3. par l'insertion de résidus toxiques dans les chaînes alimentaires.

Bien qu'une large publicité ait sensibilisé l'opinion sur ces phénomènes, permettez-moi cependant d'en souligner brièvement l'importance.

Si quelques cas de résistance aux insecticides se sont manifestés aux Etats-Unis à la suite de l'emploi d'anciens produits, en particulier en Californie dès 1918 chez une dangereuse cochenille de l'oranger vis-à-vis de l'acide cyanhydrique (HCN) utilisé en fumigations sous bâche, et dès 1930 en Virginie chez le Carpocapse vis-à-vis de l'arséniate de plomb, la situation s'est singulièrement aggravée dès l'apparition des insecticides organo-synthétiques. Le phénomène est apparu deux à trois ans déjà après le début d'utilisation du DDT contre plusieurs parasites de l'homme à évolution rapide (mouches et moustiques), puis progressivement chez un nombre croissant d'espèces d'intérêt médical et agricole.

L'acquisition de cette résistance est, on le sait, le résultat d'une sélection opérée par les traitements sur des populations génétiquement hétérogènes qui, après élimination progressive des lignées sensibles, finissent par être constituées d'individus de plus en plus résistants. Ces derniers doivent cette particularité à leur aptitude à dégrader rapidement l'insecticide absorbé en composés inoffensifs ou à le stocker dans les lipides de l'organisme avant qu'il ait pu atteindre le système nerveux. On a pu ainsi obtenir par sélection artificielle en laboratoire des mouches qui supportent 500 à 1000 fois la dose de DDT mortelle pour les formes les plus sensibles.

Jusqu'à maintenant cette résistance n'a affecté dans le monde qu'une proportion restreinte des espèces économiquement nuisibles. Mais depuis 1946, leur nombre n'a cessé de croître et un rapport récent signale qu'il a passé jusqu'à 1969, de 2 à 102 pour les espèces intéressant la santé publique, de 8 à 228 pour les ravageurs agricoles et des animaux domestiques. La situation est plus réconfortante en sylviculture, du fait que la plupart des traitements chimiques en forêt sont sporadiques et espacés. A ma connaissance, on n'a signalé qu'un cas de résistance accrue qui concerne le célèbre «Spruce Bud Worm» (*Choristoneura fumiferana*) au Canada.

Les chiffres que j'ai cités montrent bien à quel point ce phénomène, qui est une éloquente démonstration de la sélection darwinienne dans la nature, grève d'un lourd handicap l'avenir de la lutte chimique.

Voyons maintenant ce qui concerne le problème non moins aigu des actions secondaires sur les équilibres biologiques.

Aucun traitement insecticide, voire même souvent fongicide, n'est sans action sur les écosystèmes au sein desquels il est appliqué. Toute intervention détermine chez plusieurs des membres de la biocénose, directement ou indirectement touchés, une nouvelle situation de départ de la dynamique de leurs populations dont il est impossible de prévoir toutes les conséquences. Des perturbations souvent spectaculaires, de plus ou moins longue durée, pourront résulter des modifications induites dans les proportions numériques des divers éléments de la communauté, dans les rapports entre les parasites et leurs hôtes.

De telles perturbations furent observées à la suite de l'emploi de quelques insecticides anciens, mais sans commune mesure avec celles qui se manifestèrent dès l'utilisation des insecticides organiques de synthèse rémanents.

Au cours des 20 dernières années, de nombreux cas de pullulations anormales se sont manifestés dans les cultures les plus diverses et dans les forêts à la suite de traitements insecticides interférant sur la faune utile. Le remplacement de l'arséniate de plomb par le DDT dans la lutte contre le Carpocapse s'est traduit par une pullulation du Puceron lanigère à la suite de la destruction de son parasite spécifique *Aphelinus mali*, dans plusieurs pays par celle de microlépidoptères Tortricides jusqu'alors indifférents. En Suisse romande, la banale Tordeuse des haies (*Archips rosanus*) s'est manifestée pour la première fois dès 1948 dans un verger moderne à la suite de l'emploi d'insecticides polyvalents très nocifs pour son parasite oophage *Trichogramma cacoeciae* qui doit son important rôle régulateur au fait qu'il peut développer deux générations dans l'ooplaque de son hôte qui ne présente qu'une génération annuelle (3).

Mais le cas le plus frappant dans nos régions est sans doute celui des Tétranyques tisserands, principalement des Araignées rouge et jaune de la

vigne et des arbres fruitiers, qui ne sont devenues un fléau que depuis l'introduction des traitements antiparasitaires.

Ces minuscules acariens phytophages, qui se nourrissent du suc cellulaire des feuilles, lesquelles prennent une teinte grise et se dessèchent, sont la proie de nombreux petits prédateurs, coccinelles, punaises et acariens zoophages. On a attribué leurs pullulations, souvent spectaculaires, à la destruction de cette faunule dont on a la preuve qu'elle est capable de freiner efficacement le développement numérique des Tétranyques. Mais les belles recherches du Dr. *F. Chaboussou* (4) dans le vignoble bordelais ont montré que le problème est plus compliqué qu'on ne le pensait au début, en mettant clairement en évidence l'influence supplémentaire d'un facteur trophique lié aux traitements pesticides. Sous l'action de certains produits tels que le DDT, le Parathion, le Carbaryl, voire même de fongicides, le métabolisme de la plante se trouve modifié dans un sens qui prolonge la vie des femelles des Tétranyques et exalte leur fécondité, ce qui a reposé sous un jour inattendu le problème des homologations des pesticides.

Dans les régions tropicales à climat constant, où les facteurs biotiques de régulation jouent un rôle tout particulièrement important, de tels déséquilibres peuvent aboutir à des résultats catastrophiques. Le cas d'une grande plantation de café de l'île portugaise de San Tomé à l'ouest du Gabon, que j'ai eu l'occasion de visiter en 1967, est à cet égard très intéressant. Une petite teigne dont les chenilles dévorent les baies y causait bon an, mal an 10 % de dégâts. Dans l'espoir d'abaisser ce pourcentage, la société propriétaire, sur les conseils de représentants de l'industrie, a fait exécuter trois traitements aériens successifs de la plantation avec du Parathion. En l'espace de très peu de temps les dégâts, au lieu d'être abaissés, ont passé de 10 à 90 % et entraîné la faillite de la société, ceci à la suite de l'anéantissement de toute la faune utile, oiseaux y compris.

Ces cas que l'on pourrait multiplier montrent que si les agro-écosystèmes sont plus simples que les écosystèmes primitifs, ils sont encore très souvent des systèmes dynamiques au sein desquels des facteurs naturels sont à l'œuvre dont il importe de tirer profit.

On réalise ainsi l'erreur que l'on a commise en recourant sans discernement à l'arme chimique, en appréciant la valeur d'un insecticide en fonction de son efficacité absolue, sans tenir suffisamment compte de son action sur l'ensemble des biocénoses et sur le métabolisme de la plante traitée.

Un insecticide polyvalent abaissera à un niveau très bas les populations du ravageur et celles de ses ennemis naturels. Défavorisés par les très faibles densités de leur hôte, les survivants utiles ne pourront reconstituer à temps des populations efficacement actives. Dans le vide biologique créé, le ravageur se retrouvera rapidement à un niveau élevé. L'augmentation nécessaire des traitements accélère les processus d'acquisition de la résistance, tout en aggravant le problème des résidus. On tourne dans un cercle vicieux!

En raison des mesures qui, depuis peu de temps, frappent successivement d'interdiction l'emploi des insecticides organo-chlorés et d'autres pesticides toxiques — c'est chose faite dans plusieurs pays européens dont la Suisse, et depuis le mois de juin 1972 des Etats-Unis — le problème de l'insertion de résidus persistants dans des chaînes alimentaires, dénoncé pour la première fois par *Rachel Carson* dans son «*Printemps silencieux*», va progressivement perdre de son actualité. Je me borne à l'évoquer simplement en passant; non sans relever que l'élimination de résidus chlorés (DDT, DDD, etc.) accumu-

Figure 1

Cochenille australienne (*Pericerya purchasi*). Femelle avec ovisac et deux larves sur un rameau de mimosa.
Australische Schildlaus. Weibchen mit Eisack und zwei Larven auf einem Mimosazweig.

Figure 2

Rodolia (= *Novius*) *cardinalis*, Coccinelle prédatrice spécifique de la Cochenille australienne. Larve, nymphe et adulte sur une feuille de mimosa infestée de larves de la Cochenille.
Der Marienkäfer *Rodolia cardinalis*, ein spezifischer Räuber der australischen Schildlaus. Larve, Puppe und Käfer auf von Schildläusen befallenem Mimosenblatt.

Figure 3

Colonie de Pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*) sur un pastèque, avec larves néonates mobiles, larves et femelles adultes recouvertes de leur bouclier.
Kolonie der San-José-Schildlaus auf einer Wassermelone mit beweglichen Eilarven, fest-sitzenden Larven und Weibchen unter ihren Schildern.

Figure 4

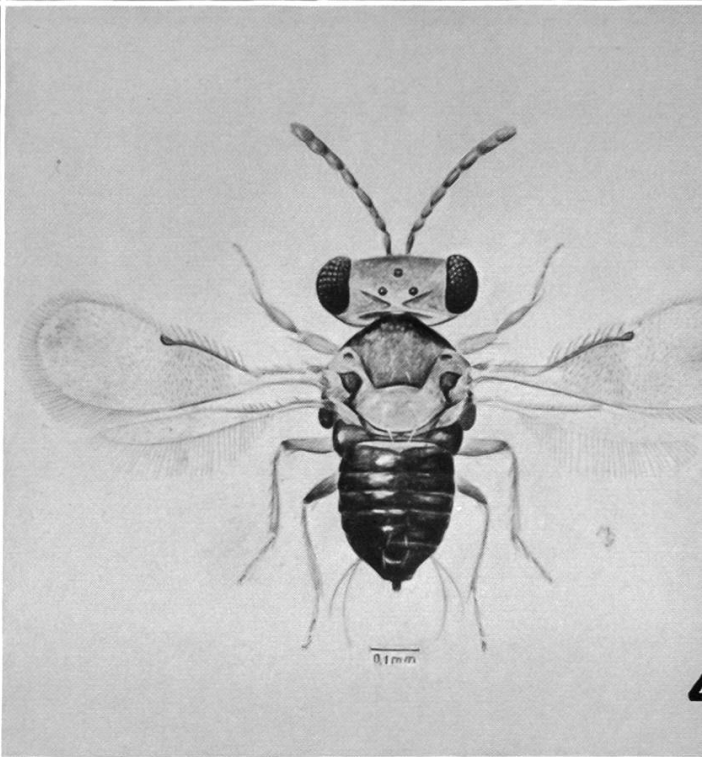
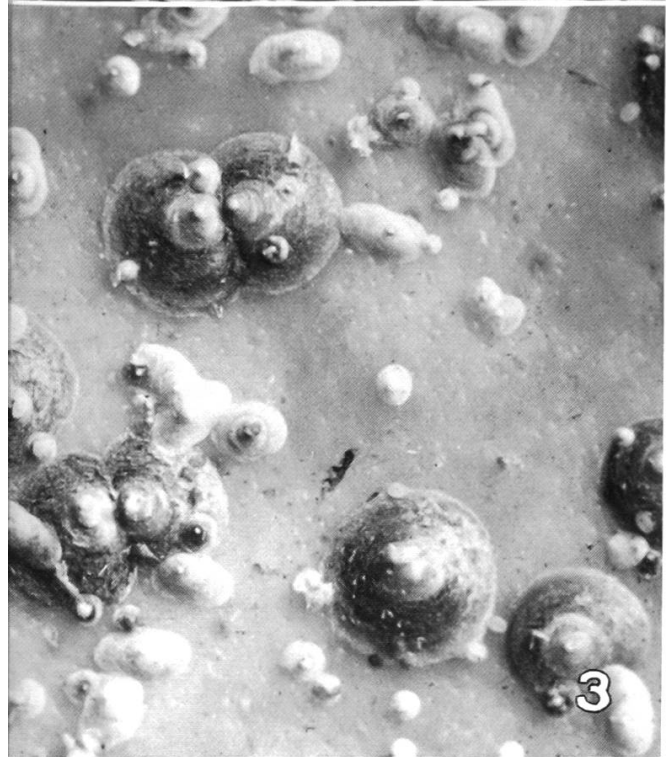
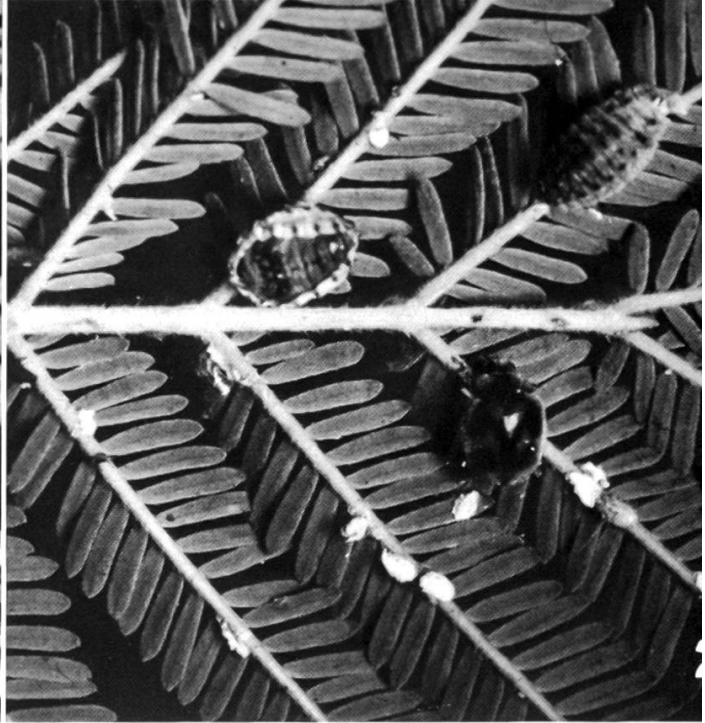
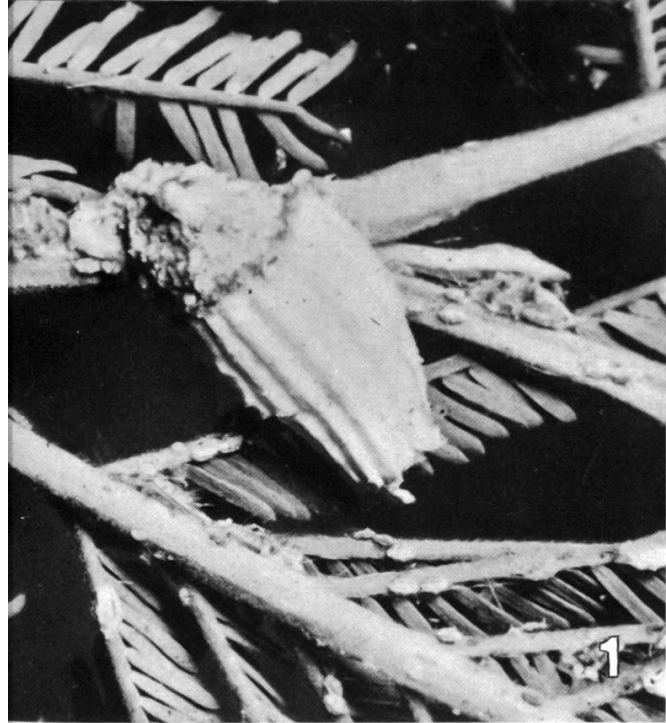
Femelle de *Prospaltella perniciosi*, parasite spécifique du Pou de San José.
Weibchen von *Prospaltella perniciosi*, spezifischer Parasit der San-José-Schildlaus.

Figure 5

Elevage massif de la Coccinelle *Chilocorus bipustulatus* sur pommes de terre infestées de cochenilles, en vue de la lutte biologique dans les vergers d'agrumes d'Israël. Insectarium de l'Association des cultivateurs d'agrumes à Rehovot.
Massenzucht des Marienkäfers *Chilocorus bipustulatus* auf durch Schildläuse befallenen Kartoffeln für die biologische Bekämpfung in den Orangenkulturen von Israel.

Figure 6

Couple de *Pyrrhocoris apterus*, punaise européenne dont l'élevage aux Etats-Unis a conduit à la découverte du «paper factor».
Pärchen von *Pyrrhocoris apterus*, der europäischen Feuerwanze, deren Zucht in Amerika zur Entdeckung des «Paper factor» geführt hat.



lés dans des organismes animaux et humains, qui pour ces derniers a atteint des doses de l'ordre de 7 à 10 ppm au sein de certaines populations prendra un temps assez long.

Mais au moment de dire adieu au DDT, qui a valu à notre pays un prix Nobel, on ne doit pas oublier qu'il a permis de sauver des milliers de vies humaines et que la consommation de produits agricoles traités dans les limites prescrites n'a causé aucun cas mortel.

Le danger pour lequel l'interdiction se justifie cependant concerne principalement la proportion de l'insecticide qui, n'atteignant pas le végétal ou l'ennemi à combattre, passe dans l'atmosphère, l'hydrosphère ou le sol d'où elle est entraînée par érosion dans les rivières, les lacs, les fleuves et finalement l'océan, s'insérant dans des chaînes alimentaires plus ou moins longues. Les chaînes les plus longues concernent les systèmes aquatiques illustrées par le schéma de la figure 7.

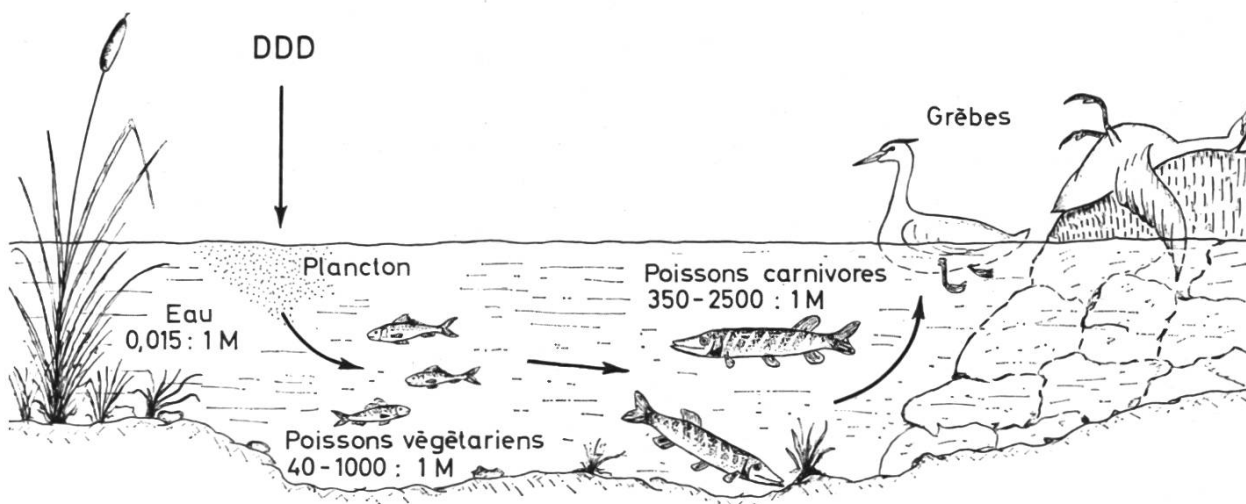


Figure 7

Exemple d'intoxication le long d'une chaîne alimentaire: la quantité de résidus toxiques initialement de 0,015 parties par million (ppm) dans l'eau d'un lac traité au DDD contre les moustiques passe à 40 à 1000 ppm dans les poissons végétariens, puis à 350 à 2500 ppm dans les poissons carnassiers devenant mortelle pour les oiseaux piscivores (1 M = 1 million).

Beispiel einer Vergiftung innerhalb einer Nahrungskette: Die DDD-Rückstände konzentrieren sich von ursprünglich 0,015 ppm im behandelten Wasser (Mückenbekämpfung) bis auf 350 bis 2500 ppm und werden damit für die fischfressenden Vögel tödlich (ppm = Teile pro Million = mgr pro Kilo).

Les difficultés croissantes rencontrées dans la lutte chimique classique ont été à l'origine d'un regain d'intérêt pour la lutte biologique qui fait appel aux ennemis naturels des insectes. L'idée de la lutte biologique est ancienne. Elle a retenu l'attention constante des entomologistes anglo-saxons dès la fin du siècle passé, mais en Europe quelques pionniers ont par trop prêché dans le désert en raison des incontestables succès de la lutte chimique.

La situation s'est depuis lors améliorée en Europe à la suite de la création, d'une *Organisation internationale de lutte biologique contre les animaux et plantes nuisibles (OILB)*, qui a groupé au début les institutions d'une vingtaine de pays d'Europe et des régions méditerranéennes extra-européennes. Elle s'est donné pour tâche de coordonner pour un meilleur rendement les travaux de ceux de leurs chercheurs intéressés à ces problèmes. Les collaborateurs de notre Institut, qui est le siège de cette organisation, et ceux des services d'entomologie de nos Stations de recherches agricoles ont pris une part active et efficace au développement de ce programme.

Les méthodes classiques de lutte biologique consistent dans l'utilisation de parasites et prédateurs entomophages ou de micro-organismes et de virus pathogènes.

On a eu surtout recours aux parasites et prédateurs dans la lutte contre les ravageurs d'origine étrangère, en vue de rétablir un équilibre rompu. Le premier cas, réalisé à la fin du siècle dernier, est resté classique. Il concerne une cochenille australienne, *Pericerya purchasi* (fig. 1), qui importée accidentellement en Californie menaçait d'une ruine complète les cultures d'orangers, et dont on se rendit maître en introduisant d'Australie une coccinelle *Rodolia (= Novius) cardinalis* (fig. 2), son ennemi naturel spécifique, qui reste encore le moyen de lutte efficace contre ce ravageur dans tous les pays où il s'est depuis lors répandu. Mais on a cherché aussi à tirer profit des insectes utiles indigènes en les multipliant dans des insectariums en vue de lâchers sporadiques dans certaines cultures, afin de renforcer temporairement leur action (fig. 5).

Les progrès réalisés au cours des 20 dernières années dans l'étude des maladies des insectes ont conduit à l'utilisation, et dans certains cas à l'industrialisation, de préparations bactériennes et virales propres à combattre des ravageurs déterminés, en raison de leur spécificité plus ou moins étroite.

Ces divers moyens de lutte biologique ont à leur actif de nombreux succès et de nouvelles recherches permettront certainement d'en obtenir davantage. Mais si intéressants qu'ils soient, ils ne sauraient constituer une panacée universelle. Beaucoup de nos monotones monocultures modernes se prêtent mal à un renforcement suffisant de l'action des ennemis naturels et le nombre des ravageurs justiciables de traitements avec des virus ou des micro-organismes reste malgré tout limité.

Aussi, face aux difficultés soulevées par la lutte chimique, convient-il de rechercher d'autres possibilités. Depuis une dizaine d'années, biologistes, physiologistes, biochimistes et agronomes conjugent leur efforts dans des voies toutes nouvelles offertes par les énormes progrès réalisés dans la connaissance du comportement et de la physiologie de l'insecte, recherches qui ont inauguré la troisième phase de l'histoire de cette lutte.

Trois de ces voies sont à l'heure actuelle l'objet d'études poussées dans le monde entier. Elles concernent la lutte autocide, l'utilisation des phéromones sexuelles et des phéromones d'aggrégation, l'utilisation des hormones de développement.

La lutte autocide est une forme originale de lutte biologique qui utilise l'insecte pour combattre ses propres congénères. En son principe, elle consiste à inonder une population naturelle aussi isolée que possible, et de préférence à densité pas trop élevée, d'individus de la même espèce préalablement stérilisés au moyen de rayons X ou gamma, de façon telle que la compétitivité des ♂♂ n'en soit pas affectée. Si l'on a soin d'introduire ces individus stériles en proportion très supérieure par rapport à la population normale, il en résultera un rapide effondrement de cette dernière du fait que la grande majorité des ♀♀ saines ne pourront trouver un partenaire fertile. Cette méthode appliquée pour la première fois contre une mouche parasite des plaies du bétail (*Cochliomyia hominivorax*) en Amérique centrale a conduit à son éradication de l'île de Curaçao (5). Depuis lors, des expériences de lutte autocide ont été tentées contre divers insectes nuisibles avec des succès et des échecs. Mais si élégante qu'elle soit, cette méthode a ses limites imposées par la nécessité d'une production artificielle de l'insecte sur une base presque industrielle et par la structure des populations à combattre.

On a été orienté dans les deux nouvelles voies que je désire vous présenter maintenant à la suite de recherches de biologie pure entreprises sans préoccupations immédiatement pratiques.

On sait depuis longtemps que les ♂♂ de divers insectes, lépidoptères et diptères en particulier, sont attirés vers les ♀♀ par des substances odorantes émises par ces dernières et dites phéromones sexuelles. Véhiculées par le vent, ces substances peuvent être perçues à d'assez grandes distances, plusieurs kilomètres chez le grand Paon de nuit décrit par *Fabre* dans ses «*Souvenirs entomologiques*» (6). Elles agissent à des dilutions infinitésimales, de l'ordre de $1/10$ de millionième de microgramme chez le Bombyx disparate. Quelques impacts moléculaires sur l'antenne du ♂ déclenchent une réaction de vol contre le vent qui augmente les chances de rencontre de nouvelles molécules et, par un gradient croissant, conduit le ♂ vers la ♀ émettrice.

Plusieurs entomologistes ont cherché à utiliser ce pouvoir attractif pour capturer les ♂♂ d'espèces nuisibles dans des pièges ad-hoc munis de glu en utilisant comme appât des ♀♀ vierges.

Mais une utilisation pratique impliquait l'identification et la production synthétique de ces phéromones, chaque espèce émettant une substance qui lui est propre. Les biochimistes sont venus ici à l'aide et depuis 1960 où *Butenant* obtint de 500 000 abdomens de ♀♀ la phéromone du Bombyx de la soie à l'état pur, puis l'identifia, les découvertes se sont succédées à un rythme croissant, en raison de la perfection des méthodes actuelles d'analyse et de synthèse.

Grâce à la collaboration du professeur *Roelofs* de Genève/New York, sollicitée par mon collègue Benz, nous avons eu le plaisir de voir identifiée et synthétisée l'hormone de la Tordeuse du mélèze dont on espère pouvoir prochainement tirer un profit pratique.

Deux possibilités sont offertes par ces attractifs sexuels: la capture des ♂♂ dans des pièges ad-hoc, particulièrement intéressante dans les cas où ces derniers apparaissent avant les ♀♀ (Tordeuses de la grappe) et les opérations de confusion ou de «brouillage» qui consistent à inonder l'atmosphère de la culture durant la période de vol des adultes avec l'odeur spécifique, l'absence d'un gradient d'odeur empêchant les ♂♂ de trouver une partenaire.

Des expériences conduites aux Etats-Unis contre une noctuelle du chou *Trichoplusia ni*, ont montré qu'une concentration de un cent-millionième de gramme de la péromone synthétique par mètre cube d'air est suffisante pour inhiber l'orientation des ♂♂. Moins d'un demi gramme par hectare libéré dans la culture par nuit de vol des papillons devrait assurer une protection efficace.

Le temps me manque pour faire autre chose qu'une brève allusion à la découverte récente chez trois Scolytides américains de phéromones d'un type un peu différent et dites «d'aggrégation» émises avec leurs excréments par les insectes pionniers qui s'installent sur un tronc et qui, par leur attractivité, en conditionnent l'invasion massive, exponentielle. Ces phéromones d'aggrégation, qui sont des bicyclooctanes chez deux *Dendroctonus*, produits par les femelles dans le cas de ces espèces monogames, attirent les deux sexes et agissent en synergisme avec certains produits terpéniques de la plante-hôte. Leur découverte nous fournit l'explication de l'efficacité de la pratique des arbres-pièges utilisée empiriquement depuis longtemps par les forestiers pour l'assainissement de foyers de Bostryches dans les forêts de conifères. Comme les phéromones sexuelles des Lépidoptères, elles apparaissent susceptibles d'applications pratiques.

La troisième voie à laquelle j'ai fait allusion résulte des énormes progrès réalisés dans la connaissance des mécanismes complexes qui gouvernent la mue et la métamorphose.

Lorsque approche chez la larve d'un insecte le moment de la mue, des messages d'origine externe et interne parviennent à un groupe de cellules neurosécrétrices du cerveau qui élaborent et laissent couler le long de leurs axones jusqu'aux *corpora cardiaca* une substance polypeptidique, l'hormone *cervicale*, laquelle déversée ensuite dans le sang stimule deux glandes endocrines, la glande prothoracique qui sécrète l'hormone de mue ou *ecdysone* et les *corpora allata* qui produisent l'hormone *juvénile*. Tant que ces deux dernières hormones sont déversées ensemble dans le sang, l'insecte fait une mue larvaire. A la fin de la vie larvaire, une diminution de la production de l'hor-

mone juvénile, qui modifie le rapport des deux hormones au bénéfice de l'ecdysone, conduit à la mue nymphale et l'arrêt de cette production dans la nymphe déclenche la mue imaginale.

Si l'on traite le dernier stade larvaire avec l'hormone juvénile, on inhibe la métamorphose; l'insecte fait une mue larvaire supplémentaire et ne se transforme pas en adulte.

On a constaté d'autre part que le traitement des œufs de certains insectes avec l'hormone juvénile trouble le développement embryonnaire et empêche l'éclosion. Cette hormone doit donc être absente pour permettre la métamorphose et dans l'œuf de divers insectes pour leur développement, ces deux périodes constituant, selon le professeur *Williams* (7), le tendon d'Achille des insectes.

L'hormone juvénile est une invention des insectes apparemment sans effet sur les autres organismes.

Hormone de mue et hormone juvénile ont été récemment identifiées chimiquement. La première est un stéroïde, la seconde est l'ester méthylique d'un acide gras non saturé, substance qui se rapproche de celle des sesquiterpènes.

L'hormone juvénile est un composé très actif et un gramme suffirait à bloquer la métamorphose de 1 billion de vers de la farine. Le fait qu'elle n'est pas spécifique — c'est la même hormone qui est probablement produite par tous les insectes — limiterait singulièrement son emploi comme moyen de lutte. Appliquée dans la nature elle agirait aussi bien sur les insectes utiles que sur les nuisibles.

Mais une découverte fortuite, qu'il vaut la peine de conter, a conduit au rapide développement d'un champ de recherches très prometteur. Il y a quelques années, l'entomologiste tchèque *Slamma* emportait avec lui aux Etats-Unis un élevage d'une banale punaise, le *Pyrrhocore aptère* ou *Cherche-midi* (fig. 6), qu'il conduisait dans des récipients munis sur le fond d'une couche de papier. La poursuite de cet élevage dans les laboratoires du professeur *Williams* (Harvard) fut un échec; les larves du cinquième stade muaien en larves géantes et ne se métamorphosaient pas. L'énigme fut trouvée lorsqu'on découvrit que le Sapin baumier (*Abies balsamea*) avec lequel on fabriquait tous les papiers disponibles renferme une substance analogue de l'hormone juvénile, le «paper factor» connu aujourd'hui sous le nom de «juvabione» et qui présente la particularité de n'agir que sur les insectes d'une seule famille, celle des punaises pyrrhocorides, qui compte en particulier un important ravageur du cotonnier du genre *Dysdercus* (8).

Cette découverte fut à l'origine du départ foudroyant de la chimie de l'hormone juvénile. Diverses grandes firmes aux Etats-Unis, au Japon, en Suisse Hofmann-Laroche avec la collaboration de Maag, ont investi d'énormes capitaux dans ces recherches. Des substances juvénilisantes ont été

découvertes dans d'autres végétaux et de nombreux produits synthétiques sont en expérimentation.

On en a identifié qui ont une activité très supérieure à celle de la Juva-bione et une spécificité comparable vis-à-vis d'autres groupes d'insectes. Tel est le cas de l'Entocon E de la firme américaine Zoecon, extraordinairement actif contre une espèce de moustique, l'*Aedes nigromaculis*, qui était devenue insensible à tout autre type d'insecticide. Cela ouvre des perspectives toutes nouvelles et le temps n'est peut-être pas éloigné où de tels produits seront commercialisés pour une lutte sans grands dangers pour l'environnement.

Il faudrait encore évoquer les études approfondies en cours actuellement sur le comportement alimentaire des insectes, qui, en nous faisant mieux connaître les facteurs complexes qui conditionnent le choix et l'admission de la plante-hôte ont permis, dans plusieurs cas, de préciser la nature des attractifs alimentaires et celle des facteurs répulsifs. Tout un secteur de recherches s'oriente vers l'obtention de substances «anti-feeding» qui semblent agir en inhibant le comportement de mastication des insectes broyeurs. Sur la base de telles données, la génétique s'efforce également de créer par croisement et sélection des plantes plus résistantes aux phytophages.

Les voies nouvelles que je viens d'esquisser, trop rapidement je m'en excuse, sont encore dans la phase d'expérimentation et si prometteuses qu'elles apparaissent, il est prématuré de prévoir l'importance de leur apport futur. C'est donc dire que la protection de plus en plus nécessaire de nos cultures et de nos forêts exigera encore plus ou moins longtemps le recours à certains pesticides classiques.

Mais une révision des conceptions de cette lutte s'est imposée depuis une dizaine d'années qui a trouvé son expression dans la notion de *lutte intégrée*, laquelle vise à l'intégration de toutes les méthodes propres à accroître le potentiel de défense intrinsèque du milieu cultivé, particulièrement en modifiant les formes usuelles de la lutte chimique pour assurer une meilleure sauvegarde des organismes utiles.

Cette orientation implique une meilleure connaissance des rapports de l'insecte phytophage avec son milieu et du rôle qu'y jouent ses ennemis naturels, un choix plus judicieux des pesticides en fonction de leurs incidences sur la faune utile et sur la santé publique, la détermination du dosage limite efficace et du nombre des applications réellement nécessaires. Au lieu de suivre un programme standard, le praticien éclairé apprendra à n'intervenir qu'à partir du moment où c'est nécessaire, en se rappelant qu'une espèce indésirable ne devient un ravageur économique que lorsqu'il est rentable de le combattre.

Les techniques de lutte intégrée sont d'une application plus délicate que les techniques courantes. Elles exigent la formation de techniciens qualifiés, capables d'apprécier sur la base de contrôles réguliers des populations nui-

sibles et des seuils de tolérance connus, le moment à partir duquel il faut intervenir. Dans les vergers, elles ont déjà conduit à des résultats encourageants à la suite des recherches de deux groupes de travail de l'OILB auxquelles les spécialistes de nos Stations fédérales de recherches agronomiques de Wädenswil et Lausanne ont largement collaboré. Permettez que j'évoque brièvement le cas du Pou de San José en Valais et celui de la lutte intégrée dans un verger vaudois.

Depuis son implantation en Valais et au Tessin, dès 1946, puis plus récemment dans la région de Genève et de Bâle, le Pou de San José (*Quadraspidotus perniciosus*) (fig. 3) est devenu un redoutable ravageur des vergers infestés. Sous l'effet de ses piqûres, les arbres non traités dépérissent rapidement, et le maintien de vergers sains implique chaque année l'application de traitements chimiques en hiver (huiles minérales) ou au moment du prédébourement (oléoparathions) et durant la période d'éclosion des larves mobiles (esters phosphoriques).

Dans sa patrie, la Chine, le Pou de San José est attaqué par un micro-hyménoptère parasite, un Chalcidien aphélinide *Prospaltella perniciosi* (fig. 4), qui contribue par son action à réduire les populations de son hôte. Une élégante technique a été mise au point pour multiplier ce précieux auxiliaire dont les descendants de deux souches d'origine l'une chinoise, l'autre russe, ont été libérés à plusieurs reprises dès 1958, dans des vergers infestés de la région de Saillon et Riddes soumis dès lors, contre les autres ravageurs et les maladies, à un programme de lutte intégrée sans incidences sur *Prospaltella* (9). Moyennant cette précaution, le parasite a pu s'implanter d'abord lentement dans les populations de son hôte, pour provoquer au bout de 4 à 5 ans un effondrement massif de ses populations qui se sont dès lors maintenues à un faible niveau sans causer de dégâts apparents (fig. 8).

Le deuxième exemple concerne une grande plantation moderne de pommiers en buisson dont la moitié a été régulièrement traitée selon le plan standard des calendriers prévoyant en cours de saison 7 à 8 interventions insecticides avec des produits polyvalents, sans se préoccuper de l'évolution des ravageurs.

La seconde partie, dite parcelle intégrée, a été soumise à un contrôle sévère des populations nuisibles et l'on n'est intervenu que lorsque la nécessité s'en faisait sentir, en recourant à des insecticides plus ou moins spécifiques ou biologiques, sans incidences sur les espèces utiles.

Figure 8

Evolution des populations du Pou de San José (en gris) en fonction du parasitisme dû à *Prospaltella perniciosi* (colonnes noires) en Valais (A: Saillon, souche chinoise; B: Riddes, souche russe). D'après Mathys et Guignard, 1967.

Entwicklung der Population der San-José-Schildlaus (grau) in Funktion des durch *Prospaltella perniciosi* verursachten Parasitismus (schwarze Säulen) im Wallis (A: Saillon, chinesischer Stamm; B: Riddes, russischer Stamm).

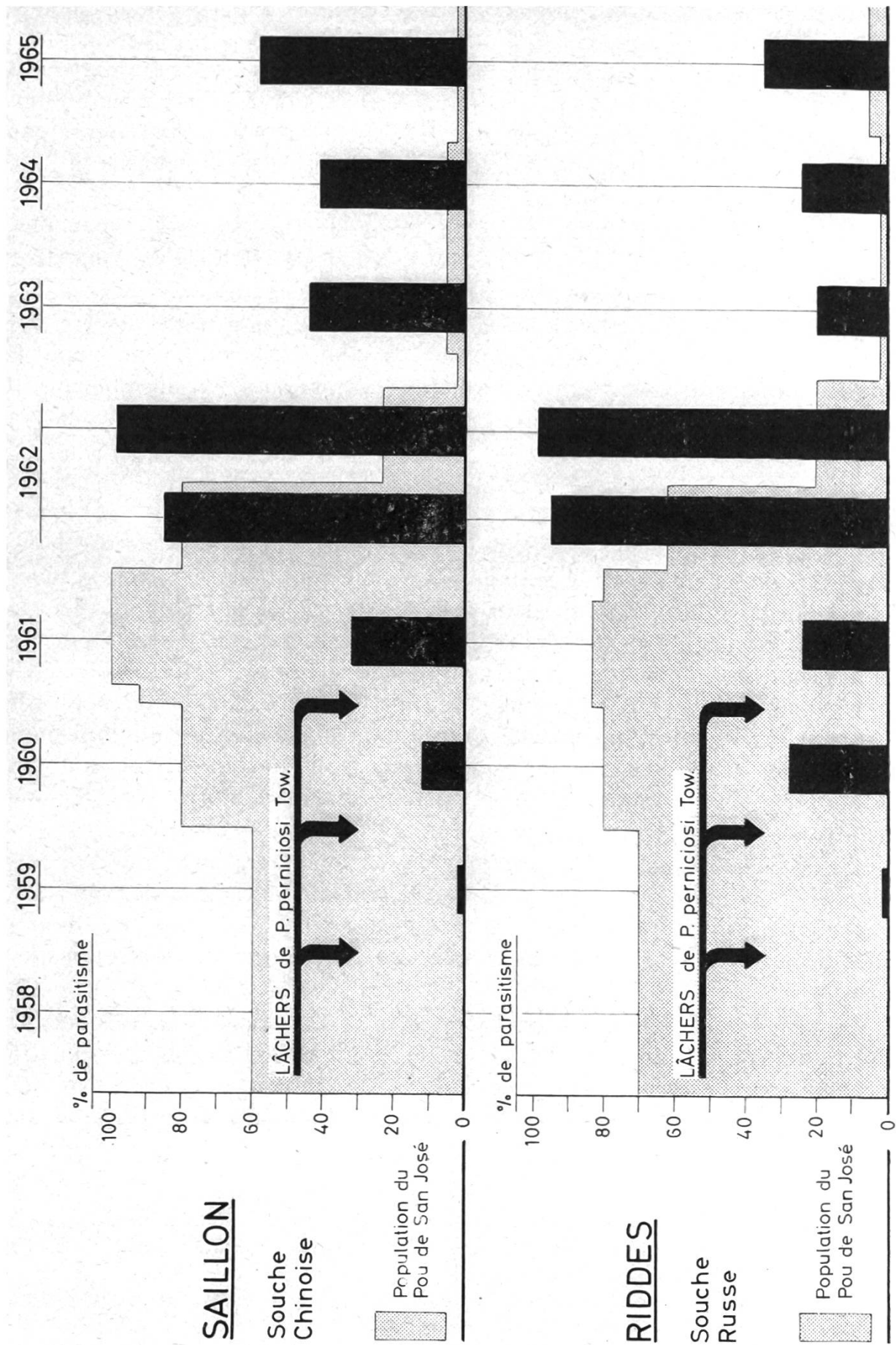
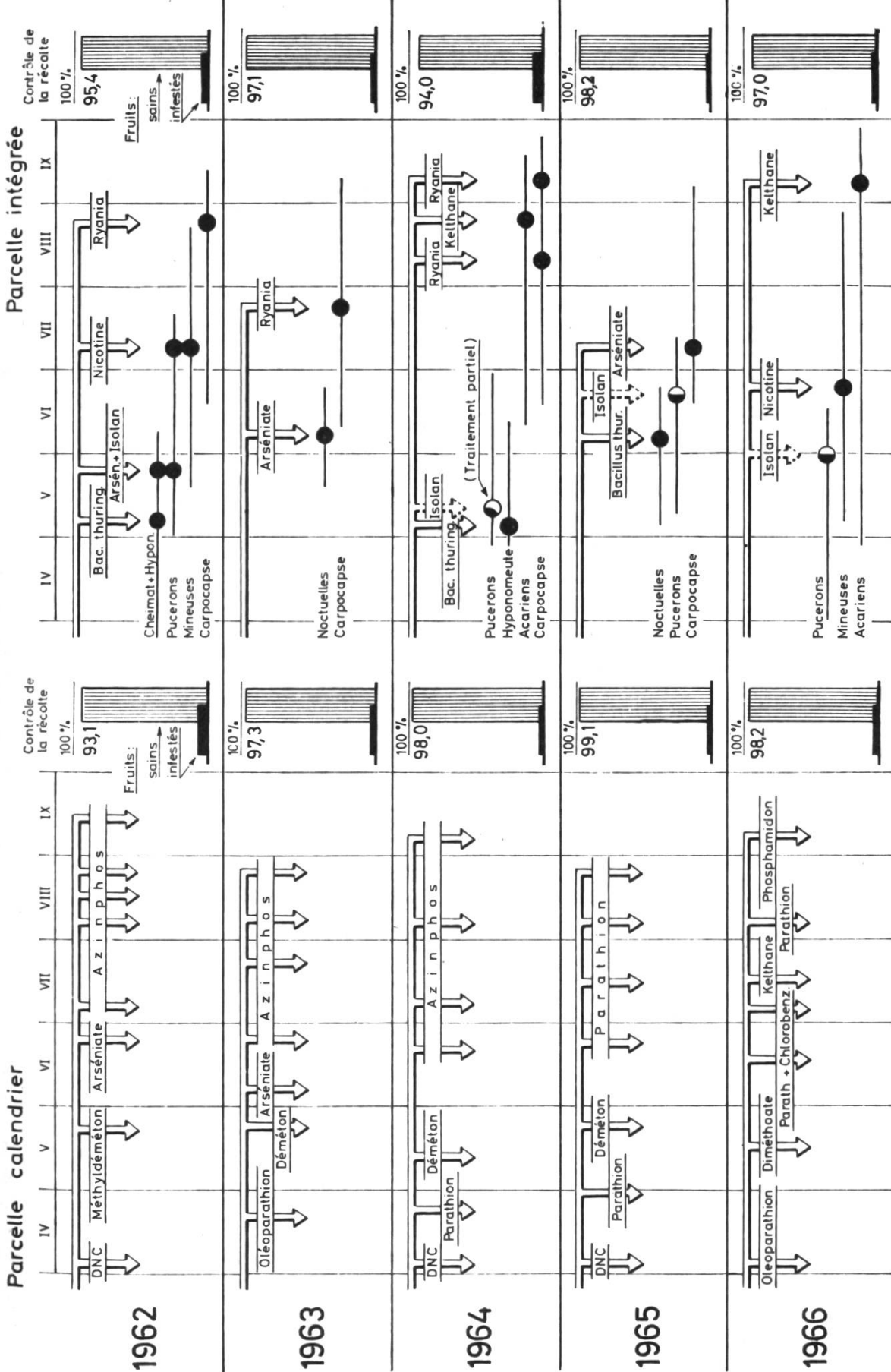


Figure 8



Résultats moyens du contrôle de la récolte : Fruits sains 97,2 %

→ 96,4 %

Figure 9

Les résultats de cette intéressante expérience conduite par le Service d'entomologie de la Station de Changins (10) figurent dans le tableau ci-devant (fig. 9). Ils montrent clairement qu'il a été possible d'obtenir des récoltes pratiquement aussi saines dans la parcelle intégrée que dans la parcelle calendrier, tout en réduisant de façon notable le nombre des applications insecticides.

Comme vous l'avez réalisé tout au long de mon exposé, plus on avance dans la recherche d'une amélioration des techniques de protection des plantes plus on en mesure l'extrême complexité, mais aussi le passionnant intérêt.

Que de chemin parcouru depuis le jour où, frais émoulu de l'Université, je débutai dans la carrière en expérimentant dans un vignoble de Lavaux contre la Pyrale de la vigne le premier insecticide arsenical préconisé par les Américains, l'acétoarsénite du cuivre, jusqu'à aujourd'hui où l'on tente de recourir à une chimie suggérée par l'insecte lui-même, à une chimie de l'infinésimal.

Tout au long de ces quatre décennies, l'insecte nuisible a singulièrement aggravé sa menace, tandis que l'homme développait une stratégie de lutte qui, par certains de ses aspects, l'a conduit dans une impasse.

Nous sommes entrés depuis quelques années dans une phase nouvelle, où l'on cherche par des moyens divers à sortir de cette impasse.

S'il apparaît qu'une meilleure connaissance des écosystèmes puisse permettre, par un aménagement des cultures et une manipulation de l'environnement, de ramener au rang d'insectes indifférents un certain nombre de ravageurs actuels — il me serait aisé de vous en citer quelques exemples frappants déjà réalisés — on doit cependant se convaincre que ce but idéal ne pourra pas être atteint pour tous les ennemis de nos cultures.

Si le forestier peut caresser l'espoir de corriger avec le temps certaines erreurs du passé en reconstituant des peuplements naturels plus résistants, cette voie est en grande partie incompatible avec le maintien des niveaux actuels de la production agricole.

L'homme devra continuer à composer avec l'insecte, mais en s'inspirant davantage de ce précepte formulé au 17^e siècle déjà par le philosophe anglais *F. Bacon*: «On ne maîtrise la nature qu'en lui obéissant.»

Comme le remarque si justement le grand pionnier de la physiologie des insectes, le professeur *Wigglesworth* (11): «Nous n'avons plus à perdre notre temps à discuter des avantages théoriques et respectifs de la lutte chimique et

◀ *Figure 9*

Récapitulation des traitements effectués dans deux parcelles d'un verger intensif à Bex VD de 1962 à 1966 et résultats du contrôle des fruits à la récolte.

D'après Mathys et Baggiolini

Überblick über die in zwei Versuchspartzen einer modernen Obstanlage durchgeführten Behandlungen und Resultate der Kontrollen bei der Ernte.

de la lutte biologique, mais essayer de comprendre la situation et apporter les changements adéquats, dans les cultures, les traitements chimiques, ou les diverses méthodes de lutte biologiques, de façon à toujours faire pencher la balance au détriment du ravageur et en faveur de la récolte.»

Aucune des possibilités futures que nous avons esquissées ne pourra devenir une panacée universelle. Chaque cas devra être examiné pour soi, mais une production agricole sans pollution n'apparaît déjà plus utopique (12).

A la suite de la prise de conscience de cette nécessité, de la part des services officiels de recherches, de l'industrie des produits antiparasitaires et des producteurs, un grand pas a déjà été fait au cours de la dernière décennie et, tenant compte des nouvelles mesures légales qui viennent d'entrer en vigueur en Suisse concernant l'emploi des pesticides, on est en droit d'affirmer que le danger qu'ils offrent actuellement est certainement moins grave pour la santé publique que celui qui résulte de la pollution de l'air et de l'eau, du bruit et de l'abus de certains médicaments.

Cet effort doit être poursuivi et la rapidité du succès dépendra des moyens donnés aux chercheurs et aussi, pour une large part, de la façon dont l'industrie s'associera à la production de moyens nouveaux en étroite relation avec la recherche.

A voir actuellement tant de spécialistes des disciplines les plus diverses attachés à cette tâche urgente autorise l'espoir que l'on trouvera le compromis qui permettra à l'homme, sinon de se rendre complètement maître de l'insecte nuisible, tout au moins d'atténuer sa menace et de la tenir en échec dans une mesure largement compatible avec une sage protection de la santé publique et de l'environnement.

Zusammenfassung

Der Autor erwähnt zunächst die Ursachen, welche zur bedeutenden Erhöhung der Gefährdung durch pflanzenfressende Schadinsekten während der letzten hundert Jahre geführt haben. Es sind dies namentlich die Verbreitung der Monokulturen und die Einschleppung fremder Schädlinge, welche durch die Entwicklung des internationalen Güterverkehrs gefördert wurde. Anschliessend wird die Entwicklung der Forschung dargestellt, welche nach geeigneten Methoden im Kampf gegen Kultur- und Waldschädlinge sucht. Der Autor selbst ist mit dieser Entwicklung durch seine über vierzigjährige Forschungs- und Lehrtätigkeit verbunden, die er zunächst an der Eidgenössischen Versuchsanstalt für Obst- und Weinbau in Lausanne/Montagibert und anschliessend am Entomologischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich ausübte.

Eine erste Phase der Geschichte der Schädlingsbekämpfung dauerte bis zu den Jahren 1940 bis 1945. Bis dahin stand für den Schutz von landwirtschaftlichen Kulturen und Waldbeständen lediglich eine beschränkte Zahl von einfachen Insektiziden wie Arsenverbindungen, pflanzlichen Giftstoffen sowie Mineral- und Teerölen zur Verfügung. Sie bedeuteten zwar zusammen mit den kupfer- und

schwefelhaltigen Fungiziden einen wichtigen Fortschritt im Pflanzenschutz. Eine ganze Anzahl von wichtigen Schadinsekten konnte mit diesen Mitteln jedoch nicht erfasst werden.

Eine zweite Phase der Entwicklung begann in den Jahren 1940 bis 1942 mit der Entdeckung der insektiziden Eigenschaften von chlorierten Kohlenwasserstoffen (DDT, Hexa-Präparate, chlorierte Terpene) und Phosphorsäureestern, mit der die gewaltige Entwicklung der organischen Insektizidchemie ihren Anfang genommen hat. Mit diesen Stoffen schienen nun alle Probleme der Schädlingsbekämpfung gelöst. Ihre allgemeine und oftmals unüberlegte Anwendung zeitigte indessen bald nachteilige Folgen:

1. Bis heute haben sich bei über 300 Schädlingsarten der Landwirtschaft, Human- und Veterinärmedizin resistente Stämme entwickelt.
2. In vielen Fällen wurde das biologische Gleichgewicht gestört durch die Schädigung von nützlichen Arten oder durch eine Veränderung des pflanzlichen Stoffwechsels, welche eine Massenvermehrung von verschiedenen Schädlingen begünstigte.
3. Insbesondere chlorierte Insektizide können infolge ihrer Persistenz in Nahrungsketten gelangen und im Fettgewebe menschlicher oder tierischer Organismen angereichert werden.

Diese Unzulänglichkeiten haben zum gegenwärtigen Verbot von chlorierten Insektiziden geführt. Zugleich hat das Interesse an biologischen Bekämpfungsmethoden wieder zugenommen, welche auf der Verwendung von entomopathogenen Mikroorganismen und Viren sowie von entomophagen Insekten und Milben beruhen. So interessant diese Methoden sind, so werden ihre Anwendungsmöglichkeiten doch beschränkt bleiben. Es war deshalb notwendig, nach neuen Mitteln zu suchen. Seit rund zehn Jahren bemühen sich zahlreiche Spezialisten um neue Verfahren, welche nun eine dritte Etappe in der Entwicklung der Schädlingsbekämpfung eingeleitet haben. Namentlich drei Verfahren sind momentan Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten auf der ganzen Welt: das Autozidverfahren und die Verwendung von Sexuallockstoffen und Entwicklungshormonen.

Das *Autozid- oder Selbstvernichtungsverfahren* ist eine besondere Form der biologischen Bekämpfung. Dabei wird einer Insektenpopulation eine grosse Menge Individuen der gleichen Art hinzugefügt, welche jedoch vorher mittels Röntgen- oder Gammastrahlen sterilisiert worden sind. In einigen Fällen konnten mit diesem Verfahren beachtliche Erfolge erzielt werden. Seine Anwendungsmöglichkeit ist indessen begrenzt sowohl durch die Struktur der natürlichen Populationen wie auch durch die Notwendigkeit, künstlich zahlreiche Individuen derselben Art bereitzustellen.

Bei bestimmten Insekten, insbesondere der Ordnung Lepidoptera, spielen *Sexualduftstoffe* bei der Annäherung der Geschlechter eine wichtige Rolle. Charakteristisch für diese Stoffe ist ihre Wirksamkeit in aussergewöhnlich geringer Konzentration. Diese Sexualpheromone sind heute teilweise in ihrem Aufbau bekannt und können synthetisiert werden. Es ist vorgesehen, sie auf zwei verschiedene Arten einzusetzen: einerseits zum Fang der Männchen in geeigneten Fallen, andererseits in einer Überkonzentration, wodurch die Männchen verwirrt werden und keine Partnerin finden können. Bei den Scolytiden sind spezielle Aggregations-Pheromone für die Masseninvasion an bruttauglichen Wirtsbäumen verantwortlich. Die erstbesiedelnden Insekten scheiden diese spezifischen, auf

beide Geschlechter wirkenden Lockstoffe aus. Bei den polygamen Arten sind es die Männchen, bei den monogamen die Weibchen. Die Identifikation dieser Stoffe bei den schädlichen Borkenkäferarten wird vielleicht neue Möglichkeiten in der Bekämpfung dieser Waldschädlinge eröffnen.

Schliesslich hat in letzter Zeit die Kenntnis des komplexen Ablaufes von Häutung und Metamorphose bedeutende Fortschritte gemacht. Das heutige Interesse richtet sich namentlich auf pflanzliche und synthetische Derivate, welche in ihrer Wirkung dem *Juvenilhormon* gleichkommen. Falls sie in kleinsten Mengen im letzten Larvalstadium appliziert werden, können sie die Einleitung der Metamorphose verhindern.

Alle diese Stoffe sind indessen noch im Versuchsstadium, so dass wir ihre effektive Bedeutung noch nicht beurteilen können. Der Forstschutz und der Schutz landwirtschaftlicher Kulturen werden daher noch längere Zeit auf die Verwendung hergebrachter Pestizide angewiesen sein. Nach den Grundsätzen einer integrierten Bekämpfungsmethode soll ihre Auswahl und Anwendung jedoch einen besseren Schutz nützlicher Organismen als bisher gewährleisten. Auf diese Weise wird es wenigstens möglich sein, die Wirkungen von Schadinsekten in einer Weise einzuschränken, die den ökonomischen wie den medizinischen und ökologischen Forderungen entsprechen.

Übersetzung: Dieter Rubli

Références bibliographiques

- (1) Schneider, F. (1940): Schadinsekten und ihre Bekämpfung in ostindischen Gambirkulturen. Mitt. schw. entom. Ges., XVIII: 77—207
- (2) Bovey, P. (1949): Le Carpacape des pommes, *Enarmonia pomonella* (L.), ravageur des abricots en Valais. Mitt. schw. entom. Ges., XXII: 137—172
- (3) Baggiolini, M. (1958): Etude des possibilités de coordination de la lutte chimique et biologique contre *Cacoecia rosana* avec le concours de *Trichogramma cacoeciae*. Mitt. schw. entom. Ges., XXXI: 35—44
- (4) Chaboussou, F. (1960): Recherches sur les facteurs de pullulation des acariens phytophages de la vigne à la suite des traitements pesticides du feuillage. Thèse Faculté des sciences de l'Université de Paris, 1969, 238 pp.
- (5) Knipling, E. F. (1960): Use of Insects for their own destruction. Journ. Econ. Ent. 53: 415—420
- (6) Fabre J. H. (1924): Le grand Paon, Vol. 7, Souvenirs entomologiques, pp. 362—386 (éd. définitive), Delagrave éd. Paris
- (7) Williams, C. M. (1967): Third generation pesticides. Scient. Amer., 217: 13—17
- (8) Slama, K., Williams, C. M. (1966): The juvenile hormone. V. The sensibility of the bug *Pyrrhocoris apterus* to a hormonally active factor in American paper pulps. Biol. Bull., 130: 235—246
- (9) Mathys, G., et Guignard, E. (1967): Quelques aspects de la lutte biologique contre le Pou de San José à l'aide de l'aphélinide *Prospaltella perniciosi*, Tow. Entomophaga, 12: 223—234
- (10) Mathys, G., et Baggiolini, M. (1967): Etude de la valeur pratique des méthodes de lutte intégrée dans les cultures fruitières intensives. Agriculture romande, VI: 27—50
- (11) Wigglesworth, V. B. (1970): La Vie des Insectes. Ed. Rencontre Lausanne, Ed. Bordas Paris. 1 vol., 379 pp.
- (12) Billotti, E. (1972): Vers une protection des cultures sans pollution. Institut national de la recherche agronomique. Edition du 25e anniversaire. Paris, pp. 317