

*un point sur...*

# la lutte physique en phytoprotection

C. Vincent, B. Panneton, F. Fleurat-Lessard, coord.



**INRA**  
EDITION



---

*un point sur...*

# **la lutte physique en phytoprotection**



---

# la lutte physique en phytoprotection

Charles Vincent, Bernard Panneton,  
Francis Fleurat-Lessard, coordinateurs

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE  
147, rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07

## un point sur...

### **Phytoprotecteurs, protection des plantes, biopesticides**

P. BYE, C. DESCOINS, A. DESHAYES, coord.  
1991, 178 p.

### **Agricultures et société**

C. COURBET, M. BERLAN-DARQUES,  
Y. DEMARNE, éd.  
1993, 326 p.

### **Élaboration du rendement des principales cultures annuelles**

L. COMBE, D. PICARD, coord.  
1994, 192 p.

### **Comportement et bien-être animal**

M. PICARD, R.H. PORTER, J.P. SIGNORET,  
coord.  
1994, 228 p.

### **Trente ans de lysimétrie en France (1960-1990)**

J.C. MULLER, coord.  
1996, 392 p.

### **Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols (France)**

D. BAIZE  
1997, 412 p.

### **Oiseaux à risques en ville et en campagne**

***Vers une gestion intégrée des populations ?***  
P. CLERGEAU, coord.  
1997, 376 p.

### **L'information scientifique et technique Nouveaux enjeux documentaires et éditoriaux**

P. VOLLAND-NAIL, coord.  
1997, 282 p.

### **Aliments et industries alimentaires : les priorités de la recherche publique**

P. FEILLET, coord.  
1998, 288 p.

### **L'homme et l'animal d'élevage : un débat de société**

Around P. OUÉDRAOGO, P. LE NEINDRE,  
coord.  
1999, 218 p.

### **L'eau**

G. GROSCLAUDE, coord.

#### **T1. Milieu naturel et maîtrise**

1999, 204 p.

#### **T2. Usages et polluants**

1999, 210 p.

### **Environnement et aquaculture**

J. PETIT, coord.

#### **T1. Aspects techniques et économiques**

1999, 228 p.

#### **T2. Aspects juridiques et réglementaires**

2000, 370 p.

### **Les supports de culture horticoles**

P. MOREL, L. PONCET, L.M. RIVIÈRE, coord.  
2000, 92 p.

Charles Vincent dédie cet ouvrage  
à Monsieur Serge Ruchonnet (Rolle, Suisse)  
qui, alors qu'il résidait à Hemmingford  
au Québec, lui a accordé son premier contrat  
de recherche en lutte physique.

Nous adressons nos remerciements à  
Messieurs Jean Bélanger (Premier Tech, Rivière-du-Loup,  
Québec, Canada), Benoît Rancourt (Agriculture and Agri-food Canada,  
St Jean de Richelieu, Québec), Alain Coleno (INRA, Paris),  
Yvon Martel (Agriculture and Agri-food Canada, Ottawa),  
Denis Demars (Agriculture and Agri-food Canada, St Jean de Richelieu,  
Québec) et Madame Jeannine Hommel (INRA Éditions) pour l'aide  
qu'ils nous ont apportée lors de la réalisation de cet ouvrage.

---

# sommaire

- 1. Place de la lutte physique en phytoprotection** ..... 1  
*B. Panneton, C. Vincent et F. Fleurat-Lessard*
- 

## Lutte thermique

- 2. Lutte thermique en phytoprotection** ..... 27  
*C. Laguë, J. Gill et G. Péloquin*
- 3. Pyrodés herbage dans les cultures de maïs** ..... 41  
*G.D. Leroux, J. Douhéret et M. Lanouette*
- 4. Répression thermique du doryphore de la pomme de terre** .. 57  
*R.M. Duchesne, C. Laguë, M. Khelifi et J. Gill*
- 5. Contrôle des insectes en post-récolte : hautes températures et atmosphères inertes** ..... 71  
*F. Fleurat-Lessard et J.M. Le Torc'h*
- 6. Contrôle des insectes en post-récolte : basses températures** 95  
*P.G. Fields*
- 

## Lutte électromagnétique

- 7. Rayonnements électromagnétiques en phytoprotection** ..... 111  
*J. Lewandowski*
- 8. Utilisation des micro-ondes pour le contrôle des insectes** ... 127  
*Y. Pelletier et B.G. Colpitts*
- 9. Filtres optiques contre la pourriture grise sous serre** ..... 137  
*P.C. Nicot, N. Morison et M. Mermier*
- 10. Réduction des maladies post-récolte par les UV chez les carottes et autres produits horticoles** ..... 149  
*J. Arul, J. Mercier, M.T. Charles, M. Baka et R. Maharaj*
- 11. Contrôle des insectes en post-récolte : radiofréquences et micro-ondes** ..... 169  
*F. Fleurat-Lessard*
- 12. Électrocution des mauvaises herbes : théorie et applications** .. 183  
*C. Vigneault et D.L. Benoit*

---

## Lutte mécanique

- 13. Lutte mécanique contre les adventices en agriculture** ..... 199  
*D.C. Cloutier et M.L. Leblanc*
- 14. Le désherbage mécanique du maïs** ..... 215  
*M.L. Leblanc et D. C. Cloutier*
- 15. Paillis et plasticulture** ..... 227  
*S. Bégin, L. Dubé et J. Calandriello*
- 16. Barrières physiques contre les insectes nuisibles** ..... 239  
*G. Boiteau et R. Vernon*
- 17. Contrôle des insectes en post-récolte : poudres desséchantes et chocs mécaniques** ..... 265  
*P. Fields, Z. Korunic et F. Fleurat-Lessard*
- 

## Lutte pneumatique

- 18. Lutte pneumatique contre les insectes en phytoprotection** ... 277  
*M. Khelifi, C. Laguë, B. Lacasse*
- 19. La lutte par aspiration contre les insectes nuisibles** ..... 287  
*C. Vincent et G. Boiteau*
- 20. Contrôle pneumatique du doryphore de la pomme de terre** .. 301  
*B. Lacasse, C. Laguë, P.M. Roy, M. Khelifi, S. Bourassa, C. Cloutier*
- 21. Lutte contre les insectes ravageurs à l'aide d'aspirateurs : l'expérience israélienne** ..... 315  
*P.G. Weintraub et A.R. Horowitz*
- 

- 22. Bilan et perspectives pour la lutte physique en phytoprotection** 325  
*C. Panneton, C. Vincent, F. Fleurat-Lessard*

**Glossaire** ..... 333

**Index** ..... 339

**Liste des auteurs** ..... 345

# Place de la lutte physique en phytoprotection

B. Panneton, C. Vincent, F. Fleurat-Lessard

## Besoin de protection des plantes en production agricole

Les plantes, comme tous les organismes vivants, subissent l'action de divers parasites. Qu'ils soient végétaux ou animaux, ces organismes nuisibles s'attaquent directement aux tissus des plantes (champignons, insectes...) ou ils leur font concurrence sur le plan des ressources (air, eau, éléments nutritifs du sol...). Pour des raisons autant pratiques qu'économiques, la culture des plantes s'est développée sur des surfaces relativement grandes réservées à la monoculture. Cela simplifie les systèmes écologiques, le plus souvent au détriment de la complexité inhérente au milieu naturel d'origine. Les populations d'organismes nuisibles ont alors tendance à augmenter ce qui accentue la gravité des dommages potentiels infligés aux cultures (Metcalf et Luckmann, 1994).

La contamination incontrôlée des champs de pomme de terre par le champignon pathogène *Phytophthora infestans* est la cause directe de la famine qui a frappé l'Irlande au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle et les dommages causés par les insectes sont parfois si sévères que la récolte est complètement perdue (Matthews 1992). La compétition entre les plantes cultivées et les mauvaises herbes entraîne de grandes pertes de rendement allant de 24 % à 99 % (Lacey, 1985). Globalement, les pertes avant récolte sont de l'ordre de 20 à 40 % tandis que les pertes post-récolte (denrées stockées) représentent 10 à 20 % (Riba et Silvy, 1989).

Les impératifs de rentabilité, qui imposent des rendements élevés en produits végétaux de qualité, associés à la spécialisation des cultures par région, font de la protection des plantes une activité vitale en agriculture et en foresterie. La lutte contre les ennemis des cultures a fait d'énormes progrès au cours du 20<sup>e</sup> siècle. Ces progrès ont été rendus possibles par des percées scientifiques et techniques notamment en chimie (analytique et de synthèse) et en biologie (dynamique des populations, analyse des écosystèmes, théorie et pratique de la lutte biologique, biotechnologie).

La croissance démographique qui caractérise cette fin du deuxième millénaire pose le problème de la sécurité alimentaire. La population mondiale était évaluée à 5,7 milliards en 1995 et devrait se stabiliser entre 7,9 et 11,9 milliards vers 2050. Cette croissance de la population sera le facteur principal d'accroissement de la demande alimentaire mondiale (FAO 1996) avec

pour résultat un besoin accru de méthodes de protection des plantes de plus en plus performantes. La réduction des surfaces cultivables en raison de l'urbanisation et de l'érosion des sols vient amplifier le problème (fig. 1.1). Les facteurs agissant sur l'équilibre entre l'approvisionnement agro-alimentaire et la demande en aliments sont nombreux et complexes. Cela ouvre de nombreux axes d'action pour créer et maintenir cet équilibre. Toutefois, il y a aujourd'hui consensus autour de l'idée que « *l'augmentation de la production agricole et alimentaire est la clé d'un approvisionnement alimentaire suffisant... La sécurité alimentaire exige une action soutenue... Cette action doit viser... la mise au point et la diffusion de nouvelles technologies respectueuses de l'environnement* » (ONU 1996).

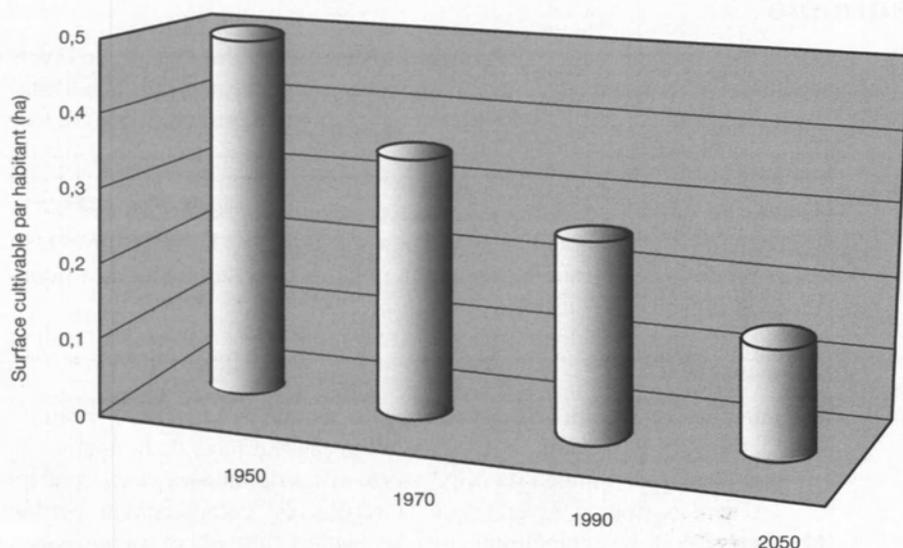


Figure 1.1. Réduction des surfaces cultivables par habitant (adapté de Novartis, 1997).

## La protection des plantes

La protection des plantes peut être divisée suivant cinq approches (fig. 1.2). Une proportion largement majoritaire des denrées agricoles est produite à l'intérieur de systèmes où la protection des plantes repose sur la lutte chimique. Les facteurs humains interviennent pour limiter le recours aux produits chimiques ou pour l'encourager. Par exemple, en raison de normes de commercialisation aux exigences drastiques, en particulier celles liées à l'apparence des produits agricoles, sans égard équivalent pour les qualités diététiques objectives de ces produits, les agriculteurs doivent recourir à des moyens performants de lutte contre les organismes nuisibles ce qui, dans le contexte actuel, encourage le recours aux pesticides chimiques. D'autre part, les standards élevés d'innocuité des aliments, standards parfois objectifs,

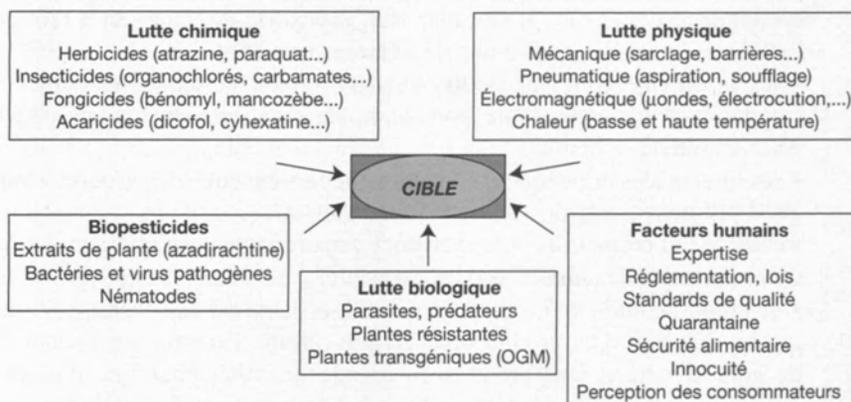


Figure 1.2. Les cinq approches de la protection des cultures.

parfois subjectifs, mettent un frein à l'utilisation des pesticides chimiques. Dans ce contexte, la lutte biologique et les biopesticides constituent des outils facilitant l'implantation de programmes de lutte offrant un équilibre plus acceptable entre le besoin impératif de protéger les cultures et le respect des exigences écotoxicologiques. Dans la même optique, la protection des végétaux faisant appel à des techniques de lutte physique, autant au niveau de la production que de la conservation, présente un intérêt accru. En effet, la plupart des techniques de lutte physique n'ont pas d'impact sur l'environnement. Lorsqu'il y a un impact, il est généralement circonscrit à un espace restreint et au moment de l'application du traitement. De plus, les techniques de lutte physique ne font intervenir aucune substance chimique ou biologique et ne peuvent donc pas laisser de résidus indésirables sur les denrées destinées à la consommation humaine ou animale.

## L'utilisation des pesticides

Avec l'apparition des pesticides de synthèse il y a environ 50 ans, certains ont imaginé que les ennemis des cultures seraient battus en brèche et éliminés (Metcalf, 1980). De toute évidence, cela ne s'est pas produit. Toutefois, l'augmentation de la quantité et de la qualité des denrées agricoles produites n'est certainement pas étrangère à l'utilisation des pesticides et les agriculteurs ayant accès aux pesticides de synthèse sont rarement victimes d'infestations dévastatrices (Hislop, 1993).

Selon Metcalf (1994), les avantages des pesticides se résument par les qualités suivantes : facilité de mise en œuvre, simplicité d'emploi, efficacité, flexibilité d'utilisation et coût économique raisonnable. Pour les insecticides par exemple, ces avantages peuvent être résumés comme suit :

- les insecticides représentent le seul moyen d'intervention efficace sur des populations de ravageurs dont la densité dans la culture s'approche du seuil

économique des dégâts. Il faut agir vite, sans perte de temps, et il faut que l'effet soit immédiat, sous peine de dépasser ce seuil ;

- les insecticides ont une action curative rapide et sont susceptibles de stopper la dynamique d'une population de ravageurs en quelques jours, voire en quelques heures ;
- les insecticides organiques de synthèse appartiennent à des groupes chimiques différents, ont des modes d'action et des conditions d'emploi très variés, ce qui permet une « couverture » remarquable des nombreuses situations d'attaque des plantes par les ravageurs ;
- le rapport coût/bénéfice du traitement insecticide est en général très avantageux s'il s'agit d'un produit pour grande culture. En effet, les insecticides de grande culture sont produits en grande quantité, pour une utilisation mondiale et peuvent donc être obtenus à bas prix. Néanmoins, leur prix augmente puisque la synthèse de nouvelles molécules plus complexes et l'étude approfondie de leur toxicologie a fait croître les coûts de recherche et de développement de façon exponentielle.

La convergence du marché vers des formulations pour application sous forme liquide a permis une uniformisation des méthodes d'application. Aujourd'hui, le pulvérisateur est, sur la plupart des exploitations agricoles, la seule machine nécessaire pour tous les traitements de protection des cultures. Cette standardisation permet une réduction des coûts de machinerie et facilite le travail du personnel qui réalise les traitements.

## Le marché des pesticides

En 1996, le marché mondial des pesticides connaissait une croissance pour la troisième année consécutive. Le British Agrochemical Association (BAA) a estimé la hausse de 1996 à 3,6 % ce qui portait le marché global des pesticides à environ 185 millions FF (31,25 millions \$US) (Anon, 1997). Toujours selon le BAA, les ventes totales se répartissaient de la façon suivante dans les différentes parties du monde : 30,6 % en Amérique du Nord, 26 % en Europe de l'Ouest, 22,5 % en Asie de l'Est et 11,9 % pour l'Amérique du Sud. La hausse dans l'utilisation s'explique en grande partie par une augmentation des superficies utilisées pour des cultures où de grandes quantités de pesticides sont appliquées. En 1996, les herbicides accaparaient 48 % du marché mondial tandis que 28 % allait aux insecticides et 19 % aux fongicides (Anonyme - a, 1997). Malgré l'émergence de problèmes liés à l'utilisation des pesticides, ce marché n'a pas cessé de croître depuis 1960 (fig. 1.3). Cette augmentation est particulièrement forte pour les herbicides. Comme nous le verrons, les méthodes de lutte physique contre les mauvaises herbes offrent de bonnes perspectives et sont donc d'excellents outils dans la poursuite d'objectifs de réduction des pesticides que se sont fixés plusieurs pays et organismes comme la Commission européenne dans un souci de réduction des intrants en grande culture.

Certaines réalités viennent compliquer l'interprétation des statistiques sur l'utilisation des pesticides. Aux Etats-Unis par exemple, les techniques de culture avec travail minimum du sol sont de plus en plus pratiquées. Ordinaire-

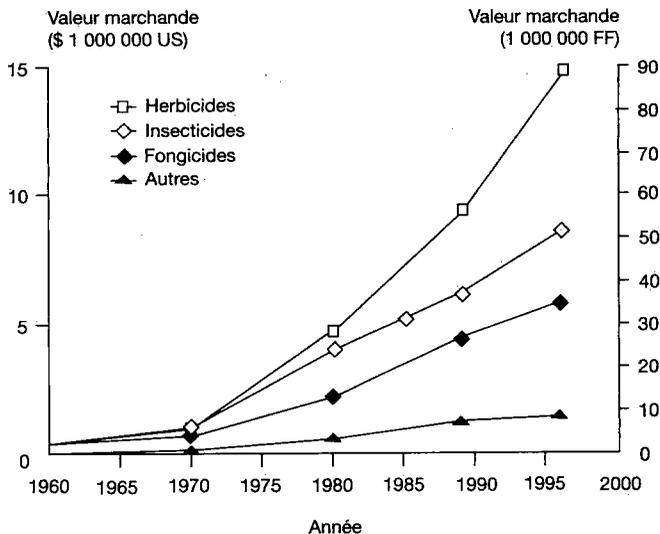


Figure 1.3. Evolution du marché mondial des pesticides (données de Matthews 1992 et Anon 1997).

ment, ces techniques résultent en une augmentation des quantités d'herbicides requises. (Anonyme - a, 1997). Le BAA estime que les ventes de pesticides aux Etats-Unis seront en hausse à mesure que l'usage des variétés résistantes aux herbicides, issues du génie génétique, augmentera. Par contre, certaines variétés modifiées génétiquement peuvent faire baisser la consommation de pesticides (e.g. tomate transgénique synthétisant la toxine de *Bacillus thuringiensis*). Aux Etats-Unis, le *Freedom to Farm Act* devrait permettre une augmentation des superficies réservées aux céréales ce qui pourrait faire augmenter la consommation de pesticides (Anonyme - a, 1997). Dans la Communauté Economique Européenne (CEE), le taux d'application des pesticides est passé de 4,2 à 3,3 kg/ha entre 1991 et 1995. En Suède, des critiques attribuent cette diminution à l'amélioration des techniques d'application et à l'introduction de nouveaux pesticides appliqués à plus faible dose. (Anonyme - b, 1997).

Sur le plan quantitatif, le marché des pesticides semble donc en bonne santé. Le chiffre d'affaires est considérable et certains développements récents, décrits plus haut, favorisent la croissance de ce marché. Par contre, du point de vue opérationnel, des problèmes concrets de résistance et d'importants effets secondaires tels la pollution, l'innocuité des aliments et les intoxications (tabl. 1.1) de même qu'une perception défavorable de la part des consommateurs imposent certaines contraintes à l'utilisation des pesticides.

## Résistance

La résistance aux pesticides touche les insecticides, les herbicides aussi bien que les fongicides (voir encadré). Le phénomène n'est pas nouveau. La résistance aux insecticides a été signalée pour la première fois en 1914 (Metcalf et Luckmann, 1994). La résistance aux fongicides est un problème préoccu-

Tableau 1.1. Les défauts et inconvénients de l'usage des pesticides.

**Résistance aux pesticides**

- diminution de la durée de vie d'un pesticide
- augmentation des coûts des pesticides pour contrecarrer la résistance
- surveillance permanente du niveau de résistance

**Résurgence et multiplication de ravageurs secondaires****Effets néfastes sur des espèces non-cibles (manque de « sélectivité écologique »)**

- sur les ennemis naturels
- sur les abeilles et les autres pollinisateurs
- sur la faune sauvage

**Dangers des résidus de pesticides**

- intoxication chronique d'espèces utiles
- modification du potentiel reproducteur des ravageurs
- modification du biotope des ennemis naturels des ravageurs
- exposition des personnes
- innocuité des aliments

**Dangers directs de l'usage de pesticides**

- maladies professionnelles chez les utilisateurs
- dérive lors de l'application

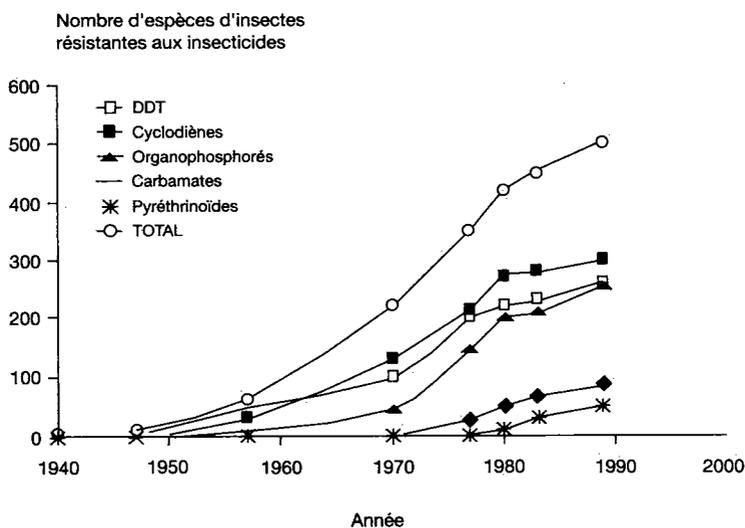


Figure 1.4. Evolution du nombre d'espèces d'insectes résistantes (d'après Metcalf et Luckmann, 1994).

pant depuis la mise sur le marché des fongicides modernes (Urech, 1994). Par ailleurs, on avait déjà signalé quelques cas de résistance aux herbicides avant la découverte de la résistance de *Senecio vulgaris* L. aux triazines en 1968 (Heap, 1997).

### *La résistance aux pesticides*

On se doit de distinguer tolérance et résistance des individus. La tolérance est naturelle tandis que la résistance est induite. La résistance aux pesticides est le résultat de la sélection d'individus génétiquement prédisposés à survivre aux pesticides. La résistance croisée est un phénomène par lequel un mécanisme de résistance à un pesticide confère de la résistance à un autre pesticide. Chez les individus ayant développé une résistance multiple, plusieurs mécanismes confèrent une résistance à un pesticide donné. Les mécanismes expliquant la résistance aux insecticides sont notamment :

- La résistance comportementale, qui se manifeste par un évitement de certains produits.
- Les changements physiologiques comme la séquestration (accumulation de substances toxiques dans certains tissus), une réduction de la perméabilité cuticulaire ou une augmentation du taux d'excrétion.
- La désintoxication biochimique (appelée résistance métabolique), souvent à l'aide d'enzymes tels les estérases et les oxydases à fonctions mixtes.
- Une diminution de la sensibilité du site physiologique au pesticide (appelée résistance du site cible).

La résistance peut être mono- oligo- ou polygénique. Elle est réversible, mais la vitesse de la régression à des niveaux de sensibilité d'individus sauvages dépend du mécanisme en cause et du niveau de pression de sélection. Les programmes de contrôle de la résistance reposent en outre sur la connaissance du ou des mécanismes de résistance, le suivi des niveaux de résistance, l'utilisation de techniques de lutte ayant des mécanismes différents du pesticide, l'aménagement de refuges où des populations sauvages (et sensibles) viendront diluer le génôme des populations résistantes.

Plus de 550 espèces d'insectes ravageurs ont acquis une forme de résistance aux insecticides chimiques. Les ennemis naturels (parasites ou prédateurs) sont fréquemment plus sensibles aux insecticides et Croft (1990) rapporte que seulement 30 espèces ont développé une forme de résistance.

Le taux de croissance du nombre d'espèces d'insectes (fig. 1.4) ou de mauvaises herbes ayant développé une résistance aux pesticides est éloquent. Depuis les années 70, ces taux sont relativement constants malgré la prise de conscience du phénomène et les efforts pour mettre en pratique des stratégies visant à freiner le développement de populations résistantes. Entre 1980 et 1990, le taux de croissance moyen de la résistance a été de 7 espèces d'insectes par an (fig. 1.4) et de 10 biotypes de mauvaises herbes par an (Heap, 1997). Il est aujourd'hui clair que la résistance peut se développer à l'égard de tout produit phytosanitaire. L'apparition de cas de résistance croisée à des substances actives à cibles physiologiques différentes, heureusement plus rare, constitue néanmoins un facteur d'aggravation du risque d'échec. Cela limite les possibilités d'un usage prolongé des matières

actives nouvelles en protection des plantes (Urech, 1997). En conséquence, cet usage ne peut plus être envisagé en dehors de programmes de lutte intégrée qui vont contrecarrer l'apparition de résistance. Ce contexte est favorable au développement et à l'intégration des outils de lutte physique venant enrichir ces programmes qui ne peuvent en aucun cas être basés sur le tout-pesticide pour les raisons évoquées ci-dessus.

## Effets secondaires

Les effets secondaires de l'utilisation des pesticides sont nombreux : effets sur la santé des personnes, de la faune et de la flore, contaminations des eaux, du sol et de l'air. Pimentel *et al.* (1997) avancent le chiffre impressionnant de 3 millions d'empoisonnements par an dans le monde par les pesticides avec 220 000 morts au total, chiffres officiels de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). En 1969, Simmons cité par Bouguerra (1986) estimait déjà à 150 000 le nombre annuel d'empoisonnements par les insecticides et avec, au bout du compte, 150 morts recensés par an. Ces chiffres sont légèrement inférieurs aujourd'hui. Néanmoins, les estimations les plus fiables ne concernent que les pays industrialisés. Ailleurs, les accidents fatals sont probablement plus nombreux. En 1991 en France, plus de 8 500 intoxications par produits phytosanitaires ont été enregistrées (Harry, 1993).

Les indicateurs économiques, rassemblés par Pimentel *et al.* (1992), permettent de comparer l'importance des différents effets secondaires (tabl. 1.2). Les coûts environnementaux dominent alors que les coûts ayant un impact direct sur la production agricole représentent 39,1 % (résistance, pertes de récolte, pertes d'ennemis naturels et pollinisation). Les coûts en santé publique représentent près de 10 %.

Bien que les indicateurs économiques soient toujours imparfaits (quel est le coût d'une intoxication aiguë chez un ouvrier agricole ?), ils ont l'avantage de permettre une réévaluation de la rentabilité de l'usage des pesticides. Aux

Tableau 1.2. Coûts sociaux et environnementaux de l'utilisation des pesticides aux États-Unis (adapté de Pimentel *et al.*, 1992).

Impact	Coût relatif (%)
	Coût total : \$US 8 123 000 000/année soit : 48,7 milliards FF
Oiseaux sauvages	25,8
Contamination des eaux souterraines	22,2
Coûts de la résistance aux pesticides	17,2
Pertes de récolte	11,6
Santé publique	9,7
Pertes d'ennemis naturels	6,4
Abeilles et impact sur la pollinisation	3,9
Encadrement par les services publics (e.g. cadre réglementaire)	2,5
Autres	< 1

États-Unis, on utilise pour une valeur de \$4 milliards (24 milliards FF) de pesticides pour récupérer \$16 milliards (96 milliards FF) en produits agricoles. Cela semble très rentable. Par contre, si les coûts sociaux et environnementaux sont pris en compte, la marge bénéficiaire se réduit considérablement (Pimentel *et al.*, 1992).

Au cours des dernières décennies, l'attention portée aux effets secondaires des pesticides a profondément modifié la perception à l'égard des pesticides. De produits quasi-miraculeux, ils sont devenus, pour certains, des produits dangereux que l'on devrait bannir ou, au mieux, un mal nécessaire. L'industrie des pesticides réagit pour modifier cette perception en diffusant des informations montrant les effets secondaires. Par exemple, on fait valoir qu'un verre de jus de pomme provenant de fruits traités avec de l'Alar™ représente un risque 58 fois moins élevé que les éléments cancérigènes que l'on retrouve dans un seul champignon comestible \*. L'industrie réagit aussi en développant de nouveaux produits satisfaisant aux normes de plus en plus sévères visant la protection de la santé et de l'environnement. Ces critères écotoxicologiques plus exigeants amènent une augmentation importante des coûts de développement de nouveaux produits phytosanitaires. Pour une nouvelle molécule soumise à l'homologation, le coût des études d'impact sur l'environnement a triplé entre 1982 et 1992 (Silvy, 1992). Il résulte de l'augmentation des coûts, que peu de pesticides seront homologués pour des cultures pratiquées sur des superficies relativement restreintes pour cause de marché global insuffisant ou, lorsque l'augmentation de profit associé à l'usage des pesticides ne compense pas son utilisation. Pour ces cultures, les outils de lutte physique pourraient bientôt représenter une alternative intéressante.

## **Utilisation raisonnée des pesticides**

Dans tous les cas où l'utilisation des pesticides s'impose, il faut s'appliquer à minimiser les effets secondaires par une utilisation raisonnée qui passe par la recherche d'une plus grande sélectivité. En effet, le manque de sélectivité est le défaut majeur des pesticides à large spectre. Cette sélectivité peut pourtant être obtenue par plusieurs voies (Metcalf, 1994).

### **Sélectivité physiologique**

Certaines conformations moléculaires augmentent l'effet du produit pesticide et diminuent la toxicité des résidus. Par exemple, les insecticides mimétiques d'hormones intervenant dans le développement des insectes ou sur la synthèse de la cuticule, sont d'une grande efficacité envers les arthropodes et dépourvus de toxicité pour les mammifères.

### **Sélectivité écologique**

La connaissance du comportement et de la dispersion ou des zones d'agrégation d'un ravageur permettent de cibler les applications de manière à épar-

---

\* <http://www.cropro.org/history.html> - Décembre 1997.

gner les espèces utiles et à limiter les quantités de pesticides utilisées. L'application localisée d'herbicides relève de la même logique. Cette méthode suscite beaucoup d'espoir grâce aux possibilités qu'offrent les systèmes de positionnement par satellite (GPS).

### **Sélectivité en améliorant l'application**

Depuis 10 ans maintenant, des programmes de réduction de doses ont été mis en place. Cette approche utilise des produits qui se dégradent vite (non persistants) et des applications au moment le plus propice de la journée. La sélectivité peut également être obtenue par adaptation de la formulation (granulés au semis et micro encapsulation) et en optant pour des pesticides dont le mode d'action est le plus approprié (systémique ou contact). L'évolution du matériel de pulvérisation (assistance pneumatique, buses spécialisées, électrostatique) offre plusieurs possibilités pour adapter la technique d'application aux différents traitements.

### **Sélectivité en utilisant le comportement**

Cette stratégie fait appel au piègeage en vue du déclenchement des applications au moment le plus opportun.

## **Du tout-pesticide à la lutte intégrée**

La résistance aux pesticides développée par de nombreux organismes végétaux et animaux et les effets néfastes sur l'environnement, la santé et l'agriculture a permis de bien ancrer dans les esprits que l'usage des pesticides n'est pas la solution unique et idéale au problème de la protection des plantes. Les stratégies de lutte contre les ennemis des plantes intégrant des approches variées et complémentaires semblent offrir des chances de succès nettement meilleures que le seul recours aux pesticides de synthèse (Metcalf et Luckman, 1994). La lutte intégrée est une approche où la sélection, l'intégration et la mise en application des méthodes de lutte contre les ennemis des cultures sont fondées sur la prévision des effets économiques, écologiques et sociologiques (Anonyme, 1986). Cette approche de lutte intégrée permet de prendre en compte les préoccupations que soulève l'emploi de produits toxiques en milieu naturel.

Le concept de lutte intégrée se réfère principalement à l'écologie, aux rapports existant entre les organismes vivants et leur environnement ou leur espace vital. A l'origine, cette démarche visait la réduction du nombre d'interventions avec des pesticides tout en minimisant leurs effets secondaires. En verger de pommiers par exemple, le nombre des applications d'insecticides est passé, au Québec, de plus de 6 à un maximum de 3 sans augmenter le pourcentage final de dégâts (Vincent, non publié). Ensuite, les progrès réalisés en matière d'utilisation des auxiliaires de lutte biologique ont permis l'évolution du concept de lutte raisonnée vers celui de la protection intégrée. L'introduction d'ennemis naturels des ravageurs, par exemple des acariens Phytoséides, prédateurs d'acariens Tétranyques nuisibles, a été un facteur décisif de