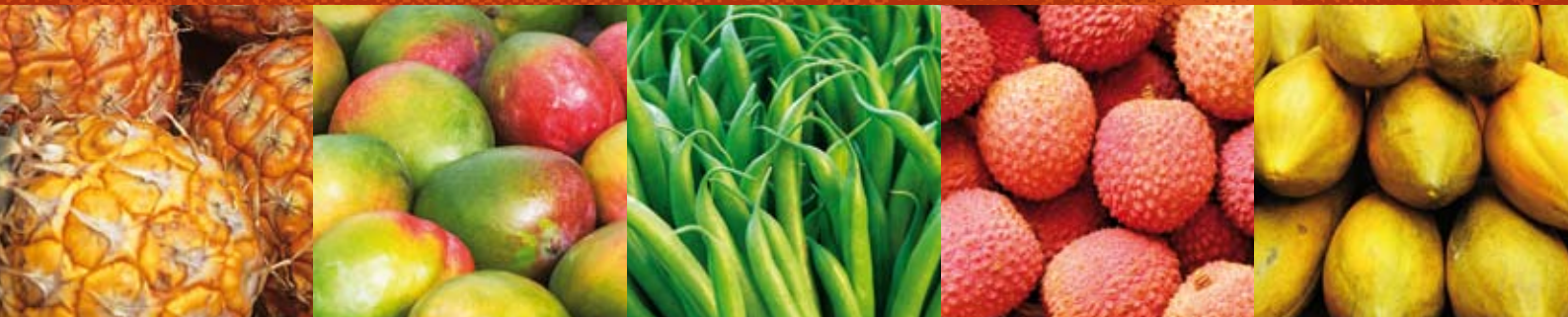


10

LUTTE BIOLOGIQUE ET PROTECTION INTÉGRÉE



POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE
DU SECTEUR FRUITS ET LEGUMES ACP

A l'exemple des autres manuels de formation produits par le programme PIP du COLEACP, le manuel 10 a été conçu et rédigé par la Cellule de Formation du programme. **Bruno Schiffers**, professeur à Gembloux Agro-Bio Tech et responsable de la Cellule, est l'auteur de l'ensemble des chapitres de ce manuel. **Henri Wainwright**, expert auprès du PIP, a collaboré à la rédaction du chapitre 3.



Le PIP est un programme de coopération européen géré par le COLEACP. Le COLEACP est un réseau international œuvrant en faveur du développement durable du commerce horticole. Le programme PIP est financé par l'Union européenne et a été mis en œuvre à la demande du Groupe des Etats ACP (Afrique, Caraïbes et Pacifique). En accord avec les Objectifs du Millénaire, l'objectif global du PIP est de « Préserver et, si possible, accroître la contribution de l'horticulture d'exportation à la réduction de la pauvreté dans les pays ACP ».

La présente publication a été élaborée avec l'aide de l'Union européenne. Le contenu de la publication relève de la seule responsabilité du PIP et du COLEACP et ne peut aucunement être considéré comme reflétant le point de vue officiel de l'Union européenne.

PIP c/o COLEACP

130, rue du Trône • B-1050 Bruxelles • Belgique

Tél: +32 (0)2 508 10 90 • Fax: +32 (0)2 514 06 32

E-mail: pip@coleacp.org

www.coleacp.org/pip



POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE
DU SECTEUR FRUITS ET LEGUMES ACP

LUTTE BIOLOGIQUE ET PROTECTION INTÉGRÉE

Chapitre 1 : Introduction : de la lutte chimique à la production intégrée

- 1.1. Lutte chimique à la croisée des chemins
- 1.2. Les différents concepts de production
- 1.3. Etapes vers une production intégrée

Chapitre 2 : Principes de lutte biologique et de lutte intégrée

- 2.1. La lutte biologique
 - 2.2. Principes de la lutte intégrée
 - 2.3. Mesures de gestion des maladies et ravageurs à intégrer
 - 2.4. Méthodes de lutte alternatives aux produits chimiques
- Annexes : Définitions et préparations diverses**

Chapitre 3 : Etudes de cas

- 3.1. La lutte intégrée contre les Mouches Blanches
- 3.2. Stratégies de lutte intégrée contre les Mineuses des feuilles
- 3.3. Lutte intégrée contre le Phytophthora en cultures d'ananas
- 3.4. Lutte intégrée contre la Teigne crucifère

Annexes

Abréviations et acronymes les plus utilisés

Références bibliographiques

Sites Web utiles

Chapitre 1

Introduction : de la lutte chimique à la production intégrée

1.1. Lutte chimique à la croisée des chemins	6
1.2. Les différents concepts de production	10
1.3. Etapes vers une production intégrée	14



1.1. Lutte chimique à la croisée des chemins

1.1.1. Conséquences de l'évolution des pratiques traditionnelles

En Afrique, et dans d'autres pays du Sud, beaucoup de paysans pratiquent toujours une agriculture de subsistance, et la grande majorité des producteurs de cultures fruitières et maraîchères produisent sur de très petites surfaces et souvent pendant des périodes limitées à quelques semaines ou à quelques mois sur l'année. En général ces paysans, quoiqu'ils aient hérités d'un savoir-faire ancestral, ont des **connaissances agronomiques et des moyens techniques limités**.

Comme il s'agit plutôt d'une agriculture extensive et familiale, il n'est d'ailleurs pas dans leurs habitudes d'utiliser beaucoup d'intrants dans leurs champs. Dans ce contexte, malgré des conditions climatiques souvent défavorables aux plantes cultivées mais propices aux pullulations de parasites (chaleur, humidité), les paysans ont **élaboré des systèmes efficaces de production**. Ils ont su tirer parti de leur environnement et ils ont pu exploiter les ressources naturelles à leur disposition (plantes insecticides ou insectifuges, minéraux, cendres, fumées,...) pour lutter contre les ravageurs et les maladies qui dévastaient leurs cultures et détruisaient leurs denrées stockées. La rusticité des très nombreuses variétés locales, souvent peu productives mais bien adaptées, et une grande biodiversité naturelle du milieu associée à des techniques culturelles peu agressives (peu de labour, cultures associées, cultures itinérantes) leur ont permis de maintenir la pression des maladies et des ravageurs sous un seuil tolérable.

La situation est bien différente dans le **cas du maraîchage**, qui est une activité agricole importante en Afrique tropicale pour les communautés rurales aussi bien que pour les populations urbaines et péri-urbaines. La production de fruits et de légumes frais, à destination des marchés locaux et des marchés d'exportation, est devenue une source de revenus non négligeable pour de très nombreux petits producteurs. Pour protéger leurs récoltes, augmenter leur production, améliorer la qualité de leurs produits et accroître leurs revenus, **les producteurs ont progressivement intégré dans leurs pratiques l'emploi des intrants, engrais et pesticides, abandonné leurs variétés traditionnelles et délaissé peu à peu leurs méthodes traditionnelles de production et de protection**.

Or, le secteur d'exportation horticole des pays ACP est encore caractérisé aujourd'hui par un grand nombre de petites et moyennes exploitations. Dans cette situation, le plus souvent, il n'était **pas utile ni approprié** de substituer les méthodes traditionnelles par une lutte chimique, parce que celle-ci n'était pas toujours à la portée du paysan. En effet, le plus souvent, le paysan n'a pas la possibilité d'utiliser convenablement la lutte chimique car il ne possède aucune information à son sujet et que généralement il n'a pas assez d'argent pour acheter les produits phytosanitaires adéquats (efficaces et autorisés sur la culture) ni même des appareils de traitement de bonne qualité.

Fréquemment, les appareils et les produits recommandés ne sont **pas commercialisés** localement ou sont **difficilement disponibles**. De plus, la présentation des produits (ex : absence d'étiquettes ou étiquettes dans une langue incompréhensible, emballages défectueux), la mauvaise qualité des formulations, la taille inadaptée des emballages et l'absence d'équipements de protection, d'encadrement et d'information du paysan, rendent l'emploi des pesticides aléatoire, coûteux et dangereux pour sa santé et pour l'environnement.

La majorité de ces producteurs maraîchers recourent aujourd'hui, souvent hélas de façon systématique, aux pesticides de synthèse en utilisant parfois des mélanges très complexes de différents produits, sans rien connaître de leurs propriétés. Comme les légumes sont des **cultures à cycle court, consommés à l'état frais** ou avec peu de transformation, les risques engendrés par un emploi excessif et non maîtrisé des intrants sont réels et ont fait l'objet de nombreux constats d'experts :

- ▶ présence de résidus à des concentrations préjudiciables à la santé du consommateur dans les produits récoltés ;
- ▶ pollution des eaux de surface et des eaux souterraines ;
- ▶ destruction des auxiliaires et, de manière générale, perte de biodiversité ;
- ▶ atteinte à la santé des opérateurs, et à celle de leurs familles, par une exposition répétée ;
- ▶ accidents fréquents (empoisonnements involontaires) ;
- ▶ développement de résistances chez les parasites à combattre ;
- ▶ apparition de nouveaux agresseurs jusqu'alors passés inaperçus ;
- ▶ réduction de la fertilité des sols.

A ces risques, on ajoutera la **dépendance accrue** des producteurs, face à la nécessité de se procurer des intrants, et la **perte de revenus** quand leur emploi n'est pas compensé par un accroissement de production et/ou une amélioration de la qualité sanitaire et phytosanitaire de la récolte.

S'il est vrai que la production pour l'exportation ne représente qu'une faible part de la production maraîchère des pays ACP, elle est stratégique car pour beaucoup d'exploitations familiales, il s'agit de la seule culture de rente. L'Europe constitue, de très loin, le principal débouché à l'exportation des filières ACP de fruits et légumes frais. L'importance relative de ces flux sur les économies des pays est évidemment très variable: plus d'une trentaine de pays ACP ont des flux réguliers d'exportations de fruits et légumes vers l'Europe. Pour ces pays, les filières horticoles d'exportation représentent un **enjeu économique et social important**, particulièrement du point de vue des emplois qu'elles créent et des revenus qu'elles distribuent en milieu rural, où les problèmes de pauvreté et de sous-emploi sont particulièrement sévères. Aujourd'hui face aux exigences croissantes de l'Europe en termes de qualité sanitaire et phytosanitaire, face à la progression des exigences commerciales de la grande distribution, les producteurs ACP doivent impérativement **corriger leurs pratiques** pour délivrer des produits conformes (ex : respect des LMR et autres normes) et sauvegarder leurs parts de marché. En outre, il ne leur suffit plus de considérer les seuls aspects « sanitaires » de leurs méthodes de production car le marché leur impose petit à petit des critères touchant au respect de l'environnement, à la protection de la biodiversité, à l'éthique des méthodes mises en œuvre, ... **La place réservée à la lutte chimique dans les itinéraires techniques de production est clairement remise en question.**

Plutôt que de considérer cette évolution comme perturbante et négative pour le secteur horticole ACP qui fait vivre plusieurs millions de ruraux, il est préférable de profiter de ces orientations de marché pour remettre en question la dérive des pratiques traditionnelles, d'accorder un intérêt renouvelé aux techniques de lutte ancestrales, de questionner la lutte chimique et de replacer les méthodes de production dans le cadre d'une agriculture durable. La **production intégrée** et la **production biologique** offrent de réelles opportunités de marché aux producteurs ACP.

1.1.2. La nécessaire évolution de la protection des cultures

De manière générale, dans les autres régions du monde, la protection chimique des cultures, même si elle est le plus souvent efficace, ne donne plus satisfaction, non seulement par rapport à la durabilité des agro-écosystèmes (perte de diversité biologique, dégradation de la qualité physico-chimique du milieu), mais aussi à cause de son efficacité toujours plus limitée par la manifestation de résistances des ravageurs, des modifications des spectres parasitaires et par l'apparition de graves déséquilibres dans le milieu (pollution des eaux, contamination du sol et de l'air).

Ces préoccupations sont encore renforcées par les exigences et les restrictions de plus en plus fortes concernant les autorisations de mise sur le marché des substances actives, à l'image de l'évolution récente de la Directive européenne 91/414/CEE¹ qui remet en cause la rentabilité économique du développement de nouvelles familles de substances actives. Par ailleurs, la conséquence immédiate du processus de révision des plus anciennes substances actives, et de leur retrait massif, est la réduction du choix du producteur, voire même l'absence de tout moyen chimique de lutte. Dans le même temps, l'adoption au 01 Septembre 2008 du Règlement (CE) 396/2005² harmonisant les LMR de l'UE, entraîne pour les producteurs ACP utilisant des produits non autorisés ou retirés en Europe, un risque accru de dépasser le niveau des LMR autorisées.

La protection des cultures est ainsi aujourd'hui **placée à la croisée des chemins** :

- ▶ Prônant de « bonnes pratiques phytosanitaires », comptant sur une évolution positive des modalités de la protection chimique grâce à de nouvelles molécules plus respectueuses de l'environnement et s'appuyant sur la simplicité reconnue de la mise en œuvre de la plupart des traitements chimiques, certains persistent à ne promouvoir que celle-ci, considérant comme trop aléatoire un changement des mentalités et des habitudes, une modification des pratiques ou encore jugeant excessif le coût des autres méthodes de lutte (**lutte raisonnée**).

¹ Directive du Conseil du 15 juillet 1991, concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques (J.O. L 230 du 19.8.1991).

² Règlement (CE) 396/2005 du Parlement Européen et du Conseil du 23 février 2005 concernant les limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale et modifiant la directive 91/414/CEE du Conseil (J.O. du 16.03.2005). Le premier établissement de ses annexes II, III et IV a été publié dans le Règlement (CE) n°149/2008 de la Commission du 29 janvier 2008. Ces annexes sont amendées par le Règlement (CE) n° 839/2008 de la Commission du 31 juillet 2008 publié au JOCE du 30 août 2008 et entré en vigueur le 1^{er} septembre 2008.

- ▶ D'autres privilégient la voie transgénique (ex : incorporation du gène « Bt » dans le coton ou le maïs) comme une alternative à long terme à la lutte chimique, malgré ses détracteurs actuels (**lutte génétique**).
- ▶ D'autres, enfin, soulignent l'intérêt de mesures préventives et intégrées, réduisant le risque de pullulation des populations de parasites, dans le cadre de stratégies élaborées considérant le milieu, les pratiques culturales, les contraintes socio-économiques locales, et faisant appel, en cas de besoin et d'une façon hiérarchisée, à diverses techniques de gestion du risque engendré par les maladies et les ravageurs (**lutte intégrée**).

Par ailleurs, dans un marché international de plus en plus concurrentiel, les systèmes de culture intensifs très consommateurs d'intrants risquent de conduire à des impasses économiques. Leur nécessaire évolution devrait passer par un allègement significatif des quantités d'intrants pour réduire les coûts de revient. Les petits producteurs subissant l'arrêt progressif des subventions sont amenés à revenir à des systèmes de production plus traditionnels, utilisant moins de pesticides.

Ces considérations techniques, réglementaires et économiques plaident toutes en faveur d'une protection des cultures évoluant vers **une approche plus écologique**, comme la protection intégrée. Cette évolution donne ainsi une priorité au **fonctionnement équilibré et durable des agro-écosystèmes**.

1.2. Les différents concepts de production

1.2.1. L'agriculture durable

L'**agriculture durable** (ou soutenable, en traduction de l'anglais *sustainable*) est l'application à l'agriculture des principes du développement durable ou soutenable tels que reconnus par la communauté internationale à Rio de Janeiro en juin 1992. Il s'agit d'un système de production agricole qui vise à assurer une **production pérenne** de nourriture, de bois et de fibres en respectant les limites écologiques, économiques et sociales qui assurent la maintenance dans le temps de cette production.

L'agriculture durable vise une amélioration dans la « soutenabilité » du système, en créant plus de richesses pérennes et d'emplois par unité de production, sur une base plus équitable et plus éthique. Ses principes sont basés sur la reconnaissance du fait que les ressources naturelles ne sont pas infinies et qu'elles doivent être utilisées de façon judicieuse pour garantir durablement la rentabilité économique, le bien-être social, et le respect de l'équilibre écologique (les trois piliers du développement durable).

L'agriculture durable ne conduit pas à la certification. À ce jour, en matière d'approche environnementale en agriculture, seule l'agriculture raisonnée et l'agriculture biologique font l'objet d'une réelle « reconnaissance » par les autorités.

1.2.2. L'agriculture raisonnée

L'**agriculture raisonnée** est un mode de production agricole qui vise à une meilleure prise en compte de l'environnement par les exploitants. Ce concept, généralement soutenu par les fabricants de pesticides et la grande distribution, s'appuie sur un « référentiel »³ qui intègre social, écologie mais aussi économie (n'utiliser que la dose utile d'intrant, là et quand elle est utile). Ce type de référentiel est élaboré en concertation par les ministères de l'agriculture et de l'environnement, le monde agricole (syndicats, organismes de développement, coopération, négoce), la transformation, la distribution et, seulement dans une faible mesure, par les associations environnementales et consoméristes. Il contient des exigences qui relèvent des domaines de l'environnement, de la maîtrise des risques sanitaires, de la santé et de la sécurité au travail et du bien-être des animaux. Les exploitations sont contrôlées et une certification (par des Organismes Certificateurs Indépendants - OCI) est attribuée aux producteurs respectant les principes de l'agriculture raisonnée.

Le référentiel de l'agriculture raisonnée vise à renforcer les impacts positifs des pratiques agricoles sur l'environnement et à en réduire les effets négatifs, sans remettre en cause la rentabilité économique des exploitations. Les « enjeux environnementaux » des modes

³ Référentiel de l'Agriculture raisonnée, Ministère de l'agriculture et de la pêche (France) - 8 janvier 2002.

de production sont raisonnés dans le cadre d'une approche globale de l'exploitation. Sur un territoire donné (petite région agricole, bassin versant...), les principaux enjeux doivent avoir été identifiés comme ce qui concerne :

- ▶ l'érosion ;
- ▶ l'inondation ;
- ▶ la pollution des eaux par les nitrates ;
- ▶ la pollution des eaux par les phosphates ;
- ▶ la pollution des eaux par les produits phytosanitaires ;
- ▶ la gestion quantitative des ressources en eau ;
- ▶ les nuisances olfactives ;
- ▶ la biodiversité ;
- ▶ les paysages.

Il prévoit d'analyser la situation de l'exploitation par rapport aux enjeux locaux, d'identifier et de cibler, le cas échéant, les pratiques à faire évoluer. Ce concept n'est donc qu'un vague engagement à respecter de « bonnes pratiques », sans aucun caractère contraignant, et sans remettre en cause les méthodes de l'agriculture intensive. Les opposants à ce concept estiment en effet que sur les 97 exigences listées, 43 ne sont que le simple respect des exigences réglementaires (ex : « *N'utiliser que des produits bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché* »).

1.2.3. L'agriculture biologique

L'agriculture biologique peut être considérée comme une des approches de l'agriculture durable, la différence étant qu'une production dite « biologique » implique une inspection et une certification attribuée aux produits en conformité avec le **Règlement (CE) 834/2007**⁴ dans lequel les principes de production et les règles spécifiques du contrôle sont décrits. Le règlement s'applique aux produits agricoles végétaux non transformés, ainsi qu'aux animaux d'élevage et aux produits animaux non transformés.

La règle essentielle de l'agriculture biologique est le respect des écosystèmes naturels. Elle vise à :

- ▶ préserver les équilibres naturels du sol et des plantes ;
- ▶ favoriser le recyclage ;
- ▶ rechercher l'équilibre en matières organiques ;
- ▶ choisir les espèces animales et végétales adaptées aux conditions naturelles ;
- ▶ respecter au mieux les paysages ainsi que les zones sauvages ;
- ▶ préserver la biodiversité.

L'**agriculture biologique** est par conséquent un système de production agricole spécifique, qui exclu l'usage d'engrais et de pesticides de synthèse et d'organismes génétiquement modifiés. L'Annexe II du règlement sur l'agriculture biologique détaille précisément quels amendements du sol, engrais ou produits phytosanitaires peuvent être

⁴ Règlement (CE) N° 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques (abrogeant le règlement (CEE) N°2092/91) (J.O. 20/07/07).

utilisés et leurs strictes modalités d'application. Seules quelques substances d'origine animale ou végétale (ex : azadirachtine du neem, la cire d'abeille, les extraits de tabac, des huiles végétales, ...) ainsi que certains micro-organismes (Bt, virus de la granulose, ...) peuvent être appliqués. Les produits phytosanitaires minéraux (Cuivre, Soufre, bouillie sulfo-calcique) ne peuvent être pulvérisés sur les cultures que si le producteur peut attester de la nécessité de leur usage. Quant aux quelques molécules (ex : pyréthrinés, phéromones, spinosad, ...) qui figurent dans l'Annexe II, elles sont réservées au piégeage et à la destruction des ravageurs.

Les agriculteurs qui pratiquent ce type d'agriculture, misent, par exemple, sur la rotation des cultures, l'engrais vert, le compostage, la **lutte biologique** ou le sarclage mécanique pour maintenir la productivité des sols et le contrôle des maladies et des parasites. Il s'agit d'un système qui gère de façon globale la production, en favorisant l'agro-écosystème, la biodiversité, les activités biologiques du sol et les cycles biologiques.

Le mode de production biologique étant reconnu comme mode particulier de production et de conditionnement, les produits issus de celle-ci peuvent être étiquetés de façon particulière. Plusieurs « labels » internationaux de reconnaissance pour ce type d'agriculture ont été définis, dont le **Label AB** en France. Les cahiers des charges du Label AB ne portent pas que sur la qualité des produits, mais aussi sur le respect de l'environnement.



Logo européen de l'Agriculture biologique
Juillet 2010



Label AB

1.2.4. La production intégrée

Les concepts et les stratégies développées dans le cadre de l'agriculture durable ont évolué vers le concept intégré de «**gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols**».

Le terme de « **production Intégrée** » (ou *Integrated Crop Management – ICM*) dérive directement des concepts de « **lutte intégrée** » de l'OILB (Organisation Internationale de Lutte Biologique et Intégrée contre les animaux et les Plantes nuisibles). Il s'agit d'une conception touchant non seulement à la protection des plantes mais à **l'ensemble des pratiques culturelles**.

La production intégrée ne possède **pas de cahier des charges** officiel, à la différence de l'Agriculture Biologique.

La production intégrée diffère de l'agriculture raisonnée, fondée sur la seule optimisation des méthodes classiques de production. En agriculture raisonnée, les agriculteurs ne traitent que s'il le faut, au bon moment et avec une dose adaptée. En production intégrée, l'utilisation de techniques alternatives, comme la lutte biologique ou l'utilisation de zones de compensation écologique, est recherchée car ces méthodes peuvent être tout aussi efficaces d'un point de vue agronomique et plus respectueuses de l'environnement. La production intégrée se distingue aussi de l'agriculture biologique car elle n'abandonne pas les méthodes chimiques lorsqu'elles ne posent pas de problèmes scientifiquement démontrés pour la sécurité alimentaire et pour l'environnement. Comme son nom l'indique, la production intégrée « intègre » tous ces éléments. On applique ce qui est le mieux pour l'environnement, le consommateur et le producteur.

La production intégrée permet aux producteurs :

- de **gérer et rentabiliser** leurs cultures par une gestion intégrée des ravageurs, en considérant l'environnement comme un allié ;
- d'inciter à une **gestion plus rigoureuse** de l'entreprise et à faire des choix plus judicieux parmi les moyens de lutte, afin de rationaliser, réduire et remplacer les pesticides et ainsi diminuer leurs risques ;
- de devenir un **élément indispensable de mise en marché** en favorisant le positionnement des produits.

1.3. Etapes vers une production intégrée

1.3.1. Développer des techniques culturales et phytosanitaires plus respectueuses de l'environnement

Différentes actions peuvent être mises en place par les producteurs pour améliorer leurs pratiques dans le sens d'une production intégrée :

1) Raisonner la fertilisation et la protection phytosanitaire, ce qui suppose :

- ▶ une bonne connaissance de la parcelle, de la variété cultivée, des besoins de la plante aux différents stades de la culture et des risques phytosanitaires encourus (compte tenu des précédents culturaux, des cultures voisines, des abords, des produits utilisés et de la région) ;
- ▶ l'existence de données de référence (besoins en eau, besoins en éléments minéraux, description de méthodes efficaces de protection phytosanitaire) ;
- ▶ des outils fiables d'aide à la décision d'intervention (irrigation, fertilisation, traitements phytosanitaires) basés sur :
 - des observations simples et régulières sur les plantes et dans la parcelle, la connaissance des conditions de développement des maladies, ravageurs et agents biologiques introduits ou naturels et l'utilisation de modèles de développement de ces maladies et parasites ;
 - des systèmes de monitoring (ex : piégeage) et d'avertissement ;
 - des analyses rapides pour le diagnostic (kits de détection des maladies, analyses de sol, foliaires, d'eau, des solutions nutritives, du substrat, ...)
- ▶ l'utilisation d'un matériel d'application bien réglé et bien entretenu.

2) Maîtriser et réduire les intrants, les résidus, les effluents, en utilisant et en gérant au mieux :

- ▶ les possibilités offertes par la génétique (variétés et porte-greffes tolérants ou résistants) ;
- ▶ la protection de la biodiversité et l'introduction d'agents auxiliaires ;
- ▶ le dosage précis des produits phytosanitaires ou de désinfection (calcul des doses, calibrage et contrôle des appareils, formation aux techniques d'application) ;
- ▶ les apports d'irrigation et de fertilisation en fonction des besoins de la culture ;
- ▶ les possibilités de traitements localisés (utilisation d'appâts et de pièges, traitements localisés sur quelques arbres dans les vergers, granulés appliqués par poquet, semences enrobées, traitement de désherbage ou de désinfection localisés sur les bandes de semis ou de plantation, etc.) ;
- ▶ l'utilisation de techniques culturales (taille, pose de toiles étanches aux insectes, effeuillage, hersage, faux semis,...) limitant adventices, ravageurs ou maladies ;
- ▶ les effluents liquides (ex : fonds de cuve) et solides (ex : emballages).

3) Valoriser ou traiter les résidus de culture, les écarts de tri, les déchets et effluents :

- ▶ enfouir rapidement les déchets ou restes de cultures, avant qu'ils ne deviennent des foyers de ravageurs ou maladies, ou tenter de les valoriser (ex : compostage) ;
- ▶ réutiliser au mieux les écarts de tri (alimentation animale, biomasse, recherche de nouveaux marchés) ;
- ▶ valoriser ou éliminer de façon raisonnée les écarts non comestibles et les déchets de culture des pépinières sans polluer les sols ou nappes phréatiques (compostage, incorporation au sol) ;
- ▶ recycler les solutions nutritives utilisées en irrigation ;
- ▶ éviter l'emploi de plastique (paillages, couvertures, bidons...) en employant des matériaux naturels, plus facilement dégradables ou recyclables ;
- ▶ favoriser les emballages facilement destructibles, recyclables (bois, papiers, cartons).

4) S'orienter vers une agriculture durable :

- ▶ reconstituer un parcellaire limitant les effets néfastes des éléments (érosion, vent et pluie), en orientant les parcelles et en installant des haies, brise-vent, fossés, barrières anti-érosion, bassins de rétention, canaux, dispositifs enherbés, ... ;
- ▶ améliorer la structure du sol par de bonnes pratiques et des techniques aratoires appropriées : amendements favorables au rééquilibrage de la flore et de la faune des sols, chaulage, rotation, type de travail du sol, ... ;
- ▶ employer en priorité des moyens de lutte naturels (solarisation, apports d'antagonistes, filets, piégeage, etc.) et introduire dans la rotation des plantes pièges, des plantes antagonistes (ex : Tagètes) ou des plantes non hôtes des parasites (ex : céréales dans les cultures maraîchères) pour éviter l'infestation du sol et la nécessité de le traiter ;
- ▶ adopter, compte tenu des contraintes économiques, des rotations, des pratiques culturales et phytosanitaires ne favorisant pas le développement, la résurgence ou la résistance des maladies, ravageurs et adventices.

1.3.2. Mettre en place une gestion intégrée des adventices, maladies et ravageurs

En production intégrée, la lutte phytosanitaire repose sur une **gestion « intégrée » des ennemis des cultures** (« *Integrated Pest Management* » ou IPM). La transition des producteurs, habituellement organisés pour la lutte chimique, vers cette approche agro-environnementale des méthodes de lutte doit se faire en plusieurs étapes.

Le temps consacré par le producteur à **l'analyse de ses pratiques** et à **l'évaluation de son site de production** permet un succès à long terme de cette conversion. Pour fonder ses décisions, il faudra en effet qu'il soit capable de correctement évaluer les risques phytosanitaires en fonction du stade de la culture et de la variété, les conditions environnementales de ses cultures, l'abondance des organismes nuisibles et utiles dans les parcelles et aux alentours, l'impact de ses pratiques culturales et phytosanitaires sur le développement des ennemis des cultures et celui des auxiliaires.

Le tableau suivant reprend les **grandes étapes** de la mise en place de la gestion intégrée des maladies et ravageurs dans le cadre plus général d'une production intégrée.

Pratiques agro-environnementales	Actions à mettre en place lors de la :		
	Première étape	Seconde étape	Troisième étape
Etude du site et des conditions environnementales	Identification des risques environnementaux (érosion, pollution des eaux,...)	Aménagement parcellaire (disposition des parcelles, plantation de haies, mise en place de dispositifs enherbés,...)	Adaptation de l'écosystème : utilisation de moyens visant à rendre l'écosystème favorable aux organismes utiles et aux cultures, mais difficile à vivre pour les ennemis des cultures
Analyse des pratiques culturales	Identification des pratiques à risque pour l'environnement	Adoption de pratiques culturales favorables pour l'environnement (sens du labour, semis direct, fractionnement des apports azotés,...)	
Suivi des champs et évaluation de la situation générale	Visite des champs et diagnostic des parasites observés (1-2 fois/semaine)	Suivi permanent des champs et monitoring des ravageurs selon des techniques reconnues pour chacune des cultures	
Identification des ennemis et de leurs auxiliaires	Identification précise des ravageurs	Identification des ravageurs et de leurs auxiliaires	Identification des auxiliaires et des ravageurs primaires et secondaires
Utilisation de seuils d'intervention	Utilisation d'un pesticide ou de tout autre moyen de lutte		
	Au bon moment (pas de seuil)	Au bon moment et justifié par l'emploi de seuils d'intervention	
Intégration de diverses méthodes de lutte	Peu souvent	Souvent	Presque toujours
	Utilisation de pesticides de synthèse principalement	Utilisation de pesticides de synthèse et de moyens alternatifs	Utilisation de moyens alternatifs principalement

Gestion des pesticides	Choix approprié des pesticides appliqués. Respect des doses et du DAR. Tenue d'un registre.	Rotation des familles chimiques (selon mode d'action des pesticides). Restriction d'usage	Choix de pesticides sélectifs pour les auxiliaires et respect de certaines périodes d'application
	Calibrage et réglage des appareils	Emploi de techniques d'application des pesticides visant la réduction des quantités et l'optimisation du traitement	
	Entreposage dans un endroit réservé à cette fin, fermé à clé.	Adoption de mesures d'hygiène. Maintien des stocks de pesticides au minimum.	
	Application dans des conditions météorologiques favorables	Emploi de buses permettant de réduire la dérive des pesticides	
	Port des EPI appropriés (selon la toxicité et les travaux effectués)		
	Triple rinçage et élimination des contenants de pesticides de façon sécurisée et respectueuse de l'environnement		
Formation	Reconnaissance des ennemis et des auxiliaires. Formations sur les BPP et les BPA. Formation sur l'hygiène personnelle.		

Chapitre 2

Principes de lutte biologique et de lutte intégrée

2.1. La lutte biologique	20
2.2. Principes de la lutte intégrée	26
2.3. Mesures de gestion des maladies et ravageurs à intégrer	35
2.4. Méthodes de lutte alternatives aux produits chimiques	46
Annexes : Définitions et préparations diverses	57



2.1. La lutte biologique

2.1.1. Définition

La protection des cultures contre les organismes nuisibles a eu recours à diverses méthodes culturales et biologiques bien avant l'apparition des produits chimiques. La pratique de la jachère et celle de la rotation des cultures sont, parmi d'autres, des témoins d'un savoir-faire ancestral, souvent empirique, qui réduit l'incidence des organismes nuisibles aux plantes cultivées en provoquant des ruptures dans leurs cycles de reproduction. La prise de conscience des limites des procédés chimiques de lutte, considérés un moment comme susceptibles à eux seuls de résoudre tous les problèmes phytosanitaires, a renouvelé l'intérêt pour la lutte biologique. L'Organisation Internationale de Lutte Biologique (**OILB**) joue depuis un rôle déterminant en favorisant l'évolution de la protection des plantes vers des solutions biologiques.

La « **lutte biologique** » (« biological control » ou « biocontrol ») est une méthode qui consiste à combattre un ravageur, par l'utilisation ou la promotion de ses ennemis naturels, ou une maladie, en favorisant ses antagonistes. La lutte biologique est surtout dirigée contre les ravageurs (insectes, acariens et nématodes). On considère comme étant des ennemis naturels des ravageurs des cultures les organismes prédateurs, parasitoïdes ou infectieux (champignons entomophages, viroses) limitant la fréquence et la sévérité des pullulations. C'est la méthode lutte **recommandée en agriculture biologique**.

Définition de l'OILB : « utilisation d'**organismes vivants** (à la différence du « **biopesticide** », qui désigne aussi bien des organismes vivants que des substances inertes d'origine biologique, ou encore des produits phytosanitaires dits « biocompatibles », substances actives vivantes ou inertes d'origine biologique ou non, qui peuvent être employées en lutte intégrée) (parasitoïdes, prédateurs, pathogènes, antagonistes ou compétiteurs) pour prévenir ou réduire les dégâts causés aux cultures par des ravageurs ou des maladies ».

En dépit de nombreux succès, le bien-fondé de la méthode de lutte biologique est pourtant aujourd'hui discuté, tant en raison d'un taux de réussite jugé insuffisant par certains, que des risques biologiques encourus par la manipulation des complexes parasitaires.

2.1.2. Principes et stratégies de mise en œuvre

Les méthodes de lutte biologique contre les organismes nuisibles aux cultures exploitent les **mécanismes de régulation naturelle** des populations d'insectes, d'acariens, de nématodes, de rongeurs, ... Cette régulation est le résultat d'une balance entre le « potentiel biotique » des organismes vivants (leur dynamique de développement) et la résistance naturelle opposée à leur développement par leur environnement. Dans les cultures, étant donné notamment la perte de biodiversité, **les facteurs naturels de**

régulation sont généralement devenus insuffisamment efficaces ou actifs pour faire face à eux seuls aux situations de pullulation des ravageurs.

Les **organismes auxiliaires** ont des caractéristiques démographiques liées à celles des populations de leurs « hôtes » : ils sont dépendants de la densité atteinte par les populations de l'organisme nuisible (maladie, adventice ou ravageur).
La **compétition**, la **prédation** et le **parasitisme des auxiliaires** sont les principaux facteurs biotiques qui, exerçant une influence déterminante sur l'évolution des nuisibles, **contrôlent la stabilité de leurs populations**.

Quand les populations d'auxiliaires et de ravageurs sont en équilibre, ce sont des **auxiliaires actifs à faible densité** qui jouent un rôle déterminant de régulateur sur les derniers stades larvaires de leurs hôtes et empêchent les pullulations. C'est pourquoi les organismes auxiliaires présentent généralement des **effectifs insuffisants** pour assurer une régulation immédiate des populations d'hôtes connaissant une brutale augmentation suite à une perturbation de l'équilibre initial.

Face à cette invasion de ravageurs dont les populations s'accroissent rapidement, l'homme a tendance à intervenir en employant les moyens les plus efficaces dont il dispose et ceux dont l'effet sera immédiat : ce sont donc généralement les pesticides qu'il va choisir. Cependant, s'il utilise des **produits non sélectifs** pour les organismes auxiliaires, il risque de détruire les derniers antagonistes présents dans la culture et d'amplifier encore les attaques (« **effet boomerang** »).

Les **stratégies d'intervention** présentent des formes diverses mais complémentaires :

☐ **La préservation et valorisation du rôle des organismes auxiliaires indigènes**

Le développement des pratiques agricoles intensives est généralement défavorable au respect de ces mécanismes de régulation, la transformation des écosystèmes naturels induisant le plus souvent une réduction de leur diversité biologique. Il faut concevoir un **aménagement raisonné de la structure parcellaire des exploitations** pour y réserver des zones refuge favorables au maintien des populations d'organismes auxiliaires (haies, dispositifs enherbés, abris, plantes nectarifères). Il est nécessaire de limiter le recours aux pratiques défavorables (ex : arrachage des haies, suppression des jachères, labours,...), et les traitements phytosanitaires avec des produits non sélectifs, sur les zones refuges, au moment de la floraison, etc.

☐ **L'introduction volontaire d'auxiliaires exotiques**

Cette technique est mise en œuvre pour corriger les « erreurs » d'une introduction accidentelle d'organismes nuisibles aux cultures sans le cortège parasitaire qui régule normalement leurs pullulations dans leur biotope d'origine. Cependant, de telles introductions volontaires peuvent occasionner des effets non intentionnels par défaut de spécificité d'action. Cette forme d'intervention s'applique **préférentiellement aux cultures pérennes** en raison du bénéfice attendu à long terme de l'acclimatation des organismes auxiliaires introduits. L'**importance du risque** d'occupation des niches écologiques par la nouvelle espèce colonisatrice et, par là, de réduction de la diversité biologique originelle, **limite fortement l'intérêt** de cette technique.

□ L'amplification du rôle des organismes auxiliaires par lâchers inondatifs

Cette stratégie qui repose sur la mise en œuvre d'organismes auxiliaires en grande quantité, au moment et lieu voulus, assimile le traitement biologique aux traitements chimiques traditionnels. La récente maîtrise des techniques de production en masse des organismes auxiliaires (ex : production de masse réalisée sur les œufs d'un hôte de substitution) a favorisé l'application de cette stratégie. On peut citer par exemple :

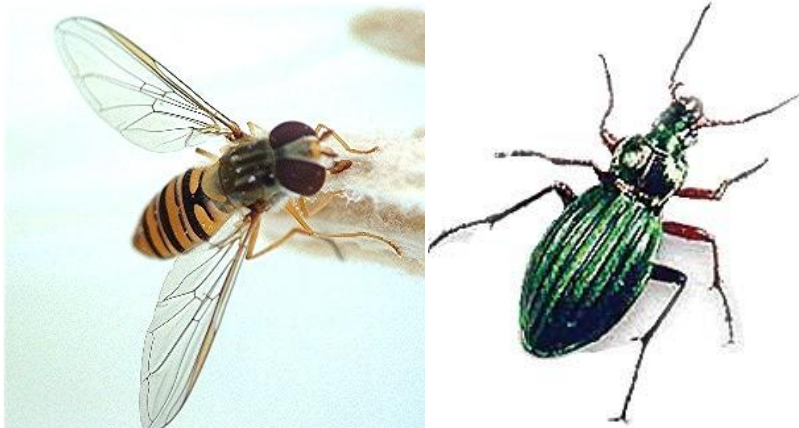
- ▶ les élevages, puis la distribution de **coccinelles** pour limiter l'extension d'une cochenille qui envahissait les citronniers ;
- ▶ les opérations de lâchers d'un Hyménoptère pour combattre la Mouche de l'olive ;
- ▶ les **Trichogrammes** utilisés contre la Pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis*. L'avantage de ces auxiliaires est qu'ils sont oophages, ils détruisent donc la Pyrale dès son premier stade avant même qu'elle ne commette de dégâts. La technique repose sur des lâchers inondatifs et saisonniers de 200 000 à 400 000 parasites par hectare. Pour leur épandage en culture, les trichogrammes sont présentés sous la forme d'œufs parasités d'*Ephesia kuehniella* (teigne de la farine), conditionnés dans de petites capsules en carton biodégradables, paraffinées et percées, qui protègent les prédateurs contre les intempéries et qui simplifient la manipulation du produit. L'intervention doit être répétée chaque année au moment de la ponte du ravageur.

La mise à disposition des praticiens d'organismes auxiliaires multipliables en masse leur donne la possibilité de recourir à la lutte biologique dans les cultures annuelles, milieu généralement peu favorable à l'expression des auxiliaires indigènes et à l'acclimatation des auxiliaires exotiques.

2.1.3. Quels organismes auxiliaires ?

Sous le terme d'« **auxiliaires** », on peut trouver des organismes vivants très différents en raison des rôles de diverses natures qu'ils peuvent jouer au sein d'une même niche écologique. Les ennemis naturels comprennent les prédateurs, les parasites et les maladies spécifiques aux parasites.

Les malherbologistes s'intéressent à des agents dont la spécificité d'action doit mettre les plantes cultivées à l'abri d'éventuels effets non intentionnels : insectes phytophages, agents pathogènes, voire même poissons herbivores pour limiter le développement de la Jacinthe d'eau qui, en Afrique, a envahi de nombreux cours d'eau. Les phytopathologistes travaillent sur des microorganismes compétiteurs qui empêchent l'implantation et la prolifération des espèces phytopathogènes (ex : levures colonisant la surface des pommes destinées au stockage qui empêchent le développement du *Penicillium expansum*). Les entomologistes exploitent surtout la diversité des prédateurs et parasites (**insectes et acariens**, voir tableaux ci-après).



Insectes auxiliaires (parties aérienne ou au sol) : le Syrphe et le Carabe

En raison du souci de s'assurer de la spécificité d'action des organismes auxiliaires utilisés en lutte biologique, la préférence est généralement accordée aux espèces dites spécialistes par rapport aux espèces généralistes. C'est pourquoi les **prédateurs** sont moins souvent mis en œuvre que les **parasitoïdes** par exemple, même si cette règle connaît des exceptions de taille comme celle des coccinelles (prédatrices, mais la plupart des espèces ne mangent que les pucerons).

Arthropodes utilisables en lutte biologique	
Insectes prédateurs	
<p>Coleoptera</p> <ul style="list-style-type: none"> Coccinellidae Staphylinidae Carabidae <p>Heteroptera</p> <ul style="list-style-type: none"> Anthocoridae Miridae Nabidae <p>Nevroptera</p> <ul style="list-style-type: none"> Chrysopidae Hemerobidae Cogniopterygidae <p>Diptera</p> <ul style="list-style-type: none"> Syrphidae Chamaemyiidae Cecidomyiidae 	<p>Coccinella, Adalia, Adonia, Propylea, Harmonia, Scymnus, Chilocorus, Stethorus</p> <p>Oligota, Tachyporus, Staphylinus</p> <p>Agonum, Harpalus, Bembidion, Poecilus, Platisma</p> <p>Orius, Anthocoris</p> <p>Deraeocoris, Phytocoris, Malacocoris, Pilophorus, Campyloma, Heterotoma, Atractotomus</p> <p>Himacerus, Nabis</p> <p>Chrysopa</p> <p>Hemerobius, Micromus</p> <p>Conwentzia</p> <p>Syrphus, Episyrphus, Epistrophe, Scaeva</p> <p>Leucopsis</p> <p>Aphidoletes</p>
Insectes parasitoïdes	
<p>Diptera</p> <ul style="list-style-type: none"> Tachinidae <p>Hymenoptera</p> <ul style="list-style-type: none"> Ichneumonidae Brachonidae Aphidiidae Trichogrammatidae Encyrtidae Aphelinidae Pteromalidae Eulophidae 	<p>Pales, Agria, Phryxe</p> <p>Itoplectis, Ephialtes</p> <p>Macrocentrus, Apanteles</p> <p>Aphidius, Trioxys, Praon</p> <p>Trichogramma</p> <p>Encyrtus, Ageniaspis</p> <p>Aphelinus, Encarsia, Aphis</p> <p>Eupteromalus, Asaphes</p> <p>Eulophus, Tetrastichus</p>
Acariens	
<p>Gamasida</p> <ul style="list-style-type: none"> Phytoseiidae <p>Actinedida</p> <ul style="list-style-type: none"> Anystidae Stigmaeidae Trombidiidae 	<p>Typhlodromus, Amblyseius, Phytoseiulus, Neoseiulus</p> <p>Anystis</p> <p>Zetzellia</p> <p>Trombidium, Allotrombidium</p>

Quelques exemples d'application de la lutte biologique



Le parasitoïde *Trichogramma* spp.

Le parasitoïde *Trichogramma* spp. est utilisé sur 52 ha de cultures cotonnières dans la Province de Gorgan au nord de l'Iran pour lutter contre les ravageurs du coton avec un résultat apparemment meilleur qu'avec les pesticides traditionnels.



L'utilisation d'un acarien prédateur (*Amblyseius degenerans*) contre les thrips

L'*Amblyseius degenerans* est un acarien prédateur qui pique ses proies et en suce le contenu. Il s'établit volontiers dans les fleurs en se nourrissant de pollen en l'absence de ses proies. Il est livré dans un tube contenant de la vermiculite et peut être appliqué préventivement contre les thrips dans les fleurs.



Lutte biologique en Manioc contre l'acarien *Mononychellus tanajoa*

Lutte biologique contre l'acarien *Mononychellus tanajoa* par des acariens prédateurs (*Typhlodromus aripo*) dans 18 pays d'Afrique producteurs de manioc : diminution de 60 % des populations d'acariens ravageurs.

2.2. Principes de la lutte intégrée

2.2.1. Définitions

La « **lutte intégrée** », ou mieux encore la « **protection intégrée** » (*Integrated Pest Management* ou IPM), est utilisée pour gérer les problèmes des maladies et des espèces nuisibles aux cultures de manière responsable pour l'environnement. Elle se caractérise par une action de lutte contre les ennemis des cultures prenant en compte les relations entre l'organisme nuisible et ses antagonistes, la plante et son environnement, tout en considérant les caractéristiques du contexte socio-économique local (région du monde, filière locale ou même entreprise particulière).

Plus de trente ans après la vulgarisation de ce concept, il n'existe aucune définition universellement acceptée de la lutte intégrée. Pour certains, elle fait partie d'une démarche large, menant à une agriculture « sans produits chimiques » (école du « Pest Management »). Pour d'autres (ex : CROP LIFE), il s'agit simplement d'**un système de protection des cultures** permettant une utilisation des pesticides plus rationnelle et plus respectueuse de l'environnement (école du « Pesticide Management »).

Définition selon la réglementation européenne

La **lutte intégrée** est l'application rationnelle d'une combinaison de mesures biologiques, biotechnologiques, chimiques, physiques, culturelles ou intéressant la sélection des végétaux, dans laquelle l'emploi des produits phytopharmaceutiques est limité au strict nécessaire pour maintenir la présence des organismes nuisibles en dessous du seuil à partir duquel apparaissent des dommages ou une perte économiquement inacceptables.

C'est un **processus décisionnel** par lequel on cherche à prévenir les infestations d'organismes nuisibles grâce à plusieurs **stratégies appliquées en combinaison** en vue d'obtenir des **résultats à long terme**.

La lutte intégrée vise à **contenir les dégâts** causés par les maladies et les parasites **sous des niveaux économiquement acceptables dans le contexte de la production locale**, en privilégiant la prévention des infestations, le recours à des techniques culturales adaptées favorisant la biodiversité, l'exploitation judicieuse des ressources génétiques, et la lutte biologique avant le recours aux pesticides. Les pesticides ne seront toutefois utilisés que si aucune autre solution n'est disponible ou économiquement viable, et seulement si le risque pour le consommateur, pour l'environnement, pour la biodiversité ou pour l'apparition de résistances, n'est pas excessif par rapport au « bénéfice » espéré (amélioration de la qualité sanitaire et/ou accroissement de la production).

En diminuant la dépendance des producteurs envers les pesticides, la lutte intégrée permet aussi de **réduire les coûts de production tout en réduisant significativement le risque de « résidus »**.

La lutte intégrée a conduit par extension au principe de « **Production intégrée** » qui se caractérise par la mise en œuvre de pratiques agricoles menant à des aliments de qualité, en privilégiant les moyens naturels et en utilisant des mécanismes régulateurs pour remplacer les apports d'intrants polluants et pour assurer une production agricole durable (grâce à la préservation de la fertilité des sols ainsi qu'à la conservation des qualités et de la diversité du milieu) tout en respectant les exigences économiques de rentabilité¹.

Le « Code de Bonnes Pratiques Agricoles » est un allié essentiel de la lutte intégrée. Selon la législation européenne, chaque État membre doit établir un code qui sera approuvé par la Commission européenne. Il contient un ensemble d'informations, de données techniques et de recommandations afin d'aider les agriculteurs à mieux préserver l'environnement.

2.2.2. Programme de mise en œuvre

Un **programme de lutte intégrée** peut comprendre des efforts de sensibilisation et de formation des producteurs, la gestion adéquate des déchets, l'adaptation des structures, l'entretien des cultures, le recours à des techniques de lutte biologique, génétique, physique et mécanique, et enfin l'application de pesticides.

Dans la pratique, la mise en œuvre d'un programme de lutte intégrée comprendra :

- ▶ le recours aux **ressources phytogénétiques** (plantes adaptées aux conditions écologiques, résistantes ou tolérantes à certaines maladies et insectes)...avec ou sans plantes OGM, selon les « écoles » ou même selon le type de résistance introduite ;
- ▶ le **rejet du calendrier** de traitements préétablis, lui préférant des interventions basées sur un canevas d'**observations** ;
- ▶ la **surveillance de l'évolution** des populations des ennemis et de leurs antagonistes, au niveau de l'unité de production (contrôle visuel, battage, piégeage),
- ▶ la référence à des niveaux de population pour décider d'une intervention (**seuil de tolérance, seuil de nuisibilité, seuil d'intervention**) ;
- ▶ l'utilisation de **moyens diversifiés** (culturels, biologiques, biotechnologiques, etc.) et **adaptés aux exigences économiques et écologiques** pour maintenir les populations des ennemis à des niveaux acceptables.

¹ Voir **Manuel N°9** du PIP - *PRODUIRE DE FAÇON DURABLE ET RESPONSABLE: Enjeux et opportunités pour les producteurs ACP.*

Le **respect de la notion de seuil**, reposant donc sur l'estimation d'un niveau de population, conduit à **rejeter l'objectif d'éradication complète** des organismes nuisibles, tout en soulignant l'importance des **équilibres naturels** au travers du rôle bénéfique des organismes auxiliaires de l'agriculteur.

La stratégie repose, d'une part, sur le principe d'intégration de différentes méthodes de lutte (dont les techniques sont sélectionnées pour leurs effets aussi réduits que possible sur l'environnement) et, d'autre part, sur **une aide personnalisée à la décision**, permettant au producteur d'**évaluer les risques** réellement encourus au niveau de chacune de ses parcelles afin qu'il puisse décider quand et comment intervenir.

La mise au point d'un programme de lutte intégrée supposera une **approche systématique en plusieurs étapes** :

1. **identifier et connaître** les alliés et les ennemis des cultures ;
2. **apprécier** le contexte : détecter systématiquement la présence d'ennemis des cultures et évaluer la situation globale (conditions environnementales, abondance des organismes nuisibles et utiles, état de santé des plantes et stade de leur développement, niveau de résistance ou de tolérance des plantes, date de la récolte, exigences de qualité, exigences réglementaires²) ;
3. **utiliser des seuils** d'intervention (maintenir les dégâts causés par les organismes nuisibles en deçà d'un niveau de nuisance économiquement acceptable, tout en favorisant leurs adversaires naturels) ;
4. **adapter l'écosystème** en le rendant à la fois favorable aux organismes utiles mais non attrayant pour les organismes nuisibles ;
5. **combinaison des méthodes** de lutte (préventives ou curatives) dans un système intégré de défense des cultures ;
6. **évaluer les actions** mises en œuvre quant à leur adéquation, à leurs conséquences pour l'homme et le milieu, et quant à leur efficacité.

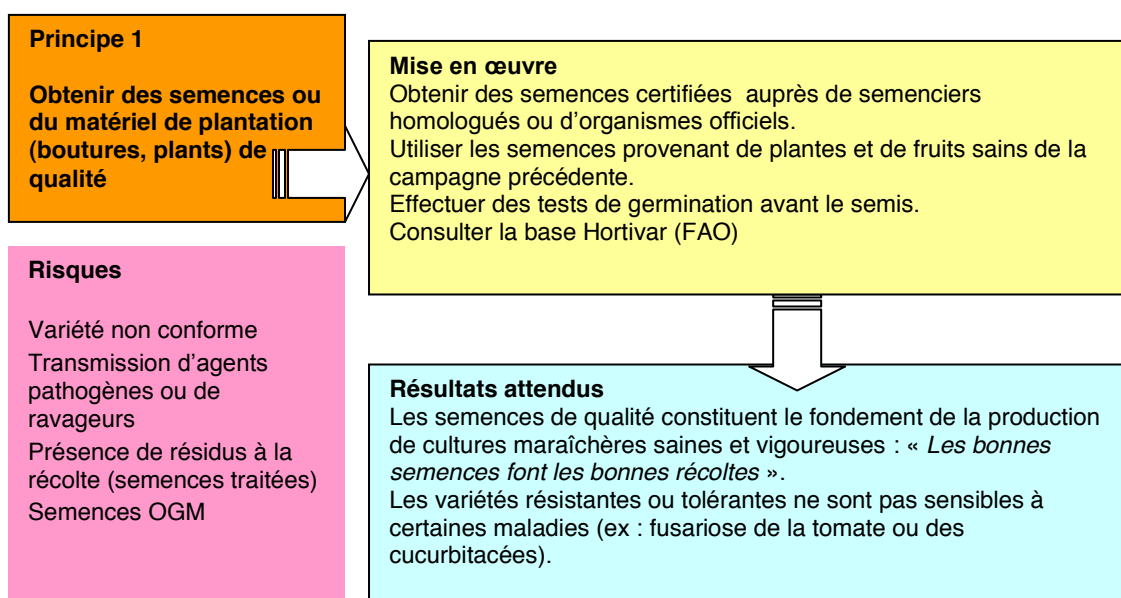
² Le niveau de « tolérance » d'infestation peut être **égal à zéro** quand il s'agit d'un organisme de quarantaine et que les produits récoltés doivent être exportés.

2.2.3. Les 16 « Principes de base » d'une stratégie de lutte intégrée³

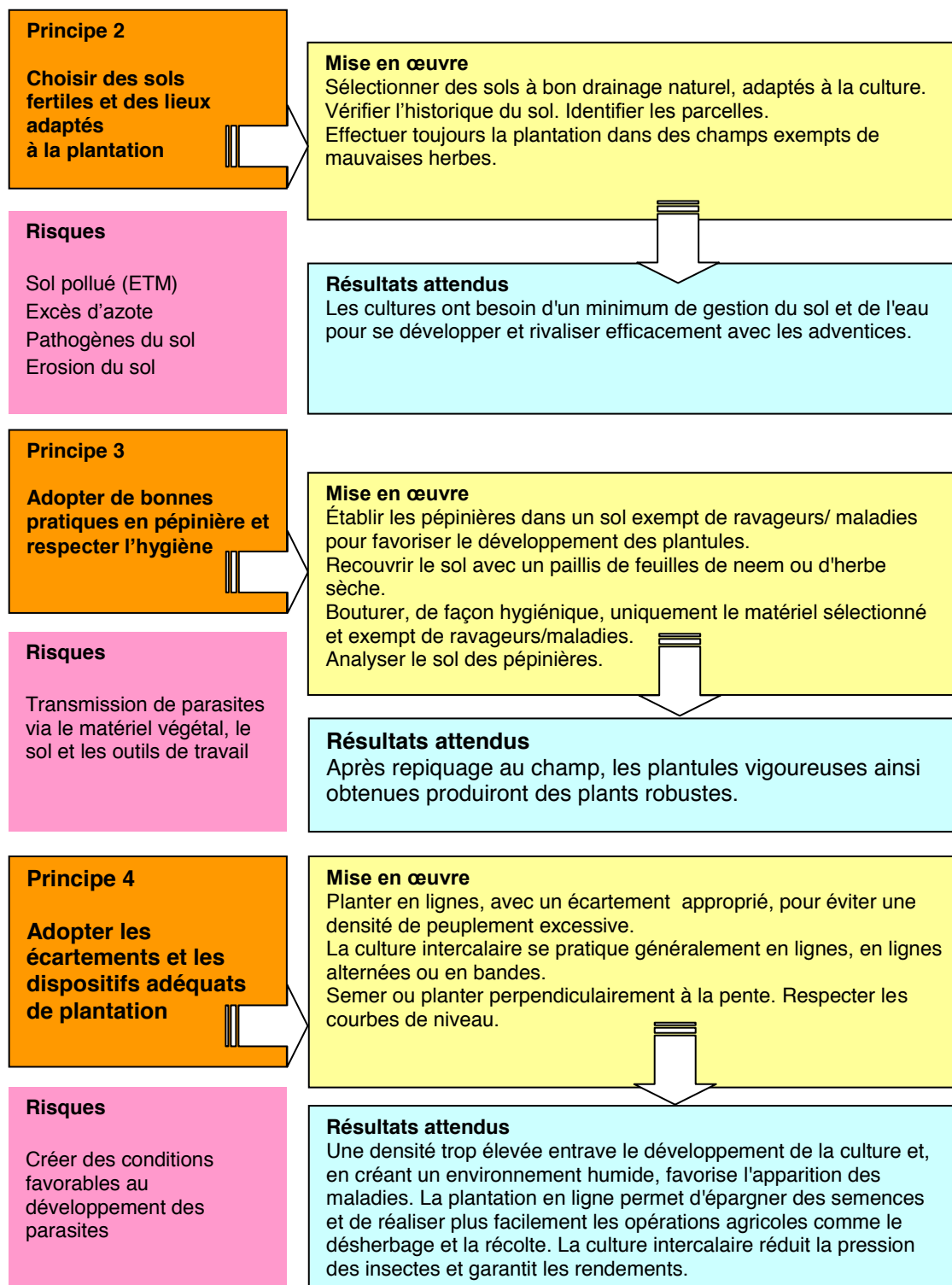
Ces principes de base ne concernent pas uniquement la gestion des adventices, des maladies et des ravageurs, mais aussi **l'ensemble des facteurs du milieu** qui influencent le développement des cultures. L'obtention de matériel de propagation sain et de cultures saines est le fondement de toute stratégie de lutte intégrée. L'adoption de ces 16 principes par le producteur lui permettra :

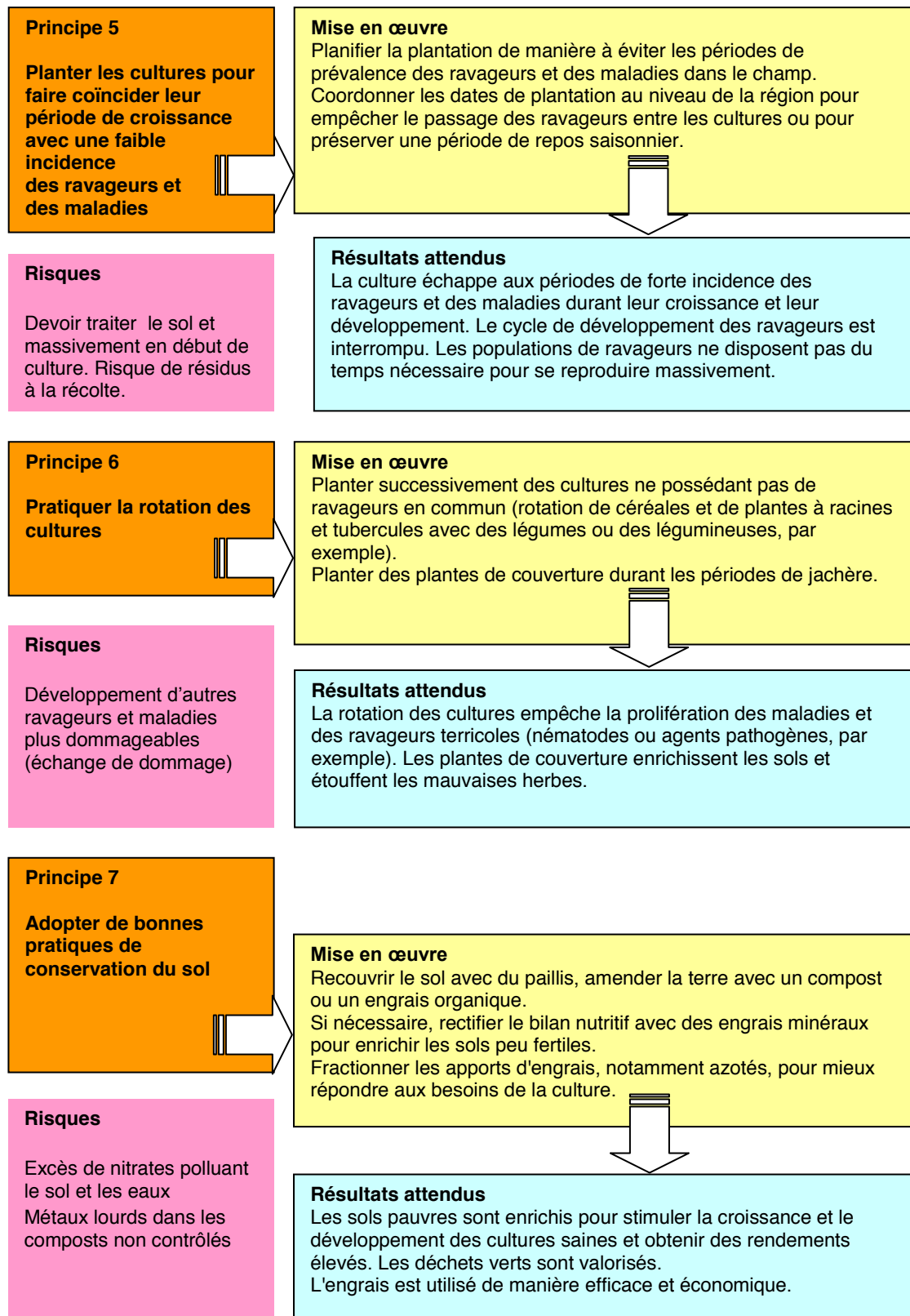
- ▶ de protéger efficacement sa culture et sa récolte ;
- ▶ de respecter plus facilement les normes de qualité sanitaire et phytosanitaire, notamment les limites maximales applicables aux résidus de pesticides (LMR) ;
- ▶ d'améliorer son revenu/ha en diminuant le recours aux intrants (engrais et pesticides).

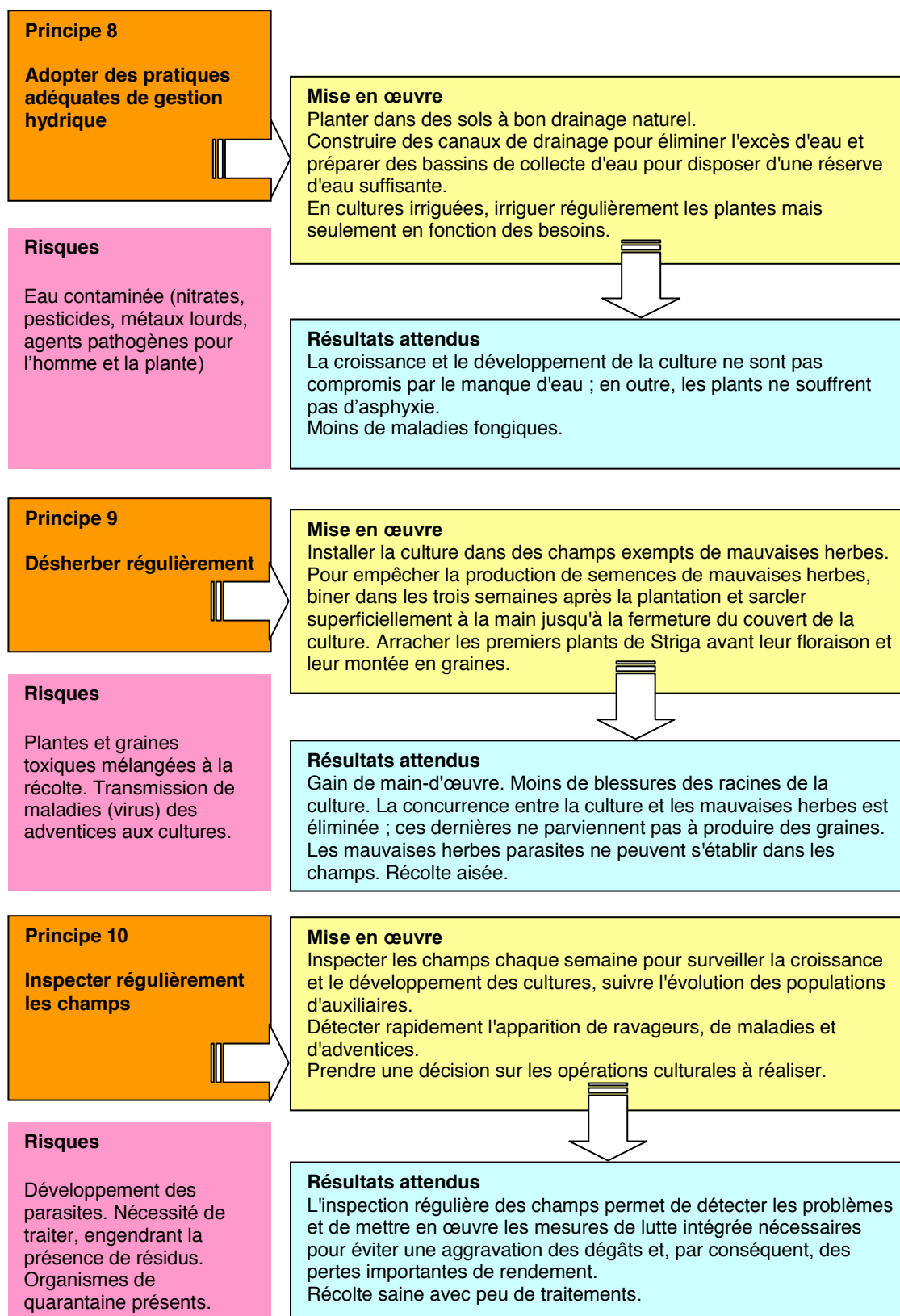
La bonne gestion sanitaire des cultures implique l'adoption des 16 principes fondamentaux qui suivent :

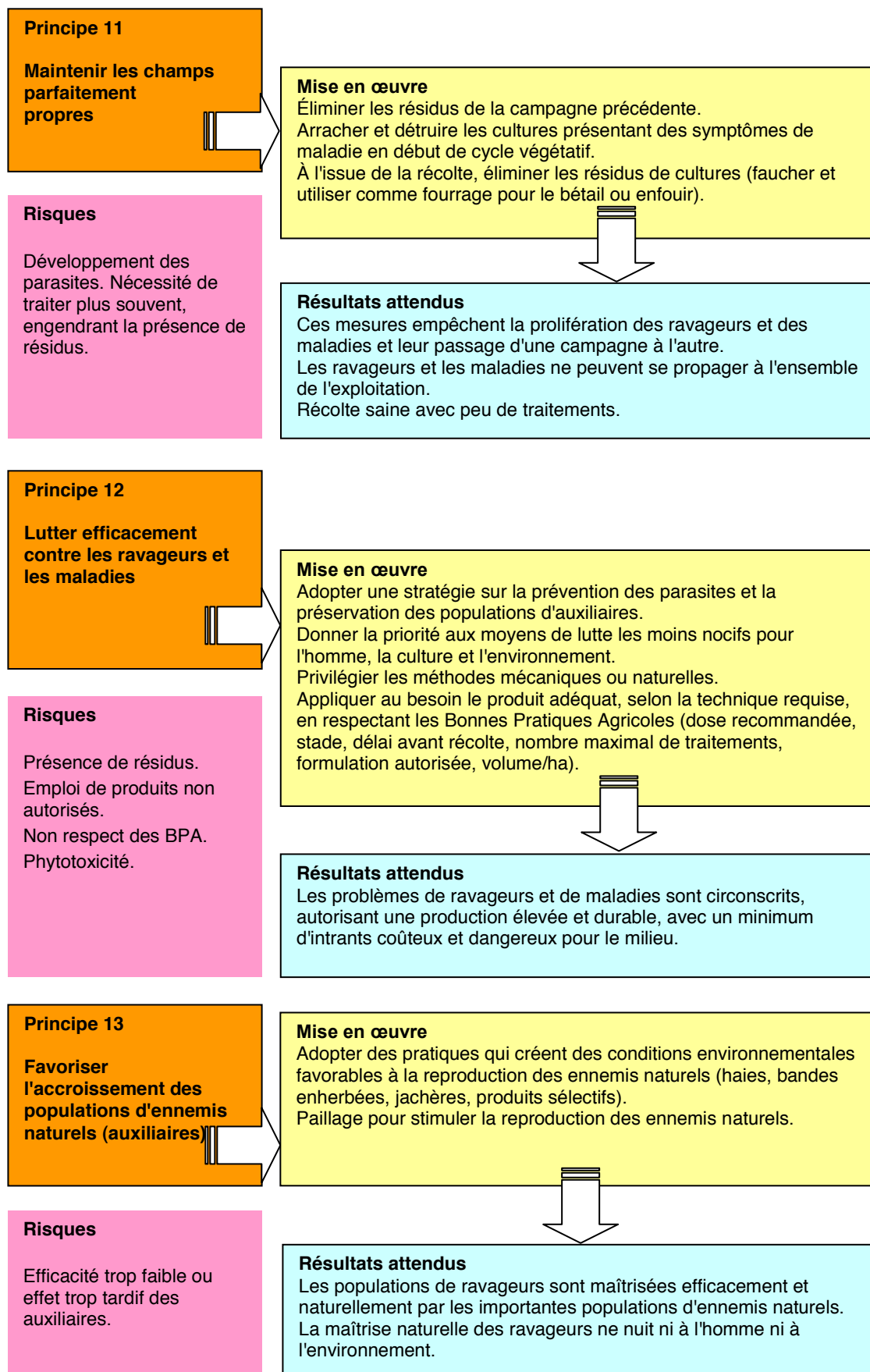


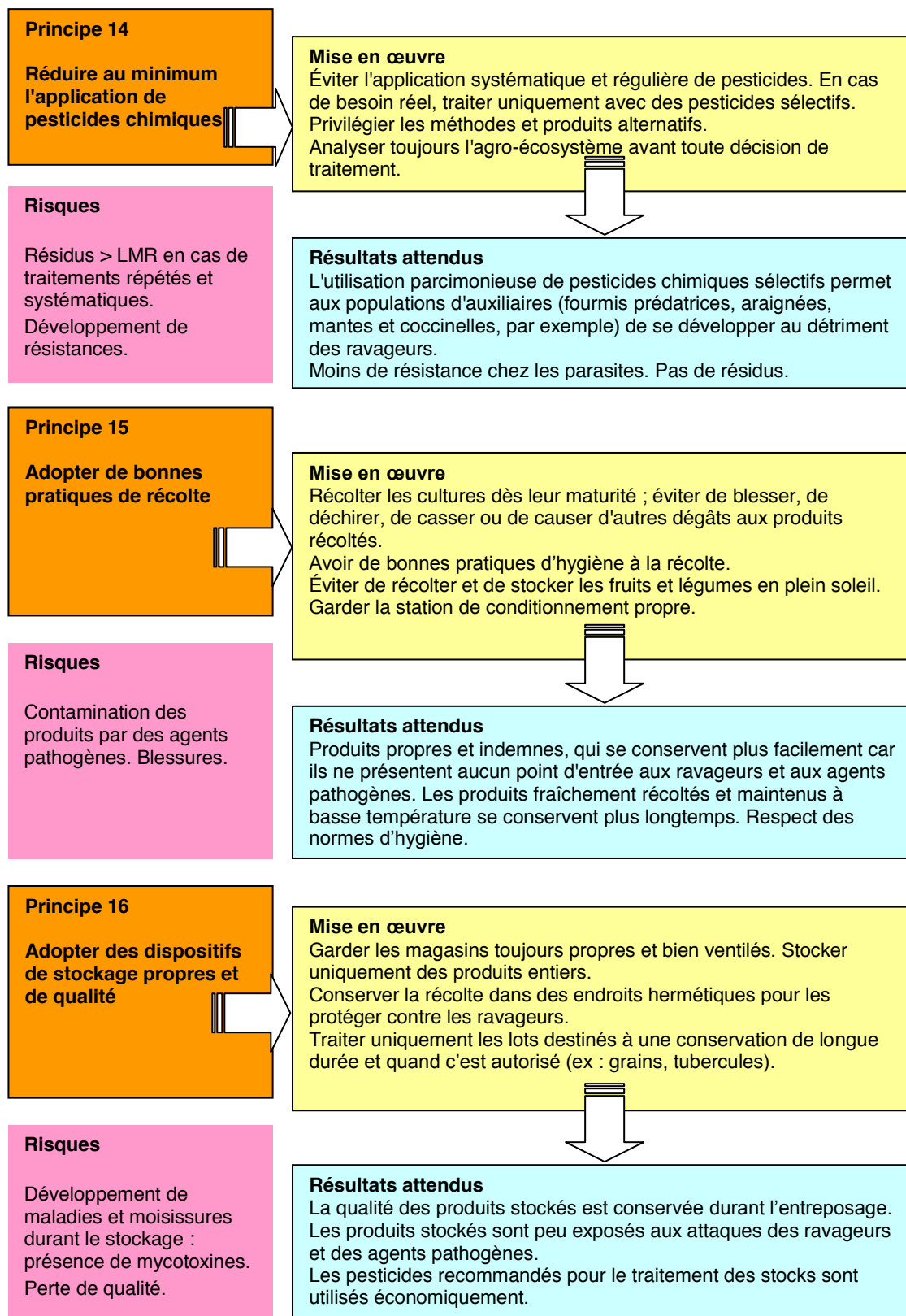
³ Adapté de « *Guide 1 - Principes de la lutte intégrée : l'obtention de cultures saines* », A. Youdeowei, 2004 (édité par le CTA).











2.3. Mesures de gestion des maladies et ravageurs à intégrer

La FAO identifie clairement la lutte intégrée comme un système de gestion des populations d'organismes nuisibles, en fonction de critères économiques, par l'intégration, et non la juxtaposition, de toutes les techniques reconnues comme « facteurs de régulation » (mesures préventives d'abord, interventions ensuite).

La « protection intégrée » ne repose plus sur un concept de lutte, mais adopte celui de **gestion de populations** nuisibles et utiles. Elle suppose que des **mesures préventives** aient été prises en temps et lieux opportuns pour réduire l'importance des risques phytosanitaires encourus. Elle nécessite l'intégration de moyens cultureux, génétiques, biologiques et biotechniques. L'expérience a montré que le succès d'une telle intégration implique l'adoption d'une **position déterminée de la part du producteur** quant à la **priorité** à accorder aux moyens biologiques de lutte.

2.3.1. Mesures prophylactiques

La sélection de mesures préventives postule la connaissance préalable des phénomènes parasitaires dans leur contexte écologique.

Utiliser des semences, plants, rejets ou tubercules sains

Pour de très nombreuses cultures, les **semences** sont utilisées comme matériel de propagation. Elles peuvent être contaminées (intérieurement comme extérieurement) par des champignons, bactéries, virus ou nématodes. Ces parasites vont se développer avec la germination et la croissance des végétaux. Le producteur doit donc veiller à n'utiliser que des semences d'origine connue et certifiées (produites dans de bonnes conditions d'hygiène, avec une surveillance constante et un examen phytosanitaire avant délivrance). Les semences certifiées **produites par organisme officiel** ont aussi l'avantage de garantir le respect de la variété et de ses caractéristiques (garantie d'absence de semences de plantes OGM !), de mieux germer et d'offrir un meilleur potentiel de production. Les semences peuvent être désinfectées, par fumigation ou par enrobage. Elles sont aussi souvent traitées contre les champignons pathogènes du sol responsable de la « fonte des semis », contre certains insectes du sol (vers blancs, taupins,...) ou même des parties aériennes (pucerons, cécidomyie).



Semences traitées contre le ver blanc

Pour un petit nombre de cultures ce n'est pas la graine qui est le point de départ, mais **des parties de la plante cultivée** (multiplication végétative). Par exemple la pomme de terre est cultivée à partir de tubercules, la banane à partir de rejets et le manioc à partir de boutures. Avec ce type de reproduction **certains ravageurs et maladies** peuvent se développer au cours de la première saison et se transmettre à la culture qui suit.

Par exemple, si l'on utilise pour la production ou la multiplication des pommes de terre des tubercules de plantes infectées par le Potato Leaf Roll Virus (PLRV), les nouveaux plants seront aussi infectés. Comme deuxième exemple on peut citer le cas du manioc où la Mosaïque africaine du manioc est transmise par les boutures; de même, la Cochenille farineuse du manioc peut passer à la nouvelle culture par des boutures infestées. Pour éviter cette transmission il est recommandé d'utiliser toujours des boutures, plants, rejets, tubercules, ... sains pour la reproduction.

Le producteur doit régulièrement inspecter ses plantes, spécialement dans les **pépinières**. Il peut marquer celles qui ne présentent pas de symptômes de maladies ou ne sont pas attaquées par certains insectes (par exemple cochenilles) et qui pourront être utilisées pour la culture.

Il peut aussi en fin de saison marquer dans ses champs, avec un ruban en plastique qu'il attache à la plante ou bien encore avec un piquet, les plantes et arbres sains à utiliser pour la production de l'année suivante (sur lesquels il peut par exemple prélever des graines⁴, des boutures ou des rejets). Si toutes les plantes sont infestées, on ne peut pas les utiliser pour la reproduction. Il vaut mieux se procurer des boutures ou des tubercules sains provenant d'un autre endroit, ou mieux d'un organisme officiel de production de semences et/ou de plants certifiés.

☐ Mettre en place une rotation raisonnée des cultures

La diversification des cultures consiste à pratiquer plusieurs types de culture afin de réduire le risque de perte totale de la récolte. Elle peut très bien se combiner avec la pratique de la rotation. La **rotation des cultures** limite le développement des maladies, des ravageurs, mais également des adventices car elle permet de briser le cycle de développement des nuisibles.

⁴ Sauf pour les variétés hybrides

A contrario, la succession année après année d'une culture sensible sur une même parcelle favorise les parasites. Il est donc préférable de pratiquer, quand c'est possible, l'alternance des cultures par des rotations car :

- ▶ les maladies et ravageurs sont plus ou moins étroitement inféodés à une culture, mais peuvent être sans effet sur des plantes de famille différente, même si l'inoculum est présent ;
- ▶ l'alternance de cycles culturels variés (préparation du sol, semis, récolte, enfouissement des résidus à des dates différentes d'une année sur l'autre) évite la sélection et la multiplication d'un type d'adventices, particulièrement les annuelles ;
- ▶ l'introduction d'engrais verts dans les rotations permet de préserver la fertilité des sols : par exemple, engrais verts d'été de sorgho en maraîchage sous abri.

Sans rotation des cultures, on peut, par exemple, rencontrer des problèmes avec les **nématodes**. Ainsi, les nématodes (*Meloidogyne* sp.) se développent bien dans le sol des cultures de tomates et restent sur les racines après la récolte. Si, l'année suivante, on cultive de nouveau la tomate, les nématodes, qui ont généralement un pouvoir de multiplication élevé, peuvent devenir un problème très grave. On a le même problème si, après la tomate, on cultive une plante sensible aux *Meloidogyne* (par exemple le gombo). En revanche, si on la remplace par une plante qui n'est pas attaquée par les *Meloidogyne*, les populations de nématodes vont diminuer (ex : la culture de sorgho ou des céréales, succédant à la tomate, entraîne une réduction des populations de *Meloidogyne* dans le sol).

Il existe donc dans la rotation des « **précédents culturels** » favorables ou défavorables (la valeur du précédent n'est cependant pas considérée seulement sous l'angle phytosanitaire : l'effet sur la structure du sol, sur le prélèvement des éléments nutritifs, sur le taux de matière organique,... sont également à prendre en compte au moment du choix).

Ainsi, dans le **cas du Haricot vert**, certains précédents sont à éviter (voir Tableau ci-dessous) comme les productions fournissant une masse importante de résidus végétaux ou le maïs si la présence de résidus de l'herbicide atrazine, toxique vis-à-vis du haricot ou encore d'une autre légumineuse comme le pois, est possible. Une rotation assez longue est recommandée, ou à défaut une jachère prolongée, pour des raisons phytosanitaires et notamment pour éviter les fontes des semis dues à *Rhizoctonia solani*.

Exemple de précédents pour la culture du Haricot vert		
Précédents déconseillés	Précédents non favorables	Précédents conseillés
Haricot, Pois Pomme de terre Jaxatu, Aubergine Melon, Concombre, Courgette, Pastèque Laitue Gombo	Arachide Piment, Céleri, Laitue Carotte Oignon, Ail, Échalote	Céréales dont les résidus ne sont pas enfouis (maïs, sorgho, mil) Choux, Navet Bissap Betterave Manioc Patate douce Fraisier

Les « **Itinéraires techniques du PIP** » reprennent en tableaux pour chaque culture l'effet des précédents culturels et conseillent le producteur quant à son choix... mais la décision du producteur est aussi basée sur des considérations économiques !

2.3.2. Choix d'espèces ou de porte-greffe résistants

L'emploi d'espèces et/ou de **variétés résistantes** ou tolérantes : en maraîchage, il existe de plus en plus de variétés résistantes ou tolérantes aux maladies, variétés de laitues résistantes au *bremia*, variétés de melons résistants aux pucerons, à l'oïdium, à la fusariose, etc.

Les espèces sauvages des plantes et les cultivars primitifs ont été très largement exploités pour leur **richesse en gènes de résistance**. On peut citer comme exemples : la carotte sauvage *Daucus capillifolius*, utilisée pour introduire dans les lignées cultivées la résistance à la mouche de la carotte ; ou encore, la résistance au nématode à galles *Meloidogyne arenaria* chez la tomate (*Lycopersicon esculatum*) introduite à partir de l'espèce sauvage *L. hirsutum*. **Ceci explique l'importance capitale de préserver la biodiversité et les espèces sauvages**, véritables « banques de gènes » à protéger !

Les résistances de type « monogéniques » (ou « verticales ») ont le risque d'être rapidement contournées par l'apparition de nouvelles races virulentes du parasite. Il est donc préférable de disposer de résistances non spécifiques (ou « horizontales »), supposées plus durables. Par ailleurs, il a pu être démontré que le niveau de résistance est parfois lié à la pression parasitaire (ex : mouche de la carotte, mouche du chou,...), les sélectionneurs ne disposant pas, dans la plupart des cas, de résistance totale mais de résistance partielle. Ceci est d'autant plus vrai que les mécanismes en cause dans l'acquisition des résistances sont divers (ex : pour l'oignon, la résistance au *Thrips tabaci* est acquise par une modification du port des feuilles).

L'utilisation de variétés ayant une **résistance partielle** aux insectes ravageurs obligera donc les producteurs à mettre en place une stratégie de protection qui tient compte des zones à plus forts risques et de la biologie du ravageur.

Le greffage permet de lutter contre des parasites du sol en greffant une variété cultivée sensible sur une **variété porte-greffe résistante** : greffage des aubergines sur tomate, des courgettes sur courge contre les champignons du sol, porte-greffe résistants contre les nématodes des tomates, concombres, pastèques ou aubergines ; etc. Pratiquée sur plusieurs espèces de cucurbitacées et de solanacées, cette technique permet de disposer de racines présentant un bon niveau de résistance contre certaines maladies et/ou parasites du sol. Après un certain abandon, le greffage connaît un regain d'intérêt, en particulier pour le melon, la tomate et l'aubergine.

Les caractéristiques des cultivars et des porte-greffes utilisables dans les pays ACP sont reprises sur le **site Hortivar de la FAO** (consulter le site Web du Projet Hortivar www.fao.org/hortivar) et **dans les catalogues** commerciaux des variétés.

Hortivar est une base de données de la FAO sur les **performances et la résistance des variétés horticoles** en relation avec les conditions agro-écologiques, les pratiques culturales, l'occurrence des parasites et des maladies et les calendriers de production. Hortivar couvre six catégories horticoles: fruits, légumes, racines et tubercules, plantes ornementales, champignons, herbes et condiments.

Cette mesure est toutefois **limitée en pratique par le souhait des importateurs** et des distributeurs de recevoir un type bien déterminé de fruit ou de légume, voire recevoir une variété précise, du produit, ou encore par **la nécessité d'avoir un produit qui supporte bien le transport** (ex : cas des cultures de melon). Le producteur n'a donc souvent qu'un choix théorique entre les variétés et il est obligé de cultiver certaines variétés pour avoir accès aux marchés.

2.3.3. Adoption de techniques culturales favorables

De bonnes pratiques culturales permettent d'éviter le développement de maladies et de ravageurs ou d'adventices. Le **mode de conduite** (labours, sarclage, buttage, palissage, effeuillage localisé, densité adaptée, aération des serres...), en favorisant l'élimination des adventices, des résidus de culture et/ou l'aération des plantes, permet de réduire les attaques de certains ravageurs et de certaines maladies fongiques, bactériennes ou virales. La taille, le déchaumage, l'élimination des résidus de la culture précédente,... permettent la réduction des inoculum et réduisent ainsi le niveau des attaques. On peut recommander aux producteurs d'**intégrer dans leur itinéraire technique les pratiques suivantes** :

❑ Pratiquer le labour

Un avantage du labour est son **effet direct sur nombre de ravageurs** qui sont présents dans le champ. Le labour peut en effet déterrer beaucoup de chrysalides et d'œufs de sautériaux qui se trouvent dans le sol, les exposant ainsi à la chaleur du soleil et aux prédateurs (oiseaux insectivores, fourmis, carabides, etc.). On peut réduire ainsi les populations des ravageurs qui peuvent infester la nouvelle culture. De plus, ce labour supprime bon nombre de mauvaises herbes, ce qui est bénéfique aux jeunes plantules lors de leur développement car elles ne souffrent pas de concurrence des adventices pour l'eau, la lumière et les substances nutritives du sol.

Dans une terre meuble, les plantes peuvent s'enraciner plus facilement et plus profondément. Il s'ensuit que les plantes se développent plus rapidement et deviennent plus vigoureuses, ce qui les rend moins sensibles aux ravageurs et aux maladies.

Il convient par contre d'**adapter le labour en fonction de la sensibilité des terres à l'érosion** éolienne ou hydrique (structure du sol, teneur en M.O., répartition et intensité des pluies,...)⁵.

❑ Adapter la date de semis

Le **choix de la date du semis** est une pratique culturale souvent recommandée pour éviter les attaques de certains ravageurs. Les plantes sont plus sensibles aux attaques d'insectes quand elles sont encore petites. Au début de la saison de culture, les populations de beaucoup d'insectes sont encore très basses.

Le **semis précoce** offre l'avantage que les plantes sont déjà plus grandes et fortes au moment où les populations d'insectes commencent à augmenter, ce qui contribue à limiter leurs dégâts (ex : la mouche des pousses qui attaque les jeunes plants de sorgho particulièrement sensibles pendant les quatre semaines qui suivent la levée ; jeunes plants d'arachide plus sensibles aux pucerons que les plantes plus âgées ; lutte contre l'Ergot du mil, car le semis précoce aide à réduire l'infection initiale). Si l'on pratique le semis à sec (pour être très précoce), il est nécessaire de traiter les semences pour protéger les graines enfouies dans le sol contre les termites et les fourmis.

En revanche, on recommande parfois un **semis tardif** pour éviter ou limiter le développement de moisissures sur les graines (maturation des grains après l'arrêt des pluies). En cas de semis tardif, il est conseillé de ne pas laisser le sol nu pour freiner l'érosion.

❑ Adapter la densité de la végétation

Avec un semis dense, les plantes couvrent le sol rapidement, si leur vigueur germinative est bonne. Cela peut prévenir le développement des mauvaises herbes. Certaines plantes, si le semis est dense, sont moins attaquées par les pucerons. Par contre, un semis dense peut entraîner une **augmentation de l'humidité** dans la masse de la végétation. Cela peut favoriser le développement de certaines maladies fongiques. Par exemple l'Anthracnose et le Mildiou se développent plus facilement si l'humidité est

⁵ Voir **Module N°9** du PIP - *PRODUIRE DE FAÇON DURABLE ET RESPONSABLE: Enjeux et opportunités pour les producteurs ACP.*

élevée. Un effeuillage précoce réduit de 60 % les attaques de Botrytis sur raisin. En maraîchage sous abri, le choix de densités de salades un peu plus faibles et l'aération des serres diminuent le risque de Bremia. Par contre, une végétation dense favorise aussi le développement des **champignons entomophages** qui peuvent tuer beaucoup de ravageurs.

Généralement on recommande de **semier ou de planter en lignes**. Avec un semis en lignes on peut facilement uniformiser la distance entre les plantes. De plus, ce mode de semis facilite les sarclages et les autres travaux dans le champ (inspection, récolte, traitements, etc.).

❑ **Pratiquer le sarclage**

Le sarclage est un moyen efficace de **lutter contre les adventices**. Le moment du sarclage est très important. Le premier sarclage est plus facile et plus efficace s'il est pratiqué peu de temps après la levée. On doit répéter le sarclage au moment où les adventices commencent à reprendre. En outre, le sarclage ameublisse le sol, facilite l'infiltration de l'eau et l'enracinement des plantes cultivées.

❑ **Pratiquer la culture associée**

La pratique des **cultures associées** consiste à cultiver deux ou plusieurs cultures au même moment dans le même champ. C'est une pratique très souvent utilisée par les paysans en Afrique. La diversité des formes d'associations a donné naissance à des appellations différentes telles que : « culture mixte », « culture intercalaire », « culture associée », « culture sous couvert » et à des objectifs pouvant être très variés : réduction de la pression du parasitisme, diminution de la compétition des adventices, maintien de la structure du sol, réduction de l'érosion, etc.

La **réduction des risques** est un avantage des cultures associées, car beaucoup de ravageurs et de maladies se multiplient plus rapidement dans une monoculture que dans des cultures associées. Dans une monoculture, la dispersion des insectes est plus facile et plus rapide. Dans des cultures associées, les insectes ont besoin de beaucoup plus de temps pour rechercher les plantes hôtes; c'est le cas, par exemple des foreurs de tiges. On a constaté que dans une culture associée de maïs avec du niébé, les attaques des foreurs de tiges sont moins graves. De nombreuses études ont montré l'intérêt des cultures associées pour réduire le niveau des populations de mouches et de pucerons cendrés, *Brevicoryne brassicae*, sur cultures de choux, ou le niveau des attaques de la rouille du poireau. L'efficacité de cette méthode est cependant loin d'être systématique : l'association de cultures peut même parfois provoquer une augmentation de l'effet des ravageurs.

Un autre avantage des cultures associées est que **le sol est utilisé plus efficacement**: En effet, en général, un mélange de différentes cultures donne une meilleure couverture du sol, ce qui diminue son envahissement par les mauvaises herbes. Dans le cas de l'association d'une céréale avec une légumineuse, la légumineuse contribue à la fertilisation de la céréale (apport d'azote). En outre, les cultures qui sont associées peuvent utiliser préférentiellement des couches différentes du sol, ou avoir des exigences nutritives différentes. En général, on peut dire que le rendement par hectare est plus élevé dans le cas de cultures associées que dans celui de cultures pratiquées séparément.

Dans le cas des cultures plus intensives, comme la production pour l'exportation, la culture associée présente toutefois plusieurs inconvénients : récolte plus compliquée, risque de pollution des produits récoltés par des végétaux étrangers, entrave aux travaux mécaniques ou aux traitements chimiques,... Elle est donc peu pratiquée dans ce cadre.

❑ **Eviter les excès de fertilisants**

Rechercher une vigueur adaptée, en évitant les excès de fertilisation (spécialement les **apports d'azote**), limitera la sensibilité des plantes aux maladies. A contrario, il est connu que les carences en certains (oligo-)éléments sensibilisent les plantes.

❑ **Détruire les plantes malades ou infestées**

C'est une méthode particulièrement indiquée dans le cas où l'on observe une maladie pouvant se disperser rapidement dans un champ (maladies, nématodes à galles, acariens, plantes virosées). Par exemple pour lutter contre le Mildiou du mil, il est recommandé de détruire toutes les plantes qui montrent des symptômes de la maladie pendant les 30 premiers jours après la levée car elles ne donneront pas de récolte, mais elles sont une source d'infection pour les plantes saines. En cas d'infestation par des acariens en bordure de champ, il est souvent plus économique de détruire la partie infestée de la parcelle que de traiter, surtout si la récolte est proche ou en cours (risque de résidus dépassant la LMR). On recommande la destruction par **enfouissement profond**, ou mieux par **incinération**.

❑ **Détruire les résidus des cultures précédentes**

Les **résidus des plantes (tiges, racines) ou même les fruits** qui restent dans les champs et les vergers après la récolte contiennent souvent des ravageurs ou des maladies, constituant ainsi une **source d'infestation** pour la prochaine culture. En effet, beaucoup de ces parasites peuvent survivre pendant la saison sèche et infester la prochaine culture. C'est pour cette raison que l'on recommande souvent la destruction des résidus de récolte.

Par exemple, les **nématodes à galles** présents sur les racines, ou les **foreurs de tiges** qui survivent dans les résidus de récolte. Pour réduire autant que possible le nombre d'insectes survivants, il existe différentes possibilités:

- ▶ Brûler les tiges et les chaumes.
- ▶ Enfouir profondément les tiges et les chaumes.
- ▶ Faire un compost avec les résidus de récolte.
- ▶ Nourrir les animaux avec les tiges et les chaumes.

Certains paysans ne veulent pas détruire les vieilles tiges, car ils souhaitent les utiliser comme matériaux de construction ou pour en faire des clôtures. Dans ce cas il est recommandé de sécher les tiges en les plaçant à plat sur le sol, en couche mince, et en les laissant au soleil pendant quelques semaines. La chaleur du soleil et du sol permet de tuer une grande partie des insectes à l'intérieur des tiges.

Dans les **vergers de manguiers**, ne pas ramasser et détruire les fruits infestés par les larves de la mouche des mangues qui tombent et qui restent au sol favorise le

développement du ravageur : les larves quittent le fruit, et les pupes se forment dans les premiers cm du sol. Il est donc recommandé de :

- ▶ Ramasser chaque jour **les fruits** tombés au sol.
- ▶ Evacuer rapidement du verger ces fruits et les détruire.
- ▶ Les enterrer dans une fosse de 40 à 60 cm de profondeur, en couvrant chaque semaine de terre ou de chaux vive.
- ▶ Les collecter dans un sac ou sous une bâche en plastique étanche, et les exposer au soleil.
- ▶ Les noyer dans un fût rempli d'eau ou les incinérer, dans une fosse ou un fût.

☐ Pailler dans et entre les lignes de cultures

Le **paillage** (ou « mulching ») est une pratique qui consiste à couvrir le sol, au pied des plantes cultivées, avec de la paille, du fumier bien décomposé ou une autre matière organique (par exemple coques d'arachides provenant du décorticage). Cela permet de réduire fortement la croissance des mauvaises herbes et améliore la couche superficielle du sol.



Le paillage (avec de la paille) des cultures de poireaux est une pratique courante en Belgique pour limiter leur contamination par le mildiou. Le paillage (avec un polyéthylène noir 35 μm) assure un bon contrôle de *Rhizoctonia solani*. L'utilisation du paillage peut diminuer les populations des mouches blanches et ainsi retarder (mais pas éviter) les viroses qu'elles transmettent. On recommande également le paillage pour réduire les populations des thrips.

De plus, le paillage permet une économie d'eau, ce qui est un atout important dans les cultures maraîchères irriguées manuellement, et il protège le sol de l'érosion. On peut le recommander en général pour les cultures maraîchères (tomate, gombo concombre, laitue, etc.) et les arbres fruitiers.

2.3.4. Aménagements de barrières



Il peut être recommandé de laisser une **bande labourée** autour des champs **sans culture**, ni mauvaises herbes. Elle constituera une **barrière pour les insectes** qui migrent des friches vers les champs. Une bande labourée peut ainsi protéger la culture contre les **chenilles** légionnaires qui migrent à partir d'autres cultures. Cependant cette pratique demande beaucoup de travail (labour et sarclages) au producteur sur une

superficie qui ne produira pas de récolte. Pour cette raison, la plupart n'acceptent pas facilement cette pratique. Il faut la recommander plutôt au moment où une invasion devient vraisemblable (par exemple, quand les parcelles voisines de la culture sont fortement infestées).

Pour réduire l'invasion des bandes larvaires de **sautériaux** et faire barrage contre ces ravageurs, on peut creuser des tranchées entre les sautériaux et le champ. Si les larves sont très jeunes, et donc peu mobiles, elles tomberont dans ces tranchées en s'approchant du champ. Il ne restera alors qu'à enterrer les larves piégées dans ces fossés, ou à les détruire par le feu. Cette technique est appliquée au Tchad.

2.3.5. La préservation de la faune utile

La préservation des haies et des talus et le maintien de l'enherbement spontané dans les fourrières de bord de champ favorisent la présence à proximité de la parcelle d'une faune utile (insectes, oiseaux, reptiles). Le choix d'un couvert approprié du sol permet aussi de favoriser la présence de certains auxiliaires.

2.3.6. Application localisée de produits phytosanitaires

☐ Appâts empoisonnés

Pour la lutte contre certains insectes on recommande l'utilisation des appâts, c'est à dire d'un mélange d'une substance qui attire les insectes et d'un insecticide qui les tue. Souvent on utilise des appâts constitués à base de son et de sucre (ou bien de mélasse) mélangé avec entre 0,5 et 1,5 % m.a. d'insecticide. On répartit ensuite dans le champ la mixture obtenue par petits tas, à proximité des plantes hôtes menacées. Les insectes qui sont attirés par l'appât meurent empoisonnés. On recommande l'utilisation des appâts contre des insectes tels que les grillons, les courtilières, les iules, les vers gris et les sautériaux.

La société Dow Agrosiences produit le SUCCESS APPAT®, une formulation SC (suspension concentrée) à base de 0,24 g/L de **spinosad**, un insecticide autorisé en

production biologique dans l'Union Européenne, **et d'un appât alimentaire incorporé** qui peut être employé en traitements localisés dans les vergers de manguiers⁶.

L'impact sur les auxiliaires des cultures est très faible avec ce type de traitement et les risques pour l'applicateur sont moindres.

❑ Pièges attractifs (avec phéromones)



Le piège contient des phéromones, c'est à dire des hormones sexuelles reconstituées, qui attirent les mâles ou les femelles de l'espèce à combattre, et uniquement cette seule espèce. Ainsi le piège ne détruit pas les divers insectes utiles qui sont dans le périmètre.

La phéromone est contenue dans une petite capsule qui diffusera dans l'atmosphère.



La capsule se pose sur un fond (carton) englué, à l'intérieur d'un piège delta. Elle devra être renouvelée toutes les 4 semaines ainsi que le fond (carton) englué. Les mâles, attirés par la phéromone resteront englués sur le fond du piège. Le nombre de mâles diminuera grandement et réduira de manière significative la reproduction et le développement de l'espèce.

Dans le cas de la mouche de la mangue, on peut diminuer les populations de mouches mâles de *Bactrocera invadens* dans les vergers de mangue par des captures à l'aide de pièges à «**paraphéromones**»⁷. Utilisés à grande échelle et en grand nombre, ils peuvent aussi freiner le développement des populations en début de saison. La technique consiste à placer en début de saison des plaquettes, imprégnées d'un attractif spécifique et traitées par un insecticide de contact. Les pièges doivent être en place dans le verger au moins un mois avant la période d'attractivité des fruits. Il est également conseillé de placer ces pièges dans les vergers d'autres fruitiers sensibles (ex : verger d'agrumes).

⁶ Voir la **Brochure COLEACP/CTA - Comment lutter contre la mouche des mangues**, Collection Guides pratiques du CTA, N°14 (disponible sur le site Web du COLEACP/PIP ou dans la Boîte à Outils du PIP).

⁷ *Ibidem*.

2.4. Méthodes de lutte alternatives aux produits chimiques

2.4.1. L'inondation des terres

L'inondation peut être utilisée comme méthode de lutte contre certains ennemis de cultures. Dans un sol inondé, beaucoup de ravageurs et de maladies ne peuvent pas survivre. En effet, la quantité de germes de maladies dans le sol va se trouver diminuée après la période d'inondation. De plus, l'inondation peut tuer les chrysalides de lépidoptères et les nymphes d'autres insectes.

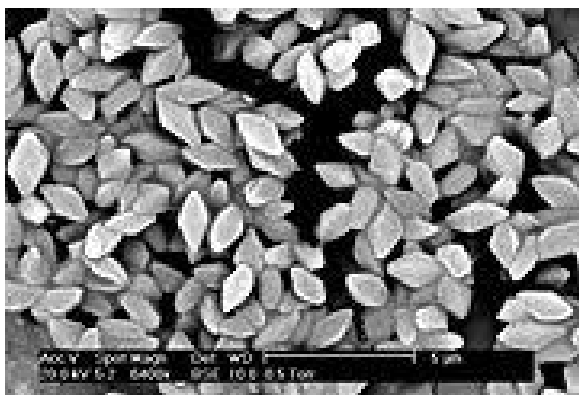
Citons comme exemple la Petite chenille légionnaire (*Spodoptera exigua*) dont les chrysalides se trouvent dans le sol. Un autre exemple important concerne les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.). Dans un sol inondé, les populations de nématodes décroissent pour atteindre un niveau très bas, si la période d'inondation est suffisamment longue. Une période d'au moins un mois est recommandée.

Il est souvent possible pour le paysan d'inonder ses champs dans les bas-fonds inondables ou sur les sols en bordure des fleuves et rivières, où l'on pratique des cultures maraîchères. Si l'on cultive la tomate sur une parcelle préalablement inondée, on rencontre peu de problèmes de nématodes *Meloidogyne*.

2.4.2. Les organismes entomopathogènes et nématophages

L'agent pathogène auxiliaire peut être un **champignon**, une **bactérie**, un **virus**, un nématode, un protozoaire, une rickettsie. Il infecte l'hôte en général par ingestion ou par contact, et possède une forme de résistance lui permettant de passer - et de demeurer - dans le milieu (sol, feuillage, litière). L'agent pathogène va se multiplier dans l'hôte et causer sa mort par destruction de tissus, par septicémie, parfois par l'émission d'une substance toxique (cas des bactéries). Les cadavres de l'hôte libèrent les agents pathogènes dans le milieu. À ce jour, plusieurs milliers de micro-organismes entomopathogènes et pathogènes des mauvaises herbes ont été décrits et plus d'une centaine d'espèces sont utilisées en champs. Les formulations de biocides à base de micro-organismes deviennent de plus en plus performantes avec des prix compétitifs, et l'utilisation des insecticides microbiens augmente rapidement, de 10 à 25 % par année.

❑ Les produits à base de *Bacillus thuringiensis*



Il existe des insecticides à base de spores et toxines de *Bacillus thuringiensis* (en abrégé en Bt), un bacille sporulant. On retrouve le Bt dans pratiquement tous les sols, l'eau, l'air et le feuillage des végétaux.). La bactérie du Bt a la capacité de synthétiser et d'excréter des **cristaux toxiques pour certains insectes**. Ils sont formés de l'association de plusieurs protéines qui représentent près de 30% du poids sec en fin de sporogénèse.

Seules ces protéines ont une propriété insecticide sur les lépidoptères, les coléoptères et/ou les diptères. Elles agissent en détruisant les cellules de l'intestin moyen de la larve d'insecte atteint par ces toxines, ce qui aboutit à la mort de l'insecte. Comparés aux insecticides chimiques, **ils offrent l'avantage de ne pas tuer les ennemis naturels** (même si ce point est aujourd'hui discuté). De plus, ce sont des produits qui ne sont **pas toxiques** pour l'utilisateur et les consommateurs.

Certaines de ces souches sont spécifiques aux Lépidoptères (Kurstaki), d'autres aux Diptères (Israelensis) et d'autres aux coléoptères (Tenebrionis). Pour être efficace, mentionnons que la bactérie ou la toxine doit être ingérée par l'insecte.

Lié à sa spécificité d'action, l'usage intensif de *B. thuringiensis* peut aboutir à la résistance du ravageur. De tels cas ont déjà été décrits, pour la teigne des crucifères (*Plutella xylostella*). D'autre part, comme pour les insecticides de contact, l'utilisation de *B. thuringiensis* pour la culture de tomate suppose une observation des noctuelles par piégeage. En effet, une fois les chenilles à l'intérieur des fruits, l'efficacité de *B. thuringiensis* est très réduite.

❑ Les Baculovirus



C'est la famille des **baculovirus** (virus spécifiques des insectes et inoffensifs pour l'homme) qui est considérée comme la plus prometteuse pour des opérations de lutte microbiologique, en particulier en raison de son innocuité à l'égard de l'homme et des vertébrés.

Un certain nombre de chenilles sont sensibles aux **virus de la granulose** (type de Baculovirus que l'on rencontre chez les Lépidoptères).

L'infection des chenilles par les virus a lieu par ingestion des particules virales lors des morsures. Après leur ingestion, les baculovirus vont se fixer sur les microvillosités des cellules épithéliales de l'intestin moyen des insectes qui sont sensibles à ces germes.

La mort de l'insecte n'intervient pas immédiatement. La chenille s'infecte pendant son stade baladeur, période au cours de laquelle elle effectue des morsures exploratrices. Dans le corps des chenilles les granulés sont dissous et libérés. Ils sont véhiculés dans tout l'organisme et intègrent le noyau de nouvelle cellule. Dans les premiers temps, le comportement de la chenille n'est pas modifié, puis on observe un arrêt de l'alimentation et la chenille perd sa mobilité. Au stade final la chenille devient déliquescence. Les applications doivent coïncider avec l'éclosion des jeunes larves. Il est donc conseillé de contrôler les vols à l'aide de pièges sexuels et de suivre les avertissements phytosanitaires. Seules les formes larvaires des insectes sont en effet sensibles aux viroses ; les adultes peuvent par contre être des vecteurs passifs ou transmettre la maladie à leur descendance.

Les caractéristiques principales des bio-insecticides viraux sont la spécificité, la haute virulence, la rapidité d'action et le niveau raisonnable de persistance dans l'environnement. La rémanence des virus est cependant affectée par les radiations UV. Dans un certain nombre de cas, le délai entre l'ingestion et la mort est considéré comme bien trop long et des dégâts importants peuvent être occasionnés.

On peut citer comme exemple la « Carpovirusine », un insecticide biologique contre le Carpocapse du pommier et du poirier (*Cydia pomonella*, une tordeuse). On peut aussi combattre les chenilles vertes de la Fausse arpentuse du chou (*Trichoplusia ni*), avec une bouillie préparée à partir de chenilles infectées par ces maladies virales que l'on trouve dans le champ. On peut reconnaître facilement au champ ces chenilles infectées car elles deviennent d'abord blanchâtres et inactives après être infectées. Elles tendent à migrer vers le haut dans la plante. Ensuite, on les trouve suspendues à la face inférieure des feuilles. Finalement, elles deviennent noires et sont alors remplies d'un liquide qui suinte⁸.

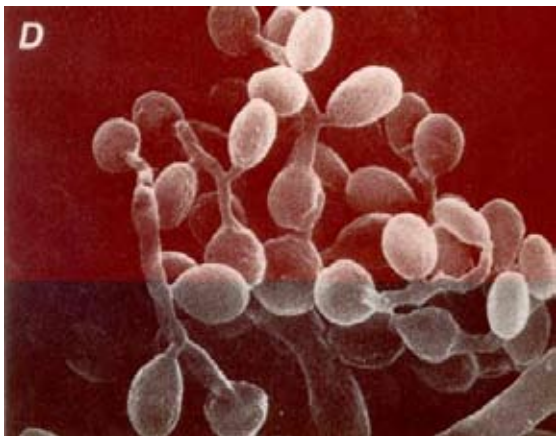
❑ Les champignons entomopathogènes

Les **champignons entomopathogènes** présentent la particularité d'infecter les insectes par la voie tégumentaire. Les hyphes infectieux pénètrent et vont coloniser les tissus en provoquant la mort de l'hôte. Le cadavre se transforme en « momie » avec, si les conditions sont favorables, une sporulation à la surface du corps de l'insecte. Une seule momie assure ainsi localement la production d'un foyer infectieux. Les champignons entomopathogènes se répartissent entre divers ordres et genres. Citons parmi les plus connus, les Entomophthorales (champignons Zygomycètes inféodés aux Homoptères Aphididae et Cicadidae) et les Deutéromycètes (*Beauveria*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Nomuraea*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Tolypocladium*,...).

Les utilisations de champignons entomopathogènes dans les conditions agronomiques sont délicates du fait des difficultés technologiques de production, de la sensibilité des germes aux conditions environnementales, et des difficultés d'installation dans les parcelles.

⁸ Voir en Annexes le procédé de préparation des suspensions de *Baculovirus*.

On signalera aussi quelques champignons nématophages, comme *Arthrobotrys* (Deuteromycètes), qui capturent les nématodes phytophages grâce à des organes spécialisés en forme de boucles, anneaux, boutons enduits de lectines engluantes, puis les parasitent, ou encore du genre *Hirsutiella* à conidies collantes, *Paecilomyces* et *Verticillium*.



Spore infectieuse de *Beauveria bassiana*

Les champignons du sol du genre **Trichoderma** sont des auxiliaires potentiels (des « **antagonistes** ») contre de nombreux champignons phytoparasites : *Trichoderma virens* est par exemple agréé aux États-Unis pour lutter contre *Rhizotocnia solani* et *Pythium ultimum* en cultures maraîchères. Des bactéries rhizosphériques de différents genres (*Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Serratia*, ...) assurent la protection des racines, alors que *Pasteuria penetrans* s'avère efficace contre les attaques de nématodes phytophages. Certaines souches de *Fusarium oxysporum* sont antagonistes des souches parasites de la même espèce (« **sols suppressifs** »). Des levures sont utilisées pour protéger les pommes durant leur stockage en frigos.

Enfin, parmi les champignons utiles pour l'agriculteur, il faut citer les **endomycorhizes** qui jouent un rôle important dans la nutrition minérale des plantes ainsi que pour la protection contre certains pathogènes des racines. Par exemple, en conditions contrôlées, les tomates colonisées par *Glomus mosseae* ont un bon niveau de protection vis-à-vis de *Phytophthora parasitica*.

Les champignons antagonistes, entomopathogènes et les endomycorhizes sont soumis à l'action des **pratiques culturales** dont certaines sont négatives pour leur développement : les fertilisations phosphatées élevées et l'application de fongicides entraînent un faible taux de mycorhization. Dans le cadre d'une production intégrée, il est indispensable de prendre en compte les relations entre les micro-organismes du sol, la culture et la matière organique !

❑ Les nématodes

Plusieurs espèces de nématodes (Steinernatidae et Heterorhabditidae) sont parasites d'insectes. L'infection se fait le plus souvent à partir d'œufs déposés sur les feuilles des plantes. Les œufs éclosent et les larves pénètrent l'hôte par les orifices naturels et même par la cuticule. Soit elles libèrent les bactéries qui tuent rapidement l'hôte, soit au quatrième stade, elles quittent l'hôte par perforation des tissus. Il s'en suit la mort de l'insecte. Quoique de bons agents en lutte biologique, l'utilisation des nématodes en zone sèche est limitée par les facteurs abiotiques, particulièrement les UV.

2.4.3. Les cendres de bois et autres produits minéraux

On peut saupoudrer les plantes avec de la cendre de bois pour lutter contre certains insectes dans les cultures maraîchères comme le gombo, le poivron, le piment et certaines cucurbitacées. La cendre de bois est particulièrement efficace pour combattre les pucerons. Elle apporte aussi des substances minérales nutritives à la culture. Le moment de l'épandage des cendres dépend du degré d'humidité des feuilles: elles ne doivent être ni trop sèches (la cendre n'adhérerait pas) ni trop humides (la cendre pourrait s'accumuler dans les gouttelettes d'eau et provoquer des lésions sur les feuilles). Pour éviter ces inconvénients, on fait l'épandage tôt le matin ou le soir, au coucher du soleil.

La cendre de bois, et certains minéraux comme le sable fin, la poudre de latérite, la chaux, sont utilisés également pour la protection des denrées stockées. Ces minéraux remplissent l'espace entre les graines, empêchant ainsi le mouvement et la propagation des insectes dans le produit stocké.

2.4.4. Produits et extraits végétaux

Il existe un grand nombre de plantes qui ont des propriétés pesticides. Les **flores locales**, cultivées ou spontanées, offrent beaucoup de possibilités pour la lutte phytosanitaire.

Un exemple bien connu est celui du **neem** (*Azadirachta indica* ou Margousier d'Inde), un arbre présent un peu partout en Afrique. Toutes les parties de cet arbre, mais surtout les graines, contiennent une substance active (azadirachtine) que l'on peut utiliser comme insecticide, et qui est efficace contre un grand nombre d'insectes tels que la Noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*), la Teigne des choux (*Plutella xylostella*), la Coccinelle des cucurbitacées (*Henosepilachna elaterii*), les thrips et les pucerons.

Les autres produits végétaux possédant des propriétés insecticides sont le pyrèthre, la roténone (extraite du Derris), le piment, l'ail, le curcuma ou le **tabac** dont les extraits sont surtout efficaces contre les pucerons et les thrips (voir en Annexe).

Spectre d'action de quelques produits végétaux						
Végétaux	Thrips	Chenilles	Pucerons	Noctuelles	Aleurodes	Acariens
Ail	▪		▪		▪	▪
Annonnes		▪	▪			
Curcuma		▪				▪
Derris	▪	▪	▪	▪		
Farine			▪			▪
Neem	▪	▪	▪	▪		▪
Néré	▪		▪	▪	▪	
Piment			▪			
Pyrèthre	▪	▪		▪	▪	▪
Tabac	▪	▪	▪	▪	▪	

Les **feuilles** de certaines plantes (ex : neem) et les **huiles végétales**, présentent une certaine efficacité pour lutter contre les insectes présents dans les **produits stockés**. Utilisées adéquatement, elles ont un effet protecteur. Les rameaux frais de l'arbuste *Boscia* (Capparidaceae) sont utilisés pour couvrir les stocks de mil ou de sorgho dans les greniers traditionnels au Tchad, au Sénégal, ...



Graines de neem (Margousier d'Inde)



Feuilles et fruits de *Boscia* sp.

Les huiles végétales testées et utilisées avec succès sur les denrées stockées sont les huiles d'arachide, de noix de coco, de carthame, de moutarde, de ricin, de coton, de soja, de neem et de maïs. L'huile de tournesol n'est pas toujours efficace. L'enrobage huileux gêne la reproduction des insectes adultes qui ne peuvent plus pondre leurs œufs dans la graine. Les larves à l'extérieur ne peuvent pas entrer dans la graine à cause de la couche d'huile visqueuse. L'huile peut aussi tuer les œufs d'insectes. Si l'œuf est déjà présent à

la surface ou à l'intérieur de la graine, la couche d'huile empêche les échanges gazeux : la larve à l'intérieur de l'œuf ou de la graine meurt par manque d'air. Après le traitement, le produit peut être mis en sac. La durée de l'effet protecteur dépend du type d'huile utilisé et des conditions, mais est de 3 mois au moins, souvent jusqu'à 6 mois. L'huile pouvant avoir un effet négatif sur le pouvoir de germination des graines traitées, il est conseillé de ne pas traiter les graines réservées comme semences.

En outre, beaucoup d'autres plantes ont des **effets insectifuges** (basilic, carotte, citronnelle, écorce de citrus, eucalyptus, oignon, tagète et même les feuilles de tomate), **fongicides** (ail, amarante, manioc amer, oignon, papayer, piment rouge, ricin,...), **nématicides** (crotalaire, lilas de Perse, ricin, tagète,...). Leur efficacité dépend de l'organe de la plante utilisé (graines, écorce, feuilles, tiges, bulbes,...) et du moment de prélèvement de celui-ci.

Les « **préparations fermières** » (voir exemples en Annexes) se font par : macération dans l'eau froide (purins végétaux), infusion dans l'eau chaude, extraction en pressant fortement ou en pilonnant les matières végétales pour en extraire le jus ou l'huile,... Les tourteaux sont également employés (ex : tourteaux de neem incorporés au sol pour lutter contre les nématodes ; tourteaux de ricin) humides ou secs. Ils servent à la préparation des appâts pour combattre les insectes, les rongeurs et les oiseaux.

2.4.5. L'utilisation de cultures pièges

Les cultures pièges sont des végétaux qui attirent certains ravageurs (comme les nématodes à kystes) mais qui les empêchent de compléter leur cycle évolutif. Certaines plantes (utilisées comme « engrais verts ») provoquent, par leurs exsudats racinaires, l'éclosion des kystes de nématodes (genres *Globodera* et *Heterodera*) qui contiennent des œufs. Les larves vont infester le système racinaire de ces plantes mais, soit elles sont incapables d'y survivre et finissent par mourir, soit le producteur arrache ou détruit (avec un herbicide total et/ou par enfouissement) la culture suffisamment précocement. Grâce à l'éclosion d'une partie des kystes (de 30 à 70% des kystes présents dans le sol) et à l'absence de multiplication, le nombre de nématodes/g de sol va diminuer. Cette technique peut être recommandée en cas de **fortes infestations** du sol.

Des cultures-pièges de pois d'Angole, tournesol, maïs ou crotalaire peuvent par exemple être disposées autour des plants de **tomate** pour tenir la noctuelle (*Helicoverpa armigera*) à l'écart de la culture. A noter que certaines plantes sont antagonistes des nématodes, comme les *Tagetes* par exemple.

2.4.6. Utilisation des agro-textiles



Les « agro-textiles » (tissés, non tissés ou tricotés) sont destinés à faire une barrière physique empêchant les insectes de manger, piquer ou sucer les végétaux afin d'éviter les dégâts directs ou indirects (transmission de virus, souillures avec les excréments, etc.). Le choix de la dimension de la maille est fonction de l'insecte à combattre.

On recherchera des mailles de l'ordre de $300 \mu\text{m}$ pour les thrips et de $500 \mu\text{m}$ pour les pucerons. L'étanchéité de la protection mécanique doit être la plus parfaite possible et les plantes ne doivent pas toucher les voiles. Les résultats sont décevants avec les insectes dont les pupes (ex : mouches de la carotte ou du chou) ou les nymphes (ex : noctuelles) séjournent dans le sol des parcelles. Ils sont souvent employés pour la **protection des pépinières** contre les pucerons, mouches blanches, ...vecteurs de virus, contre les thrips ou les altises.

Ces « voiles » destinés à la protection physique devraient présenter une faible incidence sur l'élévation des températures, l'hygrométrie, et la ventilation. Toutefois, compte tenu des modifications climatiques apportées par les agro-textiles, qui freinent les échanges d'air et diminuent la luminosité, leur utilisation est souvent limitée en régions chaudes.

2.4.7. La solarisation des sols

Cette technique de désinfection solaire est obtenue en recouvrant le sol d'une bâche plastique. La nécessité d'un arrosage amenant l'humidité du sol à la capacité au champ a largement été démontrée. L'intensité lumineuse doit permettre d'obtenir une élévation rapide de la température dans les 3 premiers jours qui suivent la pose de la bâche plastique et nécessite l'usage d'un film plastique adapté et résistant aux UV.

L'intérêt de la solarisation a principalement été montré pour les champignons pathogènes du sol et pour le désherbage ; moins pour les ravageurs, mis à part les nématodes.



Petites parcelles en solarisation

La solarisation semble agir plus sur l'équilibre relatif entre les différents organismes présents dans le sol, en particulier antagonistes/pathogènes que par une action comparable aux traitements chimiques qui créent un « vide biologique ». Elle peut, dans un certain nombre de cas, aider à l'implantation d'antagonistes dans le milieu.

2.4.8. La désinfection des sols par la vapeur

L'injection de vapeur d'eau après préparation du sol élève la température de celui-ci à un niveau létal pour de nombreux organismes cibles (maladies, ravageurs, semences d'adventices). La vapeur d'eau va donc désinfecter les sols, protéger les cultures principalement contre les champignons du sol et détruire les graines d'adventices. L'importance de la désinfection est proportionnelle à l'épaisseur de sol traitée et donc au temps de traitement. Le coût de traitement reste élevé, mais la technique n'engendre aucun problème de résidus.



Appareil de traitement à la vapeur (« cloches » à vapeur)

On considère qu'une température de 75°C est nécessaire pour détruire les graines de mauvaises herbes et les principaux champignons. L'application de vapeur d'eau au sol peut être faite soit avec des bâches plastiques, soit avec des « cloches », qui sont des plaques métalliques équipées d'injecteurs de vapeur d'eau. Les cloches métalliques sont laissées en place 5 à 10 minutes pour atteindre 80 à 90°C à une profondeur de 8 à 10 cm, ce qui est largement suffisant pour avoir un bon désherbage, mais qui peut être insuffisant pour lutter contre des champignons du sol (recontamination à partir des couches profondes).

Les effets secondaires d'une telle désinfection sont connus : remontée du pH et de la salinité. Avec la décomposition de la matière organique, on constate une augmentation de l'azote ammoniacal (NH_4^+) et nitrique (NO_3^-), voire du dioxyde d'azote (NO_2). Ces facteurs doivent être pris en compte pour le raisonnement de la fertilisation. De plus, il peut y avoir des excès de manganèse soluble dans le cas d'une désinfection en profondeur.

2.4.9. Le ramassage à la main

Le ramassage à la main est une méthode de lutte parfois recommandée pour détruire de grands insectes bien visibles. C'est une méthode surtout **utilisable sur de petites parcelles**, par exemple dans les cultures maraîchères des petits producteurs. C'est une méthode régulièrement employée en Chine.

Comme exemple d'insectes faciles à ramasser à la main on peut citer les grands coléoptères, très visibles à cause de leur taille et de leur coloration, les chenilles, les grandes punaises et les sautériaux. Les chenilles de *Spodoptera littoralis* sont faciles à détruire peu après leur éclosion, car elles restent groupées sur la feuille qui les a vu naître. On peut éliminer les feuilles qui portent leurs pontes.

2.4.10. L'écartement des ravageurs

La mise en place dans les parcelles d'épouvantails, de drapeaux ou de bandes de plastique brillantes entre les plantes chasse les oiseaux granivores. Avec le vent ils produisent des mouvements ou des sons qui les effraient. Certains utilisent aussi la fumée, mais elle contient des substances provenant de la combustion qui sont toxiques et peuvent contaminer les produits (ex : benzopyrènes).

2.4.11. Le désherbage thermique

Il s'agit de la destruction des adventices par un choc thermique provoqué par le passage d'une source de chaleur (généralement une flamme nue, parfois de l'eau très chaude) : les parties atteintes sont détruites après la dégradation de la cuticule cireuse et la coagulation des protéines dues au choc thermique. Seules les parties aériennes sont concernées. Le désherbage thermique entraîne une destruction de 80 à 90 % des adventices annuelles (particulièrement les dicotylédones) quand il est appliqué juste après leur levée. Par contre, un traitement tardif sur des annuelles ou une application sur des vivaces a un impact beaucoup moins marqué.

Annexes :

Définitions et préparations diverses

A.1. Définitions utiles

Lutte raisonnée

- *lutte dirigée* : phase d'approche de la lutte intégrée consistant en un aménagement progressif de la lutte chimique grâce à l'utilisation des seuils de tolérance économique et à l'emploi raisonné de produits spécifiques ou peu polyvalents (OILB/SROP, 1973).

Lutte intégrée

- *integrated control* ou *integrated pest control* : système de gestion des populations de ravageurs qui, dans le contexte de l'environnement associé et des dynamiques des populations des espèces nuisibles, met en œuvre toutes les techniques appropriées, d'une manière aussi compatible que possible, pour les maintenir à des niveaux inférieurs à ceux causant des dommages d'importance économique. Dans son sens restreint, elle s'applique à la gestion d'une seule espèce de ravageur dans des cultures données ou dans des lieux particuliers. Dans son sens élargi, elle s'applique à la gestion harmonieuse de toutes les populations d'organismes nuisibles dans leur environnement agricole ou forestier. Ce n'est pas une simple juxtaposition ou superposition de deux techniques de lutte (telles que la lutte chimique et la lutte biologique) mais l'intégration de toutes les techniques de gestion adaptées aux facteurs naturels de régulation et de limitation de l'environnement (FAO, 1967).

Protection intégrée

- *integrated plant protection, integrated pest management (IPM), integrated crop protection* : système de lutte contre les organismes nuisibles qui utilise un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance (OILB/SROP, 1973).

Production agricole intégrée

- *integrated agricultural production* : système de production mettant en œuvre un ensemble de techniques culturales satisfaisant à la fois les exigences écologiques, économiques et toxicologiques, en vue d'obtenir une récolte qualitativement optimale (OILB/SROP, 1980).

Production intégrée (exploitation agricole intégrée)

- *integrated production (integrated farming)* : système agricole de production d'aliments et d'autres produits de haute qualité qui utilise des ressources et des mécanismes de régulation naturels pour remplacer des apports dommageables à l'environnement et qui assure à long terme une agriculture viable (OILB/SROP, 1993).

La compétition

- désigne une situation dans laquelle une ressource est en quantité insuffisante pour répondre aux besoins de deux individus de la même espèce (compétition)



intraspécifique), ou aux besoins de deux populations d'espèces différentes (compétition interspécifique). Le phénomène de compétition, induit entre espèces exploitant le même type de ressource dans un environnement stable, conduit à l'élimination de l'une d'elles à plus ou moins brève échéance (principe d'exclusion réciproque ou encore d'exclusion compétitive). Elle peut se manifester à la suite de l'introduction volontaire d'un auxiliaire.

La prédation

- est définie comme une activité de capture de proies par les animaux de régime carnivore ; ce phénomène ne conduit pas à l'élimination des populations de proies, à la différence de la compétition, un équilibre s'établissant en fonction de l'aptitude du prédateur à capturer sa proie et inversement en fonction de la capacité de la proie à échapper à la capture. Cependant, le taux de prédation peut atteindre des niveaux fort élevés lorsque la proie ne peut fuir le prédateur : c'est bien sûr le cas de nombreux insectes tels que les pucerons, qui compensent ce handicap par un potentiel biotique très élevé. Il est fréquent d'observer que les prédateurs se concentrent dans les parcelles où les proies sont les plus abondantes.

Le parasitisme

- se caractérise comme l'association entre deux espèces dont l'une, dénommée l'hôte, héberge la seconde qui vit à ses dépens au plan trophique. Cette relation est le plus souvent stricte, un parasite étant inféodé à une seule, voire à quelques espèces hôtes bien déterminées, alors que la prédation, décrite ci-dessus, est une relation plus large, souvent peu spécifique. Les cycles de développement des parasites peuvent être fort complexes, certains devant suivre un passage obligé entre deux, voire trois hôtes successifs ; de plus, une phase libre peut succéder à une phase parasitaire au sein d'un même cycle. Les aléas d'un tel système de développement sont généralement compensés par un fort potentiel reproducteur, voire par une aptitude à la multiplication asexuée. L'usage récent privilégie la dénomination de **parasitoïdes** quand l'hôte ne survit pas à l'action parasitaire.

La résistance

- peut se définir comme la capacité d'une variété à produire une récolte plus abondante, de bonne qualité, que les variétés ordinaires pour une même densité de ravageurs. La résistance à une maladie ou un ravageur peut être totale ou partielle.

La tolérance

- indique la capacité d'une variété à se développer et à se reproduire en dépit de l'existence d'une population de ravageurs identique à celle qui endommage une variété sensible. L'utilisation de variétés résistantes et tolérantes favorise également la survie des espèces utiles ; cette méthode s'inscrit donc naturellement dans le cadre de la lutte intégrée.

A.2. Préparations à base de Baculovirus

Il faut tout d'abord récolter environ 20 chenilles de la Fausse arpenreuse du chou (*Trichoplusia ni*) infectées, et bien les écraser avec un peu d'eau. On passe le broyat ainsi obtenu à l'aide d'un tissu propre. Enfin, on dilue le broyat jusqu'à obtenir un volume de bouillie suffisant pour traiter environ un demi-hectare. Après 3 à 4 jours, les chenilles sont malades et meurent. Il est important que l'on fasse cette application le plus tôt possible, lorsque les chenilles sont encore jeunes, afin d'éviter qu'elles ne fassent des dégâts sérieux. On a obtenu de bons résultats avec les chenilles de la Fausse arpenreuse du chou et de la Noctuelle de la tomate (*Helicoverpa armigera*).

Une autre méthode pour répandre la maladie virale parmi les chenilles est d'utiliser la forme dormante, qui est très résistante aux facteurs de l'environnement. On peut l'obtenir par la fermentation du broyat de chenilles malades mentionné ci-dessus. On dilue ce broyat dans un pot avec de l'eau et on laisse fermenter le mélange pendant quelques jours dans le pot ouvert à la température ambiante. Les formes dormantes du virus forment un sédiment blanchâtre. On peut jeter l'eau qui est au-dessus du sédiment. On peut garder les formes dormantes jusqu'à 15 ans dans un congélateur.

A.3. Préparations à base de Neem

Résumé du procédé d'utilisation du neem :

- ▶ Ramasser les fruits ou les graines de neem sous les arbres.
- ▶ Les laisser bien sécher à l'ombre pendant quelques jours.
- ▶ Piler soigneusement les graines pour obtenir une poudre fine.



Ramasser et piler les graines de neem (Photos S. Dihoue)

- ▶ Mélanger la poudre avec de l'eau (environ 800 g/15 L d'eau) dans un récipient et faire macérer 12 heures.
- ▶ Filtrer la bouillie à l'aide d'un tamis dont les mailles sont inférieures à 0,25 mm².
- ▶ Ajouter un peu de savon (par exemple savon dit "de Marseille").
- ▶ Asperger ou pulvériser sur les plantes.



Préparation et mélange de la pâte de neem à l'eau (Photos S. Dihoue)

- ▶ Le produit actif se trouve principalement dans l'amande. C'est pour cela que si l'on utilise la poudre obtenue à partir des fruits entiers séchés, l'on a besoin d'une quantité double de celle obtenue à partir des graines seules.

Préparation de 10 litres de solution du neem:

- ▶ On peut utiliser de petites boîtes de concentré de tomate pour mesurer la poudre. Une boîte remplie à ras contient 50 grammes de poudre environ.
- ▶ Si l'on utilise la poudre obtenue à partir de graines, on a besoin de 10 boîtes rases pour 10 litres d'eau. Dans le cas de la poudre obtenue à partir de fruits entiers il faut 20 boîtes rases de poudre pour 10 litres d'eau.
- ▶ On enveloppe la poudre dans une toile fine, ou on la place dans un sac de tissu fin.
- ▶ On la plonge dans un seau contenant 10 litres d'eau et on la laisse macérer durant une nuit entière (environ 12 heures). On essore de temps en temps la toile et son contenu.
- ▶ Le lendemain on dissout dans un peu d'eau 1 cuillerée environ de savon râpé. Puis l'on mélange la solution obtenue avec les 10 litres de décoction de neem.

Application:

On applique environ 500 litres/ha de bouillie (mélange neem et eau) en utilisant un pulvérisateur à dos. Si l'on ne dispose pas de pulvérisateur, on peut asperger le produit avec un arrosoir, ou avec un balai de tiges, feuillues et souples, que l'on trempe dans le seau. On dirige l'application sur les insectes visibles et sur les parties des plantes que l'on veut protéger. Dans le cas de pucerons et d'autres insectes suceurs on veille à bien traiter la face inférieure des feuilles.

Dans les cultures de maïs et sorgho on peut appliquer un mélange de poudre de neem et de sciure de bois (ou de son) directement dans les cornets de la plante. Le mélange est constitué de 50% de poudre de neem et de 50% de sciure de bois. On applique une dose de 0,5 gramme de poudre de neem environ par cornet, soit 1 gramme de mélange par plante (une pincée). L'application commence environ 10 jours après la levée et se répète tous les 7 à 10 jours (méthode préventive). La pluie fera descendre le produit vers le bas du cornet, là où se trouvent les chenilles. Parfois, il n'est pas nécessaire de traiter toutes les plantes dans le champ. On peut limiter l'application à des zones où les plantes montrent des dégâts des foreurs de tiges (méthode curative).

A.4. Préparations à base de savon

Une méthode très simple de lutte contre les pucerons et les thrips consiste à pulvériser une solution savonneuse. Dans 5 litres d'eau on mélange 30 grammes de savon (par exemple savon dit de Marseille) ou 30 ml de savon liquide. Il est recommandé de tester la solution sur quelques plantes-témoins pour être sûr de ne pas endommager les plantes. Après 2 jours on peut inspecter les plantes pour s'assurer que cette solution n'a pas brûlé les feuilles.

A.5. Préparations à base de tabac

Le tabac contient de la nicotine qui est un poison organique très toxique. Ses feuilles et ses tiges sont utilisés pour préparer des bouillies que l'on pulvérise pour lutter contre nombre d'insectes (pucerons, chenilles, altises, thrips, mineuses de feuilles) et d'acariens.

Préparation d'une bouillie insecticide à partir de tabac:

▶ Méthode 1 :

Ecraser ou piler 1 kg de tiges et feuilles de tabac, puis mélanger le broyat obtenu à 15 litres d'eau, avec un peu de savon. Laisser reposer le mélange 1 jour, puis le filtrer soigneusement afin d'éliminer les particules végétales. Traiter avec la solution obtenue en utilisant un pulvérisateur équipé d'une buse pour pulvérisations fines.

▶ Méthode 2 :

Mélanger 250 grammes de tabac (par exemple provenant de la collecte de mégots de cigarettes) à 4 litres d'eau. Ajouter 30 grammes de savon (par exemple savon dit « de Marseille »).

Laisser bouillir faiblement le mélange pendant 30 minutes, puis le filtrer soigneusement. Ajouter 16 litres d'eau propre au filtrat et traiter avec la solution ainsi obtenue à l'aide d'un pulvérisateur équipé d'une buse pour pulvérisations fines.

A.6. Réalisation d'un test sommaire de germination

La réalisation d'un test de germination préalablement au semis est un moyen efficace pour s'assurer de la capacité des semences à produire des plants vigoureux. Réalisez ce test sommaire de germination ; il est particulièrement recommandé pour les semences de légumes, de céréales et de légumineuses :

- ▶ prélevez 100 semences provenant d'un lot destiné à la plantation ;
- ▶ placez-les sur un chiffon ou un papier absorbant humide dans un bocal en verre ou un autre récipient propre ;
- ▶ conservez le chiffon ou le papier absorbant légèrement humide ;
- ▶ examinez les semences tous les jours, durant une semaine, pour s'assurer de leur germination et de l'émergence des racines et des pousses ; comptez le nombre de semences qui ont germé sur les 100 semences de départ et retirez-les du bocal ;

Chapitre 3

Etudes de cas

3.1. La lutte intégrée contre les Mouches Blanches	64
3.2. Stratégies de lutte intégrée contre les Mineuses des feuilles	72
3.3. Lutte intégrée contre le Phytophthora en cultures d'ananas	80
3.4. Lutte intégrée contre la Teigne crucifère	88



3.1. La lutte intégrée contre les Mouches Blanches

3.1.1. Identification du problème

Les trois principaux types de mouches blanches nuisibles sont les suivants : ***Trialeurodes vaporariorum***, (mouche blanche des serres), ***Alerodes brassica*** (mouche blanche du chou) et ***Bemisia tabaci*** (mouche blanche du coton ou de la patate douce). Ce dernier ravageur est un organisme de quarantaine dans l'UE, ce qui signifie que s'il est décelé sur des marchandises entrant dans l'UE, ces marchandises peuvent faire l'objet d'une saisie en vue de leur destruction. Cela s'explique du fait que *Bemisia* est un vecteur de transmission de virus très efficace, en particulier du **virus de l'enroulement qui est fortement dévastateur**.



Mouches blanches adultes (feuille) avec des larves (Trialeurodes vaporariorum)



Symptômes viraux (virus de la mosaïque sur un plant de tomate) (Photos H. Wainwright)

Les mouches blanches sont des ravageurs courants de **plantes très variées** dont elles sucent la sève, entraînant ainsi de nombreux dégâts ; elles se reproduisent très rapidement lorsque les conditions sont favorables. Si elle n'est pas contrôlée, la mouche blanche entrave la croissance de la plante, elle en réduit le rendement et peut même entraîner sa mort du fait de son alimentation directe, de la perte de la qualité de ses feuilles et de l'évapotranspiration résultantes. Les instars larvés de la mouche blanche génèrent de grandes quantités de miellat qui s'étale sur les surfaces inférieures des feuilles. Le miellat est un liquide riche en sucres. On peut trouver jusqu'à 2000 nymphes sur une seule feuille de haricot, chacune pouvant produire 20 gouttes de miellat en une heure.

Cette solution sucrée peut favoriser la croissance de la fumagine. Bien que le miellat permette à ses parasites de localiser la mouche blanche, des quantités en excès peuvent gêner le déplacement de minuscules guêpes parasites, telle *Encarsia*, sur la surface des feuilles. La fumagine qui se développe sur la surface des feuilles et des fruits peut sensiblement altérer l'aspect et la valeur marchande de la récolte.

Les larves de mouche blanche ont développé une structure appelée « lingula », qui leur permet de repousser le surplus de miellat. *Bemisia* provoque le « Plomb » dans les cultures de courges et de légumes feuilles comme les herbes et la laitue. Le Plomb peut anéantir des cultures entières.

Il est important de distinguer les deux espèces de mouches blanches ci-dessus, car *Bemisia* est plus efficace dans la transmission des maladies virales, notamment du virus de l'enroulement qui provoque des ravages dans les tomates. *Bemisia* attaque aussi des hôtes très variés. Le biotype B de la mouche blanche, *Bemisia tabaci* (également connu sous le nom de **souche poinsettia**) a une salive phytotoxique qui entraîne l'argenteure chez les courges.

Des virus sont souvent associés à des cultures spécifiques, car le vecteur a des habitudes alimentaires particulières. Cependant, *Bemisia tabaci* (biotype B) est capable de s'adapter à pratiquement toutes les espèces végétales, ce qui implique qu'un virus généralement associé à une plante particulière peut faire son apparition sur des cultures différentes. Les femelles sont de meilleurs vecteurs que les mâles.

La majorité des *Bemisia tabaci* (biotype B) ont une fertilité accrue et une forte tendance à développer une résistance aux insecticides (pyréthrinoides, organo-phosphorés et carbamates). *Bemisia* est connu pour augmenter le nombre d'œufs pondus et produire davantage de femelles dans sa progéniture en réponse aux programmes de traitements répétés d'insecticides.

Le contrôle chimique des mouches blanches est souvent en échec, car il repose trop souvent sur la seule utilisation des pesticides. Pire encore, on pense que la résistance est « stable », c'est-à-dire que l'efficacité du produit chimique n'est pas rétablie après une période de non-utilisation.

3.1.2. Cycle biologique du parasite

La mouche blanche des serres adulte est un petit insecte uniformément blanc, de type Teigne, d'environ 1 mm de long. Elle garde ses ailes à plat contre son corps, tandis que *Bemisia* déploie ses ailes au-dessus de son corps comme une tente. Ce déploiement expose la couleur jaune du corps de *Bemisia*, ce qui permet de la distinguer des *Trialeurodes*. Les *Bemisia* reposent souvent par paires sur les feuilles.

La mouche blanche des serres pond de 50 à 300 œufs, en fonction de l'hôte. Ces œufs sont souvent déposés en demi-cercles sur la face inférieure des **jeunes feuilles** dont les surfaces sont lisses ; leur répartition est moins régulière sur les feuilles velues. Les œufs, blancs au moment de la ponte, virent au noir après une paire de jours. *Bemisia* pond ses œufs un par un, tandis que *Trialeurodes* les pond par groupes. Les œufs sont fixés à la surface de la feuille par un pédicelle basal ; ils sont protégés par une cire secrétée par

l'adulte. Cette couche de cire limite l'efficacité des pesticides. Les œufs non fertilisés donnent des mâles tandis que les œufs fertilisés donnent des femelles.

Les œufs éclosent pour donner un stade mobile « **rampant** » qui recherche un endroit adapté pour s'alimenter. Il se « **fixe** » alors sur la feuille et entre dans sa phase alimentaire sédentaire (de type cochenille). A ce stade, l'insecte peut éviter les gouttelettes de toxique présentes à la surface de la feuille en s'alimentant à partir du phloème, ce qui diminue l'efficacité du traitement insecticide. Cela explique l'importance des pesticides **systemiques**.

Plusieurs instars se succèdent avant la pupaison sur la feuille. Les pupes et les œufs sont des stades qui ne s'alimentent pas et qui sont recouverts d'une couche de cire, **ce qui les rend quasi-inattaquables par les pesticides**. Cela explique pourquoi le problème est souvent tardivement décelé : il peut y avoir trop de « stades résistants » aux pesticides (œufs et pupes) pour pouvoir effectuer un contrôle uniquement avec des pesticides, et **cela rend inévitable un programme de pulvérisation continue**.

Les pupes de *Trialeurodes* sont de couleur blanc crème ; leurs côtés sont droits et leur partie supérieure est plate. Leur surface latérale est ondulée et la partie supérieure du « couvercle » a souvent une frange de fils cireux. Les pupes de *Bemisia* sont de couleur jaune rouillé et sont dépourvues de côtés relevés et de frange sur le « couvercle ». Le côté de la puce est plus facile à observer en enveloppant la feuille autour d'un crayon. Les pupes parasitées de *Trialeurodes* virent au noir tandis que celles de *Bemisia* virent au marron.

Les adultes émergent des pupes en se frayant un chemin hors de la coque par une fente visible. Cependant, lorsque des parasites tels *Encarsia* émergent de la coque, ils laissent derrière eux un trou parfaitement rond. Les adultes s'accouplent dans les 10 à 20 heures qui suivent l'éclosion et vivent pendant deux à trois semaines. 9 à 15 générations de *Bemisia* peuvent se succéder chaque année. Le développement complet d'une génération nécessite l'accumulation de 269,5 degrés-jours.

3.1.3. Facteurs influençant leur présence

Les mouches blanches se développent sur des espèces très variées de mauvaises herbes et de plantes cultivées. Elles sont particulièrement courantes sur les *Cucurbitaceae* (concombres, courges et courgettes), les *Euphorbiaceae* (manioc et poinsettia), les *Malvaceae* (coton et gombo) et les *Solanaceae* (poivrons, tabac, tomates et aubergines).

La mouche blanche se développe pendant les périodes sèches et peut rapidement s'étendre d'une culture à une autre, emportée par le vent. Les mouches blanches adultes se déplacent peu lorsque la température est fraîche (inférieure à 15 °C) et elles n'apprécient pas la pluie.

3.1.4. Bases d'un programme de Lutte Intégrée (IPM)

Il est difficile de lutter contre les mouches blanches avec les pesticides classiques pour les raisons suivantes :

- ▶ les **adultes sont très mobiles et difficiles à atteindre** avec un pesticide lorsqu'il fait chaud ;
- ▶ la **couche de cire** des œufs et des pupes les protège très bien contre les pesticides, et ces stades ne s'alimentent pas ;
- ▶ une même culture abrite tous les stades du cycle de vie et le fait de cibler les adultes ou les cochenilles ne réduit pas les populations autant qu'il le faudrait ;
- ▶ le cycle de vie est relativement court et le taux de reproduction est très élevé.

Par conséquent, pour lutter contre la mouche blanche, ou du moins diminuer son impact, **il est nécessaire de suivre une approche intégrée** combinant plusieurs techniques, afin de réduire les populations de ces ravageurs et leurs dommages aux cultures.

Lors du développement d'une **stratégie de Lutte (antiparasitaire) Intégrée (IPM)**, il convient de tenir compte de tous les aspects du cycle de vie et du comportement du ravageur. Le nombre maximal d'individus de chaque génération peut être globalement réduit en diminuant le nombre de mouches blanches qui passent d'un stade au stade suivant. La lutte biologique est facilitée, car le nombre de parasites nécessaire augmente avec l'ampleur des pics de population de mouches blanches. La migration des parasites présents dans la nature est vraisemblablement trop lente pour diminuer les grands pics de populations de ravageurs et, par conséquent, il sera nécessaire de libérer massivement des parasites d'élevage.

La surveillance des mouches blanches est un volet important de la stratégie de Lutte Intégrée. Les mouches blanches adultes sont attirées par des pièges collants jaunes. Des pièges (100 à 300 cm²) disposés à raison d'un par 6 m² permettent de contrôler jusqu'à 50 à 60 pour cent des ravageurs. Les pièges sont généralement accrochés à la partie supérieure de la plante, mais les mouches blanches sont de piètres voiliers, et les meilleures prises sont dès lors réalisées lorsque les pièges se trouvent à 30 cm du sol.

☐ Lutte physique

L'importation d'œufs ou de « cochenilles » de mouches blanches présentes sur des boutures racinées est une source d'infestation importante. Le criblage du matériel à la recherche d'infestations est difficile et long, mais doit être envisagé.

☐ Huiles de pétrole, savons et amidon

On peut pulvériser des huiles et de l'amidon sur les « cochenilles » de la mouche blanche pour les asphyxier. Divers produits à base de ces ingrédients sont commercialisés dans le monde entier. Les savons agissent en partie du fait qu'ils suppriment la couche cireuse des cochenilles, ce qui entraîne leur dessèchement et leur mort.

❑ Lutte culturale

Les mouches blanches répondent à des taux élevés d'azote dans la sève par une augmentation du nombre d'œufs. Un **ajustement des engrais** peut donc permettre de réduire les taux de croissance de la population et faciliter la lutte biologique.

Les mouches blanches hibernent ou passent d'une culture à l'autre par l'intermédiaire du feuillage vivant. Les **mauvaises herbes sont des hôtes** non seulement pour la mouche blanche mais également pour des maladies virales graves.

❑ Réduction des infestations à partir des cultures antérieures

Les cultures antérieures porteuses de grandes quantités de mouches blanches et de peu de parasites représentent une menace pour les cultures fraîchement plantées lorsque l'irrigation est arrêtée et que la qualité des plantes diminue. Les cultures doivent être détruites immédiatement après la récolte.

❑ Plantes-pièges et plantes-relais

Certaines plantes, à l'instar du tabac, de l'aubergine et du gombo, attirent fortement la mouche blanche. Elles peuvent être utilisées en tant que « plantes-pièges » dans des cultures biologiques, qui seront détruites avant la pupaison, ou en tant que « plantes-relais » pour la multiplication des **insectes auxiliaires** (« guêpes » parasites).

❑ Brise-vent

Les adultes sont de piètres voiliers. L'orientation des rangées peut influencer le modèle d'infestation dans les cultures en extérieur. S'il est possible de modifier ce modèle, il est peut-être également possible de faire un traitement localisé avec des produits chimiques pour permettre aux utiles de s'installer dans une zone dépourvue de pesticides, où les concentrations de ravageurs sont inférieures.

3.1.5. Lutte biologique contre les mouches blanches

❑ La guêpe parasite *Encarsia formosa*

La guêpe parasite, *Encarsia formosa*, est régulièrement utilisée dans les serres européennes pour lutter contre la mouche blanche. Elle est efficace et peu onéreuse dans l'UE. Elle est naturellement présente dans plusieurs régions, notamment au Kenya. *Encarsia* est un moyen très efficace pour lutter contre la mouche blanche et peut être introduite au début de la culture avant l'apparition de la mouche blanche ou dès qu'elle est repérée.

Une température constante de 17°C est nécessaire pour que les *Encarsia* adultes s'envolent à la recherche d'une proie. Les problèmes pour faire s'établir *Encarsia* sur certaines plantes sont vraisemblablement dus à la présence de poils ou de miellat sur les feuilles qui empêchent le déplacement de la petite guêpe sur leur surface.

Encarsia est également **très sensible aux pesticides** et la **prudence est de mise** lors de la mise en place des programmes de pulvérisation d'insecticides et de fongicides.

La guêpe adulte mesure environ 0,6 mm de long ; sa tête est de couleur noire et son abdomen est jaune. Les œufs sont pondus dans les 3^{ème} et 4^{ème} stades larvaires de la mouche blanche, ce qui explique la nécessité d'applications régulières pour parasiter les jeunes cochenilles au fur et à mesure de leur maturation.



Une guêpe *Encarsia formosa* adulte (Photo H. Wainwright)

Elle se développe à l'intérieur de l'hôte et, 2 à 3 semaines après, les pupes de la mouche blanche des serres (*Trialeurodes*) virent au noir et celles de la mouche blanche du tabac (*Bemisia*) virent au marron. La guêpe *Encarsia* adulte émerge des pupes par un petit trou qu'elle creuse en mangeant.



Cochenilles de la mouche blanche, dont 50 % environ sont parasitées par *Encarsia formosa* (cochenilles noires) (Photo H. Wainwright)

Il convient d'introduire régulièrement des guêpes *Encarsia* à titre préventif. Le taux d'application minimum est de 0,5/m²/semaine. L'introduction doit prendre place juste après le repiquage.

❑ Le champignon entomopathogène (tueur d'insectes) *Beauveria bassiana*

Beauveria est un autre vecteur (**champignon**) de maladie d'insecte disponible dans le commerce, avec un vaste éventail de cibles, dont la mouche blanche, les thrips, les pucerons et les cochenilles. Deux produits commerciaux sont disponibles, par exemple, au Kenya. Il peut être mélangé en cuve avec des adjuvants, des savons ou des huiles insecticides. Aucun effet nocif n'a été observé chez les insectes utiles. Ne l'utilisez pas avec des fongicides ! Cependant, dans des conditions sèches, l'activité du champignon est réduite car il préfère des conditions humides pour infecter les insectes cibles.

3.1.6. Pesticides et gestion de la résistance

Les pesticides utilisés pour lutter contre la mouche blanche dans un contexte IPM sont des « régulateurs de croissance » des insectes comme le téflubenzuron et la buprofézine, et d'autres pesticides, à savoir pymétozine, imidaclopride, thiaclopride et acétamipride, bien que les trois derniers soient des néonicotinoïdes pouvant entraîner une résistance aux pesticides s'ils sont surutilisés. Lors de la conception d'un programme de pulvérisation en IPM, il convient de ne pas surutiliser des pesticides ayant le même mode d'action (et donc appartenant au même « groupe de résistance » comme par exemple les néonicotinoïdes) et de déterminer à quel moment du cycle de vie ils agissent (à savoir, les adultes et/ou les larves).

3.1.7. Conclusions

La mouche blanche est un ravageur d'un **grand nombre de cultures tropicales**. Elle entrave la croissance, diminue le rendement et transmet des maladies qui pèsent fortement sur la production ; le miellat nuit à la qualité de la récolte. La mouche blanche est un ravageur efficace qui se reproduit rapidement, devient vite résistant aux pesticides et se développe sur de nombreux hôtes. Afin de lutter contre celle-ci, il est nécessaire d'envisager une **approche intégrée** qui utilise différentes pistes contribuant toutes à une gestion durable de la culture.



3.2. Stratégies de lutte intégrée contre les Mineuses des feuilles

3.2.1. Identification du problème

La mineuse des feuilles est un ravageur important pour les cultures et les mauvaises herbes dans un grand nombre de pays africains. Elle se reconnaît par les galeries caractéristiques qu'elle creuse dans les feuilles et les marques qu'elle laisse sur les feuilles et les gousses dont elle se nourrit. Les dommages se manifestent par la perte des feuilles, ce qui réduit la surface de photosynthèse et diminue la croissance, et par les traces qu'elle laisse et qui entraînent le rejet des produits. Des effets secondaires apparaissent là où la mineuse se nourrit, avec des risques d'entrée d'agents pathogènes. Cependant, la mineuse des feuilles n'est pas considérée comme un vecteur de virus des plantes.

Il existe plusieurs espèces de mineuses des feuilles mais leurs différences sont difficiles à identifier sur le terrain. Les mineuses des feuilles les plus importantes d'un point de vue horticole sont les trois espèces du genre *Liriomyza* qui représentent un problème particulier : la mineuse des feuilles de la tomate *L. bryoniae*, la mouche mineuse américaine *L. trifolii* et la mouche mineuse sud-américaine *L. huidobrensis*. Ces mineuses sont polyphages, c'est-à-dire qu'elles ont un vaste éventail d'hôtes et, par conséquent, touchent un grand nombre de cultures et de mauvaises herbes. Cependant, il existe plus de 2000 espèces de mineuses des feuilles dans le monde.

La mineuse des feuilles est un exemple de l'introduction d'un **ravageur non indigène** au Kenya. Dans les années 1970, le Kenya a développé le secteur des fleurs coupées de chrysanthèmes, la matière première venant de Floride aux États-Unis. Or, les chrysanthèmes étaient accompagnés de la mouche mineuse américaine, *Liriomyza trifolii*. Les exportations ultérieures vers des lieux comme le Royaume-Uni ont propagé la maladie et en 1979, le Royaume-Uni a interdit temporairement les importations de chrysanthèmes coupés du Kenya. L'industrie de la fleur coupée a décliné et la réputation du Kenya en tant que source de plants de grande qualité a également été mise à mal. En conséquence, le KEPHIS (*Kenya Plant Health Inspection Service* ou Service d'inspection de la santé des plantes du Kenya) est désormais chargé de contrôler toutes les importations et exportations d'organismes vivants, que ce soient des plantes importées ou des produits frais exportés.

Les mineuses des feuilles *Liriomyza bryoniae* et *Liriomyza huidobrensis* sont toutes deux des **ravageurs de quarantaine dans l'UE**, ce qui signifie que si elles sont décelées sur des marchandises entrant dans l'UE, ces marchandises peuvent faire l'objet d'une saisie en vue de leur destruction.

3.2.2. Cycle de vie du parasite ou de la maladie

❑ Le ravageur

Les mineuses des feuilles, appartenant à l'ordre des Diptères (vraies mouches), ressemblent à des petites mouches à l'état adulte. Les adultes sont petits, jaunes et noirs et mesurent un à deux millimètres de long. Le cycle de vie de la mineuse des feuilles comporte l'œuf, trois stades larvaires (instars), la pupe et la mouche adulte. La femelle utilise son ovipositeur pour faire un trou dans la face supérieure de la feuille, où elle pond son œuf de forme ovale, qui est parfois appelé œuf tache. Les mineuses de feuilles se nourrissent aussi à travers des trous de forme ronde et plus grands dans la face supérieure la feuille. Les mâles sont dépourvus d'ovipositeur et dépendent de la femelle pour la réalisation des trous et donc pour leur alimentation.

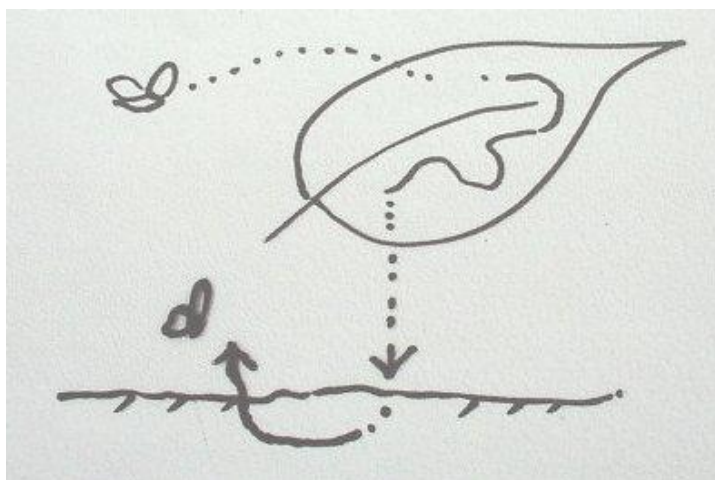


Marques d'alimentation de la mineuse des feuilles sur une feuille d'épinard ; ces marques rendent la commercialisation impossible (Photo H. Wainwright)

Lorsque l'œuf éclot, les larves commencent immédiatement à se nourrir du mésophylle de la feuille, mais ne touchent pas à l'extérieur de la feuille ni à la tige. Les larves ne viennent pas en contact avec la partie extérieure de la feuille. Au fur et à mesure de l'avancée des larves, celles-ci traversent plusieurs stades larvaires, même s'il est difficile de les identifier de l'extérieur de la feuille.

Le troisième instar de *Liriomyza* découpe un trou dans la partie inférieure de la feuille et tombe sur le sol. Il rampe dans le sol et s'empupe. Un faible pourcentage des larves restent fixées à la face inférieure de la feuille où elles s'empupent. Toutes les espèces de mineuses des feuilles ne s'empupent pas dans le sol, certaines le font dans la galerie de la feuille, à l'instar de la mineuse des feuilles du chrysanthème.

L'adulte émerge de la pupe et le cycle se poursuit. La durée du cycle de vie dépend de la température et de l'espèce mais, de manière générale, la durée du passage de l'œuf à l'adulte est de 2 à 3 semaines à 25 °C et le nombre d'œufs pondus varie de 50 à 150 par femelle.



(Dessin de H. Wainwright)

Cycle de vie de la mineuse des feuilles : la mouche adulte pond ses œufs sur la feuille, l'œuf éclot pour donner une larve qui évolue dans une galerie de la feuille. Le dernier stade larvaire finit par tomber au sol et s'empupe ; un adulte émerge ensuite du sol.

❑ Facteurs influençant leur présence

Les mineuses des feuilles sont un ravageur horticole important des légumes feuilles et des cultures de pois et de haricots. Elles sont prévalentes dans les climats chauds et secs. On les trouve à toute altitude dans certains pays comme le Kenya, mais c'est dans des milieux tempérés à haute altitude (2000 mètres à l'équateur) qu'elles occasionnent le plus de dégâts.

3.2.3. Bases d'un programme de Lutte Intégrée (IPM)

Il est **difficile de lutter contre les mineuses des feuilles avec les pesticides classiques** pour les raisons suivantes :

- ▶ les adultes sont très mobiles et difficiles à atteindre avec un pesticide ;
- ▶ les larves à l'intérieur de la feuille sont protégées par le mésophylle de la feuille ; pour être efficace, le pesticide doit être translaminaire ou systémique ;
- ▶ une même culture abrite tous les stades du cycle de vie et le fait de cibler les adultes ou les larves ne réduit pas l'impact sur les populations autant qu'il le faudrait ;
- ▶ le cycle de vie est relativement court et le taux de reproduction est très élevé.

Par conséquent, pour lutter contre les mineuses des feuilles, ou du moins réduire leur impact, il est nécessaire de suivre une approche intégrée combinant plusieurs techniques afin de réduire les populations de parasites et les dommages aux cultures.

Lors du développement d'une stratégie de lutte antiparasitaire intégrée (IPM), il convient de tenir compte de tous les aspects du cycle de vie et du comportement du ravageur. Le nombre maximal d'individus de chaque génération peut être globalement réduit en diminuant le nombre de mineuses des feuilles qui passent d'un stade au stade suivant. La lutte biologique est facilitée car le nombre de parasites nécessaire augmente avec l'ampleur des pics de population de mineuses de feuilles. La migration des parasites

présents dans la nature est vraisemblablement trop lente pour diminuer les grands pics de populations de ravageurs et, par conséquent, il sera nécessaire de libérer massivement des parasites d'élevage.

3.2.4. Lutte physique contre la mineuse des feuilles

La capacité à **réduire le nombre d'œufs pondus dans la feuille** sans affecter le rendement joue un **rôle significatif** dans la lutte contre la mineuse des feuilles.

❑ Revêtements de la feuille

Des revêtements de feuille tels des anti-transpirants pourraient être envisagés en tant que barrières contre la ponte des œufs des mineuses des feuilles, et en tant que barrières contre les ravageurs suceurs de sève tels la mouche blanche, les pucerons et les araignées rouges. Les revêtements de feuille pourraient également fournir une certaine protection contre la pénétration de spores de germination des maladies qui pénètrent dans la plante par la feuille.

❑ Pièges collants

Les mineuses de feuilles adultes sont attirées par des pièges collants jaunes. Ces derniers sont utiles non seulement pour la surveillance, mais aussi pour le piégeage de masse (photo). Cependant, l'inconvénient des pièges collants est qu'ils ne sont pas spécifiques et attrapent aussi des insectes utiles (par exemple, *Diglyphus*).



Piégeage de masse sur le côté d'un champ

3.2.5. Lutte culturale

❑ Régulation de l'utilisation de l'azote

Il existe de nombreuses preuves que des applications excessives d'azote aggravent les problèmes liés aux mineuses des feuilles et favorisent également la croissance des populations d'autres ravageurs suceurs de sève (mouches blanches et pucerons en particulier). Il est donc logique d'envisager un compromis : diminution des applications d'azote (et acceptation d'une réduction du rendement) afin de pouvoir diminuer le nombre d'applications de pesticides (avec possibilité d'augmenter la rentabilité : l'application d'une quantité réduite de pesticides pourrait compenser la perte de rendement).

❑ Réduction de la réinfestation

Les mouches qui émergent de la puppe, restées dans le sol entre les récoltes sont un foyer important d'infestation. Dans les conditions naturelles, la plupart des pupes se trouvent dans les 5 cm supérieurs de la surface du sol. L'inversion du sol de manière à profondément enterrer cette couche superficielle pourrait rendre l'émergence des mouches adultes difficile et permettre de diminuer la réinfestation des cultures qui viennent d'être plantées.

❑ Plantes-pièges

Certaines plantes et variétés, dont la fève (*Vicia faba*), représentent des sites attractifs pour la ponte des œufs de la mineuse des feuilles. Si ces plantes sont utilisées en tant que « plantes-pièges » pour concentrer l'attention des mineuses des feuilles, il est possible de diluer la population dans le champ en attirant les mineuses des feuilles loin de la culture qui vient d'être plantée.

Les plantes-pièges pourraient également constituer un « insectarium de terrain » pour les guêpes parasites telles *Diglyphus*. **Les plantes-pièges ne doivent pas recevoir de pesticides** et la migration naturelle de *Diglyphus* est plus probable que son maintien dans le champ. Cette hypothèse est étayée par des observations de nombres importants de *Diglyphus* lorsque des cultures anciennes ne sont plus pulvérisées (après la récolte). Il y aura plus de ravageurs dans la plante-piège que dans la culture, et l'absence de résidus de pesticides évitera d'éloigner le parasite.

3.2.6. Lutte biologique

Des guêpes parasites d'élevage sont régulièrement utilisées dans les serres d'Europe du Nord pour lutter contre la mineuse des feuilles.

Avant d'envisager la lutte biologique, il est nécessaire de considérer le profil des maladies et d'éventuels parasites de la culture dans son ensemble. Les fongicides et insecticides utilisés pour lutter contre d'autres ravageurs peuvent s'avérer nocifs pour les guêpes parasites. Par conséquent, l'utilisateur doit consulter les **bases de données sur la sélectivité des pesticides**¹.

¹ http://www.koppert.mobi/en/side_effects/ ; <http://207.5.17.151/biobest/en/neven/default.asp>

Des produits de type pyréthrinoïdes, tels la lambda-cyhalothrine (Karate) et la deltaméthrine (Decis), sont toutefois très toxiques pour les organismes utiles ; ils sont aussi persistants et ne doivent pas être utilisés.

❑ Le parasite *Diglyphus isaea*

Diglyphus isaea est une guêpe qui parasite la mineuse des feuilles. Il s'agit d'un ectoparasite, ce qui signifie qu'elle ne pénètre jamais dans un individu de la mineuse des feuilles, quel que soit le stade. La guêpe femelle paralyse les larves, puis dépose un œuf unique à l'intérieur d'une galerie de feuille à côté de la larve paralysée. Lorsque l'œuf éclot, la larve commence à se nourrir sur la mineuse des feuilles adulte et finit par la tuer.

La guêpe *Diglyphus* développe trois instars larvaires, puis elle s'empuque pour éclore et donner naissance à un adulte. Tous les stades du développement ont lieu dans la galerie de la feuille et la guêpe *Diglyphus* adulte émerge en faisant un trou dans la face supérieure de la feuille pour recommencer un nouveau cycle. La durée du cycle de vie dépend aussi de la température mais le cycle ressemble à celui de la mineuse des feuilles. La principale raison pour laquelle *Diglyphus* est un agent de lutte biologique si intéressant est qu'elle pond un grand nombre d'œufs (jusqu'à 250 œufs par femelle).

La présence de *Diglyphus* est décelée par l'observation des adultes. Ce sont de petites guêpes dotées d'antennes courtes articulées. Les œufs et les larves peuvent être observés dans la feuille, en retirant la lamelle de la feuille pour exposer l'intérieur de la galerie. De plus, les galeries ont tendance à être plus courtes et le trou de sortie de la guêpe *Diglyphus* adulte peut être observé sur la face supérieure de la feuille.

❑ Récolte de *Diglyphus* parmi les résidus de la culture

L'utilisation de *Diglyphus isaea* n'est pas rentable si l'agriculteur cultivant des pois et des haricots doit se procurer la guêpe auprès de commerçants. Il s'agit de l'un des agents de lutte biologique le plus onéreux. De plus, cette guêpe n'est pas facilement disponible dans les pays tels le Kenya. *Diglyphus isaea* est cependant naturellement présente au Kenya et elle peut envahir des cultures de type pois infectées par la mineuse des feuilles, où le programme de pulvérisation est modéré et l'utilisation de pesticides à large spectre et persistants est évitée.

À la fin de la culture, au lieu d'être détruits, les résidus sont recueillis et recouverts par des boîtes. Des bocalux en plastique transparent sont introduits dans les faces latérales de ces boîtes et les *Diglyphus* émergents y sont attirés par la lumière. Ces bocalux sont retirés et vidés jusqu'à deux fois par jour pour « récolter » les individus de *Diglyphus* qui sont ensuite relâchés dans les champs de pois. Pour tirer le plus grand profit de ce parasite, les individus doivent être relâchés dans une culture jeune, car si la culture est ancienne, les guêpes n'auront pas le temps d'y exercer un impact sensible sur la population de mineuses des feuilles.



Résidus de cultures de pois utilisés comme source de Diglyphus isaea sur le terrain



Bocaux de récolte en cours d'inspection sur le côté d'une boîte recouvrant des résidus de culture (Photos. H.Wainwright)

3.2.7. Pesticides et gestion de la résistance

Les pesticides utilisés pour lutter contre la mineuse des feuilles dans un contexte de LAI sont l'abamectine, la cyromazine et thiocyclam hydrogène oxalate. Lors de la conception d'un programme de pulvérisation en IPM, il convient de ne pas surutiliser de pesticides appartenant au même « groupe de résistance » et de déterminer à quel moment du cycle de vie ils agissent (à savoir, les adultes et/ou les larves).

3.2.8. Conclusions

La mineuse des feuilles est un ravageur important de cultures exportées, et n'est pas tolérée par les autorités des pays d'importation. Les caractéristiques de la mineuse des feuilles rendent difficile la lutte par pesticides seuls. Par conséquent, c'est l'intégration d'une série de mesures de lutte, tant culturales que physiques, biologiques et chimiques, qui permet de lutter contre le ravageur de manière sûre et efficace.



3.3. Lutte intégrée contre le Phytophthora en cultures d'ananas

3.3.1. Identification du problème

Dans le monde entier, les ananas souffrent de la **pourriture du cœur et des racines** occasionnée par le champignon *Phytophthora* (*Phytophthora cinnamomi* et *P. parasitica*). La présence de cette maladie devient d'abord visible lorsque la plante commence à se flétrir et que ses feuilles jaunissent. Le feuillage desséché tend à ne pas tomber et les racines s'assombrissent. Le *Phytophthora* peut tuer les ananas et se répandre rapidement dans les sols gorgés d'eau.

Il a un stade latent, et peut donc être présent dans des plants en passant inaperçu. Il doit être considéré comme une maladie importante et contrôlé par les autorités phytosanitaires, en particulier dans les fermes de multiplication. En l'absence d'une régulation, il peut compromettre les moyens de subsistance et contaminer les sols.

Le *Phytophthora* est prévalent dans les régions dont les précipitations annuelles moyennes sont supérieures à 500 mm et où les sols :

- ▶ sont acides à neutres avec une faible charge de nutriments et de matière organique ;
- ▶ contiennent peu de micro-organismes ;
- ▶ sont mal drainés.

Le brûlage des résidus de culture après la récolte peut détruire le *Phytophthora* jusqu'à une profondeur de 15 cm. Le bienfait n'est toutefois que temporaire étant donné que le feu diminue également la teneur en matières organiques du sol et les populations microbiennes, ce qui le rend moins propice à la culture.

3.3.2. Comment sont infectés les ananas ?

Le *Phytophthora* est une **maladie tellurique** qui peut également infecter les racines d'un grand nombre de plantes, autres que l'ananas. L'agent infectieux est une zoospore, spore mobile dotée d'une queue qui lui permet de se déplacer dans le film sol-eau à la recherche de racines végétales. La zoospore pénètre dans la racine, juste derrière la pointe, où se trouve le tissu mou. À l'intérieur de la racine, la zoospore germe et génère un mycélium (ou « racines fongiques ») à croissance rapide. Il se développe à l'intérieur de la racine de l'ananas et libère des enzymes qui dissolvent le tissu racinaire de la plante et permettent au *Phytophthora* d'absorber les nutriments libérés par les cellules de l'ananas en décomposition.

Les brins de mycélium se trouvent également dans le sol, après leur développement à l'extérieur des tissus en décomposition de la plante. Les sacs des spores, appelés sporanges, sont produits sur le mycélium dans des conditions humides et aérobies, et à des températures allant de 22 à 28°C. Chaque sporange développe de 30 à 40 zoospores, puis les libère. Ces zoospores peuvent survivre d'un à quatre jours en

l'absence d'une racine à envahir. Parfois, le *Phytophthora* peut également envahir des ananas par les aisselles des feuilles où l'eau s'accumule et les éclaboussures de la pluie peuvent libérer des particules du sol infestées de *Phytophthora*. Si le sol se dessèche, les conditions deviennent moins favorables à la croissance et le mycélium peut former un autre type de spore : le chlamydo-spore. Cette spore de latence possède une paroi cellulaire épaisse et peut survivre dans le sol ou le tissu de l'hôte pendant plusieurs années, en attendant que les conditions de croissance soient de nouveau favorables. Le mycélium peut également survivre sur des débris végétaux ou dans le sol.

3.3.3. Infection des plants

La multiplication de l'ananas se fait par les couronnes, des boutures et des drageons. L'infection peut se produire peu de temps après l'émergence des racines adventives de la couronne. Si cela se produit, la régénération des racines est très faible après l'infection, car les racines nourricières ne sont pas remplacées. Cela peut entraîner la mort de la couronne nouvellement plantée.

La nouvelle variété d'ananas, MD2, est très sensible au *Phytophthora*. Souhaitant cultiver cette variété MD2 le plus tôt possible, plusieurs cultivateurs ont entrepris la multiplication au sein même de l'exploitation pour former des stocks le plus vite possible, étant donné que les variétés les plus anciennes seront lettre morte dès que cette variété sera disponible.



Couronnes infectées et pourries par le Phytophthora (Photo H. Wainwright)

La multiplication au sein de l'exploitation risque cependant de produire des plants de qualité médiocre infectés de parasites et de maladies.

Il s'agit d'un réel dilemme, en particulier pour les petites exploitations, qui cherchent à tout prix à profiter de l'opportunité de gagner leur vie grâce à la culture de l'ananas. Elles peuvent produire leur propre matériel de plantation pour assurer leur avenir, mais elles ne peuvent pas produire des plants propres dépourvus de *Phytophthora* et de cochenilles susceptibles d'infecter leurs futures récoltes.

L'achat de plants cultivés, d'origine confirmée et aux tissus sains, qui sont ensuite plantés dans un sol vierge ou stérilisé, dépourvu du *Phytophthora* revêt une importance capitale pour le succès de cette variété. Du fait que le *Phytophthora* peut être une maladie latente et silencieuse, si des précautions extrêmes ne sont pas prises dès le début, un propagateur involontaire peut communiquer les maladies à plusieurs hectares de bonnes terres à ananas, où elles persisteront pendant de nombreuses années.



Hygiène médiocre dans les unités de multiplication au sein de l'exploitation

Il est capital d'améliorer les pratiques de multiplication des plantes pour éviter l'augmentation de la propagation du *Phytophthora* qui a déjà provoqué de graves pertes dans certaines régions. À moins d'agir vite, le *Phytophthora* se propagera rapidement, en particulier pendant la saison des pluies. Il restera dans le sol pendant plus de 10 ans, et il n'existe pas de rapports de contrôles organiques. Le respect d'une certaine hygiène dans les champs et les pépinières est un facteur très important à mettre immédiatement en pratique pour garantir la rentabilité future de l'exploitation.

3.3.4. Nettoyage des plants

Si l'unité de multiplication est contaminée, déplacez-la vers un site propre, étant donné que les sols sont fortement infectés. Préparez une surface plane sans creux, pour éviter l'accumulation d'eau. Le terrain doit être légèrement incliné pour faciliter l'écoulement de l'eau. Creusez des canaux de drainage profonds autour de la serre de multiplication pour éviter que l'eau des fortes pluies ne pénètre dans l'unité (le *Phytophthora* possède une zoospore mobile qui propage la maladie en nageant dans l'eau). Veillez à ce que le plastique du toit soit intact pour éviter les éclaboussures de pluie dans les pots. Les pots doivent avoir un fond percé et être relevés du sol afin que l'eau puisse s'en écouler

librement. Ils ne doivent pas être en contact les uns avec les autres pour éviter que la maladie ne puisse se propager d'un plant à l'autre.

L'irrigation doit être réalisée au goutte à goutte (de type spaghetti) ou au tuyau, dont l'embout permet de couper l'arrivée d'eau lors du passage d'un pot à l'autre. L'arrosage ne doit donner lieu à aucune éclaboussure dans la serre de multiplication.

Les boutures ne doivent pas provenir de champs infectés par le Phytophthora. Des plantes mères très saines doivent être clairement identifiées dans les champs et les boutures ne doivent provenir que de ces plantes. Idéalement, les boutures ne doivent pas provenir de champs commerciaux après la mise à fruit, mais plutôt d'une zone spéciale de terre vierge contenant des plantes mères et dédiée à la production de plants.

Si les essais biologiques s'avèrent positifs, l'agent de lutte biologique contre le Phytophthora, un champignon utile nommé *Trichoderma*, peut être utilisé en traitement préventif à tous les stades de la multiplication. Les sols et les aisselles des feuilles doivent également être traités avec *Trichoderma*.

3.3.5. Diminution du risque de maladie sur le terrain

Dans la mesure où il existe une phase d'infection latente au cours de laquelle la maladie n'est pas visible, il convient de supposer que toutes les plantes sont atteintes par le Phytophthora. Dès les premiers signes d'infection, marquez les emplacements sensibles et les plantes indésirables dans les champs, avant la libération massive de zoospores qui risquent de se propager via les éclaboussures de la pluie et l'eau d'irrigation.



Point sensible avec le *Phytophthora*

N'empilez pas les boutures en tas exposés à la pluie, étant donné que les zoospores se propageraient alors rapidement à partir d'un plant infecté vers les autres plants empilés. Ne déposez pas les plantes indésirables sur les bords du champ. Pour minimiser la contamination du champ lors de l'élimination de ces plantes, utilisez un traîneau en plastique haute résistance suffisamment large pour pouvoir être tiré par deux personnes entre les rangs, avec des pans pouvant être rabattus par-dessus les plantes. Ces plantes

représentent une menace grave pour la production ultérieure, et doivent être brûlées dès que possible. Elles peuvent aussi être ensevelies dans un trou profond à l'écart du site de production, en un endroit où l'eau ne pourra pas s'écouler du trou vers un champ de production et y transporter des zoospores infectieuses.

3.3.6. Traitements fongicides

Marquez d'un piquet les endroits où les plantes ont été supprimées. Ces endroits doivent subir un traitement fongicide, lequel devra être étendu aux dix plantes situées de part et d'autre de la zone affectée, et qui risquent fort d'être déjà contaminées. Des produits tels le chlorhydrate de propamocarbe, le fosétyl-aluminium, le métalaxyl et l'étridiazole (phytoprotecteur) peuvent être utilisés. Cependant, l'élimination du *Phytophthora* à l'aide de fongicides seuls est virtuellement impossible.

Des produits efficaces sont l'acide phosphonique et son sel tamponné, le phosphonate de potassium. Les chercheurs ont démontré qu'une seule pulvérisation de phosphonate de potassium à toutes les concentrations testées (2,5 ; 5 ; 10 et 15 kg/ha) avant la récolte (préplantation) permettait de protéger les racines de l'ananas des méfaits du *Phytophthora* lors de l'évaluation de la première récolte de fruits, 2 ans après le repiquage. Cette application unique de préplantation était tout aussi efficace que quatre pulvérisations foliaires de postplantation de phosphonate de potassium ou que des traitements fongiques du sol par trempage au métalaxyl durant la même période.



3.3.7. Détection et surveillance

Le problème est suffisamment sérieux pour qu'une personne soit affectée à la surveillance du *Phytophthora* sur l'exploitation, afin de veiller à ce que les actions préventives soient déployées au moment opportun.



Après la récolte des fruits, les jeunes boutures sont exposées aux pesticides

Le potentiel de la Lutte Intégrée chez l'ananas

L'ananas reste dans le sol pendant de nombreux mois et est cultivé sous des climats qui permettent un développement tout au long de l'année. Ces conditions sont appropriées pour le succès d'un programme de Lutte Intégrée (IPM). Le problème qui doit être résolu est l'échelle de production, qui peut être de plusieurs milliers d'hectares d'une seule culture, souvent sans rotation.

Les ravageurs et les maladies se développent du fait de la production de plants (boutures) à partir de champs qui sont contaminés. La variété MD2 peut être une solution car elle produit bien plus de boutures que les variétés plus anciennes. Elle pourrait tout au moins offrir l'opportunité de rompre le cycle, en permettant de disposer à bon compte de zones de production de plants spécialisées et mis en quarantaine.

Si les plantes sont produites à l'écart de cultures commerciales contaminées, elles peuvent servir de base à un programme IPM. Le cultivateur doit alors avoir accès à des agents de lutte biologique de bonne qualité et peu onéreux, tels que biopesticides et ennemis naturels. Cela ne sera vraisemblablement possible que si les exploitations d'ananas forment des coopératives et produisent leurs propres agents de lutte biologique en grande quantité. Cela a été réalisé avec d'autres cultures et peut s'appliquer à l'ananas, si la motivation est présente.

☐ Identification et cartographie des infestations par le Phytophthora

Les symptômes de la présence du Phytophthora dans le champ peuvent être **confirmés par une analyse du sol et des plantes**, mais cette confirmation n'est pas toujours très efficace, car la répartition du Phytophthora dans le sol n'est pas uniforme et sa détection dans les tissus végétaux dépend du stade de développement de la maladie. Un résultat de test « négatif » indique seulement que la présence du Phytophthora « n'est pas confirmée ».

Les tests positifs concernent le plus vraisemblablement des échantillons collectés au cours des mois chauds de l'année, si le sol est encore humide.

☐ Méthode d'échantillonnage du sol

Veillez à ce que le matériel utilisé pour échantillonner le sol soit propre et dépourvu de Phytophthora provenant d'un autre site. **Veillez à ce que tous les outils soient exempts de terre. Désinfectez les outils** avec de l'alcool (méthanol non dilué) ou une solution d'eau de Javel domestique (diluez 1 partie d'eau de Javel dans 4 parties d'eau). Rincez à l'eau distillée et séchez les outils avec des serviettes en papier sèches.

Ne collectez des échantillons que si le sol est encore humide :

1. Prélevez du sol et de la matière racinaire de plantes montrant des symptômes précoces de la maladie (par exemple, une décoloration des feuilles) ou de plantes mortes récemment, à proximité du front d'infestation.
2. Retirez la litière et la végétation de surface autour de la plante.
3. Prélevez des sous-échantillons de sol tout autour de la plante à une profondeur de 5 à 20 cm à l'aide d'une pelle ou d'une truelle.
4. Placez les sous-échantillons dans un sachet en plastique propre de manière à constituer un échantillon représentatif d'environ 500 g (c'est-à-dire la taille d'un ravier de margarine domestique standard). Les sous-échantillons de plusieurs plantes infestées peuvent être regroupés.
5. Veillez à bien étiqueter l'échantillon avec les informations suivantes :
 - Informations du contact (nom, adresse postale et numéro de téléphone),
 - Informations concernant l'échantillon (emplacement de référence sur la carte et date),
 - Renseignements généraux (y compris les plantes infectées).
6. Désinfectez les outils, les chaussures et les mains à l'alcool ou avec la solution d'eau de Javel après chaque échantillonnage.
7. Conservez les échantillons à une température comprise entre 10 et 25 °C (ne les mettez pas au réfrigérateur).
8. Soumettez les échantillons aux essais dès que possible.

❑ Désinfection du matériel agricole

La **circulation sur l'exploitation** peut être un vecteur de propagation de la maladie. Les visiteurs à bord de véhicules ayant circulé sur une autre exploitation d'ananas ne doivent pas pénétrer dans les champs fructifères.

Un **véhicule non nettoyé après avoir circulé** dans une zone infestée est susceptible de propager facilement la maladie sur un autre site situé à des kilomètres de là.

Après avoir déplacé des sols infestés, une **niveleuse** peut propager *Phytophthora cinnamomi* sur de grandes distances.

La matière végétale infestée est susceptible de **coller aux roues des bicyclettes et aux chaussures**.

Le Phytophthora est même présent dans **l'eau de drainage** des terres infectées, dans l'eau d'irrigation ou dans les **eaux libres souterraines**.

Il est plus facile de **prévenir** que de guérir et de **bonnes pratiques agricoles** sont le meilleur moyen de lutter contre cette maladie.

3.4. Lutte intégrée contre la Teigne crucifère

3.4.1. Identification du problème

La Teigne des crucifères (*Plutella xylostella*) est une chenille nuisible courante qui attaque les cultures de brassica dans le monde entier. Le problème s'aggrave de jour en jour, étant donné que cette chenille est devenue résistante à un certain nombre d'insecticides pyréthrinoïdes et organo-phosphorés d'utilisation courante. Elle représente un problème important dans les pays où les conditions de croissance permettent le chevauchement de plusieurs générations tout au long de l'année et leur coexistence à un moment donné. Le développement ininterrompu du ravageur pourrait amener les cultivateurs à appliquer des pesticides de manière hebdomadaire, ce qui aggraverait les dommages dès lors que cela augmente la résistance de la chenille aux pesticides.

Des informations pour l'identification des groupes de pesticides dont le mode d'action est similaire sont disponibles auprès de l'*Insecticide Resistance Action Committee* (IRAC). Les pesticides doivent être soigneusement alternés afin de minimiser le risque de développer une résistance. Malheureusement, la diversité des types de pesticides n'est pas suffisante pour prévenir le développement de résistances. La résistance croisée entre pesticides de la même famille est à présent courante. Il est donc très important d'appliquer les principes de la LAI décrits dans ce programme. Si la lutte intégrée est utilisée correctement, elle peut s'avérer très efficace dans le cadre d'un programme de gestion de la résistance.

3.4.2. Identification du ravageur et cycle de vie

La Teigne des crucifères adulte est un petit papillon de 10 à 12 mm de long. Il est facile de distinguer le mâle, brun foncé, de la femelle de couleur havane. Le mâle possède sur le dos trois motifs très distincts en forme de losange, qui lui donnent son nom en anglais: « *diamond black moth* = Teigne noire aux losanges ». Ce motif est moins net sur le dos de la femelle.



Teigne femelle



Grandes chenilles de la Teigne des crucifères

Les femelles pondent plus de 150 œufs au cours de leur vie ; ces œufs sont de couleur jaune pâle et mesurent 0,5 mm de long. Ils sont pondus en petites grappes à tige sur les deux faces de la feuille. Les chenilles sont de couleurs gris-vert avec une tête noire dans les trois premiers stades et de couleur verte avec une tête vert-brun dans le dernier stade de développement. Les chenilles atteignent environ 12 mm de long.

Comme la plupart des Teignes, les adultes sont nocturnes ; elles s'activent à la tombée de la nuit et restent actives toute la nuit. On ne les voit pendant la journée que si elles sont dérangées dans leur lieu de repos, sous les feuilles.

Les dommages aux cultures sont provoqués lorsque les jeunes chenilles s'alimentent et creusent une galerie dans la feuille. Les chenilles plus vieilles s'alimentent sur la face inférieure des feuilles ou dans une galerie pratiquée dans la plante.



La Teigne des crucifères abîme les feuilles en y creusant des trous ou « fenêtres »

Les chenilles qui sont dérangées alors qu'elles s'alimentent se tortillent rapidement en marche arrière le long de la surface de la feuille et peuvent tomber au sol, accrochées à des fils de soie. La pupaison se produit dans un cocon à larges mailles à la surface de la feuille.



La durée du cycle entier est de 3 à 8 semaines en fonction de la température. En une année, la Teigne peut réaliser plus de 10 cycles de vie, si les conditions sont propices à la croissance tout au long de l'année, comme à l'équateur. Le chevauchement des générations rend difficiles les pulvérisations ou une lutte biologique adaptées, ce qui renforce l'importance de démarrer un programme dès que les premières Teignes sont détectées dans la culture. Si le cultivateur attend la survenue de la deuxième génération, il sera difficile de faire face aux générations ultérieures. Le dépistage minutieux s'avère très important.

3.4.3. Bases d'un programme de Lutte Intégrée (IPM)

Dans le cadre actuel de la protection des cultures, la lutte antiparasitaire intégrée est la seule solution de choix contre l'infestation par les chenilles nuisibles, les ravageurs et autres maladies. Les luttes biologiques, culturales et physiques doivent être utilisées pour réduire les concentrations de ravageurs et moins pulvériser de pesticides toutes les semaines de la saison. Seules, les pulvérisations de produits chimiques prophylactiques à spectre large ne peuvent pas garantir des cultures dépourvues de chenilles. La surutilisation de pyréthriinoïdes ou d'organo-phosphorés entraîne une résistance et réduit sans aucun doute la qualité et le rendement des cultures, du fait de leur interférence biochimique dans la croissance des plantes.

Cependant, les ravageurs réduisent aussi le rendement et la qualité des cultures, et des programmes IPM efficaces doivent donc se substituer aux programmes chimiques prophylactiques. Les programmes IPM doivent répondre à une **conception holistique**, tenant compte de la totalité des problèmes liés aux ravageurs/maladies, et intégrer les programmes de pulvérisation et de lutte biologique pour résoudre l'ensemble de ces problèmes.

Les programmes calendaires de pulvérisation, qui ne tiennent pas compte de la présence d'ennemis naturels des ravageurs dans les cultures ni des changements hebdomadaires

des populations totales de ravageurs, pourraient mal interpréter le risque et indiquer l'application d'une pulvérisation supplémentaire alors que :

- ▶ la pulvérisation précédente n'a pas encore eu le temps de produire son effet,
- ▶ les populations de ravageurs sont en réalité en diminution,
- ▶ les densités d'insectes utiles ou l'infection du ravageur par des maladies microbiennes naturelles suffisent à contrôler le problème posé par le ravageur.

Les programmes IPM exigent des capacités de gestion supérieures. Les personnes en charge de la protection des cultures **doivent être capables d'évaluer les risques**, en prenant en compte de nombreux facteurs au même moment, y compris l'**effet « boomerang »** d'une pulvérisation contre un(e) maladie/ravageur sur l'efficacité de la lutte biologique contre un(e) autre maladie/ravageur. La première chose à faire dans une exploitation sera donc peut être d'accroître la capacité du directeur de l'exploitation à mieux exercer sa fonction, par une **formation spécialisée** dispensée par un formateur expérimenté.

Les chenilles sont souvent un problème saisonnier et exigent donc un plan saisonnier, qui inclut la préparation de la saison, la mise en œuvre du programme pendant la saison et le nettoyage après celle-ci (afin de réduire la rémanence pour la saison suivante).

3.4.4. Gestion du risque – lutte contre la chenille

La lutte antiparasitaire intégrée utilise plusieurs procédés et produits associés pour mesurer et réguler l'augmentation des ravageurs et des insectes utiles dans la culture, afin de prévenir les préjudices à la culture. Elle exige une compréhension plus fine des cycles de vie des ravageurs et des facteurs qui déterminent leur distribution afin d'utiliser efficacement les méthodes de lutte qui, lorsqu'elles sont isolées, peuvent s'avérer moins efficaces que les produits chimiques. Lorsque plusieurs procédés de lutte sont efficacement intégrés, la lutte résultante peut égaler, voire dépasser l'efficacité des luttes chimiques.

Information

La **quantité d'informations nécessaire pour développer un programme IPM adapté à la lutte contre les chenilles dans une exploitation est supérieure** à celle normalement utilisée pour un programme chimique.

Globalement, quelles sont les espèces de chenilles présentes dans l'exploitation :

- où se trouvent-elles généralement ?
- comment contrôler leur distribution et leurs déplacements pour éviter leur migration au sein de la culture ?
- quel est le nombre de Teignes ou de chenilles ? la population est-elle en augmentation ou en diminution ?

Quels pesticides :

- agissent encore avec efficacité sur les différentes chenilles nuisibles (pas de résistance) ?
- tuent le ravageur, mais pas leurs ennemis et maladies naturels (pesticides compatibles) ?

Quels ennemis naturels :

- sont susceptibles de contrôler les chenilles nuisibles ?
- sont nécessaires et en quelle quantité pour une lutte efficace en fonction des concentrations de ravageurs ?
- peuvent être « appliqués » ou « encouragés à entrer » en nombre suffisant dans la culture ?

Les programmes IPM des exploitations peuvent exiger recherche et développement. L'origine des intrants doit être définie (baculovirus et *Trichogramma*) et des capacités doivent être développées (dépistage quantitatif sur la totalité de l'exploitation et non sur des cultures individuelles).

Évaluation et gestion du risque de résistance aux pesticides

L'examen des programmes de pesticides en cours d'application révéleront si :

- ▶ un même principe actif a été surutilisé (**même des pulvérisations de Bt en excès peuvent mener à une résistance**) ;
- ▶ un programme de pulvérisation a été trop intensif par rapport aux données du dépistage ;
- ▶ les concentrations prescrites de principe actif par hectare ont été dépassées ;
- ▶ les applications n'ont pas été programmées aux stades sensibles (Bt – jeunes chenilles).

Une seule de ces **carences suffit déjà à augmenter le risque de développement d'une résistance** aux pesticides.

Dépistage quantitatif

Un dépistage classique ne fournit généralement que des informations limitées, qui ne sont utiles que pour un programme préventif modifié. Les indices de présence des ravageurs peuvent être mal interprétés par les observateurs. Il n'est pas rare que des observateurs aguerris utilisant des indices voient leurs résultats s'écarter peu à peu des concentrations de ravageurs réelles.

Lorsque cela se produit, les données n'ont plus aucun sens.

- ▶ Le niveau de résistance peut être mesuré par un dépistage quantitatif régulier avant et après les pulvérisations.
- ▶ Le dépistage peut également révéler si l'application des pulvérisations n'a pas été efficace (faible couverture de la culture) ou si elle n'a pas été appliquée du tout à la culture (pesticide volé avant l'application !).
- ▶ Le dépistage quantitatif fournit également des informations sur la quantité relative de ravageurs dans la culture et détermine les taux d'introduction d'ennemis naturels.
- ▶ Le dépistage doit tenir compte des stades de vie significatifs (adultes, œufs, larves et pupes).

3.4.5. Lutte physique et pièges

☐ Lutte physique

Il a été démontré qu'une irrigation par aspersion quelques minutes avant le crépuscule pouvait entraîner les jeunes larves qui sont actives à cette période et perturber l'activité des Teignes adultes, susceptibles d'être sur la face supérieure des feuilles à ce moment.

☐ Utilisation améliorée des pièges à phéromones

Les Teignes femelles produisent généralement une odeur biologique (phéromone) qui attire les mâles à grande distance en vue de la reproduction. Des phéromones artificielles attirent les Teignes mâles et sont très spécifiques à chaque espèce. D'autres Teignes nécessiteront une phéromone spécifique pour les attirer en un lieu précis (pour les compter ou les éliminer). Une identification correcte des chenilles présentes dans la culture permettra de s'assurer que des pièges à phéromones adéquats sont mis en place.

S'ils sont utilisés à bon escient, les **pièges à phéromones** indiqueront les tendances dans les populations de Teignes et permettront l'application de produits antiparasitaires à usage agricole lorsque les stades les plus vulnérables du ravageur sont les plus nombreux. Par exemple, des guêpes parasites, telles que *Trichogramma*, peuvent être libérées après le pic de ponte et *Bacillus thuringiensis* peut être appliqué lorsque de jeunes larves de chenille sont présentes.

Afin de développer des seuils économiques locaux pour le déclenchement des applications de pesticides, **les données des pièges à phéromones doivent être corrélées aux observations physiques** de la culture et aux préjudices subis par la culture tels que révélés par les rebuts des stations fruitières.

Les décomptes des pièges à phéromones peuvent être influencés par :

- ▶ la position du piège par rapport à la culture et à la direction du vent,
- ▶ l'âge du piège (les nouveaux pièges libèrent des pics de phéromones plus élevés),
- ▶ la contamination du piège par d'autres odeurs,
- ▶ l'utilisation de phéromones incorrectes suite à une identification erronée du ravageur.

Les observateurs doivent porter des gants pour éviter la contamination croisée des pièges. Il faut y réfléchir à deux fois avant d'installer un piège à phéromones **à l'intérieur** d'un champ, car il est susceptible d'attirer la Teigne dans la culture ! Le cultivateur doit savoir quand les Teignes arrivent sur l'exploitation, et il convient donc de placer les pièges à l'extérieur dans des positions stratégiques choisies à bon escient. Une bonne observation des cultures permet généralement de confirmer la présence du ravageur dans un champ particulier et de savoir si la population est toujours en voie d'augmentation. Les Teignes viennent du côté du vent dominant, et il convient donc de placer les pièges entre la source et les cultures que l'on cherche à protéger. Il peut être utile de placer une barrière (avec de la colle) du côté sous le vent du piège, pour éviter que les Teignes ne poursuivent leur vol vers la culture. Il s'agit de bon sens, mais peu

nombreux sont les cultivateurs qui le font. Or, le temps est maintenant venu de faire preuve de bon sens !

❑ Piégeage de masse des Teignes adultes (à l'écart des cultures)

Seules les femelles fécondées pondent des œufs, d'où la possibilité d'un nombre moindre de chenilles dans les cultures si le nombre de femelles fécondées diminue. Les pièges à phéromones n'attirent que les mâles, mais si ces derniers sont attirés loin des femelles qui se trouvent dans les cultures, le nombre de femelles fécondées sera aussi moins élevé. Pour que cet outil soit efficace, il est cependant nécessaire de leurrer la majorité des Teignes mâles.

Afin d'augmenter l'efficacité des phéromones en tant qu'outil de piégeage de masse, il sera nécessaire de les combiner avec des pièges lumineux et des plantes-pièges pour toucher aussi bien les mâles que les femelles. Le piège à phéromones peut contenir de la colle ou de l'eau. Il est préférable d'acheter des pièges spécialement conçus pour chaque type de Teigne, dans la mesure où ils sont disponibles localement et à un prix abordable.



Piège à phéromones fabriqué sur place (NRI/IITA)

Parfois, les phéromones ne sont pas disponibles localement dans le commerce. Elles doivent être répertoriées en tant que produits antiparasitaires à usage agricole, ce qui peut limiter l'accès à cet outil dans certains pays, surtout si l'objectif est le piégeage de masse (étant donné qu'elles peuvent aussi piéger des espèces non ciblées).

Au besoin, il est possible de mettre au point un procédé pour la fabrication sur place de pièges à phéromones « naturels » utilisant des femelles vierges non fécondées, recueillies à partir de chenilles que l'on a laissé s'empurger et devenir adultes dans un récipient. Une seule femelle vierge peut attirer des mâles à une distance de plusieurs kilomètres. 50 Teignes femelles vierges placées dans un récipient à l'écart des cultures commerciales (PAS à l'intérieur du champ, auquel cas elles attireraient les mâles adultes dans la culture) sont donc susceptibles d'agir comme un dispositif de piégeage de masse si elles sont combinées à des bandes collantes ou à des pièges à eau, placés à proximité du piège à phéromones.

Les Teignes femelles sont plus petites que les mâles. Il convient d'organiser une session de formation sur l'exploitation à l'intention des observateurs, afin qu'ils sachent identifier les différentes espèces de Teignes et différencier les mâles des femelles.

Les pièges à phéromones peuvent être achetés auprès de nombreux fournisseurs². Le type de piège dépendra de l'espèce de chenille et le cultivateur doit contacter le fournisseur de phéromones pour des recommandations quant au type de piège requis.

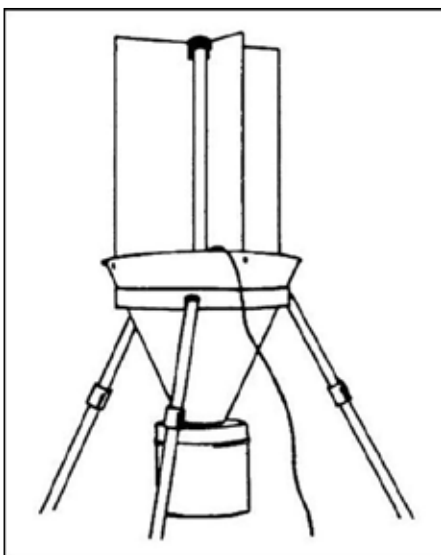
Les pièges doivent être placés quelques semaines avant la survenue saisonnière attendue des Teignes, et les comptages de Teignes adultes doivent être enregistrés deux fois par semaine pour déterminer avec précision le moment où déferle la première vague de Teignes. Retirez les Teignes mortes des pièges. Les couches de support des phéromones en caoutchouc ne durent que cinq semaines avant que la concentration en phéromones ne diminue. Les nouvelles couches de support dégagent davantage de phéromones et attirent davantage de mâles que les plus anciennes ; veillez donc à remplacer les couches de support de phéromones par rotation (pas toutes en même temps).

La plupart des vols sont généralement suivis d'un pic de ponte d'œufs, une à deux semaines plus tard environ, puis d'un pic d'éclosion de larves 1 à 2 semaines après, en fonction des températures. Les prises des pièges peuvent aller de 0 à plus de 80 Teignes par semaine. Les prises supérieures à 10 Teignes par semaine entraîneront une ponte d'œufs qui nécessitera une action telle l'introduction de parasitoïdes des œufs, ou des pulvérisations ciblant les jeunes chenilles.

² Y compris Syngenta Bioline (www.syngenta-bioline.co.uk) qui a des points de vente dans l'UE, aux États-Unis et en Amérique du Sud.

❑ Pièges lumineux

La nuit, les pièges lumineux attirent tant les Teignes mâles que femelles, quelle que soit l'espèce. Combinés avec les bandes collantes ou des pièges à eau, ils peuvent leurrer les Teignes et les tuer. Pour des raisons de sécurité, ils doivent être surveillés par le personnel de sécurité de nuit.



Pièges lumineux

Il peut être indiqué d'associer les pièges lumineux à des pièges à phéromones et des plantes-pièges afin que, une fois attirées, les Teignes restent à proximité de la lumière et déposent leurs œufs à cet endroit plutôt que dans les cultures avoisinantes.

❑ Plantes-pièges et insectariums de terrain pour insectes utiles

L'objectif de la plante-piège est d'encourager les Teignes des crucifères à s'y poser pour pondre. De bonnes plantes hôtes pour la chenille du chou sont des variétés de chou appropriées. Par exemple, le chou chinois à croissance rapide est très utile pour attirer les Teignes des crucifères et les encourager à y pondre.

Si la plante-piège ne fait pas l'objet de pulvérisations de pesticides non compatibles, elle abritera également les ennemis naturels tels *Trichogramma* pour qu'ils s'y développent en s'alimentant ou parasitant les divers stades du cycle de vie de la chenille, de l'œuf jusqu'à l'adulte.

Les plantes-pièges peuvent être rendues encore plus efficaces par la mise en place de lampes à lumière noire dans la zone de piégeage. Les Teignes femelles déposent alors leurs œufs dans les plantes-pièges plutôt que dans la culture commerciale. Les Teignes adultes aiment le nectar et il est recommandé de cultiver à cet endroit des plantes qui produisent une grande quantité de cette substance (le souci, par exemple). Une clôture périphérique en filet de protection peut être utile pour empêcher la migration des Teignes adultes vers la culture commerciale.

La zone des plantes-pièges est alors susceptible de devenir, sur le terrain, un lieu d'élevage d'insectes utiles, voire même de maladies d'insectes. Par exemple, lorsque les œufs de chenille sont présents, le cultivateur peut acheter et appliquer des insectes qui les parasitent, comme la guêpe parasite *Trichogramma*.



Guêpes *Trichogramma* pondant dans un œuf d'*Heliothis*

En présence des chenilles, le cultivateur peut aussi acheter un produit à baculovirus et en pulvériser les chenilles. Le virus est très spécifique et ne tue qu'un seul type de chenille ; des produits à baculovirus sont disponibles pour la Teigne des crucifères.

Les plantes-pièges peuvent également être une source de chenilles matures, faciles à collecter et pouvant être utilisées pour élaborer les pièges à phéromones fabriqués sur place comme décrit plus haut.

Une alternative à la pulvérisation de pesticides sur les plantes-pièges est la mise en place d'agents de lutte biologique. Il est recommandé de mettre en place des systèmes de détection et de gestion pour s'assurer qu'ils ne deviennent pas une source d'infection. En présence d'un nombre trop élevé de ravageurs et d'un nombre insuffisant d'insectes utiles, il faut pulvériser immédiatement la zone de plantes-pièges pour arrêter la migration vers la culture.

Une seule Teigne femelle pouvant pondre jusqu'à 150 œufs, il importe de prendre au sérieux la stratégie de contrainte et attraction, étant donné que ce ravageur est devenu résistant aux pesticides dans un grand nombre de régions du monde. Il n'est plus raisonnable de considérer ce volet d'un programme IPM comme peu significatif, dans la mesure même où les pesticides ne sont pas efficaces à eux seuls. Si un programme 100% pesticides est mis en place, les organismes finiront par devenir résistants : c'est une réalité qui ne peut plus être ignorée.

Il faut éviter de planter des plantes-pièges et ne plus s'en occuper. Elles encourageront le développement des ravageurs dans l'exploitation. Surveillez-les tous les jours et agissez lorsque cela est nécessaire (appliquez-y des insectes utiles ou pulvériser les plantes-pièges, ou détruisez physiquement à la main les œufs et les chenilles dans la culture). Compte tenu qu'une Teigne femelle adulte pond 150 œufs, la destruction d'une

seule chenille peut empêcher le développement de 100 Teignes adultes ou plus dans la culture lors de la génération suivante.

Labourez les plantes-pièges dès la fin de la saison des chenilles, au risque de voir se développer, dans le sol sous les plantes-pièges ou sur les débris de la culture (vieilles feuilles de chou), des pupes susceptibles d'émerger plus tard pour donner une nouvelle génération de Teignes nuisibles.

3.4.6. Produits non chimiques

❑ **Contrainte - attraction**

Cette stratégie amplifie l'effet de cette approche, en rendant la culture moins attrayante par la présence d'odeurs désagréables. L'insecticide végétal produit à partir de margousier a été utilisé pour éloigner les chenilles de la Teigne des crucifères dans les cultures de brassica et il est peut-être utile contre d'autres chenilles nuisibles. Ce produit ne peut cependant, à lui seul, protéger les cultures contre une invasion massive de Teignes.

❑ **Lutte biologique contre les chenilles**

Dans la nature, il existe un grand nombre de parasitoïdes et de prédateurs des chenilles, des pupes et des œufs. Quelques-unes des espèces connues pour parasiter les larves de la Teigne des crucifères appartiennent aux genres *Diadegma*, *Apanteles*, *Cotesia* et *Tetrastichus*. Elles peuvent contribuer à prévenir les préjudices économiques, si elles sont présentes en quantité suffisante et avant le développement de la Teigne dans la culture. C'est là où l'insectarium de terrain est utile, car il s'agit d'une zone protégée pour la Teigne des crucifères qui, dépourvue de pesticides, permet aux ennemis naturels de se développer.

En sus des prédateurs et parasitoïdes qui sont produits en masse comme *Trichogramma* et *Orius*, il existe un certain nombre d'agents pathogènes microbiens spécifiques aux insectes qui tuent les chenilles sans s'attaquer aux espèces non ciblées (baculovirus et *Bacillus thuringiensis*). Des champignons entomopathogènes comme *Beauveria bassiana* ont un éventail d'hôtes plus vaste et certaines variétés s'attaquent aux thrips, mouches blanches et pucerons. Les nématodes entomopathogènes (nématodes tueurs d'insectes) peuvent s'avérer efficaces pour détruire la plupart des chenilles lorsqu'ils sont pulvérisés dessus.

❑ ***Bacillus thuringiensis* (Btk et Bta)**

Les pulvérisations de Bt sont souvent utilisées dans des programmes de LAI pour la lutte contre les chenilles car elles sont moins toxiques pour les insectes utiles que la plupart des pulvérisations. Cependant, Bta est toxique pour les invertébrés aquatiques, la chrysope verte et *Metaseiulus occidentalis*. Les spores de Bt ne se propagent généralement pas aux autres insectes et ne provoquent pas d'épidémies de leur propre fait comme c'est le cas de certains autres agents pathogènes d'insectes.

Bacillus thuringiensis (Bt) est une bactérie naturelle du sol et l'un des biopesticides les plus largement produits ; il est utilisé depuis plus de 50 ans pour lutter contre certaines

chenilles. Il existe plusieurs types de Bt, dont deux (*kurstaki* et *aizawai*) sont spécifiquement efficaces contre les chenilles (d'autres types s'attaquent à certains coléoptères, moustiques et sciaridés). Les toxines de Bt sont différentes chez Btk et Bta, et il faut veiller à ne pas en faire un usage excessif, car le développement d'une résistance à ces toxines est possible. Afin de gérer la résistance, si le ravageur est sensible aux deux types de Bt, le cultivateur doit alterner le Btk et le Bta.

Toutes les chenilles n'étant pas sensibles de la même manière au Btk et au Bta, le cultivateur doit donc identifier les chenilles présentes dans la culture pour ne pas pulvériser un biopesticide inefficace. Si les informations concernant la sensibilité des différentes chenilles au type de Bt ne figurent pas sur l'étiquette, ou si le cultivateur n'est pas sûr de la plage cible du Bt disponible, une simple pulvérisation d'essai sur des feuilles données aux chenilles permettra de déterminer leur sensibilité (la chenille vire au noir et meurt en l'espace de 2 jours). En règle générale, les produits *Bt aizawai* sont plus efficaces contre les petites larves de la chenille défoliante (*Spodoptera litura*) que les produits *Bt kurstaki*.

Des formulations de *Bt kurstaki* telles que Dipel sont disponibles pour la lutte contre un grand nombre de chenilles nuisibles, dont la chenille du chou importée, la fausse-arpenreuse du chou, les sphinx, la pyrale du maïs, le ver gris, certaines noctuelles, la Teigne des crucifères, la tordeuse des bourgeons de l'épinette, les chenilles bursicoles, les livrées, les chenilles de spongieuse et d'autres chenilles des forêts. Le Btk est moins efficace contre la légionnaire de la betterave, et la Teigne des crucifères a développé une résistance aux toxines de Btk. Il importe par conséquent de les utiliser avec intelligence dans un programme de lutte intégrée recourant à d'autres pesticides, voire même d'alterner *Bt kurstaki* et *Bt aizawai* (par exemple, Xentari) pour gérer la résistance aux toxines de Bt.

La pulvérisation de Bt comprend des protéines à forme cristalline et des spores vivantes de la bactérie Bt. Si une quantité suffisante de Bt est consommée par la chenille, les toxines des protéines cristallines paralysent la bouche et l'intestin de la chenille. En fonction de la dose ingérée, les chenilles cessent de s'alimenter de quelques minutes à une heure après l'ingestion. La paroi intestinale de l'insecte est détruite par la toxine en quelques heures, permettant aux spores de Bt et au contenu intestinal de se répandre dans la cavité corporelle. La mort survient dans un délai de 1 à 2 jours, et les larves se colorent ou virent au noir et se recroquevillent. Elles peuvent alors tomber et passer inaperçues sur le sol.



Chenille de la fausse-arpenteuse (à droite) infectée par Bt – chenille saine (à gauche)

Bt ne tue que les jeunes chenilles et n'est pas efficace sur les chenilles plus vieilles et plus grandes. Un dépistage attentif des œufs de chenille dans les cultures indiquera par conséquent au cultivateur quand il y a lieu de commencer la pulvérisation de Bt pour s'attaquer aux jeunes chenilles émergeant de la première génération d'œufs, après l'invasion des Teignes adultes. Consultez l'étiquette ; si une fourchette de concentrations est proposée, n'utilisez alors les concentrations supérieures qu'en présence de chenilles plus grandes ou si le volume des feuilles à couvrir justifie une pulvérisation abondante.

Lorsque les chenilles ne sont pas assez voraces (par exemple, lorsque les températures sont basses), on peut ajouter aux pulvérisations de Bt utilisées par les cultivateurs bio une ou deux cuillères à soupe de lait écrémé en poudre pour obtenir une dose mortelle de Bt. En principe, cette opération n'est cependant pas réalisée sur les cultures de fleurs. Le Bt peut être mélangé en cuve avec un grand nombre de pesticides, tant que le pH est maintenu aux alentours de 7. Il n'est pas recommandé de le mélanger en cuve avec des fongicides alcalins tels que le chlorothalonil.

Le soleil inactive les formulations de Bt, qui ne sont efficaces que pendant un à trois jours. Étant donné qu'un grand nombre de chenilles émergent pour s'alimenter la nuit, il est recommandé de l'appliquer en fin d'après-midi et non tôt le matin afin de minimiser son exposition à la lumière UV. La pluie ou l'irrigation par aspersion peut réduire son efficacité en lessivant le Bt du feuillage de la culture.

La réussite de l'utilisation du Bt dépend de l'identification correcte de la chenille et de sa sensibilité, de l'application sur de jeunes chenilles à la concentration adéquate, à la bonne température ambiante (assez élevée pour que les insectes soient actifs et s'alimentent) et avant que la chenille ne pénètre dans la fleur, inaccessible aux pulvérisations de Bt.

❑ **Baculovirus**

Les chenilles sont sensibles à des maladies virales provoquées par les baculovirus et spécifiques à chaque espèce. Il existe un baculovirus spécifique à chaque type de chenille. Des baculovirus contre la Teigne des crucifères sont disponibles dans le commerce.

Les baculovirus sont donc **très respectueux de l'environnement** du fait qu'ils ne touchent **pas du tout les espèces qui ne sont pas ciblées**. Il est par conséquent

primordial que le cultivateur identifie l'espèce de chenille présente dans la culture afin d'acheter le type de baculovirus adapté. Les baculovirus ne se répliquent pas dans les mammifères ni dans les vertébrés.

À l'instar du Bt, les baculovirus doivent être ingérés par une larve de chenille en quantité suffisante pour atteindre la dose mortelle. À la différence du Bt, aucun rapport ne fait état d'une résistance des ravageurs ciblés au baculovirus. Une fois à l'intérieur de l'hôte, le baculovirus se multiplie et le tue. Il est également recommandé de reporter l'application à la fin de l'après-midi car le produit est décomposé par la lumière UV. Les baculovirus disponibles dans le commerce sont produits par plusieurs sociétés³.

❑ *Beauveria bassiana*

Plusieurs lignées d'un autre microbe naturel du sol, *Beauveria bassiana*, ont été développées en tant que bio-insecticides commerciaux pour un éventail de ravageurs tels que la mouche blanche, les pucerons, les cochenilles, les thrips et les chenilles. Botanigard et Mycotrol sont deux produits commerciaux bien connus. Ce bio-insecticide a un **spectre plus large que le Bt** et les baculovirus et il demande une attention particulière lors de son intégration dans un programme IPM faisant appel à d'autres insectes utiles.



A gauche, chenilles infectées

Beauveria est un champignon blanc, présent naturellement dans le sol ; il est également recommandé de l'appliquer en fin d'après-midi afin d'en optimiser l'effet. Les suspensions de spores sont pulvérisées sur la plante, en ciblant les corps des chenilles. Les spores germent sur le corps de la chenille et pénètrent dans le corps de l'hôte, où se développe le mycélium qui produit des spores à son tour.

Ce champignon entomopathogène peut se propager à d'autres ravageurs présents dans la culture à partir du corps d'une chenille morte. Il a été démontré que des applications combinées de *Beauveria* et de nématodes entomopathogènes sont un moyen de lutte efficace contre certaines autres chenilles.

³ Dont Kenya Biologics www.kenyabiologics.co.ke au Kenya et Andermatt BioControl en Suisse www.biocontrol.ch

❑ Nématodes entomopathogènes (NEP)

Le sol ne contient pas uniquement des nématodes nuisibles difficiles à éliminer ; il contient également des nématodes utiles. Il existe ainsi deux genres principaux qui sont produits en masse : *Heterorhabditis* et *Steinernema*, dont l'espèce *Steinernema carpocapsae* a un effet potentiel plus important sur les chenilles que l'autre espèce *S. felitae* (généralement utilisée pour la lutte contre les thrips). Pour produire un effet, les NEP doivent être appliqués sur le corps des chenilles et leur application peut se faire à l'aide d'un matériel de pulvérisation normal ou de circuits d'irrigation par goutte à goutte (si la phase terrestre de la chenille est visée).

Les concentrations appliquées varient de 1,25 à 2,5 milliards par hectare selon qu'il s'agit d'une culture de plein champ ou que seule la moitié du sol est recouverte par une culture en lignes. Des applications régulières sont nécessaires pendant la période où les larves des chenilles sont présentes dans le feuillage ou lorsqu'elles se laissent tomber au sol pour s'empurger (*Spodoptera* et *Heliothis* spp). Seuls, ils ne peuvent constituer un traitement efficace et doivent être intégrés à d'autres méthodes de lutte. Les nématodes abritent eux-mêmes une bactérie dans leur propre intestin. Lorsqu'ils pénètrent dans leur hôte, ils régurgitent cette bactérie qui tue l'hôte. Les NEP peuvent se reproduire à l'intérieur de l'hôte et s'alimenter du corps en décomposition de ce dernier. Il est facile de les intégrer dans des programmes de pulvérisation normaux, étant donné qu'ils tolèrent la plupart des fongicides et insecticides. Ils ne doivent toutefois pas être appliqués dans une pulvérisation mélangée en cuve et sont évidemment sensibles aux nématicides appliqués au sol.

❑ La guêpe *Trichogramma*, parasitoïde des œufs de chenille

Par le passé, en raison de l'utilisation régulière de pulvérisations à large spectre, très peu de cultivateurs utilisaient *Trichogramma* pour lutter contre les chenilles. Aujourd'hui, de plus en plus de cultivateurs commencent cependant à adopter la Lutte Intégrée et à diminuer leurs apports de pesticides, ce qui permet d'envisager l'utilisation de *Trichogramma* en tant qu'outil supplémentaire dans un programme IPM. Les petites guêpes parasitoïdes tuent leurs hôtes avant l'éclosion des œufs et permettent donc d'éviter les préjudices occasionnés à la culture par les chenilles émergentes.

Trichogramma est une guêpe minuscule (de moins de 1 mm) qui pond ses œufs à l'intérieur de l'œuf de la chenille, tuant ainsi cette dernière. De ce fait, l'œuf donne naissance non pas à une chenille, mais à une guêpe *Trichogramma*. Les œufs parasités virent généralement au brun puis au noir, ce qui permet de les distinguer des œufs sains. La guêpe *Trichogramma* est jaune-brun avec des yeux rouges.



Trichogramma pondant dans un œuf d'*Heliothis*

De deux à quatre guêpes *Trichogramma* se développent dans un œuf de chenille, en fonction de la taille de l'œuf. La femelle utilise ses antennes pour mesurer la taille de l'œuf hôte et déterminer le nombre d'œufs qu'elle pourra y pondre. D'autres espèces de parasitoïdes ne produisent qu'un descendant par œuf de chenille, et cela explique que *Trichogramma* soit le parasitoïde d'élevage le plus courant.

Les guêpes *Trichogramma* sont actives pendant la saison sèche, surtout dans le sorgho, le maïs et le coton, qui sont de bonnes cultures pour les insectariums de terrain et les plantes-pièges. Si les pulvérisations de pesticides sont compatibles avec *Trichogramma*, la population passe d'une faible densité pendant la saison des pluies à une densité très forte pendant la saison sèche.

Ces guêpes sont toutefois très sensibles à la plupart des insecticides chimiques et à leurs résidus. Les pyréthrinoïdes, par exemple, laissent des résidus toxiques mortels pour *Trichogramma* jusqu'à 12 semaines après la pulvérisation sur la culture ; il est donc recommandé d'examiner l'historique des pulvérisations avant d'appliquer *Trichogramma*. Planifiez les programmes de pulvérisations 3 mois avant les applications de *Trichogramma* pour éviter tous problèmes de résidus. *Trichogramma* est commercialement distribuée sous forme d'œufs de chenille parasités, qui sont collés sur des cartes suspendues aux plantes jusqu'à l'émergence de la guêpe adulte. Ce processus prend de cinq à sept jours, en fonction de la température. Les femelles parcourent alors la culture à la recherche d'autres œufs de chenille à parasiter. Il est recommandé de réaliser les applications au début de la ponte et de les poursuivre tant que les pièges à phéromones attrapent un nombre élevé de Teignes adultes ou aussi longtemps que des œufs sont déposés sur les plantes.

Les guêpes *Trichogramma* femelles peuvent parasiter plus de cinquante œufs de Teigne au cours de leur vie, dont la durée peut atteindre 2 semaines. Les guêpes adultes s'alimentent aussi de nectar ; il est donc important de faire pousser de petites fleurs (telles que l'alysson) en tant que source de nectar dans les insectariums de terrain à proximité de la culture. Encore une fois, veillez à gérer soigneusement les insectariums de terrain pour qu'ils ne deviennent pas un foyer de ravageurs, tels la mouche blanche et les chenilles.

Vérifiez avec le fournisseur l'éventail des hôtes des espèces de *Trichogramma* disponibles dans le commerce. *Trichogramma brassicae* a été utilisée avec succès

contre la Teigne des crucifères (*Plutella*). Les guêpes *Trichogramma* ne vivent qu'environ sept jours après le jour de l'application. Vu qu'il faut environ neuf jours pour que les œufs nouvellement parasités dans la culture se développent pour y donner naissance à la deuxième génération d'adultes, il convient d'introduire *Trichogramma* en au moins deux applications distantes de 5 à 7 jours pour garantir une couverture continue de guêpes *Trichogramma* adultes.

N'appliquez pas *Trichogramma* en cas de chaleur intense ou sous la pluie dans les cultures en extérieur. Le moment d'application optimal est la fin de l'après-midi. Si la réception des *Trichogramma* a eu lieu au cours des 24 heures précédentes, elles peuvent être stockées à 8 à 10°C jusqu'à 3 jours, en fonction de leur stockage antérieur et de l'imminence de l'émergence. Ne laissez pas la température descendre en dessous de 3°C. Les concentrations à mettre en œuvre iront de 25000 œufs parasités par hectare lorsque les ravageurs sont peu abondants, à plus de 200000 par hectare lorsqu'ils sont très abondants. Le nombre de chenilles développées présentes dans une culture ainsi que les préjudices réels subis par la culture constituent une meilleure indication de l'efficacité de *Trichogramma* que le pourcentage de parasitisme des œufs, ces derniers étant généralement difficiles à trouver.

3.4.7. Pesticides et gestion de la résistance (groupes IRAC)

Il est recommandé de mettre en œuvre un programme de pulvérisation bien conçu et planifié à l'avance. Celui-ci doit prendre en considération le mode d'action, le stade ciblé du ravageur, le groupe de gestion de la résistance IRAC et l'effet sur les insectes utiles non visés pouvant coexister dans la culture. IRAC est l'acronyme d'*Insecticide Resistance Action Committee*. C'est un Comité formé d'experts de certains producteurs de pesticides, tels que SYNGENTA, BAYER ou BASF, qui ont développé conjointement des conseils sur les pesticides à utiliser moins souvent que d'autres (ceux dont le risque de résistance est plus élevé) et sur les pesticides pouvant les remplacer (alternance de pesticides de différents groupes)⁴.

Ce Comité édite des conseils aux cultivateurs. En effet, en l'absence d'une stratégie de gestion de la résistance, celle-ci se développera inévitablement et le pesticide ne sera plus efficace. Un tableau est fourni, indiquant les « **groupes IRAC** » des pesticides contre les chenilles et leur effet sur *Trichogramma*, parasitoïde qui tue les œufs des chenilles, et sur *Orius*, insecte prédateur qui attaque de petites chenilles ainsi que les œufs.

Il convient de faire preuve de bon sens lors du choix du pesticide. Si le risque financier lié aux préjudices infligés aux cultures par les chenilles est trop élevé (par exemple, invasion massive de Teignes et nombre insuffisant d'insectes utiles), il est alors recommandé d'appliquer un pesticide, même si celui-ci est susceptible d'éliminer des insectes utiles.

Le tableau suivant donne des informations sur la **sélectivité des pesticides** d'utilisation courante pour la lutte contre les chenilles et leurs effets secondaires sur d'autres insectes utiles.

⁴ Consulter le site : <http://www.irac-online.org/Resistance/Overview.asp>

Tableau 1 - % d'insectes utiles susceptibles de mourir, s'ils sont présents au moment de la pulvérisation du pesticide et sont réellement touchés par la pulvérisation. Le % de morts réel dépend de la couverture efficace de la culture par la pulvérisation.

		<i>Orius</i>	<i>NEP</i>	<i>Encarsia</i>	<i>Aphidius</i>	<i>Coccinelles</i>
Substance active	Groupe IRAC	% d'organismes morts au contact de la s.a. (ND : non déterminé)				
<i>chlorpyrifos</i>	1B	>75%	50 -75%	>75%	>75%	25-50%
<i>dichlorvos (nébulisation)</i>	1B	ND	<25%	>75%	>75%	ND
<i>fiprinol (pulvérisation)</i>	2B	<50-75 %	ND	<50-75 %	>75%	>75%
<i>fipronil (goutte à goutte)</i>	2B	<25-50%	ND	<25 %	ND	ND
<i>deltaméthrine</i>	3A	>75%	<25%	>75%	>75%	>75%
<i>spinosad</i>	5	>75%	ND	>75%	>75%	>75%
<i>Bt aizawai</i>	11	<25%	<25%	<25%	<25%	<25%
<i>Bt kurstaki</i>	11	<25%	<25%	<25%	<25%	<25%
<i>Bt</i>	11	ND	ND	25-50%	ND	ND
<i>diflubenzuron</i>	15	>75%	<25%	<25%	<25%	ND
<i>téflubenzuron</i>	15	>75%	<25 %	<25 %	<25%	ND
<i>flufénoxuron</i>	15	>75%	ND	<25%	ND	ND
<i>novaluron</i>	15	ND	ND	ND	ND	ND
<i>lufénuron</i>	15	25 –50%	ND	->75%	<25%	ND
<i>méthoxyfénoside</i>	18	25-50%	ND	<25%	<25%	<25%
<i>indoxacarb</i>	22A	50-75%	ND	ND	>75%	ND

Un tableau similaire peut être créé pour la persistance des principes actifs : nombre de semaines après l'application de la pulvérisation pendant lequel le **résidu reste nocif pour les organismes utiles** s'ils arrivent sur la feuille pulvérisée le jour suivant celui de l'application de la pulvérisation.

Tableau 2 - Persistance moyenne du pesticide sur les feuilles après application.

	<i>Orius</i>	<i>NEP</i>	<i>Encarsia</i>	<i>Aphidius</i>	<i>Coccinelles</i>
Substance active	Persistance de la substance active sur les plantes (en semaines – ND : non déterminé)				
<i>chlorpyrifos</i>	5	2	8-12	12	ND
<i>dichlorvos</i> (nébulisation)	ND	0	1	ND	ND
<i>fiprinol</i> (pulvérisation)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>fipronil</i> (goutte à goutte)	ND	ND	ND	ND	ND
<i>deltaméthrine</i>	8-12	0	8-12	8-12	8-12
<i>spinosad</i>	1	ND	2	2	2
<i>Bt aizawai</i>	0	0	ND	ND	ND
<i>Bt kurstaki</i>	0	0	ND	ND	ND
<i>Bt</i>	ND	ND	0	ND	ND
<i>diflubenzuron</i>	ND	0	ND	ND	ND
<i>téflubenzuron</i>	4	0	0	0	ND
<i>flufénoxuron</i>	4	ND	0	ND	ND
<i>novaluron</i>	ND	ND	ND	ND	ND
<i>lufénuron</i>	4	ND	0	0	ND
<i>méthoxyfénoside</i>	ND	ND	0	0	0
<i>indoxacarb</i>	> 2	ND	ND	ND	ND

Attention ! Il est recommandé de toujours lire l'étiquette du pesticide avant d'utiliser ce dernier sur la culture.

N'appliquez pas de pesticides dont l'utilisation n'a pas été agréée pour la culture et respectez les consignes concernant les délais d'attente avant récolte (DAR) pour éviter de dépasser la limite maximale de résidus (LMR).

3.4.8. Conclusions : recommandations pour la Lutte Intégrée

- ▶ Dans un environnement dépourvu d'insectes, produisez des plants de Brassica dans des plateaux de semis où les Teignes des crucifères ne peuvent pas pénétrer pour pondre des œufs sur les jeunes plants.
- ▶ Apprenez à identifier tous les stades du cycle de la Teigne, ainsi que ses prédateurs et parasitoïdes.
- ▶ Mettez en place un insectarium de terrain bien avant de planter les premières cultures de Brassica, de manière à ce que ces zones soient attrayantes pour les Teignes avant que la culture ne se développe.
- ▶ Prévoyez des foyers d'agents de lutte biologique, provenant soit d'exploitations voisines riches en parasitoïdes, soit d'un producteur commercial d'agents de lutte biologique.
- ▶ Contrôlez attentivement les plants, au moins une fois par semaine, voire plus souvent lors des périodes de pointe et durant la saison chaude. Intervenez dès la première apparition de la Teigne.
- ▶ Utilisez précocement *Bacillus thuringiensis* dans le programme de pulvérisation, étant donné qu'il est moins nocif pour les parasitoïdes et les prédateurs de la Teigne des crucifères et qu'il leur permet de se développer dans la culture.
- ▶ N'abusez pas des pesticides ; avant de mettre les plants en place, prévoyez les pesticides à utiliser (vérifiez les groupes IRAC et les étiquettes des pesticides). Gardez les pulvérisations efficaces mais non compatibles avec des délais de récolte courts pour les cas d'urgence, lorsque les populations de ravageurs sont denses (en l'absence d'agents de lutte biologique suffisants).
- ▶ Étalonnez et entretenez régulièrement le matériel de pulvérisation ; une mauvaise pulvérisation entraîne une augmentation du nombre d'applications. Les pulvérisateurs à pendentifs sont plus efficaces pour appliquer des pulvérisations sur la face inférieure des feuilles.
- ▶ Dès qu'une culture infestée n'est plus utile, **labourez-la immédiatement** pour ensevelir les plantes dans le sol et éviter que les adultes ne s'envolent vers de nouvelles cultures plus jeunes.
- ▶ Organisez le programme de plantation en sorte que les jeunes cultures ne soient pas plantées dans le sens du vent par rapport aux anciennes cultures, afin de réduire la migration des Teignes des cultures anciennes vers les nouvelles.

Annexes



Annexes

A.1. Définition de quelques concepts

Agriculture biologique : mode de production basé sur la gestion de l'activité microbienne du sol, le recyclage des déchets organiques, un meilleur équilibre des cultures, le respect de l'environnement et des équilibres naturels, la recherche d'une production dépourvue de résidus de pesticides. Les agriculteurs biologiques appliquent des méthodes culturales spécifiques comme le compostage des déchets organiques, des rotations appropriées avec introduction de légumineuses, les engrais verts, la lutte biologique contre les maladies et les ravageurs. L'emploi de produits chimiques organiques de synthèse est généralement prohibé, que ce soit en matière de fertilisation ou de lutte contre les adventices, les maladies et les ravageurs. L'agriculture biologique peut être considérée comme une des approches de l'agriculture durable, la différence étant qu'une production dite « biologique » implique une inspection et une certification attribuée aux produits en conformité avec le Règlement (CE) 2092/91.

Agriculture durable : L'agriculture durable (ou soutenable, en traduction de l'anglais sustainable) est l'application à l'agriculture des principes du développement durable ou soutenable tels que reconnus par la communauté internationale à Rio de Janeiro en juin 1992. Il s'agit d'un système de production agricole qui vise à assurer une production pérenne de nourriture, de bois et de fibres en respectant les limites écologiques, économiques et sociales qui assurent la maintenance dans le temps de cette production.

Agriculture raisonnée : mode de production agricole qui vise à une meilleure prise en compte de l'environnement par les exploitants.

Production Intégrée (Integrated Crop Management – ICM) : dérive directement des concepts de « lutte intégrée » de l'OILB (Organisation Internationale de Lutte Biologique et Intégrée contre les animaux et les Plantes nuisibles). Il s'agit d'une conception touchant non seulement à la protection des plantes mais à l'ensemble des pratiques culturales. La production intégrée se distingue de l'agriculture biologique car elle n'abandonne pas les méthodes chimiques lorsqu'elles ne posent pas de problèmes scientifiquement démontrés pour la sécurité alimentaire et pour l'environnement.

Lutte biologique : méthode de lutte contre un ravageur ou une plante adventice au moyen d'organismes naturels antagonistes de ceux ci, tels que des phytophages (dans le cas d'une plante adventice), des parasitoïdes (arthropodes...), des prédateurs (nématodes, arthropodes, vertébrés, mollusques...), des agents pathogènes (virus, bactéries, champignons...), etc. dans le cas d'un ravageur phytophage. Selon l'OILB (OILB-SROP) c'est l'« utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs ».

Lutte intégrée contre les ennemis des cultures : c'est la prise en compte de toutes les techniques de lutte disponibles et l'intégration des mesures appropriées qui découragent le développement des populations de ravageurs et maintiennent les pesticides et autres interventions à des niveaux économiquement justifiés et réduisent ou limitent au minimum les risques pour la santé humaine et l'environnement (FAO).

A.2. Les Guides de Bonnes Pratiques Phytosanitaires du PIP

- ▶ Guide de Bonnes Pratiques Phytosanitaires pour l'Ananas (*Ananas comosus*) issu de la production biologique en pays ACP
- ▶ Guide de Bonnes Pratiques Phytosanitaires pour l'Aubergine (*Solanum melongena*, *Solanum aethiopicum*, *Solanum macrocarpon*)
- ▶ Guide de Bonnes Pratiques Phytosanitaires pour la Laitue (*Lactuca sativa*), l'Épinard (*Spinacia oleracea* et *Basella alba*), les Brassicacées (*Brassica* spp.) et d'autres espèces cultivées pour la production de feuilles coupées en pays ACP
- ▶ Guide de Bonnes Pratiques Phytosanitaires pour la Mangue (*Mangifera indica*) issue de la production biologique en pays ACP
- ▶ Guide de Bonnes Pratiques Phytosanitaires pour le Melon
- ▶ Guide de Bonnes Pratiques Phytosanitaires pour la culture du Mini-Maïs et du Maïs doux (*Zea mays*) en pays ACP
- ▶ Guide de Bonnes Pratiques Phytosanitaires pour la culture des Piments (*Capsicum frutescens*, *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*) et des Poivrons (*Capsicum annuum*) en pays ACP
- ▶ Guide de Bonnes Pratiques Phytosanitaires pour la culture des Mini Pak Choi (*Brassica campestris* var. *chinensis*), des Minis Brocolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) en pays ACP

A.3. Les Itinéraires Techniques du PIP

- ▶ Itinéraire technique de l'Ananas Cayenne
- ▶ Itinéraire technique de l'Ananas MD2
- ▶ Itinéraire technique du Haricot
- ▶ Itinéraire technique de la Tomate Cerise
- ▶ Itinéraire technique du Pois
- ▶ Itinéraire technique de la Papaye
- ▶ Itinéraire technique de l'Avocat
- ▶ Itinéraire technique des Fruits de la Passion
- ▶ Itinéraire technique de la Mangue
- ▶ Itinéraire technique du Gombo

10

Abréviations et acronymes les plus utilisés



Abréviations et acronymes les plus utilisés

ACP	Afrique – Caraïbe – Pacifique (pays du Groupe des ACP, ayant signé une série d'accords particuliers avec l'UE appelé « accords de Cotonou »)
ACV	Analyse du Cycle de Vie
AOEL	Acceptable Operator Exposure Level : Niveau d'exposition acceptable pour l'opérateur dans le cas de l'épandage des pesticides
ARfD	<i>Acute Reference Dose</i> , Dose de référence aiguë
ARP	Analyse des Risques Professionnels
BPA	Bonnes Pratiques Agricoles (ensemble des conditions d'application qui doivent être définies : dose, volume, formulation, technique, DAR)
BPL	Bonnes Pratiques de Laboratoire
BPP	Bonnes Pratiques Phytosanitaires (ensemble de consignes à respecter pour éviter la contamination de l'opérateur, de l'environnement et les résidus)
CAS	Chemical Abstracts Services. N° d'identification des substances chimiques.
CCP	Points critiques pour la maîtrise (dans la méthode HACCP)
CIPV	Convention Internationale pour la Protection des Végétaux
CLP	Le règlement CLP est l'appellation donnée au Règlement (CE) 1272/2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges
CMR	Substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques

CNUED	Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement
DAR	Délai avant récolte (nombre de jours à respecter avant la récolte)
DJA	Dose journalière acceptable (en mg/kg pc/jour)
DL ₅₀	Dose létale 50 (en mg/kg pc)
DSE	Dose sans effet (observé). Synonymes : NOAEL.
DT ₅₀	Temps de demi-vie d'une substance dans un sol donné (en jours)
EC	Concentré émulsionnable, formulation liquide de pesticide à base de solvant
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
EPI	Equipement de Protection Individuelle (en anglais PPE)
ETI	Ethical Trading Initiative
EVPP	Emballages Vides de Produits Phytosanitaires
EvRP	Evaluation des Risques Professionnels
FAO	Food and Agriculture Organisation : organisation des Nations Unies chargée de traiter des problèmes d'alimentation dans le Monde
FDS	Fiche de données de sécurité : note technique où sont repris les dangers d'un produit, les moyens de prévention et les mesures d'urgence
FLO	Fairtrade Labelling Organizations International (FLO) est une association de 20 initiatives de labellisation équitables situées dans plus de 21 pays
HACCP	Système qui définit, évalue et maîtrise les dangers qui menacent la salubrité des aliments (analyse des dangers et points critiques pour la maîtrise)

IARC	International Agency for Research on Cancer
ICM	Integrated Crop Management ou Production intégrée
ILO	International Labour Organisation
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des risques
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
IPM	Integrated Pest Management ou Lutte intégrée contre les parasites (LIP)
ISO	International Standard Organisation. ISO regroupe les organismes nationaux de normalisation de 149 pays et élabore des normes internationales
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
Kd	Coefficient d'adsorption (d'un pesticide sur un sol donné)
LD	Limite de détection
LMR	Limite Maximale applicable aux Résidus
LOAEL	<i>Lowest observed adverse effect level</i> . Le niveau de concentration le plus faible provoquant un effet néfaste. Voir aussi DSE, Dose sans Effet.
LOQ	Limite de quantification (aussi LD : limite de détermination)
MSDS	Medical Safety Data Sheet (en français FDS)
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level ou DSE (en français Dose sans Effet)

OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique
OCI	Organisme de Certification Indépendant
OEPP	Organisation Européenne de Protection des Plantes (ou EPPO en anglais)
OGM	Organisme Génétiquement Modifié
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
OILB	Organisation Internationale de Lutte Biologique
OIT	Organisation Internationale du Travail
OMC	Organisation Mondiale du Commerce
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
OSHA-EU	European Agency for Safety and Health at Work
PCB	Polychlorobiphényles, composés aromatiques chlorés (209 congénères)
PCR	Technique d'amplification de séquences de gènes
PNEC	Concentration sans effet prévisible pour les organismes aquatiques.
PPNU	Produit Phytosanitaire Non Utilisable (périmé ou obsolète)

PTMI	Provisional Tolerable Monthly Intake
PTWI	Provisional Tolerable Weekly Intake
RCE	Risque Chimique Emergent
REACH	Règlement (CE) 1907/2006 sur les substances chimiques (1er juin 2007)
RSE	Responsabilité sociale des entreprises
SA 8000	Norme considérée comme la première norme privée internationale de référence sur les droits et le respect de l'individu au travail
SGH	Système Général Harmonisé (classification et étiquetage des produits)
SME	Système de Gestion Environnementale
SMQS	Système de Management de la Qualité Sanitaire
TDI	Tolerable Daily Intake
TEQ	Equivalence toxique
TIAC	Toxi-Infections Alimentaires Collectives
TNC	Tesco Nature Choice : standard privé de TESCO
TWI	Tolerable Weekly Intake
UE	Union européenne
UL	Solution huileuse concentrée, formulation liquide de pesticide

UNECE	The United Nations Economic Commission for Europe
VLEP	Valeur Limite d'Exposition Professionnelle
VTR	Valeur toxicologique de référence
WG	Granulé dispersable dans l'eau, formulation solide de pesticide
WP	Poudre mouillable, formulation solide de pesticide



10

Références bibliographiques



Références bibliographiques

ASSOCIATION DE COORDINATION TECHNIQUE AGRICOLE (ACTA, 2002).
Pesticide et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement.
Ministère de l'Ecologie et du Développement durable.

CARNETS ECOLOGIQUES. AFRIQUE
N°1 (nov. 1995) : Maladies et parasites des plantes cultivées.
N°5 (mai 1996) : A la découverte d'un écosystème.
N°10 : Hygiène pour nos plantes aussi.
N°11 : Ravages aux champs, c'est signé.
Terre et Vie, rue L. Delvaux, 13, Nivelles (Belgique).

CHLEQ, J.L. & DUPRIEZ, H. (1984).
Eau et terres en fuite.
Ed. L'Harmattan, Paris.
COLEACP-PIP, UG/PIP (Octobre 2006).
Guidelines pour l'Analyse des Risques, 19 pages.

DUPRIEZ, H. & DE LEENER, Ph. (1987).
Jardins et vergers d'Afrique.
Terre et Vie, rue L. Delvaux, 13, Nivelles (Belgique).

DUPRIEZ, H., SILAS, N. & COLIN, J. (1987).
Champs et jardins sains; lutte intégrée.
Carnets écologiques CTA n°12.
CTA, Postbus 380, 6700 AJ Wageningen.

ESCAP (1991).
Agro – pesticides and functions in integrated crop protection.

GOUDEGNON, AE, KIRK, AA, SCHIFFERS, B & BORDAT, D. (2000)
Comparative effects of deltamethrin and Neem kernel solution treatments on
Diamondback moth and *Cotesia plutellae* (Hym., Braconidae) parasitoid populations in
the Cotonou peri-urban area in Benin.
JOURNAL OF APPLIED ENTOMOLOGY, Vol. 124 : 141-144.

HARDAKER, J. B. (1999).
Directives pour intégrer la durabilité de l'agriculture et du développement rural dans les
politiques agricoles.
Série FAO : Politiques agricoles et développement économique.

HAUTIER L., JANSEN J-P., MABON N. & SCHIFFERS B. (2007).
Pesticides selectivity list to beneficial arthropods in four vegetable crops.
Commun. Agric. Appl. Biol. Sci., 72 (2) : 99-108.

HAUTIER L., JANSEN J-P., MABON N. & SCHIFFERS B. (2007).
Influence of organic matter on bio-availability of carbosulfan and its toxicity on a carabid beetle.

Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.,72 (2) :109 -116.

PHYTOPHAR

Protection des cultures, environnement et agriculture ! Amis ou ennemis ?

MAHAUT TH., DELEU R., RASQUIN B & SCHIFFERS B. (2001)

Comparaison de la toxicité directe et des effets sublétaux de quatre pesticides à l'égard de différents stades de développement d'*Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera, Coccinellidae).

XXXème Congrès du Groupe Français des Pesticides - Reims (Fr) 21-24 mai 2000, Laboratoire d'EcoToxicologie - Université de Reims Champagne-Ardenne, pp. 183-190.

NEUENSCHWANDER, P., BORGEMEISTER, C. & LANGEWALD, J. (2003).

Biological control in IPM systems in Africa

Centre technique de coopération agricole et rurale ACP-UE (CTA).

SCHIFFERS, B. *et al.* (2002).

Etablissement de listes de sélectivité de pesticides vis-à-vis de l'entomofaune utile dans le cadre de la production intégrée en grandes cultures.

Annales de l'ANPP, 6ème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture (CIRA, Montpellier), Tome II : 261-268.

SEIF, A., VARELA, A.M., MICHALIK, S. & LÖHR, B. (2002).

A guide to IPM in French beans production, with emphasis on Kenya

Centre technique de coopération agricole et rurale ACP-UE ACP-UE (CTA).

SOLTNER, D. (2001).

Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers.

Collection Sciences et Techniques agricoles.

YOUDEOWEI, A. (2004).

La pratique de la lutte intégrée en production maraîchère.

Centre technique de coopération agricole et rurale ACP-UE (CTA).

YOUDEOWEI, A. (2004).

La lutte intégrée en production des plantes à racines et tubercules et des bananiers plantains.

Centre technique de coopération agricole et rurale ACP-UE (CTA).

YOUDEOWEI, A. (2004).

La pratique de la lutte intégrée dans la production de céréales et de légumineuses

Centre technique de coopération agricole et rurale ACP-UE (CTA).

YOUDEOWEI, A. (2004).

Principes de lutte intégrée : l'obtention de cultures saines

Centre technique de coopération agricole et rurale ACP-UE (CTA).



Sites Web utiles



Sites Web utiles

ABC (Australian Biological Control): <http://www.goodbugs.org.au/>

BIOLOGICAL CONTROL: <http://www.lubilosa.org/>

COLEACP-PIP: <http://pip.coleacp.eu/>

CORNELL UNIVERSITY: <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/>

CTA: <http://www.cta.int/>

CSP: <http://www.insah.org/protectiondesvegetaux/csp/index.html>

FAO: <http://www.fao.org/> , plus spécialement

<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/IPM/gipmf/index.htm>

GUIDE DE DEFENSE DES CULTURES AU TCHAD: <http://tchad.ipm-info.org/>

ICIPE: <http://www.icipe.org/>

IFEN: <http://www.ifen.fr/>

KOPPERT: <http://www.koppert.com/>

REAL IPM: <http://www.realipm.com/>

OILB-SROP: <http://www.iobc-wprs.org/>

USDA-APHIS: <http://www.aphis.usda.gov/>

Manuels de formation du COLEACP-PIP

- 1 PRINCIPES D'HYGIÈNE ET DE MANAGEMENT DE LA QUALITÉ SANITAIRE ET PHYTOSANITAIRE
- 2 LA TRAÇABILITÉ
- 3 ANALYSE DES RISQUES ET AUTOCONTRÔLE EN PRODUCTION
- 4 SÉCURITÉ DES OPÉRATEURS ET BONNES PRATIQUES PHYTOSANITAIRES
- 5 RÉGLEMENTATION, NORMES ET STANDARDS PRIVÉS
- 6 TECHNIQUES DE COMMUNICATION
- 7 FONDEMENTS DE LA PROTECTION DES CULTURES
- 8 ORGANISATION ET TECHNIQUES DE FORMATION
- 9 PRODUIRE DE FAÇON DURABLE ET RESPONSABLE
- 10 LUTTE BIOLOGIQUE ET PROTECTION INTÉGRÉE
- 11 LA PRODUCTION ÉTHIQUE
- 12 PRODUIRE EN ACP DES FRUITS ET LÉGUMES ISSUS DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

