

ÉCOPHYTO

RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS

GUIDE PRATIQUE

pour la conception de systèmes
de culture légumiers économes
en produits phytopharmaceutiques



Champ de salades, B. Cauvin, Inra



Action pilotée par le ministère chargé de l'Agriculture, avec l'appui financier de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto 2018.

Les informations contenues dans ce guide sont de la responsabilité des auteurs.
Les résultats de ce guide ont vocation à être diffusés très largement.

Pour citer ce document, merci d'utiliser :

Launais M., Bzdrenga L., Estorgues V., Faloya V., Jeannequin B., Lheureux S., Nivet L., Scherrer B., Sinoir N., Szilvasi S., Taussig C., Terrentroy A., Trottin-Caudal Y., Villeneuve F., 2014, Guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytopharmaceutiques, Ministère chargé de l'agriculture, Onema, GIS PICléG, 178p.

MÉTHODOLOGIE



Paysage légumier, P. Lucas, Inra



Le guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytopharmaceutiques est composé de quatre parties :

- ❶ une méthodologie expliquant la démarche (page 11) ;
- ❷ des fiches supports pour conduire l'entretien et comportant deux exemples de conception de systèmes de culture plus économes en produits phytopharmaceutiques (page 33) ;
- ❸ des fiches d'aides pour s'appuyer sur des références bibliographiques (page 99) ;
- ❹ des fiches techniques présentant les techniques alternatives aux produits phytopharmaceutiques (page 125).

Animatrice du Comité de Rédaction :

- Marine Launais (Inra)

Auteurs du guide :

- Ludovic Bzdrenga (CA* 85)
- Vianney Estorgues (CA* 29)
- Vincent Faloya (Inra)
- Benoît Jeannequin (Inra)
- Sylvain Lheureux (Agro-Transfert RT)
- Laurent Nivet (Unilet)
- Bruno Scherrer (Légumes de France)
- Nicolas Sinoir (Itab)
- Sophie Szilvasi (Maaf/DGAL)
- Catherine Taussig (Aprel)
- Anne Terrentroy (CA* 13)
- Yannick Trottin-Caudal (CTIFL)
- François Villeneuve (CTIFL)

Comité de pilotage :

- Sylvie Brochot (Maaf/DGPAAT)
- Oriane Bourgeois (Inra Transfert)
- Bruno Canus (Onema)
- Marc Delporte (CTIFL)
- Delphine Di Bari (Maaf/DGAL)
- Mickael Legrand (Unilet)
- Denis Onfroy (Légumes de France)
- Dominique Poujeaux (Medde/DEB)
- Vladimir Tardy (Maaf/DGPAAT)
- Claire Vingut (APCA)

* Chambre d'Agriculture

REMERCIEMENTS

Nous remercions particulièrement pour leur contribution à l'élaboration de ce guide :

- Dominique Berry (CA* 69)
- Céline Berthier (IFV)
- Jean-Philippe Calmet (CA* 56)
- Laurent Camoin (CA* 13)
- Henry Clerc (Invénio)
- Patricia Erard (CTIFL)
- Damien Gauvrit (CA* 66)
- Daniel Izard (CA* 84)
- Anne-Sophie Kouassi (Unilet)
- Jérôme Lambion (Grab)
- Blaise Leclerc (Itab)
- Patrice Marchand (Itab)
- Catherine Mazollier (Grab)
- Nicolas Mansouri (CA* 66)
- Bertrand Omon (CA* 27)
- Sandra-Prisca Pierre (CTIFL-Serail)
- Brigitte Pelletier (CDDM)
- Marie-Sophie Petit (CA Bourgogne)
- Stéphane Plas (Invénio)
- Christian Porteneuve (CTIFL-Pleumeur Gautier)
- Marielle Suire (CA* 76)
- Hélène Védie (Grab)
- Dominique Werbrouck (PLRN)

L'ensemble des agriculteurs et des techniciens rencontrés lors de ce travail.

* Chambre d'Agriculture

SOMMAIRE

Remerciements	2
Préface	5
Avis aux lecteurs	6
✿ La structure du guide	6
✿ Quelques remarques sur l'utilisation du guide	6
✿ Le rôle de l'agriculteur et du conseiller dans la co-conception de nouveaux systèmes de culture	7
Glossaire	8
Méthodologie	11
Introduction	13
✿ Quelques spécificités des productions légumières	13
✿ Les enjeux en productions légumières	14
Partie 1 : Moyens de protection des cultures légumières limitant le recours aux produits phytopharmaceutiques	15
I. La production intégrée en culture légumière	15
II. Notions de « dégât », « dommage » et « perte »	15
III. Les solutions agronomiques alternatives aux produits phytopharmaceutiques	16
III.A. Les catégories de moyens de protection contre les bio-agresseurs	16
III.B. Les moyens de contrôle alternatifs existants	17
III.B.1. Les moyens de protection alternatifs contre les bio-agresseurs telluriques	18
III.B.2. Les moyens de protection alternatifs contre les bio-agresseurs aériens	20
III.B.3. Les moyens de protection alternatifs contre les adventices	22
III.B.4. Des moyens de protection à combiner pour répondre aux objectifs de l'agriculteur	23
Partie 2 : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytopharmaceutiques	25
I. Présentation de la démarche	25
II. Étape 1. Diagnostic de la situation initiale	27
II.A. Fonctionnement global de l'exploitation	27
II.B. Description du système de culture initial	27
II.C. Évaluation du système de culture initial	27
III. Étape 2. Conception de systèmes de culture économes	27
III.A. Réflexion sur la succession culturale	27
III.B. Réflexion sur les itinéraires techniques	28
IV. Étape 3. Évaluation a priori des systèmes de culture économes en produits phytopharmaceutiques	28
V. Étape 4. Discussion des résultats et suivi des systèmes de culture améliorés	28
Bibliographie	29



▲ Champ d'épinards, Unilet



Culture hors-sol de tomates sous serre, J. Lagier, Inra ▲



◀ Culture d'aubergines sous abri, L. Parès, Inra

Culture de salades en plein champ, L. Bzdrenga, CA 85 ▼



◀ Champ de choux fleurs, V. Estorgues, CA 29



PRÉFACE

En novembre 2007, sous l'impulsion de Denis Onfroy et de Guy Riba, Légumes de France, l'Inra et le CTIFL lançaient le GIS PIClég, groupement d'intérêt scientifique pour la production intégrée en culture légumière, avec le soutien du ministère chargé de l'Agriculture.

Notre ambition : mobiliser l'ensemble des acteurs de la recherche et du développement pour proposer aux producteurs de légumes des systèmes de cultures respectueux de l'environnement et économiquement performants.

Cette approche, anticipant sur les impulsions politiques du Grenelle de l'environnement et du plan Ecophyto, a permis dans un premier temps de mobiliser un nombre important d'acteurs du monde de la recherche agronomique, de l'expérimentation et du développement pour lancer des programmes de recherche-développement dans des domaines divers (lutte contre les bio-agresseurs telluriques ou aériens, adaptation de la fertilisation, stimulation des défenses des plantes, conception de systèmes de culture innovants), puis plus récemment en matière de gestion de l'eau, d'innovation variétale ou de performance économique des systèmes de culture.

Pour être efficace et permettre de réduire l'utilisation de produits phytopharmaceutiques, la protection intégrée des cultures de légumes nécessite de faire intervenir une combinaison de méthodes dans le cadre d'une approche globale de la culture et de l'exploitation maraîchère ou légumière, dans l'espace et dans le temps.

Nous ne sommes encore qu'au début des efforts de recherche, efforts qui demanderont du temps et un accompagnement important.

Au-delà de la recherche finalisée et de l'expérimentation, la mise au point de techniques fiables et leur transmission aux producteurs sont des facteurs clefs pour réussir à proposer de nouvelles techniques aux maraîchers et producteurs de légumes. Les stations d'expérimentation et les réseaux de fermes Dephy mis en place dans le cadre du plan Ecophyto ont un rôle important à jouer en la matière.

Le producteur de légumes devra pouvoir mobiliser des compétences diverses, nombreuses, et les adapter dans une approche globale aux caractéristiques et contraintes de son entreprise.

Ce guide, qui propose une méthode de travail associant le producteur et le conseiller, a ainsi pour objectif de faciliter la réflexion nécessaire à l'adaptation des systèmes de culture et des entreprises de production de légumes.

C'est certainement un outil utile à la démarche de progrès engagée depuis plusieurs années par les producteurs de légumes de France pour s'adapter aux attentes des consommateurs et de la société tout en veillant à la durabilité économique de leurs entreprises.

Gérard Roche,
vice-président de Légumes de France,
maraîcher à Loriol du Comtat.

AVIS AUX LECTEURS

* La structure du guide

Le guide pratique pour la conception de systèmes de cultures légumiers économes en produits phytopharmaceutiques est composé de quatre parties permettant d'aider les utilisateurs dans la démarche de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytopharmaceutiques.

* La première partie décrit la méthodologie de la démarche. Dans une première partie, les fondamentaux de la production intégrée des cultures légumières sont rappelés. De plus, une synthèse des connaissances actuelles sur les stratégies et les leviers disponibles pour la protection des cultures vis-à-vis de l'ensemble des bio-agresseurs est présentée. La seconde partie présente la démarche de conception de systèmes de culture économes en produits phytopharmaceutiques.

* La seconde partie est constituée de fiches supports pour aider les utilisateurs du guide à mettre en œuvre la démarche proposée. Ces fiches servent de base pour discuter des améliorations à apporter au système de culture actuel. Elles seront à renseigner au fur et à mesure de la conception. À la fin de l'exercice, elles pourront être conservées pour garder une trace de la démarche. Deux exemples de conception de systèmes de culture plus économes en produits phytopharmaceutiques sont renseignés. L'un est un système de culture comportant des légumes d'industrie en plein champ et l'autre est un système de culture sous abri.

* La troisième partie est constituée de fiches d'aides qui ont pour but de donner des informations utiles à la conception du nouveau système.

* La quatrième partie est constituée de fiches techniques qui présentent les solutions alternatives disponibles pour la construction de systèmes plus économes.

* Quelques remarques sur l'utilisation du guide

Ce guide a été conçu pour être utilisé sur une exploitation agricole par un binôme agriculteur/accompagnateur pour permettre dans un premier temps de décrire et de connaître la situation initiale de l'exploitation, puis, dans un second temps, de réfléchir ensemble à des systèmes alternatifs à ceux pratiqués. Il a également été imaginé comme support lors d'animation de groupes ou de formations d'agriculteurs, de conseillers et d'étudiants. Le travail en groupe permet de favoriser une émulation dans la co-conception de systèmes et d'aller plus loin dans la rupture entre les deux systèmes grâce à la mise en commun des expériences de chaque participant.

Le guide propose une démarche facilitant la co-conception et la construction de systèmes de culture plus performants ; il ne propose donc pas de systèmes « clé en main ». Cette démarche doit être considérée comme un appui méthodologique pour avoir une réflexion à l'échelle du système de culture.

Ce guide n'a pas pour objet principal d'améliorer l'efficacité des traitements ou de réaliser une simple substitution des produits phytopharmaceutiques par d'autres. Ces pratiques ne participent que dans une certaine mesure à réduire l'usage des produits phytopharmaceutiques. À ce sujet, les fiches techniques T22 et T23 présentent succinctement les différentes actions possibles.

Cette démarche permet dans un premier temps à l'agriculteur de réaliser un autodiagnostic de son exploitation et de faire le point sur sa situation en se posant des questions telles que : Quels sont mes objectifs ? Comment les atteindre ? Quels sont mes ressources et mes besoins ? Que dois-je améliorer sur mon exploitation ? Dans un second temps, elle permet d'apporter un éclairage sur les opportunités et les contraintes de nouveaux leviers et de comprendre comment les combiner pour mettre en place une démarche de production intégrée.

Les contextes pédoclimatiques et socio-économiques des productions légumières présentent en France des différences importantes. Ce guide propose une démarche générique applicable à tous les systèmes légumiers.

AVIS AUX LECTEURS

* Le rôle de l'agriculteur et du conseiller dans la co-conception de nouveaux systèmes de culture

Le conseiller doit avoir, lors de cet exercice, un rôle d'accompagnement pédagogique. Il doit proposer des méthodes et/ou des techniques à expérimenter et présenter si possible des exemples de systèmes performants.

L'agriculteur, quant à lui, doit accepter de remettre en cause son système de culture et ses règles de décision. Par exemple, la notion de parcelle « propre » est à reconsidérer, une parcelle peut contenir quelques adventices sans que cela nuise à la culture. La logique « à un problème donné, une seule action » est également à revoir, l'idée en protection intégrée est de combiner différents leviers. Il est aussi nécessaire de raisonner à l'échelle de la succession culturale afin de multiplier les leviers disponibles (par exemple, pendant la période d'interculture). La recherche, l'expérimentation et le développement agricole travaillent ensemble dans le cadre du GIS PIClég afin de concevoir des systèmes de culture légumiers viables et économes en intrants. Il est important que les producteurs suivent les résultats et les dernières innovations développés. Enfin, le changement de système de culture peut induire une certaine prise de risque. Il est donc important de mettre en évidence les avantages et les limites de ce changement, pour que l'agriculteur puisse choisir les solutions qui lui conviennent le mieux en fonction de ses objectifs et de ses possibilités (améliorer le contrôle des bio-agresseurs, réduire l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, maintenir ses revenus...).



Culture de salades en plein champ, J. Weber, Inra

GLOSSAIRE

Allélopathie	Interaction négative entre deux plantes d'espèces généralement différentes, due à des substances toxiques libérées par un des organes, vivant ou mort, de l'une d'elles et agissant sur la croissance de l'autre.
Assolement	Répartition à un instant donné de différentes cultures sur un même territoire.
Atténuation	Méthode ayant pour objectif de minimiser les « pertes » lorsque la culture et le bio-agresseur se trouvent en contact. Il s'agit d'augmenter la compétitivité de la culture et d'éviter les conditions favorables au développement et à la propagation du ou des bio-agresseurs en jouant par exemple sur les dates et densités de semis, la fertilisation, l'irrigation ou en mettant en œuvre des associations d'espèces et de variétés.
Auxiliaire	En protection des cultures, prédateur ou parasitoïde qui, par son mode de vie, apporte son concours à la destruction de ravageurs nuisibles aux cultures.
Biocontrôle	Ensemble des méthodes de protection des végétaux qui utilisent des mécanismes naturels. Il existe quatre familles de produits de biocontrôle : les macro-organismes, les micro-organismes, les médiateurs chimiques et les substances naturelles.
Contrôle cultural	Adaptation du système de culture afin de limiter les « dommages » dus aux bio-agresseurs, en faisant appel à des modifications de successions et de pratiques culturales (date et densité de semis ou de plantation de ces cultures), à une gestion appropriée de la fertilisation et à la gestion du travail du sol. Le contrôle cultural englobe tous les moyens de contrôle autres que la protection chimique, la protection biologique, le contrôle génétique et la protection physique.
Contrôle génétique	Utilisation des plantes sélectionnées pour leur résistance (partielle ou totale) ou leurs caractéristiques morphologiques pour mieux maîtriser les bio-agresseurs.
Culture intermédiaire	Culture implantée pendant la période d'interculture, entre deux cultures de production (exemple : cultures intermédiaires pièges à nitrates (Cipan) ou engrais verts).
Dégât	Altération visible (symptôme) ou mesurable par rapport à une plante saine ou un peuplement indemne causée par la présence d'un bio-agresseur.
Délai de retour	Temps d'attente (en mois ou en années) avant de réimplanter une même culture sur une même parcelle.
Domage	Perte de récolte (réduction du rendement en quantité et/ou en qualité) due à l'action d'un bio-agresseur.
Effet biocide	Action chimique ou biologique d'une substance destinée à tuer ou détruire un bio-agresseur.
Efficience	Dans le cadre de la protection chimique, optimisation de l'emploi des produits phytopharmaceutiques pour en limiter leur utilisation (adaptation des doses, utilisation des outils d'aide à la décision, fréquence d'application...).
Évitement	Action d'éviter la concordance entre la présence du bio-agresseur et la période de sensibilité de la culture. Le principal levier est le raisonnement de la date de semis, à coupler avec un choix de variétés adéquat.
Indicateur	Fournit des renseignements sur la valeur d'une grandeur (marge brute, indice de fréquence des traitements ou IFT, temps de travaux...).
Inoculum	Élément infectieux susceptible de contaminer un hôte.
Itération	Action de répéter plusieurs fois une action jusqu'à ce qu'une condition particulière soit remplie.
Itinéraire technique	Combinaison logique et ordonnée des techniques appliquées à une culture sur une parcelle agricole en vue d'obtenir une production.
Macro-organisme	Dans le cas de la protection par biocontrôle, auxiliaire invertébré (insecte, acarien, nématode...) utilisé de façon raisonnée pour protéger les cultures contre les attaques des bio-agresseurs.

GLOSSAIRE

Micro-organisme	Dans le cas de la protection par biocontrôle, organisme invisible à l'œil nu (champignon, bactérie ou virus) utilisé pour protéger les cultures contre les attaques des bio-agresseurs.
Médiateur chimique	Phéromone et kairomone permettant le suivi et/ou le contrôle des insectes ravageurs (méthode de confusion sexuelle, piégeage...).
Perte	Perte économique liée à la présence d'un bio-agresseur dans une culture, provenant d'une baisse de rendement et/ou d'un déficit de qualité de la production.
Plante de service	Plante annuelle cultivée lors de la période d'interculture ou en association à la culture en place, dont l'implantation vise à rendre différents services tels que la protection contre les bio-agresseurs, l'attraction des auxiliaires, un meilleur usage des ressources organiques ou minérales...
Précédent cultural	Culture de production ($n - 1$) réalisée avant la culture (n). Ce précédent pourra influencer la culture en modifiant les états du milieu (structure du sol, équilibre de la faune et de la flore, humidité du sol...).
Production intégrée	Système agricole de production qui utilise des ressources et des mécanismes de régulation naturels pour remplacer des apports d'intrants dommageables à l'environnement et qui assure à long terme une agriculture viable et performante.
Prophylaxie	Ensemble des mesures permettant de prévenir ou limiter l'installation et le développement des bio-agresseurs.
Protection chimique	Utilisation de produits phytopharmaceutiques chimiques de synthèse pour la protection des cultures.
Protection intégrée	Application rationnelle d'une combinaison de mesures biologiques, chimiques, physiques, culturales ou mettant en œuvre l'amélioration des végétaux. L'emploi de préparations phytopharmaceutiques y est limité au strict nécessaire pour maintenir les populations d'organismes nuisibles en dessous du seuil à partir duquel apparaissent une perte ou des dommages économiquement inacceptables.
Protection physique	Utilisation de moyens mécaniques (désherbage mécanique, paillage, filet, bâche, film plastique...), thermiques (solarisation), électromagnétiques (micro-ondes) ou pneumatiques (aspirateur à insectes) pour protéger une culture contre les attaques de bio-agresseurs.
Re-conception	Redéfinition d'un système de culture en privilégiant les principes de la protection intégrée.
Règle de décision	Règle opérationnelle permettant d'adapter ses décisions d'interventions au champ en fonction de l'état du milieu et/ou du couvert dans la parcelle cultivée. Elle peut être formalisée en trois parties : - une (ou des) condition(s) : "Pour quoi faire ?" - une action : "Comment faire ?" Ces deux parties sont en relation avec les objectifs et les contraintes du système de culture. La règle peut s'exprimer sous la forme : "si... alors ; sinon... alors". - un (ou des) critère(s) d'évaluation qui permet(tent) de vérifier si la condition a été remplie <i>a posteriori</i> (d'après Henry <i>et al.</i> 2012)
Résilience d'un système de culture	Capacité d'un système à surmonter ou à résister à des perturbations importantes pour retrouver son équilibre initial. La résilience est en général fonction de la diversité et de la complexité des systèmes.
Résistance	Toute caractéristique qui, chez une plante cultivée, interdit ou limite le développement d'un bio-agresseur.
Rotation	Succession de cultures se reproduisant de manière semblable au cours du temps.
Seuil biologique de nuisibilité	Densité ou niveau d'infestation à partir duquel une diminution de rendement ou de qualité est statistiquement décelable.
Seuil économique de nuisibilité	Densité ou niveau d'infestation à partir duquel l'effet sur la diminution de rendement ou de qualité est supérieur au coût des moyens mis en œuvre pour lutter contre l'ennemi de la culture.

GLOSSAIRE

Substance naturelle	Dans le cas de la protection par biocontrôle, substance d'origine végétale, animale ou minérale présente dans le milieu naturel.
Substitution	Remplacement d'un produit phytopharmaceutique par une technique alternative ayant une efficacité similaire.
Succession de cultures	Suite des cultures sur une parcelle et dans le sens chronologique.
Système de culture	Ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur une parcelle ou un ensemble de parcelles agricoles traitées de manière identique dans un contexte pédoclimatique donné. Chaque système de culture se définit par : la nature des cultures et leur ordre de succession ; les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures (Sebillotte, 1975). Un système de culture est constitué d'une ou de plusieurs parcelles homogènes.
Système de production	Mode de combinaison entre terre, forces et moyens de travail à des fins de production végétale et/ou animale, commun à un ensemble d'exploitations (Reboul, 1976). Le système de production est donc constitué d'un ou de plusieurs systèmes de culture et/ou d'élevage, parfois de systèmes de transformation des produits à la ferme et de leurs inter-relations, liées à la répartition entre ces systèmes, des ressources rares de l'exploitation, terre, travail (inclus compétences), capital (intranfets, matériel, bâtiments...) (Meynard <i>et al.</i> , 2006).
Tolérance	Aptitude d'une plante à limiter le dommage engendré par un dégât de bio-agresseur.



Culture hors-sol de fraises sous abri, L. Bzdrenga, CA85

INTRODUCTION

* Quelques spécificités des productions légumières

Les cultures légumières et leur production sont très diversifiées en France (une cinquantaine d'espèces cultivées). Ces espèces sont cultivées dans différents types d'exploitation. L'observatoire des exploitations légumières en définit six (CER et CTIFL, 2011) :

- * les serristes, qui possèdent des abris hauts et généralement chauffés, en hors sol, pour produire le plus souvent des tomates, des fraises et des concombres ;
- * les maraîchers, avec des abris froids tels que les tunnels ou les serres multichapelles où ils peuvent réaliser plusieurs cultures par an ; ils sont très diversifiés ;
- * les maraîchers de plein air, qui peuvent posséder des abris, mais dont les cultures principales sont conduites en plein air ; ils sont également très diversifiés ;
- * les producteurs de légumes de plein champ, qui associent régulièrement leurs cultures légumières aux grandes cultures et produisent le plus souvent une seule culture par parcelle et par an ;
- * les producteurs de légumes d'industrie, qui associent les grandes cultures aux cultures légumières. La conduite des cultures est fortement mécanisée et demande peu de main-d'œuvre ;
- * les producteurs d'endives, qui sont spécialisés sur cette culture, qu'ils associent généralement aux grandes cultures. Ces exploitations possèdent une salle de forçage pour les endives.

Les différents modes de production (serres, abris froids, plein champ), zones de culture ainsi que la grande variabilité des problèmes sanitaires entraînent la grande diversité des systèmes de culture légumiers rencontrés en France (Volay, 2009).

La protection chimique des légumes étant souvent insuffisante (perte d'efficacité, usages orphelins...), les producteurs ont mis en œuvre des méthodes de protection alternatives pour gérer un certain nombre de bio-agresseurs. Ils font notamment appel aux variétés résistantes, aux paillages plastiques, à l'utilisation du greffage, à la désinfection du sol par solarisation ou par biofumigation, au biocontrôle sous abri...

Les consommateurs souhaiteraient acheter des légumes indemnes de résidus phytopharmaceutiques, mais leurs exigences sur la qualité visuelle des produits ne favorisent pas la réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (expertise scientifique collective Inra, 2007).

Les légumes sont des cultures à haute valeur ajoutée ayant des charges de production élevées et requérant une forte technicité. Le revenu des agriculteurs est directement lié au rendement et à la qualité des produits. Les pertes économiques occasionnées par les bio-agresseurs peuvent être sans commune mesure avec les pertes de récolte. Ce qui peut expliquer la réticence à réduire l'utilisation des produits phytopharmaceutiques.

Certaines productions sont sous contrat. Cette démarche permet à l'agriculteur de sécuriser un débouché. Cependant, les cahiers des charges qu'il doit respecter (choix variétal, date de semis...) limitent les marges de manœuvre dans la réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques. Pour des productions qui ne sont pas sous contrat, les contraintes de qualité réduisent également les marges de manœuvre.

Les productions légumières nécessitent beaucoup de main-d'œuvre lors des plantations, des entretiens des cultures ou des récoltes, ce qui occasionne des charges de production très élevées. De plus, la pénibilité du travail crée des difficultés pour trouver des salariés. De ce fait, toutes les techniques alternatives impliquant une augmentation de main-d'œuvre sont *a priori* difficiles à mettre en place (Aubertot, Savary, 2005).

INTRODUCTION

* Les enjeux en productions légumières

Les spécificités des productions légumières entraînent des enjeux particuliers auxquels les producteurs doivent faire face.

- * Des enjeux économiques : il est important de maintenir un revenu acceptable pour le producteur. Les producteurs français étant en concurrence directe avec les producteurs européens voire mondiaux, il est primordial que les systèmes français restent compétitifs.
- * Des enjeux qualitatifs : la réglementation définit la qualité sanitaire des produits avec des limites maximales de résidus pour chaque espèce légumière et l'absence de pathogènes pour l'homme (micro-organismes, mycotoxines...). Des cahiers des charges sont parfois plus exigeants que cette réglementation. Les consommateurs souhaitent des productions non traitées et sans défauts visuels.
- * Des enjeux réglementaires : le plan Ecophyto vise à « réduire l'usage des pesticides en France ». À cela s'ajoute le retrait du marché des produits contenant les substances actives les plus préoccupantes. De plus, la directive cadre sur l'eau (DCE) impose d'atteindre un « bon état écologique et chimique » des masses d'eau d'ici 2015.
- * Des enjeux concernant la pérennité de la protection chimique : les agriculteurs ont à leur disposition une faible gamme de produits phytopharmaceutiques. De plus, certains produits manquent d'efficacité. Enfin, des phénomènes de résistance des bio-agresseurs vis-à-vis de certains produits apparaissent. Cela explique l'intérêt d'avoir une bonne gestion des produits phytopharmaceutiques.
- * Des enjeux environnementaux : les surfaces en cultures légumières ne représentent qu'environ 1 % de la SAU française, mais elles sont souvent concentrées dans des bassins de production situés dans des zones sensibles : zones côtières, alluvionnaires ou périurbaines.
- * Des enjeux de santé humaine : l'utilisation de produits phytopharmaceutiques expose l'agriculteur à des risques pour sa santé s'il est insuffisamment protégé lors des applications. Par ailleurs, la consommation régulière de légumes est recommandée dans le cadre d'une alimentation équilibrée.

Au vu de ces enjeux, il apparaît nécessaire de développer des moyens pour réduire durablement la dépendance des systèmes légumiers à l'égard des produits phytopharmaceutiques.



Sorgho en culture intermédiaire sous abri, L. Bzdrenga, CA 85



Brassicacées en culture intermédiaire en plein champ, APREL

Partie 1

MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES LÉGUMIÈRES LIMITANT LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

I. LA PRODUCTION INTÉGRÉE EN CULTURE LÉGUMIÈRE

La démarche proposée dans ce guide se situe dans le cadre de la production intégrée, l'objectif étant de réduire l'utilisation des produits phytopharmaceutiques dans les systèmes de culture sans dégrader les autres composantes du système. La production intégrée a été définie en 1973 par l'OILB-SROP comme étant « un 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. »

Cette définition met en évidence que le concept de production intégrée va au-delà de celui de protection intégrée. La protection des cultures n'est en effet qu'un élément de la production. Cependant, pour concevoir un système de culture en accord avec la production intégrée, les principes de la protection intégrée doivent être mis en œuvre et ajustés en fonction des particularités pédoclimatiques du système. L'idée est de combiner des leviers de surveillance, de prévention et de protection des légumes contre les bio-agresseurs.

Une surveillance rigoureuse et régulière permet de détecter la présence et de suivre l'évolution des bio-agresseurs et des auxiliaires afin de prendre, le cas échéant, les bonnes décisions. La prévention (ou prophylaxie) doit être envisagée dès la conception du système. En effet, l'objectif est de se rapprocher le plus possible d'un système qui compterait suffisamment de facteurs de régulation des bio-agresseurs et de résilience à leurs effets pour éviter le recours à la protection. La protection chimique reste mobilisable, mais les protections physiques, biologiques, génétiques... sont prioritaires. Il est important que les principes de la protection intégrée soient appliqués sur l'ensemble du système de culture, mais également en amont (pépinière) afin d'intégrer dans le système du matériel végétal indemne de bio-agresseurs.

La protection intégrée prend donc en compte le cycle complet de chaque bio-agresseur, l'ensemble des bio-agresseurs de chaque culture, l'ensemble des cultures de la succession et tous les éléments de gestion de l'agrosystème, y compris les parties non cultivées (Ricci et al., 2011). Il est donc important de réfléchir à la protection des cultures en considérant de manière globale le système de culture.

II. NOTIONS DE « DÉGÂT », « DOMMAGE » ET « PERTE »

Les bio-agresseurs peuvent engendrer des pertes de récolte importantes si aucune gestion n'est mise en place. C'est pourquoi la réussite de la protection des plantes est essentielle pour les agriculteurs afin de sécuriser leurs revenus. Trois notions permettent de définir les liens entre les bio-agresseurs et les pertes de récolte. La notion de « dégât » est définie comme étant une altération visible (symptôme) ou mesurable par rapport à une plante saine ou un peuplement indemne, causée par la présence d'un bio-agresseur. Le « dommage » est une perte de récolte (rendement) qualitative ou quantitative due à l'activité d'un bio-agresseur. Enfin, la « perte » fait référence à la perte économique engendrée par la présence d'un bio-agresseur (figure 1).

Le seuil biologique de nuisibilité correspond au passage du « dégât » au dommage. De même que le seuil économique de nuisibilité correspond au passage du « dommage » à la « perte ».

Pour certains légumes, les « dégâts » induits par les bio-agresseurs peuvent se traduire directement en « dommages » voire en « pertes » car les organes attaqués sont souvent les organes récoltés.

Partie 1

MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES LÉGUMIÈRES LIMITANT LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES



Figure 1 : Relations entre bio-agresseurs, «dégât», «dommage» et «perte» (d'après Aubertot et Savary, 2005)

III. LES SOLUTIONS AGRONOMIQUES ALTERNATIVES AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

A. Les catégories de moyens de protection contre les bio-agresseurs

Il existe divers moyens pour réduire les « pertes » dues aux bio-agresseurs. Cinq grandes classes ont été définies (Aubertot et Savary, 2005) et sont présentées dans la figure 2.

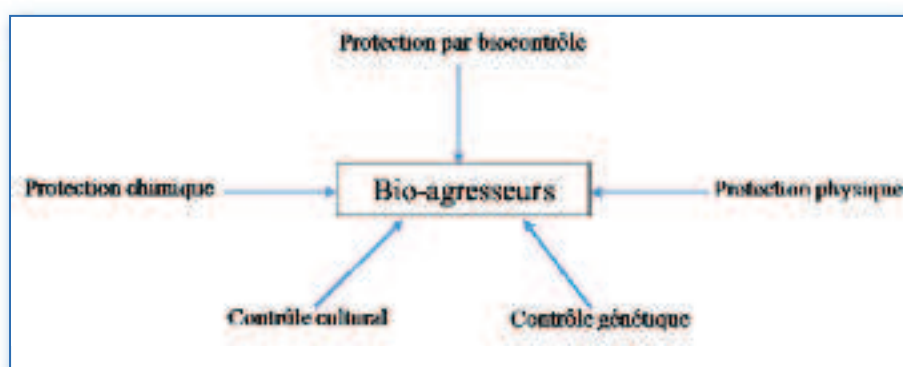


Figure 2 : Les différentes méthodes de contrôle et de protection contre les bio-agresseurs.

Parmi ces moyens, la protection chimique est le moyen le plus utilisé actuellement en France. Lors de l'exercice de re-conception, cette protection ne sera pas interdite. Le fait de disposer de cette solution facilite la mise en place des méthodes alternatives qui ont parfois des effets partiels. Le contrôle génétique, qui consiste à utiliser des plantes sélectionnées pour leur résistance ou leurs caractéristiques morphologiques, est parfois adopté, lorsqu'il est disponible, par les agriculteurs. D'autres moyens se développent comme la protection par le biocontrôle qui vise à protéger des

Partie 1

MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES LÉGUMIÈRES LIMITANT LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

plantes en privilégiant l'utilisation de mécanismes et d'interactions qui régissent les relations entre espèces dans le milieu naturel. Il existe quatre familles de produits de biocontrôle : les macro-organismes, les micro-organismes, les médiateurs chimiques et les substances naturelles. Le contrôle cultural consiste à adapter le système de culture pour limiter le développement des bio-agresseurs. Les adaptations peuvent faire appel à une modification de la succession culturale, des dates et densités de semis ou de plantation, d'une gestion du travail du sol, de la fertilisation, de l'irrigation et du climat. Enfin, la protection physique inclut l'utilisation de moyens thermiques, mécaniques, électromagnétiques ou pneumatiques.

Dans le cas d'une stratégie de protection dans un système de culture économe en produits phytopharmaceutiques, c'est donc la combinaison de l'ensemble de ces moyens qui permettra de limiter les pertes économiques dues aux bio-agresseurs.

B. Les moyens de contrôle alternatifs existants

Les moyens de contrôle alternatifs font appel à des méthodes autres que la protection chimique. Ils peuvent intervenir sur différentes étapes des cycles des bio-agresseurs et de la culture et se combiner pour limiter l'incidence des bio-agresseurs.

Les moyens de contrôle alternatifs peuvent être mobilisés en amont de la mise en place de la culture pour agir sur le potentiel initial des bio-agresseurs et ainsi limiter le développement des populations qui sont sources de contamination des cultures. Ils reposent principalement sur l'adaptation de la succession et le travail du sol (incluant la gestion des résidus de cultures).

Au cours du cycle de développement de la culture, les moyens mobilisables peuvent reposer sur des stratégies d'évitement. Elles consistent à éviter la concordance entre la présence du bio-agresseur et la période de sensibilité de la culture. Le principal levier est donc le raisonnement de la date de semis, de plantation ou de récolte.

En cours de culture, des stratégies d'atténuation peuvent également être mobilisées. Elles ont pour objectif de minimiser les « pertes » lorsque la culture et le bio-agresseur se trouvent en contact. Ces stratégies agissent essentiellement via une modification de l'état de la culture ou du milieu. L'idée est alors de réduire la sensibilité de la culture et d'éviter les conditions favorables au développement et à la propagation du ou des bio-agresseurs, en mettant en œuvre un ensemble de pratiques culturales pouvant être associées à un contrôle génétique, à des protections physiques ou du biocontrôle.

Les différents moyens de contrôle alternatifs seront décrits par types de bio-agresseurs (Djian-Caporalino et al., 2013) :

- les bio-agresseurs telluriques, c'est-à-dire ceux qui ont tout ou partie de leur cycle lié au sol et qui attaquent la culture pendant cette phase. Cette catégorie comprend des insectes, des champignons, des bactéries, des nématodes, certains virus ;

- les bio-agresseurs aériens, c'est-à-dire ceux qui ont tout ou partie de leur cycle hors du sol et qui attaquent la culture dans leur phase aérienne de développement. Dans cette catégorie se regroupent des insectes, des champignons et des bactéries, certains virus.

Remarque : certains bio-agresseurs peuvent être classés dans les deux catégories, telluriques et aériens (ex : mouche de la carotte, *Sclerotinia*...) ;

- les adventices, c'est-à-dire toutes les plantes indésirables dans la culture.

Les exemples donnés par la suite sont le reflet des références dont on dispose aujourd'hui dans la mise en œuvre de stratégies alternatives de protection des cultures. Ces références concernent un nombre limité d'espèces légumières. Cette partie sera enrichie au fur et à mesure de l'acquisition de références.

Partie 1

MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES LÉGUMIÈRES LIMITANT LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

1. Les moyens de protection alternatifs contre les bio-agresseurs telluriques

Les différents moyens de protection sont synthétisés dans la figure 3 détaillant les effets de ces moyens sur le cycle des bio-agresseurs telluriques et sur l'état de la culture.

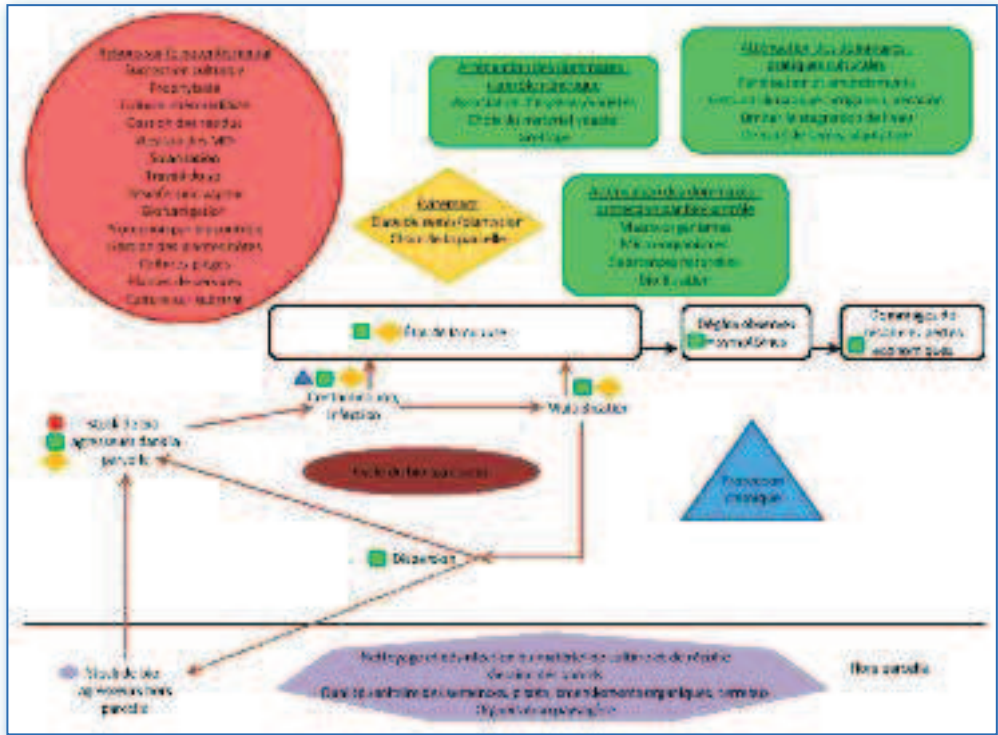


Figure 3 : Interactions entre pratiques, état de la culture et cycle des bio-agresseurs telluriques

Les actions sur le potentiel initial de bio-agresseurs dans la parcelle

- ✱ La succession culturale avec la mise en place de cultures intermédiaires ou de toute autre plante de service (fiche technique T1) constitue l'une des principales mesures contre les bio-agresseurs telluriques. L'objectif est d'avoir une réflexion tant sur les délais de retour que sur l'effet du précédent de chaque culture afin d'alterner, quand c'est possible, les plantes hôtes et non hôtes (fiche aide A2). La fiche aide A3 présente les différentes cultures intermédiaires disponibles ainsi que leurs particularités.
- ✱ Diverses mesures prophylactiques peuvent être mises en place afin de minimiser l'apparition des bio-agresseurs (fiche aide A4 et fiches techniques T2 et T3).
- ✱ Une bonne gestion des apports de matière organique (fiche technique T5), ainsi que la biofumigation (fiche technique T10) permettent d'agir sur les équilibres microbiens.
- ✱ Des méthodes de désinfection du sol non chimique se développent et présentent des efficacités intéressantes sur certains bio-agresseurs telluriques. Il existe actuellement deux méthodes : la solarisation (fiche technique T8) et la désinfection vapeur (fiche technique T9).
- ✱ La gestion des résidus de culture : l'enfouissement, le broyage ou l'exportation peuvent permettre de réduire le potentiel initial. L'exportation, bien que peu pratiquée, permet de réduire de manière plus efficace la quantité de bio-agresseurs capables de ré-infester la parcelle. De plus, il faut éviter les épandages des écarts de tri, des boues, des eaux de lavage..., sources potentielles de re-contaminations.

Partie 1

MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES LÉGUMIÈRES LIMITANT LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

- ✿ Les façons culturales (labour, rotobèche...) peuvent enfouir ou remonter en surface de l'inoculum. Le positionnement de celui-ci est donc à raisonner en fonction des bio-agresseurs et des cultures hôtes dans la succession. Le travail du sol est également à l'origine de changements de conditions de milieu (température, humidité, pH, matière organique) qui ont des impacts sur le développement et la survie des organismes telluriques. Par exemple, pour réduire les populations de taupins, les déchaumages pendant la période d'interculture en période sèche sont souvent efficaces.
- ✿ La protection par biocontrôle (fiches techniques T 11 à 13) constitue également une méthode de gestion de l'inoculum : par exemple, l'utilisation du *Coniothyrium minitans* contre *Sclerotinia*.
- ✿ Les adventices et les repousses de culture (plantes hôtes) peuvent maintenir ou multiplier l'inoculum (ex : nématodes). Il est donc important d'envisager leur gestion dans la succession culturale (destruction mécanique, enfouissement...). Les cultures pièges peuvent être introduites dans la succession pour lutter contre les nématodes. Les plantes pièges sensibles doivent être détruites complètement avant que les ravageurs n'aient pu se multiplier. À l'inverse, les plantes pièges résistantes attirent les ravageurs et en limitent les dégâts.
- ✿ Le passage de la culture sur substrat permet de s'affranchir des bio-agresseurs telluriques.
- ✿ La désinfection et le nettoyage du matériel de culture et de récolte (fiche technique T2) est importante pour limiter la contamination d'une parcelle à une autre. De même, le travail des parcelles doit être raisonné en fonction du risque de contamination, de la moins infestée vers la plus infestée.
- ✿ Enfin, une attention particulière doit être portée à la qualité sanitaire des semences, des plants (fiche technique T4), des amendements organiques et des terreaux utilisés afin de limiter l'arrivée de nouvelles contaminations sur la parcelle.

Les stratégies d'évitement

- ✿ Afin d'éviter la concordance entre la présence du bio-agresseur et la période de sensibilité de la culture, un décalage des dates de semis ou de plantation peut être envisagé.
- ✿ De plus, il peut être nécessaire d'interrompre certaines cultures sur une parcelle fortement contaminée.

L'atténuation des dommages

Afin d'atténuer les «dommages» en culture, diverses techniques peuvent être utilisées. Celles-ci peuvent être séparées en trois catégories :

- ✿ Le contrôle génétique : le choix du matériel végétal avec des variétés possédant des résistances totales ou partielles est à prioriser afin de réduire les dommages de récolte (fiche aide A2). Le mélange d'espèces ou de variétés (fiche technique T25) peut constituer une barrière physique à la propagation des bio-agresseurs. Il limite la reconnaissance des cultures par les ravageurs, favorise le développement des auxiliaires et limite la propagation des maladies.
- ✿ Les pratiques culturales : l'impact de la fertilisation (N, P, K...) est variable en fonction du couple culture/bio-agresseur considéré (fiches techniques T6 et T7). La gestion climatique via l'irrigation, l'aération ou le chauffage permet de créer un climat moins favorable au développement des bio-agresseurs. De même, pour réduire les populations de bio-agresseurs ayant des phases de vie dans le sol, la mise en place de buttes ou de planches, l'action de drainer ou de niveler les parcelles permettent de limiter l'humidité du sol. Agir sur la densité de semis ou de plantation est aussi un moyen pour contrôler la propagation des bio-agresseurs : une distance plus élevée entre les plantes ralentit la progression de l'épidémie. L'élimination des premières plantes ou organes touchés et des adventices dans la parcelle participe également à la limitation de la propagation et à la dispersion des bio-agresseurs.
- ✿ Les diverses stratégies de protection par biocontrôle - macro-organismes, micro-organismes, substances naturelles ou biofiltration - peuvent être utilisées pour limiter l'augmentation des populations de bio-agresseurs (fiches techniques T11 et T12).
- ✿ L'organisation spatiale (fiche technique T24) peut contribuer à la gestion des bio-agresseurs, par exemple la distance entre les parcelles d'une même culture doit être définie en fonction de leur capacité de dispersion. Parfois, ceci nécessite une gestion collective du territoire. L'environnement immédiat de la parcelle (haies, talus...) agit sur le ressuyage et le réchauffement du sol, mais peut aussi héberger bio-agresseurs et auxiliaires.

Partie 1

MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES LÉGUMIÈRES LIMITANT LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

2. Les moyens de protection alternatifs contre les bio-agresseurs aériens

Les différents moyens de protection sont synthétisés dans la figure 4 détaillant les effets de ces moyens sur le cycle des bio-agresseurs aériens et sur l'état de la culture.

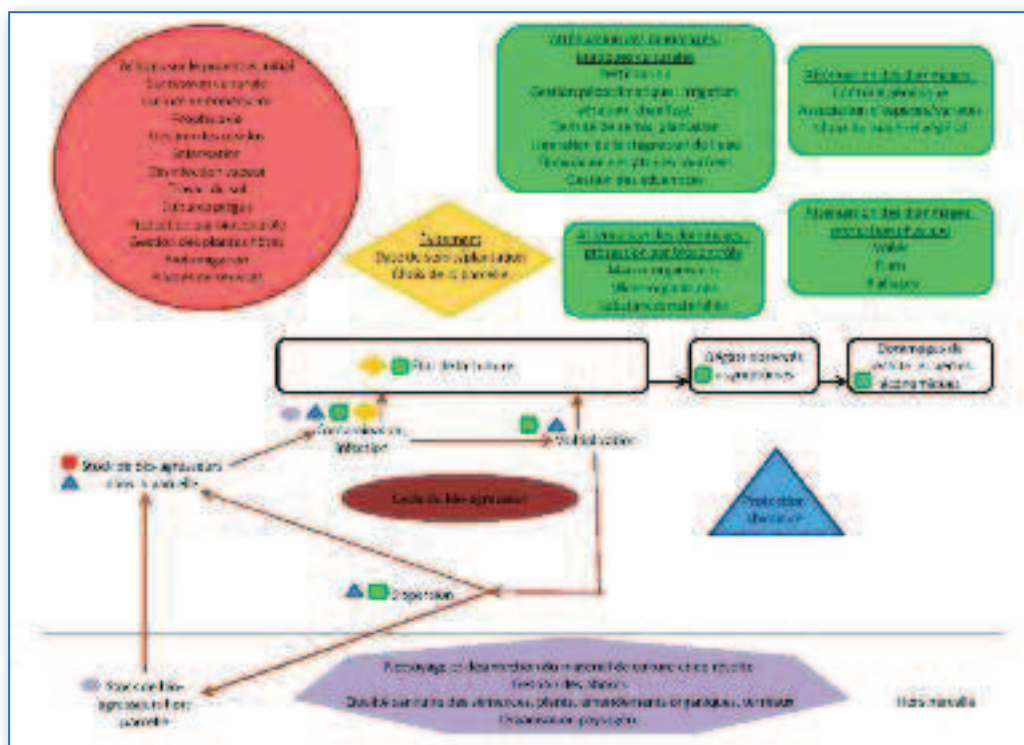


Figure 4 : Interactions entre pratiques, état de la culture et cycle des bio-agresseurs aériens

Les actions sur le potentiel initial des bio-agresseurs dans la parcelle

- ✿ Limiter le nombre de cultures hôtes (cultures intermédiaires, plantes de services) dans la succession peut aider à réduire la population de bio-agresseurs (fiches aide A2 et A3 et fiche technique T1).
- ✿ De nombreuses mesures prophylactiques peuvent être mises en place afin de minimiser l'apparition des bio-agresseurs et de limiter la propagation entre les parcelles. La fiche aide A4 ainsi que les fiches techniques T2 et T3 recensent ces mesures.
- ✿ Les façons culturales (labour, rotobèche...), enfouissement et broyage peuvent réduire les populations de bio-agresseurs aériens lorsqu'ils se maintiennent dans les résidus de cultures ou dans le sol.
- ✿ La solarisation (fiche technique T8) comme la désinfection vapeur (fiche technique T9) et la biofumigation (fiche technique T10) sont des techniques qui permettent de réduire les populations de bio-agresseurs lorsque ceux-ci ont des phases de vie dans le sol.
- ✿ La protection par biocontrôle (fiches techniques T11 à T13) constitue également une méthode de gestion des bio-agresseurs, comme par exemple des lâchers d'acariens prédateurs ou d'insectes en début de culture (voire en pépinière) vis-à-vis de différents ravageurs tels que les aleurodes, les thrips...
- ✿ Les repousses et les adventices (plantes hôtes) dans les parcelles, mais aussi dans les abords peuvent servir de refuges, de ressources alimentaires ou d'hôtes pour les bio-agresseurs aériens et les auxiliaires. Selon les cas, il peut être important de les détruire.
- ✿ Comme pour les bio-agresseurs telluriques, la désinfection et le nettoyage du matériel de culture et de récolte (fiche technique T2) sont importants pour limiter la contamination d'une parcelle à une autre. De même, le travail des parcelles doit être raisonné en fonction du risque de contamination, de la moins infestée vers la plus infestée.

Partie 1

MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES LÉGUMIÈRES LIMITANT LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

* Une attention particulière doit être portée à la qualité sanitaire des semences, plants (fiche technique T4), amendements organiques et terreaux utilisés afin de limiter l'arrivée de nouvelles contaminations sur la parcelle.

* L'organisation spatiale (fiche technique T24) peut contribuer à la gestion des bio-agresseurs ; par exemple, la distance entre les parcelles de plantes hôtes doit être définie en fonction de leur capacité de dispersion. Parfois, ceci nécessite une gestion collective du territoire. L'environnement immédiat de la parcelle (haies, talus...) peut aussi héberger bio-agresseurs et auxiliaires et servir de corridors biologiques. L'utilisation permanente de plantes hôtes (cultures et cultures intermédiaires) au sein d'un territoire empêche la rupture des cycles des bio-agresseurs.

Les stratégies d'évitement

- * Un décalage des dates de semis et de plantation permet d'éviter les périodes d'attaque de certains ravageurs. Par exemple, une implantation tardive des carottes et des choux peut permettre à la culture d'éviter un vol de mouches.
- * Il peut être nécessaire d'envisager l'arrêt de certaines cultures sur une parcelle contaminée.

L'atténuation des dommages

* Le contrôle génétique : le choix du matériel végétal avec des variétés possédant des résistances totales ou partielles est à prioriser afin de réduire les dommages de récolte (fiche aide A2). Le mélange d'espèces ou de variétés (fiche technique T25) peut constituer une barrière physique à la propagation des bio-agresseurs. Il limite la reconnaissance des cultures par les ravageurs, favorise le développement des auxiliaires et limite la propagation des maladies.

* Les pratiques culturales : l'impact de la fertilisation (N, P, K...) est variable en fonction du couple culture/bio-agresseur considéré (fiches techniques T6 et T7). La gestion climatique via l'irrigation, l'aération ou le chauffage permet de créer un climat moins favorable au développement des bio-agresseurs. De même, pour réduire les populations de bio-agresseurs ayant des phases de vie dans le sol, la mise en place de buttes ou de planches, l'action de drainer ou de niveler les parcelles permettent de limiter l'humidité du sol. Agir sur la densité de semis ou de plantation est aussi un moyen pour contrôler la propagation des bio-agresseurs : une distance plus élevée entre les plantes ralentit la progression de l'épidémie. L'élimination des premières plantes ou organes touchés et des adventices dans la parcelle participe également à la limitation de la propagation et à la dispersion des bio-agresseurs.

* De nombreuses méthodes de protection par biocontrôle (piégeage, macro-organismes, micro-organismes, substances naturelles) sont disponibles pour limiter le développement des bio-agresseurs (fiches techniques T11 à T13). La détection précoce des bio-agresseurs (ouvrants, bords de champ...) facilite leur gestion.

* Des protections physiques comme les voiles, les filets ou le paillage évitent ou limitent la présence des ravageurs dans la culture (fiche technique T21).



Piqure d'*Aphidius matricariae* sur puceron, J. Gambier, Inra



Momies de pucerons suite à un parasitisme, M. Goude, Inra

Partie 1

MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES LÉGUMIÈRES LIMITANT LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

3. Les moyens de protection alternatifs contre les adventices

Les différents moyens de protection sont synthétisés dans la figure 5 détaillant les effets de ces moyens sur le cycle des adventices et sur l'état de la culture.

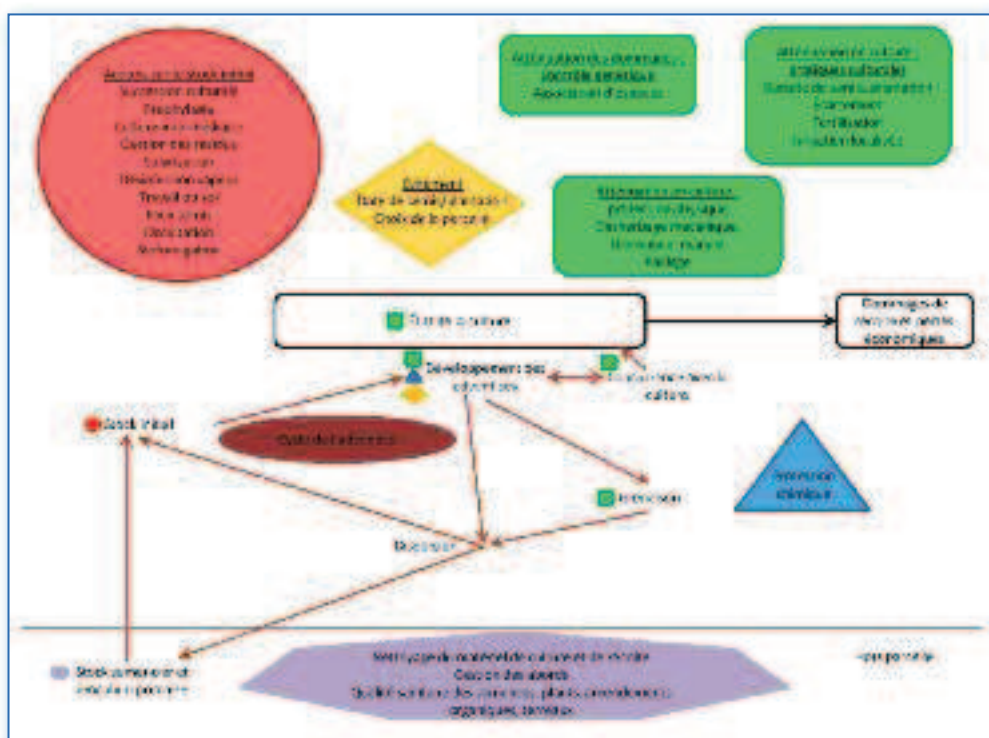


Figure 5 : Interactions entre pratiques, état de la culture et cycle des adventices

Les actions sur le stock initial des adventices dans la parcelle

- ✿ L'alternance des périodes d'implantation (printemps/été/automne/hiver) des cultures dans la succession (fiche aide A2) évite la spécialisation de la flore adventice.
- ✿ Les façons culturales profondes enfouissent les semences, évitant ainsi leur germination. La durée de survie des semences varie de quelques mois à quelques dizaines d'années selon les espèces. Pour les semences à faible durée de survie, ces techniques permettent la destruction d'une grande quantité de celles-ci. Pour celles à longue durée de survie, l'enfouissement profond est à éviter. Dans ce cas, le travail superficiel comme le faux semis (fiche technique T18) est à privilégier pour stimuler leur levée, puis leur destruction pendant les périodes d'interculture. Pour les vivaces, le passage d'outils à dents pendant la période d'interculture estivale permet de faire remonter en surface les rhizomes et de les faire sécher. Pour ces espèces, les outils rotatifs fractionnent les organes de multiplication végétatifs et favorisent leur dissémination.
- ✿ Une gestion des adventices après récolte et une gestion des abords de parcelle limitent la production de semences d'adventices pour la culture suivante.
- ✿ La solarisation (fiche technique T8) comme la désinfection vapeur (fiche technique T9), la biofumigation (fiche technique T10) et l'occultation (fiche technique T25) sont des techniques qui permettent de réduire les populations d'adventices. De même, une culture intermédiaire peut agir par allélopathie ou étouffement (fiche technique T1).
- ✿ Le nettoyage du matériel de culture et de récolte (fiche technique T2) est important pour limiter la contamination d'une parcelle à une autre. De même, le travail des parcelles doit être raisonné en fonction du risque de contamination, de la moins infestée vers la plus infestée.

Partie 1

MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES LÉGUMIÈRES LIMITANT LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

- * Quelques méthodes de prophylaxie recensées dans la fiche aide A4, ainsi que dans les fiches techniques T2 et T3 limitent la propagation et la dissémination des adventices d'une parcelle à une autre.
- * Une attention particulière doit être apportée à la pureté spécifique des semences (fiche technique A4), ainsi qu'à la qualité des amendements organiques et des terreaux afin d'empêcher l'introduction de nouvelles adventices.

Les stratégies d'évitement

- * L'idée est de créer un décalage entre la levée des adventices préoccupantes et la date d'implantation de la culture.
- * Il peut être nécessaire d'envisager l'arrêt des certaines cultures dans une parcelle infestée.

L'atténuation des dommages

- * Les pratiques culturales : une augmentation de la densité de semis ou de plantation et une réduction de l'écartement permettent d'augmenter la concurrence de la culture vis-à-vis des adventices. Raisonner la fertilisation azotée (quantité, forme, localisation...) lors de l'implantation limite le développement des espèces nitrophiles (chénopode, ortie, rumex, mouron...). La mise en place d'une irrigation localisée défavorise la levée des adventices dans l'inter-rang.
- * Les protections physiques telles que les désherbages mécaniques (fiches techniques T14 à T17), thermiques (fiche technique T19), manuels ou la mise en place d'un paillage (fiche technique T20) limitent le développement des adventices.
- * Le contrôle génétique : le mélange d'espèces (fiche technique T25) peut permettre une limitation des adventices grâce à l'augmentation de la concurrence de la culture vis-à-vis des adventices.

4. Des moyens de protection à combiner pour répondre aux objectifs de l'agriculteur

Pris isolément, les moyens de contrôle alternatifs peuvent être moins efficaces qu'un traitement chimique. La combinaison de différentes pratiques constitue le mode d'action le plus efficace contre les bio-agresseurs sur le long terme. Il existe des degrés différents d'efficacité pour ces méthodes (fiche aide A4).

Il s'agit de faire un choix des pratiques les plus efficaces et les plus complémentaires entre elles au regard des objectifs et des compromis que l'agriculteur est prêt à faire. Son implication est donc essentielle pour la réussite de la démarche.



Exemple de désherbage mécanique sur une culture de carottes, Unilet



Exemple de désherbage mécanique sur une culture d'artichauts, V. Estorgues, CA29



Mise en place d'une solarisation sous abri,
L. Parès, Inra



Exemple de désherbage thermique, L. Bzdrenga, CA85



Pièges chromatiques installés dans une culture
de tomates sous serre, M. Goude, Inra

Partie 2 : UNE MÉTHODE DE CO-CONCEPTION DE SYSTÈMES DE CULTURE ÉCONOMES EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

I. PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHE

La démarche adoptée pour la co-conception de systèmes de culture économes en produits phytopharmaceutiques est présentée dans la figure 6. Deux exemples pratiques, un système comportant des légumes d'industrie en plein champ et un système sous abri, sont présentés à la fin de la partie des fiches supports afin de faciliter la compréhension de la démarche.

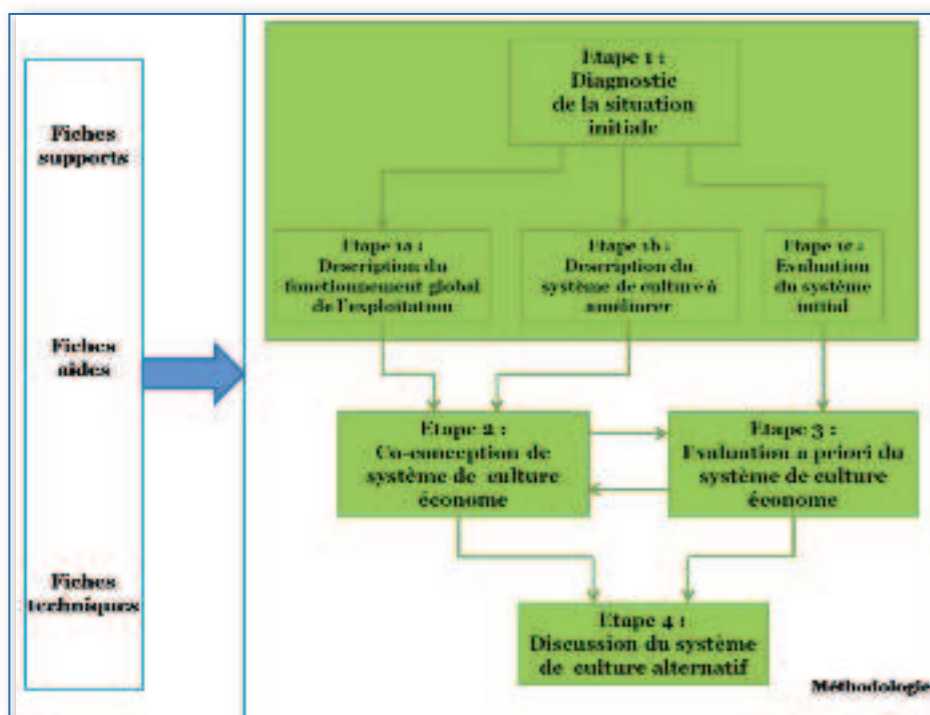


Figure 6 : Démarche de co-conception de système de culture adoptée dans ce guide

La première étape de la démarche est la réalisation d'un diagnostic agronomique, environnemental et socio-économique de l'exploitation. Le but est d'identifier les objectifs de l'agriculteur, les atouts et les contraintes de l'exploitation, et les systèmes de culture. Le travail se concentre ensuite sur la description et l'évaluation de l'un des systèmes de culture.

La deuxième étape, la conception, amène l'agriculteur à mobiliser un ensemble de techniques permettant de faire évoluer son système de culture vers un système plus économe en produits phytopharmaceutiques.

Lors de la troisième étape, une évaluation *a priori* du système amélioré permet de comparer ses performances avec celles du système initial. Cette analyse met en avant les forces et les faiblesses du nouveau système.

La dernière étape vise à discuter des conditions de mise en œuvre du système envisagé sur l'exploitation.

Ces quatre étapes peuvent donner lieu à des itérations (tableau 1). À chaque étape, des fiches supports sont proposées en appui à la démarche. Les utilisateurs peuvent les adapter à leurs besoins. Des fiches aides et des fiches techniques sont disponibles pour aider au choix des techniques et de leur combinaison.

Éléments définissant le système de culture choisi : mode de production (plein champ, abri, hors sol), succession culturale, période de production, conditions pédoclimatiques (texture de sol), équipement (irrigation, drainage, chauffage...), éloignement (suivi des cultures)...

Partie 2 :

UNE MÉTHODE DE CO-CONCEPTION DE SYSTÈMES DE CULTURE ÉCONOMES EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Tableau 1 : Résumé des étapes de la démarche proposée et des outils mobilisés

Etape 1. Diagnostic de la situation initiale
1.a. Description du fonctionnement global de l'exploitation
<p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - comprendre les objectifs globaux de l'agriculteur et de l'exploitation agricole ; - lister les atouts et les contraintes de l'exploitation ; - identifier les systèmes de culture et choisir celui que l'on souhaite améliorer. <p><i>Fiche support S1 : Description du fonctionnement global de l'exploitation agricole</i></p>
1.b. Description du système de culture à améliorer
<p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - caractériser le système de culture (succession, itinéraire technique...) ; - connaître les objectifs et les enjeux de l'exploitant sur ce système de culture. <p><i>Fiche support S2 : Description du système de culture initial</i> <i>Fiche support S3 : Description des bio-agresseurs présents sur l'exploitation</i></p>
1.c. Evaluation du système initial
<p>Objectif :</p> <ul style="list-style-type: none"> - évaluer le système de culture à partir d'une liste préétablie d'indicateurs pour pouvoir comparer ses performances à celles des systèmes alternatifs proposés. <p><i>Fiche support S4 : Evaluation des systèmes de culture</i> <i>Fiche aide A1 : Les indicateurs et leur calcul</i></p>
Etape 2. Conception de systèmes de culture économes
<p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - définir les objectifs et les contraintes du nouveau système ; - identifier avec l'agriculteur les leviers agronomiques déjà mis en oeuvre au niveau de la succession et des itinéraires techniques ; - identifier des leviers supplémentaires potentiels ; - réaliser une combinaison de l'ensemble des leviers retenus. <p><i>Fiche support S5 : Identification des objectifs et des contraintes du système de culture amélioré</i> <i>Fiche support S6 : Quelles sont les techniques alternatives utilisées par l'agriculteur et quelles autres sont disponibles ?</i> <i>Fiche support S7 : Mécanismes et mise en oeuvre des solutions techniques alternatives disponibles pour la protection des cultures à l'échelle du système de culture</i></p> <p><i>Fiche aide A2 : Caractéristiques des cultures légumières</i> <i>Fiche aide A3 : Caractéristiques des couverts d'interculture</i> <i>Fiche aide A4 : Récapitulatif des effets et des efficacités des différents moyens de protection alternatifs sur les bio-agresseurs</i> <i>Fiches techniques : L'ensemble du livret</i></p>
Etape 3. Evaluation a priori du système de culture économe
<p>Objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - évaluer le système de culture amélioré à partir d'une liste préétablie d'indicateurs ; - comparer les performances du nouveau système par rapport à celles du système initial. <p><i>Fiche support S4 : Evaluation des systèmes de culture</i></p>
Etape 4. Discussion des résultats
<p>Objectif :</p> <ul style="list-style-type: none"> - discuter de la mise en place du système proposé sur l'exploitation. <p><i>Fiche support S8 : Schéma récapitulatif du système de culture amélioré.</i></p>

Partie 2 :

UNE MÉTHODE DE CO-CONCEPTION DE SYSTÈMES DE CULTURE ÉCONOMES EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

II. ÉTAPE 1. DIAGNOSTIC DE LA SITUATION INITIALE

A. Fonctionnement global de l'exploitation

Ce diagnostic, sans chercher à être exhaustif, doit mettre en évidence les principaux freins et contraintes de l'agriculteur ainsi que les atouts dont il dispose. Pour le réaliser, la fiche support S1 présente un tableau qui liste les points pouvant avoir une influence importante pour la suite de la démarche. Ce diagnostic permettra ensuite d'orienter les choix et les compromis qu'il faudra gérer lors de la reconception.

À la fin de cette étape, l'agriculteur choisit avec l'accompagnateur un système de culture à améliorer et les deux justifient les raisons de leur choix.

B. Description du système de culture initial

Dans cette étape (fiche support S2), il s'agit de décrire la succession culturale et les itinéraires techniques pour chacune des cultures afin d'identifier et de formaliser les règles de décision et le niveau de dégâts et/ou de dommages de récolte que l'agriculteur tolère pour chaque bio-agresseur (fiche support S3).

C. Évaluation du système de culture initial

L'évaluation du système de culture initial est établie à partir d'indicateurs (fiche aide A1 non exhaustive) pour en mesurer les performances. Elle prend en compte les trois piliers de la durabilité : l'environnement, le social et l'économie, ainsi que la dimension agronomique. Les indicateurs sont calculés à l'échelle du système de culture (fiche support S4) pour permettre leur comparaison entre les systèmes amélioré et initial.

III. ÉTAPE 2. CONCEPTION DE SYSTÈMES DE CULTURE ÉCONOMES

Il s'agit ici de présenter de nouvelles perspectives à l'agriculteur en définissant les modifications qui pourront être apportées au système initial, tant au niveau de la succession culturale qu'au niveau des itinéraires techniques, en tenant compte des objectifs et des contraintes de l'agriculteur (fiche support S5).

Il est conseillé de ne pas mettre de freins *a priori* au changement et de ne prendre en compte que les aspects agronomiques. Les aspects socio-économiques sont évalués par la suite.

A. Réflexion sur la succession culturale

Dans un premier temps, l'objectif est de vérifier si les leviers disponibles en production intégrée sont mis en œuvre par l'agriculteur au niveau de la succession culturale : diversité des cultures, respect des délais de retour, diversification des dates d'implantation, utilisation des périodes d'interculture (couverts, techniques culturales...). Les fiches d'aide A2, A3 et A4, qui décrivent respectivement les caractéristiques des cultures légumières, des cultures intermédiaires et les solutions techniques disponibles, sont à disposition pour cela. La fiche support S6 ou S7 permet de consigner les informations lors de cette étape.

Dans un second temps, en fonction de cet état des lieux, des pressions des bio-agresseurs et des objectifs de l'agriculteur (décrits dans les fiches support S1, S2, S3, S4 et S5), une ou plusieurs successions culturales combinant le maximum de leviers mobilisables peuvent être proposées. La fiche support S8 permet de représenter la succession choisie.

Partie 2 :

UNE MÉTHODE DE CO-CONCEPTION DE SYSTÈMES DE CULTURE ÉCONOMES EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

B. Réflexion sur les itinéraires techniques

À cette étape, il est proposé de s'appuyer sur la fiche support S8, qui sera complétée au fur et à mesure de la démarche.

Tout d'abord, il faut vérifier la cohérence entre l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et la nuisibilité des bio-agresseurs présents (décrit par l'agriculteur dans les fiches supports S1, S2, S3). En effet, le nombre de traitements peut être réduit sans modifications majeures si l'agriculteur « surprotège » ses cultures. Il faut dans ce cas modifier les règles de décisions afin de limiter le recours aux produits phytopharmaceutiques (fiches techniques T22 et T23). Ensuite, il faut contrôler, grâce à la description des itinéraires techniques (fiche support S2), si l'ensemble des leviers mobilisables en production intégrée pour les principaux bio-agresseurs identifiés (fiche support S3) sont déjà mis en œuvre par l'agriculteur. Si ce n'est pas le cas, une nouvelle stratégie de gestion des bio-agresseurs est proposée en combinant ces leviers (partie 4 : fiches techniques). Il est important de constater que ceux-ci n'ont pas d'effet négatif important sur les autres bio-agresseurs ou sur le système lui-même. Pour connaître les principaux effets des leviers, la fiche aide A4 peut être consultée. Pour les nouvelles cultures de la succession, il est directement proposé une stratégie de production intégrée. Cet exercice peut être restitué dans les fiches support S6 ou S7.

IV. ÉTAPE 3. ÉVALUATION A PRIORI DES SYSTÈMES DE CULTURE ÉCONOMES EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

À cette étape, il s'agit de vérifier que les changements proposés participent bien à la réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques et d'en mesurer les conséquences sur les autres composantes de durabilité du système.

Une évaluation *a priori* de l'impact des nouvelles pratiques sur les différentes dimensions (social, environnemental, économique et agronomique) permet de mettre en évidence l'évolution des indicateurs entre les systèmes amélioré et initial. Cette évolution doit être appréciée sur l'ensemble du système de culture. La fiche support S4 permet de synthétiser l'évaluation.

Du fait de la faible disponibilité des références sur les cultures légumières et sur l'effet de la mise en place de la production intégrée, l'évaluation est souvent qualitative. Cependant, il est nécessaire de calculer les IFT (fiche technique T26) afin de mettre en évidence la réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques.

V. ÉTAPE 4. DISCUSSION DES RÉSULTATS ET SUIVI DES SYSTÈMES DE CULTURE AMÉLIORÉS

La discussion s'appuie sur la comparaison des systèmes réalisée lors de l'étape 3. Cette étape permet de discuter de la réalisation des modifications proposées, que ce soit sur une parcelle test ou sur un îlot de cultures.

À cette étape, les modifications du système de culture doivent être examinées à l'échelle de l'exploitation agricole et seront adaptées en fonction des possibilités, des contraintes et de leurs conséquences sur l'ensemble de l'exploitation. Cette discussion doit permettre de faire ressortir les freins et les blocages à la mise en place du système de culture proposé. S'il s'agit de freins techniques, une discussion avec des agriculteurs ayant l'habitude des leviers mobilisables en production intégrée peut permettre d'échanger sur leur mise en œuvre. S'il s'agit de freins relatifs au changement, l'accompagnateur doit rassurer l'agriculteur sur les risques qu'il pense prendre en changeant de système.

Il est important de considérer les revenus générés à l'échelle du système et non à l'année. En effet, l'introduction de nouvelles cultures pour leur qualité agronomique peut engendrer une diminution de la marge certaines années. Les revenus de l'exploitation doivent être équilibrés sur l'ensemble des systèmes de culture en assurant systématiquement la présence d'une part de cultures de rente et de cultures ayant une valeur agronomique.

Dans le cadre de la démarche décrite, seule une évaluation *a priori* du système amélioré est proposée. Or, un suivi régulier permettrait de réaliser une évaluation *a posteriori* des performances. La mise en place d'un planning avec le nombre et la fréquence du suivi du système de culture amélioré par le conseiller / accompagnateur est alors intéressante.

BIBLIOGRAPHIE

Documents utilisés dans l'ensemble du guide

- Agro-Transfert Ressources et Territoires, 2011, Le travail superficiel du sol en interculture, 4 p.
- Aprel, 2007, Les engrais verts en maraîchage, 16 p.
- Arvalis, 2011, Cultures intermédiaires : impacts et conduite, 236 p.
- Arvalis, 2009, Dossier Les couverts végétaux, Interculture : ajuster l'itinéraire à chaque couvert végétal, Perspectives agricoles, n° 357, 39-49.
- Attoumani-Ronceux A., Aubertot J.-N., Guichard L., Jouy L., Mischler P., Omon B., Petit M.-S., Pleyber E., Reau R., Seiler A., 2011, Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires, Application aux systèmes de polyculture, Ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement, RMT Systèmes de culture innovants, 115 p.
- Aubertot J.-N., Savary S., coord., 2005, Stratégie de protection des cultures, Expertise scientifique collective Inra-Cemagref, Pesticides, agriculture et environnement Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux, 104 p.
- Avenir Agro Bourgogne, 2009, Cultures intermédiaires, 12 p.
- Bargain V., 2009, Couverts végétaux : que choisir ?, Réussir fruits et légumes, n° 289, 32-33.
- Berthier C., Barbier J.-M., Constant N., Davidou L., Deliere L., Guisset M., Jacquet O., Lafond D., Panon M.-L., Sauvage D., 2012, CEPTIVI Co-conception de systèmes viticoles économes en produits phytosanitaires, Ministère chargé de l'agriculture, Onema, 27 p.
- BSV 2013 des différentes régions.
- Castillon P., Denoroy P., Duval R., Éveillard P., Le Souder C., Villette C., 2007, Teneur en P, K et Mg des organes végétaux récoltés, pour les cultures de plein champ et les principaux fourrages, Comifer, 6 p.
- CER France et CTIFL, 2011, Observatoire des exploitations légumières, résultats 2009, 8 p.
- Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône, 2009, Optimiser la production des légumes sous abris.
- Chambre d'agriculture de Bourgogne, 2012, Optimiser la pulvérisation, 16 p.
- Chambre d'agriculture du Finistère, 2003, fiche technique : Le désherbage bio, 4 p.
- Chambre d'agriculture du Finistère, 2004, fiche technique : Herse étrille, 5 p.
- Chambre d'agriculture du Finistère, 2009, Intérêt agronomiques et environnementaux du BRF en cultures légumières agrobiologiques, 14 p.
- Chambres d'agriculture de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, 2011, Le désherbage mécanique des légumes en région Picardie, Agro-transfert Ressource et Territoire, 16 p.
- Chapuis S., 2010, La herse étrille repères technico-économiques, Légumes plein champ bio, 5 p.
- Chapuis S., 2010, Le désherbage thermique, Repères technico-économiques, Légumes plein champ bio, 6 p.
- Chauv C., Foury C., 1994, Productions légumières, tome 2 : Légumes feuilles, tiges, fleurs, racines, bulbes, 639 p.
- Chauv C., Foury C., 1994, Productions légumières, tome 3 : Légumineuses potagères, légumes fruits, 563 p.
- CTIFL, 2012, Éléments de décision pour une fertilisation raisonnée en azote sur les cultures fruitières et légumières, 10 p.
- Didier B., Guyot H., 2012, Des plantes et leurs insectes, Quae, 263 p.
- Djian-Caporalino C., Nicot P., Trottin Y., Villeneuve F., coord., 2013, Liste bio-agresseurs telluriques, bio-agresseurs aériens Méthodes de luttés et verrous, www.picleg.fr.
- Estorgues V., coord., 2005, Maladies et ravageurs des légumes de plein champ en Bretagne, 150 p.
- Estorgues V., Perennec S., 2012, Gestion des mauvaises herbes, le faux-semis, Aujourd'hui et demain, n° 111, 21-23.

BIBLIOGRAPHIE

- Expertise scientifique collective Inra, 2007, Les fruits et légumes dans l'alimentation : enjeux et déterminants de la consommation, 84 p.
- Geves, 2012, Catalogue officiel des variétés, Protocole DHS.
- Ghesquière J., Cadillon A., 2012, Choisir et réussir son couvert végétal pendant l'interculture en AB, Itab, 15 p.
- Grebert D., Vercaigne J.-P., Delanote L., Legrand M., 2009, Le désherbage thermique, Vetabio, 4 p.
- Groupe de travail du guide AFPP, 2011, Fiche thématique : Capture en masse des ravageurs, 3 p.
- Hallouin I., 2013, Mémento : Légumes de diversification en Provence, 8 p.
- Henry A., Toupet A.-L., Deytieux V., Reau R., 2012, Recueil et analyse critique des règles de décision pour la protection des cultures, Inra, 490 p.
- Icard C., Villeneuve F., Porteneuve C., 2010, Le point sur les méthodes alternatives : La désinfection vapeur, CTIFL, 6 p.
- Iazard D., 2011, Les techniques alternatives : La solarisation en maraîchage, Aprel, Grab, 4 p.
- Itab, 2008, Journée technique : Traitements biologiques des semences, Focus sur la thérapie, Paris, 79 p.
- Ibis, 2010, Intégrer la biodiversité dans les systèmes d'exploitation agricole, fiche n° 2 : Culture intermédiaires, 8 p.
- Janvier C., Trottin-Caudal Y., Villeneuve F., 2011, Le point sur les techniques alternatives : Utilisation de micro-organismes pour la protection des cultures contre les ravageurs et les maladies, n° 7, CTIFL, 5 p.
- Janvier C., Pierre S.-P., Trottin-Caudal Y., 2012, Le point sur les techniques alternatives : Solarisation, CTIFL, 5 p.
- Lashermes G., Nicolardot B., Parnaudeau V., Thuriès L., Chaussod R., Guillotin M.L., Linères M., Mary B., Metzger L., Morvan T., Tricaud A., Villette C., Houot S., 2009. Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application. *European Journal of Soil Science*, 60, 297-310.
- Lagier J., 2002, Mise en œuvre de filets « insect-proof » en culture sous serre incidences sur le choix des matériaux de couverture et des systèmes d'aération, Journées plastique et horticulture, 5 p.
- Larrieu G., Estorgues V., 2009, Désherbage mécanique intégral des choux. Une alternative réaliste au désherbage chimique. *Aujourd'hui et demain*, n° 101, 3-7.
- Leclerc B., 2002, Guide des matières organiques, tome 1&2, Itab, 240 p et 96 p.
- Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J.-P., Trommetter M., 2012, Agriculture et biodiversité, Valoriser les synergies, Expertise scientifique collective Inra juillet 2008, Quae, 178 p.
- Mazollier C., Védie H., 2008, Les engrais verts en maraîchage biologique, Grab, 8 p.
- Mazollier C., Warlop F., Lambion J., 2009, Fiche 1 : Contrôler les bio-agresseurs en AB : Prophylaxie, méthodes culturales et lutte indirecte, RMT DévAB, 4 p.
- Mazollier C., 2009, Refbio PACA maraîchage, La solarisation, 2 p.
- Mazollier C., 2009, Les paillages biodégradables en maraîchage biologique : produits et normalisation, Grab, 2 p.
- Meynard J.M., Aggeri F., Coulon J.B., Habib R., Tillon J.P., 2006, Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. Rapport à la direction de l'Inra, Inra, 55 p.
- Michel V., 2008, Biofumigation : principe et application, *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol. 40, 95-99.
- Minette S., 2009, Caractéristiques des principales cultures intermédiaires, chambre d'agriculture de Poitou-Charentes, 37 p.
- Montfort F., 2011, Intérêt et faisabilité de la biofumigation avec des Brassicacées en cultures légumières de plein champ, Journées techniques Fruits et légumes biologiques, 37-41.
- OILB-SROP, 1973, Statuts Srop 1, 25 p.
- Parès L., 2011, Intérêt et faisabilité de la biodésinfection avec des Brassicacées en maraîchage sous abri, Journées techniques Fruits et légumes biologiques, 42-45.

BIBLIOGRAPHIE

- Pérennec S., 2010, Désherbage mécanique des choux, une technique maîtrisée par les agrobiologistes ! Terragricoles de Bretagne, 36-37.
- Pierre S.-P., Pérus M., Villeneuve F., 2012, Le point sur les techniques alternatives : Faux semis et gestion des adventices, CTIFL, 6 p.
- Picault S., 2008, Contre les mouches du chou des cultures en agriculture biologique, les filets verticaux comme moyen de protection, Infos CTIFL, n° 244, 36-40.
- Picault S. et al., 2013, Biodiversité fonctionnelle en cultures de légumières, Régulation de la mouche de la carotte *Psila rosae*, Infos CTIFL, n° 293, 25-39.
- Raynal C., 2005, PILazo® gestion de l'azote, CTIFL, 77 p.
- Raynal C., Le Quilicq S., Grasselly D., 2007, Guide pratique : Fertilisation azotée des légumes sous abris, CTIFL, 102 p.
- Reboul C., 1976, Mode de production et systèmes de culture et d'élevage, Économie Rurale, 112, 55-65.
- Ricard J.-M., Garcin A., Jay M., Mandrin J.-F., 2012, Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière, CTIFL, 471 p.
- Ricci P., Sibylle B., Lamine C., coordination, 2011, Repenser la protection des cultures, Innovation et transitions, coédition Educagri/Quae, 250 p.
- Sébillotte M., 1975, Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In : Combe L., Picard D. (eds), Les systèmes de cultures, Paris, Inra, 165-196.
- Péron J.-Y., 2006, Références productions légumières, 2e édition, 640 p.
- Tristan D., Cassedane X., Even M.-A., Vert J., 2009, Fiche-variable Systèmes de production et itinéraires techniques agricoles, Centre d'étude et de prospective – service de la statistique et de la prospective, 9.
- Trottin-Caudal Y., Villeneuve F., Chabrière C., Dubois M., Schoen L., 2006, Protection des cultures légumières sous abri et de plein champ, La prophylaxie et les méthodes de lutte indirecte, Cas de la tomate et de la carotte, Infos CTIFL n° 224, 36-42.
- Vetabio, 2011, Les fiches légumes : Comment utiliser les voiles et filets en maraîchage biologique ?, 4 p.
- Volay T., coord., 2009, Ecophyto R&D, tome 5 : Analyse comparative de différents systèmes en cultures légumières, 118 p.

<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>

<http://agriculture.gouv.fr/les-produits-phytosanitaires>

<http://www.agriculture-paca.fr/agriculture-biologique/les-fiches-matieres-organiques.html>

http://www.ibma-global.org/ibma_france

http://www.phyteauvergne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/Conseils_agri/90%20-%20houe_rotative.pdf

http://www.univ-lehavre.fr/enseign/fst/projets/alternative_desherbages/pages/outils.html

Autre références utiles

- Bernard J.-L., coord., 2013, Protection intégrée des cultures, Fiches pour le conseil des techniques utilisables, édition France Agricole, 256 p.

<http://cultures-legumieres.ecophytopic.fr/cultures-legumieres>

<http://www.picleg.fr/>

http://www.endure-network.eu/fr/protection_integree

<http://www.iobc-wprs.org/index.html>

agropeps.clermont.cemagref.fr

<http://www.infloweb.fr/>

<http://www2.dijon.inra.fr/hyppa>

<http://www7.inra.fr/hyppz/>

<http://www7.inra.fr/hyp3/>

<http://www7.inra.fr/opie-insectes/luttebio.htm>

<http://ephytia.inra.fr/>