ÉCOPHYTO

RÉDUIRE ET AMÉLIORER L'UTILISATION DES PHYTOS

GUIDE ÉCOPHYTO FRUITS

Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques







Guide méthodologique

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

AGRICULTURES PRODUISONS AUTREMENT

GIS Fruits

Le guide a été réalisé dans le cadre du plan Écophyto piloté par le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et financé par l'ONEMA. Sa réalisation a été confiée au GIS Fruits (Groupement d'Intérêt Scientifique) et à l'INRA qui a coordonné le travail d'un comité de 20 experts scientifiques et techniques.
Le guide a bénéficié du concours de nombreux techniciens de la filière Fruits et des stations régionales d'expérimentation









Pour citer ce document : *Laget E., Guadagnini M., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli P., Bourgouin B., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Mercadal M., Parveaud C-E, Ramade L., Rames M-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J-L., Zavagli F. 2015.* Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques. GIS Fruits et Ministère de l'agriculture, Paris, 264 p.

ISBN (version imprimée) : 2-7380-1370-8
ISBN (version numérisée) : 2-7380-1373-2
Code EAN : 978 273 801 3736

Le guide Ecophyto Fruits a été réalisé par un groupe d'experts scientifiques et techniques à la demande du Ministère en charge de l'Agriculture sous l'égide du GIS Fruits et la coordination de l'INRA.

Remerciements

Coordination et animation du comité de rédaction

- Eva LAGET, INRA UR1115 Plantes et systèmes de culture horticoles, Avignon
- Daniel PLÉNET, INRA UR1115 Plantes et systèmes de culture horticoles, Avignon
- Sylvaine SIMON, INRA UE0695 Gotheron, Saint-Marcel-lès-Valence

Comité de rédaction

- Gérard ASSIÉ, CA 81/OP Blue-Whale
- Bruno BILLOTTE, OP PomAnjou
- Pascal BORIOLI, GRCETA de Basse Durance
- Bertrand BOURGOUIN, MAAF/DGAL/SDQPV
- Marc FRATANTUONO, CA 66/APCA
- Anne GUÉRIN, IFPC
- Bruno HUCBOURG, GRCETA de Basse Durance
- Arnaud LEMARQUAND, INRA UE0449 Horticole
- Bruno LOQUET, Ctifl (Centre de Balandran)
- Marion MERCADAL, OP Unicoque
- Claude-Eric PARVEAUD, ITAB/GRAB
- Leyla RAMADE, OP Unicoque
- Marie-Hélène RAMES, BIP
- Vincent RICAUD, CA 84/APCA
- Claude ROUSSELOU, Educagri
- Jean-Louis SAGNES, CA 82/CAN Dephy Ecophyto
- Franziska ZAVAGLI, Ctifl (Centre de Lanxade)

Comité de Pilotage animé par le MAAF/DGAL

- Delphine DI BARI, MAAF/DGAL (Pilote)
- Luc BARBIER, FNPF
- Jean-Louis BENASSI, IFPC
- Bertrand BOURGOUIN, MAAF/DGAL
- Sylvie BROCHOT, MAAF/DGPAAT
- Gerhard BUCK-SORLIN, AgroCampus Ouest
- Bruno CANUS, ONEMA
- Amélie COANTIC, DEB
- Sylvie COLLEU, INRA
- Alain DELEBECQ, ITAB
- Françoise DOSBA, Montpellier SupAgro
- Denis LOEILLET, CIRAD
- Pascal MARTIN, BIP
- Nicolas PERRIN, MAAF/DGPAAT
- Philippe PALEZY, GEFEL
- Valérie SENE, Interfel
- Alain VERNEDE, Ctifl
- Claire VINGUT, APCA

Soutien organisationnel

- Sylvie COLLEU, INRA Paris, co-animatrice du GIS Fruits

Accompagnement du guide

- Marine GUADAGNINI, INRA UR1115 Plantes et systèmes de culture horticoles, Avignon

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.

Experts consultés

- Gilles ADGIE, Syndicat du Chasselas
- Maïder ARREGUI, CA 30/SERFEL
- Jean-Marc AUDERGON, INRA UR1052 Génétique Intégrative et Innovation chez les Prunus, Avignon
- Florent BAILLARD, Socofruits Bourgogne
- Céline BERTHIER, IFV
- Philippe BLANC, SERFEL
- Jean-Charles BOUVIER, INRA UR1115 Plantes et systèmes de culture horticoles, Avignon
- Laurent BRUN, INRA UE0695 Gotheron, Saint-Marcel-lès-Valence
- Sophie BULEON, CA 07
- Jean-Charles CARDON, CRA Normandie
- Christophe CHAMET, Station régionale d'expérimentation SEFRA
- Nathalie CORROYER, CA 76/CRA Normandie
- Hervé COVÉS, CA 19/Station régionale d'expérimentation ADIDA
- Marie-Cécile DALSTEIN, Ctifl/La Morinière
- Hélina DEPLAUDE, CA 07
- Arnaud DUFILS, INRA UR0767 Ecodéveloppement, Avignon
- Nathalie DUPONT, IFPC
- Henri DUVAL, INRA UR1052 Génétique Intégrative et Innovation chez les Prunus, Avignon
- Emilie FALEZAN, GIE Tain L'Hermitage
- Maria-Martha FERNANDEZ, Ctifl/Station régionale d'expérimentation AREFE
- Jean-Yves FILLATRE, producteur
- Emmanuelle FILLERON, Station régionale d'expérimentation La Tapy
- Valérie GALLIA, CA 30/Station régionale d'expérimentation SERFEL
- Bernard HENNION, Ctifl (centre de Lanxade)
- Emile KOKE, CEFEL
- Philippe KREITER, Station régionale d'expérimentation AREFLEC/INRA UE 1254 Lutte biologique, Sophia-Antipolis
- Nicolas LAMBERT, OP GIE Perlim
- Jean-François LARRIEU, CA 82/APCA Référent AB
- Gilles LIBOUREL, Station régionale d'expérimentation GRAB Avignon
- Jean-François MANDRIN, Ctifl (centre de Balandran)
- Philippe MASSARDIER, SICOLI/AVFF
- Vincent MATHIEU, Ctifl (centre de Balandran)
- Muriel MILLAN, Ctifl (centre de Balandran)
- Fleur MOIROT, Agribiodrôme
- Bernard MOLOT, IFV
- Jean-Michel MONTAGNON, CA 13/La Pugère
- Yannick MONTROGNON, Station régionale d'expérimentation SEFRA
- Christophe MOUIREN, GRCETA de Basse Durance
- Marie-Sophie PETIT, CRA Bourgogne
- Audrey PIFFADY-DURIEUX, Fruits et nature/ GRCETA de Basse Durance
- Sara PINCZON, Station régionale d'expérimentation La Tapy
- Christian PINET, SERFEL
- Laurent POULET, GRCETA de Basse Durance
- Catherine REYNAUD, Station régionale d'expérimentation La Tapy
- Jean-Michel RICARD, Ctifl (centre de Balandran)
- Laurent ROCHE, Ctifl (centre de Lanxade)
- Christophe ROUBAL, SRAL/DRAAF PACA
- Florence ROUILLÉ, CA 84
- Rémi SEGARD, Station régionale d'expérimentation AREFE
- Alex SICILIANO, CTO (AFIDOL)
- Gilles TISON, INRA/Station régionale d'expérimentation AREFLEC/Corsic'Agropôle
- Claude TRONEL, Ctifl/Station régionale d'expérimentation CEHM
- Denis TRUCHETET, MAAF/DGAL/SDQPV
- Agnès VERHAEGHE, Ctifl/Station régionale d'expérimentation SENURA
- François WARLOP, Station régionale d'expérimentation GRAB Avignon
- Claire WEYDERT, Ctifl (centre de Balandran)

Remerciements également aux agriculteurs

- Vincent BONNAURE et Laurent CHAUSSABEL ayant participé à la phase test du Guide, ainsi qu'à certains techniciens que nous avons sollicités ponctuellement.

Pour citer ce document : *Laget E., Guadagnini M., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli P., Bourgouin B., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Mercadal M., Parveaud C-E, Ramade L., Rames M-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J-L., Zavagli F. 2015.*

Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques. GIS Fruits et Ministère de l'agriculture, Paris, 264 p.

PRÉFACE

Guide de conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques

Comme dans toutes les filières agricoles, les producteurs de fruits sont actuellement confrontés à d'importants enjeux économiques et environnementaux. Pour relever ces défis, il est nécessaire de poursuivre voire d'intensifier les actions pour imaginer des systèmes de production de plus en plus durables.

Conçu dans le cadre du Grenelle de l'environnement et constituant la déclinaison française de la directive européenne 2009/128/CE instaurant les principes de la protection intégrée en Europe, le plan Ecophyto a l'objectif de réduire et d'améliorer l'utilisation des produits phytopharmaceutiques d'une manière très significative. Il interpelle fortement la filière Fruits du fait de l'importance de cette problématique de santé des plantes pour des cultures pérennes à fort niveau d'investissement et haute valeur ajoutée, actuellement confrontées à des problèmes sanitaires importants et à des difficultés économiques pour de nombreuses espèces fruitières. Dans ce contexte, tous les acteurs de la filière Fruits sont très mobilisés pour mettre au point des solutions permettant de construire des systèmes de production économes en produits phytopharmaceutiques qui concilient performances économique et environnementale.

Ce dynamisme a donné naissance en 2012 au GIS Fruits, groupement d'intérêt scientifique qui vise à accompagner les mutations de la filière fruits dans toutes ces dimensions économiques, environnementales et sociales grâce à la coordination et la conduite d'actions de recherche, d'expérimentation et de formation.

C'est donc tout naturellement que le GIS Fruits a été missionné par le Ministère chargé de l'agriculture avec l'appui financier de l'ONEMA pour élaborer un guide de conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques. Ce guide est destiné à accompagner les réflexions des producteurs et de leurs conseillers pour les aider à s'interroger sur leurs pratiques et à concevoir des manières de produire adaptées à leurs situations spécifiques et à leurs objectifs technico-économiques mais répondant aussi aux attentes sociétales et environnementales. Le guide peut aussi servir de support lors d'animation de groupes de producteurs ou de formations. Le travail en groupe contribue aux partages d'expérience ce qui favorise les nécessaires apprentissages dans la transition vers des systèmes innovants.

Sous la coordination de l'INRA, l'élaboration du guide a mobilisé les partenaires du GIS Fruits mais aussi de très nombreux expérimentateurs et conseillers de différents organismes pour intégrer les connaissances et les savoirs locaux, et pour prendre en considération les spécificités de la plupart des espèces fruitières cultivées en France métropolitaine.

Le guide propose une démarche générique, fondée sur une approche globale des systèmes de culture, pour concevoir des manières de produire s'inscrivant dans une vision ambitieuse de la production fruitière intégrée qui cherche à limiter préventivement les risques liés aux bio-agresseurs par la mise en œuvre de combinaison de leviers d'action alternatifs afin de réduire la dépendance aux produits phytopharmaceutiques. La démarche est organisée en quatre étapes faisant appel à des ressources pour guider le binôme agriculteur-conseiller dans sa réflexion, notamment un livret qui recense et décrit les principaux moyens alternatifs disponibles et leurs conditions d'utilisation.

Ce guide est un outil utile à tous les producteurs de fruits pour continuer à progresser dans la mise en œuvre de systèmes de production économes en produits phytopharmaceutiques et économiquement viables. Ses principes s'inscrivent dans les fondements de l'agroécologie qui valorise les fonctionnalités écologiques positives offertes par les agro-écosystèmes, en particulier l'ensemble des processus de régulation biologique, pour développer une agriculture innovante, performante et durable.

Henri Pluvinage
Président du Ctifl

SOMMAIRE

Remerciements 3
Préface 5
Liste des abréviations 7
Objet du guide 9

Introduction 10

- Spécificités des cultures fruitières 10
- Enjeux de la production fruitière 10

Le guide Ecophyto fruits est constitué de 3 livrets

LIVRET GUIDE MÉTHODOLOGIQUE 12

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

- La gestion de la santé des cultures 14
- L'augmentation de l'efficience des interventions 22
- Les méthodes alternatives à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et leur combinaison 25

PARTIE 2 : UNE DÉMARCHE DE CO-CONCEPTION DE SYSTÈMES DE PRODUCTION FRUITIÈRE ÉCONOMES EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

- Co-conception de systèmes de culture et accompagnement au changement 37
- Démarche de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytopharmaceutiques 39
- Étape 1 : Diagnostic de la situation initiale 40
- Étape 2 : Co-conception d'un nouveau système de culture 40
- Étape 3 : Evaluation du système de culture co-construit 41
- Étape 4 : Discussion et amélioration du système de culture co-construit 41

Glossaire 44

Bibliographie 48

FICHES : documents venant en appui à la démarche de co-conception

LIVRET FICHES SUPPORTS ET FICHES AIDES

➡FICHES SUPPORTS

Ce sont des grilles d'entretien permettant de structurer les réflexions et les échanges entre le producteur et son conseiller.

➡FICHES AIDES

Elles apportent des informations utiles à la conception telles que des explications pour l'utilisation des fiches supports, des tableaux croisant bio-agresseurs et techniques alternatives mobilisables pour chaque espèce fruitière, ainsi que des méthodes pour calculer les indicateurs.

➡LIVRET FICHES TECHNIQUES

Ces fiches donnent des informations pratiques pour aider aux choix des techniques alternatives et des combinaisons de techniques.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Un glossaire est également présent dans le document page 44 pour définir les termes utilisés.
Les renvois au glossaire sont symbolisés par le signe.*

AB	Agriculture Biologique
BSV*	Bulletin de Santé du Végétal
DAR	Délai Avant Récolte
EA	Exploitation Agricole
GIS	Groupement d'Intérêt Scientifique
GMS	Grandes et Moyennes Surfaces
IAE*	Infrastructure Agro-Ecologique
IFT*	Indice de Fréquence des Traitements avec des produits phytopharmaceutiques
ITK*	Itinéraire Technique
LMR	Limite Maximale de Résidus
NODU*	NOmbre de Doses Unités de produits phytopharmaceutiques. C'est l'indicateur de référence de suivi du plan Écophyto.
OAD*	Outil d'Aide à la Décision
OILB-SROP	Organisation Internationale de Lutte Biologique et intégrée contre les animaux et les plantes nuisibles Section Régionale Ouest Paléarctique
PFI*	Production Fruitière Intégrée
PPP*	Produits PhytoPharmaceutiques
SCEP	Système de Culture Econome en produits phytopharmaceutiques et Performant
SdC*	Système de Culture
SdC co construit	Nouveau système de culture économe en produits phytopharmaceutiques construit en collaboration et interaction entre le producteur et son conseiller technique
ZNT	Zones non traitées

Verger d'abricotiers dans les Baronnies, Drôme



Vergers d'arbres à kiwi de l'Unité expérimentale arboricole INRA du Domaine des Jarres à Toulennes en Gironde.





Framboises

Filets Alt'Carpo monorangs utilisés en lutte alternative sur verger de pruniers américano-japonais pour lutter contre le carpocapse des prunes, Sud de la France.



OBJET DU GUIDE

Objectifs et démarche du guide

▶ Le guide Ecophyto Fruits est destiné à l'ensemble des producteurs de fruits quelle que soit l'espèce et son mode de production (PFI, AB, résidus contrôlés…).
Le guide a pour objectif de fournir des ressources (concepts, démarche, informations techniques sur l'utilisation des méthodes alternatives*…) pour aider à concevoir des Systèmes de Culture* plus Economes en produits phytopharmaceutiques* (PPP) et Performants (SCEP) d'un point de vue **économique, environnemental et social.**
Le guide s'adresse principalement aux **binômes agriculteur-conseiller.** Il a aussi vocation à être utilisé comme support pour des animations de groupe de producteurs et comme **support pédagogique** dans des parcours de formation initiale ou continue.
L'apport du guide est avant tout d'ordre **méthodologique** en proposant une démarche pour structurer la réflexion lors d'activités de conception de nouveaux Systèmes de Culture* (SdC) afin de mobiliser des leviers d'action alternatifs* permettant de réduire l'usage des produits phytopharmaceutiques. Pour faciliter les échanges, le guide propose aussi de s'accorder sur des concepts et un vocabulaire commun et sur une méthode pour décrire les systèmes de culture.

La démarche proposée aux producteurs est structurée autour de quatre étapes :

1. Identification des atouts et contraintes de leur exploitation, de leurs objectifs personnels et réalisation d'un **auto-diagnostic** de leurs pratiques culturales et de leurs stratégies de protection.

2. Co-conception de nouvelles manières de produire plus économes en produits phytopharmaceutiques tout en étant économiquement performantes. Le guide propose une **méthode** pour accompagner la réflexion sur le choix des **leviers d'action** et des **stratégies alternatives** à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques adaptées au contexte de l'exploitation et aux objectifs de chaque agriculteur.

3. Evaluation du nouveau système construit en concertation afin de comparer ses performances à celles du système initial.

4. Discussion et examen des conditions de mise en œuvre sur l'exploitation des changements proposés dans le nouveau système de culture*.

Le guide fournit un ensemble de documents, supports à cette démarche de conception :
▶ un « guide méthodologique » pour définir les concepts, décrire les grands principes des techniques de protection des cultures et présenter la démarche,
▶ des fiches « supports » pour guider la mise en œuvre de la démarche,
▶ des fiches « aides » pour identifier les méthodes alternatives utilisables pour gérer les principaux bio-agresseurs présents sur les espèces fruitières et pour faciliter l'utilisation de certains indicateurs.
▶ des fiches « techniques » pour décrire les principes et les conditions d'utilisation des principales méthodes alternatives pouvant permettre de réduire le recours aux produits phytopharmaceutiques.
Le guide **explicite** également le **processus décisionnel** du producteur afin de cerner des déterminants jouant fortement sur ses choix techniques*. Pour cela, la démarche formalise comment le producteur mobilise et envisage de mettre en œuvre des techniques alternatives ou des combinaisons de leviers en regard de ses objectifs. Cette approche est voisine des méthodes de travail utilisées habituellement par les conseillers techniques auprès des agriculteurs. Le guide permet de structurer cette démarche de conception de systèmes économes en produits phytopharmaceutiques selon un **cadre commun**, en vue de faciliter les comparaisons entre système de culture ou de suivre leur évolution au cours du temps.
Le guide a vocation à aider le producteur à définir sa propre solution mais pas à décrire et proposer des systèmes de culture « clés en main ». La démarche et les supports ont pour but de faciliter la réflexion que nécessite toute évolution ou transformation des systèmes techniques. Le potentiel de réduction d'usage des produits phytopharmaceutiques sera plus ou moins important selon les situations, c'est-à-dire le contexte et les contraintes de l'exploitation et les objectifs recherchés par le producteur.

La démarche de conception est **générique** car applicable dans ses principes à tout système de production* fruitière. C'est lors des différentes étapes de conception que le producteur prend en compte les spécificités de ses systèmes de culture. Il y intègre en premier lieu l'espèce fruitière considérée, les contraintes organisationnelles et économiques de son exploitation, la situation pédoclimatique et la pression* en bio-agresseurs* locale, son contexte de commercialisation (PFI*, AB*, marchés de l'exportation, productions destinées au 'baby-food', à la transformation…). Le guide et ses supports donnent des bases de réflexion opérationnelles aux producteurs et à leurs conseillers en vue d'imaginer et de décrire de nouveaux systèmes plus économes en produits phytopharmaceutiques. Le guide inclut notamment des informations techniques sur les conditions de mise en œuvre de leviers d'action déjà bien connus ou au contraire peu utilisés. Il recense par ailleurs les méthodes de protection intégrée* actuellement disponibles et ayant une efficacité reconnue en mettant en avant l'intérêt de la combinaison de ces méthodes. Le guide renvoie aussi à des références pour approfondir certaines méthodes ou connaissances.

Pour certaines techniques alternatives, les références existantes, établies expérimentalement ou à partir d'observations des pratiques de producteurs innovants et pionniers, ne sont parfois pas suffisamment nombreuses pour définir le domaine d'efficacité de la technique, surtout si cette efficacité est très dépendante des conditions de mise en œuvre ou d'un savoir-faire professionnel. Pour éviter une prise de risque non maîtrisée, il est nécessaire que le producteur s'informe sur les conditions optimales d'emploi de chaque technique alternative, en particulier dans le cadre d'une adaptation à un nouveau contexte régional ou à une autre espèce fruitière, et qu'il définisse précisément, en concertation avec son conseiller, les conditions permettant leur introduction au sein de ses vergers et de son exploitation pour garantir un niveau d'efficacité suffisant par rapport au but recherché.

Mise en œuvre de la démarche

Le temps de mise en œuvre de la démarche est estimé à une demi-journée voire une journée par système de culture. Des itérations sont souvent nécessaires lors de la conception pour proposer et évaluer différents scénarios avant de sélectionner le nouveau système de culture qui sera effectivement mis en place. De même, il peut être envisagé de faire évoluer un système de culture en plusieurs étapes en introduisant au cours du temps (années) de nouveaux leviers d'action, permettant ainsi une **transition progressive** vers des systèmes économes en produits phytopharmaceutiques. Il faut souvent du temps pour que les systèmes alternatifs induisent des modifications perceptibles dans les processus biologiques (installation de processus de régulation, modification progressive de la structure du peuplement, etc.).
Du temps est également nécessaire pour l'apprentissage et l'appropriation par les producteurs de nouvelles manières de produire.

INTRODUCTION

Spécificités des cultures fruitières

Le guide concerne toutes les espèces de productions fruitières pérennes majeures cultivées en France métropolitaine sous climat tempéré et méditerranéen : abricotier, amandier, cassissier, cerisier, châtaignier, clémentinier, framboisier, groseillier, kiwi, myrtillier, noisetier, noyer, olivier, pêcher, poirier, pommier (pomme à couteau et pomme à cidre), prunier et vigne pour le raisin de table. Les cultures annuelles de fruits ou ayant des modes de production très spécifiques tels que sous abri ou hors sol ne sont donc pas prises en compte dans ce guide (ex. melon, fraise, etc.), certaines pouvant l'être dans le guide « cultures légumières ».

Pour les cultures pérennes, la rotation ne peut pas être un levier de contrôle des bio-agresseurs*, contrairement aux cultures assolées. Aussi, le guide propose des voies pour réduire la dépendance des systèmes de culture* (SdC) fruitiers aux produits phytopharmaceutiques* (PPP) en distinguant (i) les choix de **plantation** intervenant au moment de la création du verger et (ii) **les itinéraires techniques*** des vergers en formation et des vergers en production.

S'agissant de cultures pérennes, les orientations stratégiques et techniques au moment de la plantation sont d'autant plus importantes qu'elles engagent l'exploitation sur plusieurs années, voire sur des décennies. Le raisonnement des choix de plantation est donc une étape essentielle et difficile puisqu'il faut se projeter dans l'avenir pour imaginer leurs conséquences sur le devenir du verger dans sa phase de production (4 à 6 ans plus tard) et sur les impacts en termes de réduction d'usage des produits phytopharmaceutiques.

Les cultures fruitières sont généralement des productions à haute valeur ajoutée, nécessitant des investissements et des coûts de production importants, liés en particulier au temps de travail nécessaire pour obtenir une récolte. Le rendement et la qualité des fruits ont un impact direct sur le revenu des producteurs, qui appréhendent fortement les pertes économiques* dues aux bio-agresseurs, notamment dans les situations où la viabilité économique des entreprises est fragile. Ce point peut être un véritable verrou pour progresser dans la réduction d'usages des PPP. Aussi, il est conseillé de concevoir et mettre en œuvre ces nouvelles manières de produire en partageant les expériences entre producteurs et avec un accompagnement de conseiller(s) pour surmonter les appréhensions liées à l'adoption de ces nouvelles pratiques.

Dans les cas des vergers déjà implantés, les caractéristiques de la variété en place contraignent fortement le SdC pour la durée de vie du verger. Cependant, même si les leviers possibles sont plus restreints (ex. impossibilité de mobiliser le contrôle* génétique hors surgreffage), un changement dans les objectifs de production et les stratégies de protection, la mobilisation de techniques alternatives et de mesures pour optimiser les traitements phytopharmaceutiques et minimiser leurs effets non intentionnels, permettent de définir des itinéraires techniques annuels plus économes en PPP.

Le verger est un agro-écosystème* complexe du fait de la diversité des strates végétales pérennes (arbres fruitiers, couvert herbacé, présence fréquente de haies de bordure…) offrant un habitat diversifié aux auxiliaires*, mais parfois aussi aux bio-agresseurs qui peuvent réaliser leur cycle biologique dans la parcelle et se maintenir d'une année à l'autre du fait de la présence continue de leur plante hôte. Le verger est donc un milieu propice à la permanence des chaînes trophiques* et au maintien d'une biodiversité fonctionnelle contribuant à la régulation des ravageurs. Ce service de régulation, même s'il n'est que partiel (efficacité insuffisante pour contrôler complètement les ravageurs), demande de bien raisonner les pratiques culturales les plus perturbatrices, en particulier la lutte chimique, pour préserver ces « équilibres » fragiles.

Enjeux de la production fruitière

Les productions fruitières sont confrontées à de nombreux enjeux, liés aux évolutions rapides des contextes de production, et parfois à leur spécificité :

▶ **Enjeux économiques :** le contexte économique de la filière fruits est très concurrentiel. La réduction de l'utilisation des PPP* doit être compatible avec le maintien du revenu pour les producteurs et de la compétitivité des filières françaises.

▶ **Enjeux de qualité :** la production de fruits frais doit répondre aux différentes attentes des consommateurs et des circuits de distribution en termes de qualité gustative et d'aspect visuel, ainsi que d'état sanitaire pour pouvoir se conserver correctement dans le circuit de distribution. Certaines de ces exigences réduisent les marges de manœuvre pour diminuer les traitements phytopharmaceutiques, en particulier l'absence de défauts visuels, l'aptitude à la conservation des fruits et la non tolérance de présence d'un bio-agresseur dans les lots commerciaux sur certains marchés à l'exportation. La production de fruits transformés répond également à des enjeux technologiques pour les procédés de fabrication ainsi qu'à des enjeux sanitaires et gustatifs.

▶ **Enjeux environnementaux :** la production fruitière est marquée par l'importance de l'utilisation des PPP* notamment sur certaines espèces (pomme de table, poire, pêche,...). Du fait de la concentration de ces cultures dans certains bassins de production, ces pratiques* augmentent les risques de dispersion, de contamination et de pollution de différents compartiments de l'environnement (dispersion dans l'air et contamination des eaux) par les PPP.
Comme pour l'ensemble des systèmes de productions agricoles, il est nécessaire de maitriser l'impact des productions fruitières sur l'environnement (utilisation des ressources non renouvelables, émissions de gaz à effet de serre, biodiversité...) pour développer une agriculture plus durable.

▶ **Enjeux de santé humaine :** l'utilisation des PPP* engendre des risques potentiels pour la santé des producteurs et des salariés de l'exploitation qui sont directement exposés aux produits, mais aussi pour les consommateurs en cas de présence de résidus dans les fruits et pour les citoyens du fait de la pollution diffuse des PPP.

▶ **Enjeux sociaux :** le Plan National Nutrition Santé (PNNS) qui recommande de consommer au moins 5 fruits et légumes par jour est un vecteur important, en complément des actions de promotion faites par les filières, pour maintenir ou augmenter la demande des marchés en faisant progresser la consommation de fruits en France et en Europe. Cependant, cette image de « naturalité » des fruits peut être desservie par l'utilisation des PPP* qui induit une suspicion chez les consommateurs.

▶ **Enjeux réglementaires :** le plan national Ecophyto, faisant suite au Grenelle de l'environnement, a fixé des objectifs de réduction de l'utilisation des PPP*. En parallèle, l'Europe a modifié sa réglementation, entraînant le retrait de nombreux PPP contenant des substances actives préoccupantes et instaurant une utilisation des PPP compatible avec le développement durable, en particulier l'obligation d'une protection intégrée des cultures (Directive Européenne 2009/128/CE). Les normes sanitaires imposent aussi le respect d'une teneur en résidus inférieure aux Limites Maximales de Résidus (LMR) de PPP dans les fruits. Par ailleurs, de plus en plus de cahiers des charges exigent des fruits contenant un nombre limité de résidus voire zéro résidus de PPP (fruits à destination de l'alimentation infantile « baby food », GMS*...)

▶ **Enjeux techniques :** de nombreux producteurs s'engagent volontairement dans des démarches de production respectueuses de l'environnement mais sont parfois limités par le manque de leviers alternatifs ayant un rapport bénéfice/coût suffisant ou par un manque d'information sur leur combinaison. Par ailleurs, l'apparition de souches ou populations* de bio-agresseurs résistants à certains PPP* (ou familles de produits) peut remettre en question l'utilisation de ces produits qui sont alors moins efficaces voire inefficaces contre leur cible. La diminution du nombre de produits homologués peut concourir à aggraver ce phénomène de résistance car elle réduit les possibilités d'alternance des produits, ce qui augmente la pression de sélection sur une population donnée, situation favorable à l'apparition d'individus résistants. Ces phénomènes de résistance pourraient donc mener à des impasses techniques, rendant nécessaire le développement d'alternatives.

Afin de répondre à ces nombreux enjeux, il est nécessaire de développer des SdC intrinsèquement moins dépendants des PPP* afin de réduire durablement leur usage.

Le **guide Ecophyto Fruits** propose une démarche de conception de systèmes de production* fruitière économes en produits phytopharmaceutiques*. Il s'inscrit dans la continuité de l'étude Ecophyto R&D (Butault *et al.* 2010 ; Sauphanor *et al.*, 2009) et de la réalisation de guides analogues pour les systèmes de polyculture (STEPHY, Attoumani-Ronceux *et al.*, 2010), viticulture (CepViti, Berthier *et al.*, 2011) et cultures légumières (Launais *et al.*, 2014).
Les principes de la démarche proposée s'inscrivent aussi parfaitement dans le cadre d'une réflexion élargie sur la conception de systèmes de culture économes en intrants de synthèse ou non renouvelables pour favoriser la transition des systèmes de productions fruitières vers l'agroécologie*.

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

Pomme Gala Drôme



© INRA.

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE I : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

I LA GESTION DE LA SANTÉ DES CULTURE 14

Qu'est-ce qu'un système de culture ? 14

La production fruitière intégrée et les stratégies de protection des cultures 16

Les différentes catégories de leviers d'action 17

Les différents niveaux de modification des systèmes de culture 19

Notions de dégâts, de dommage de récolte et de perte économique 19

II L'AUGMENTATION DE L'EFFICIENCE DES INTERVENTIONS 22

Les outils d'aide à la décision 22

Le choix des produits 22

Choix, réglage et entretien du matériel 23

Optimisation des doses de traitement 23

Optimisation de l'efficacité des traitements 23

III Les méthodes alternatives à l'utilisation de produits phytopharmaceutiques et leur combinaison 25

Présentation des méthodes alternatives à la lutte chimique 25

- Le contrôle génétique : choix du matériel végétal 25
- Le contrôle cultural : effet des méthodes culturales 25
- La lutte physique 25
- La lutte biologique 26
- La lutte biotechnique – médiateurs chimiques : confusion sexuelle et piégeage massif 27
- La lutte avec des produits divers 28
- Le Biocontrôle 28

Les combinaisons des moyens de protection 29

- Les modes d'action des leviers 29
- Modes de raisonnement des moyens de lutte alternatifs contre les maladies 31
- Les modes de raisonnement des moyens de lutte alternatifs contre les ravageurs 32
- Combinaison des moyens de lutte alternatifs contre les adventices 33

Les leviers spécifiques au moment de la création d'un verger et des vergers en formation (avant entrée en production) 34

- Les leviers à la plantation 35
- Les leviers des vergers en formation (avant l'entrée en production) 35

PARTIE 2 : UNE DÉMARCHE DE CO-CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE CULTURE ÉCONOME EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

I CO-CONCEPTION DE SYSTÈME DE CULTURE ET ACCOMPAGNEMENT AU CHANGEMENT 37

Qu'est-ce que la co-conception ? 37

- Les ressources nécessaires à la conception 37
- La conception « de novo » et « pas à pas » 37

Le rôle du conseiller dans l'accompagnement au changement 38

La formation des agriculteurs 38

II LA DÉMARCHE DE CO-CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE CULTURE ÉCONOME EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES 39

Présentation de la démarche de co-conception 39

Explication des différentes étapes 40

- **Étape 1** : Diagnostic de la situation initiale 40
- **Étape 2** : Co-conception d'un nouveau système de culture 40
- **Étape 3** : Évaluation du système de culture co-construit 41
- **Étape 4** : Discussion et amélioration du système de culture co-construit 41

Cas particulier de la création d'un nouveau verger 42

PARTIE 1

I LA GESTION DE LA SANTÉ DES CULTURES

Qu'est-ce qu'un système de culture ?

Le verger est un agro-écosystème* complexe dont les différentes composantes physiques, chimiques et biologiques sont en évolution permanente au cours du temps sous l'influence du climat et des techniques appliquées par l'agriculteur en vue d'obtenir une production. Il est le siège de multiples interactions entre ces différentes composantes et les pratiques agricoles.* Dans le cadre de la santé des plantes, ces interactions vont régir les dynamiques de développement des bio-agresseurs* et des auxiliaires* en fonction de l'état de croissance du végétal et des conditions climatiques. Pour raisonner la protection des cultures contre les bio-agresseurs, il est donc nécessaire d'appréhender le fonctionnement du verger dans sa globalité.
Le guide adopte donc une approche systémique pour prendre en compte deux dimensions indissociables du verger : le fonctionnement du peuplement cultivé (relations climat-sol-plante-autres organismes vivants) et l'action de l'agriculteur à travers les techniques mises en œuvre. Le fait que l'agriculteur pilote le système rend nécessaire d'essayer de comprendre pourquoi et comment il le fait. Pour ceci, les agronomes mobilisent plusieurs concepts importants pour la démarche de ce guide.

▶ **Une technique*** est au sens général un ensemble des procédés méthodiques mis en œuvre dans un métier. Les techniques ont un contenu théorique et se caractérisent donc indépendamment des utilisateurs. Par contre, lors de son utilisation, l'agriculteur va adapter la technique à son contexte et à ses objectifs ce qui génère des pratiques agricoles. L'acte technique en agriculture (ou opération/intervention) est une action qui a pour but de faire passer un système, ou une partie d'un système, d'un état à un autre. Le résultat d'une technique donnée peut être très variable selon l'état du système initial, les conditions d'application externes (climat en particulier) ou internes (forme et réglage de l'outil, etc.). Cette utilisation dans un système complexe et vivant explique la forte incertitude quant à l'efficacité d'une technique (état obtenu par rapport au but recherché). De plus, une même technique modifie le plus souvent plusieurs composantes du système, de manière intentionnelle (objectif visé) mais aussi de manière non intentionnelle pouvant induire des conséquences non prévues sur le fonctionnement du verger et/ou sur l'environnement à plus ou moins long terme.

▶ **L'itinéraire technique*** (ITK) est une combinaison logique et ordonnée des techniques mises en œuvre sur une parcelle en vue d'obtenir une production (Sébillote, 1974), le raisonnement de chaque technique ne pouvant pas se faire indépendamment des autres techniques mises en œuvre sur une parcelle et de l'objectif recherché. Il est défini sur un pas de temps annuel.

▶ **Le système de culture*** (SdC) est un concept issu des cultures assolées pour intégrer l'effet des techniques appliquées à une parcelle ou un groupe de parcelles homogènes à l'échelle de la rotation culturale (Sébillotte, 1990). Dans le cadre des productions fruitières, la dimension pluri-annuelle est liée à la pérennité de la culture avec ses différentes phases de vie (plantation, période de formation des arbres et périodes de production). Aussi, le SdC sera défini comme l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles gérées de manière similaire. Chaque SdC se caractérise par la nature de la culture (espèce, caractéristiques variétales), son mode de conduite (forme fruitière, distance de plantation, gestion de l'arbre…) et les itinéraires techniques appliqués à cette culture en fonction de ses objectifs (agronomiques, commerciaux…). Le SdC correspond donc à un ensemble de parcelles d'une même espèce fruitière partageant des objectifs similaires et répondant aux mêmes règles de décision* pour leur pilotage.

Il est important de souligner que ces notions font références à des systèmes pilotés par des **logiques d'action définies par l'agriculteur** *(figure 1).* **Le système décisionnel*** est un cadre de représentation formalisée des décisions techniques pour gérer un système de culture et un itinéraire technique (d'après Sébillotte et Soler, 1990 ; Doré *et al.*, 2006). Il précise :

▶ les objectifs et les résultats visés, qui définissent le terme vers lequel convergent les décisions du producteur en étroite interdépendance avec les facteurs productifs, les orientations stratégiques, les atouts et les contraintes de l'exploitation qui dépendent des déterminants socio-économiques.

▶ un plan d'action prévisionnel annuel ou pluri-annuel, avec des objectifs intermédiaires qui définissent des étapes permettant à l'agriculteur de réaliser des bilans pour mesurer où il en est de la réalisation de ses objectifs généraux.

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

▶ un ensemble de règles de décision tactiques et opérationnelles permettant de mettre en œuvre le SdC et l'ITK. Les interventions techniques sont déclenchées et modulées en fonction des objectifs spécifiques définis pour chaque technique et de la valeur d'indicateurs décrivant le contexte et l'état du milieu (indicateurs de pilotage).

Bien sûr, ces processus décisionnels ne sont jamais clairement formalisés par les agriculteurs. Un des objectifs de la démarche proposée est d'inciter le producteur à expliciter ses raisons d'agir (Darré *et al.*, 2007) afin qu'il puisse prendre du recul sur ses manières de produire, certaines interventions pouvant être réalisées de manière routinière pour des raisons légitimes de simplification du travail (Chantre, 2011).

Cependant, l'agriculteur ne raisonne pas les choix techniques sur la seule base de l'état de son verger. Il intègre d'autres échelles spatiales et temporelles car la parcelle est rarement une unité de gestion indépendante. Son raisonnement technique est donc un compromis permanent entre les décisions techniques nécessaires à la conduite de son verger (parcelle, SdC...) et la gestion de son exploitation, avec ses différents systèmes de production* (allocation des moyens humains, matériels de l'exploitation à plusieurs systèmes de production définis par ses différentes espèces fruitières, mais aussi par ses autres productions ou activités...).

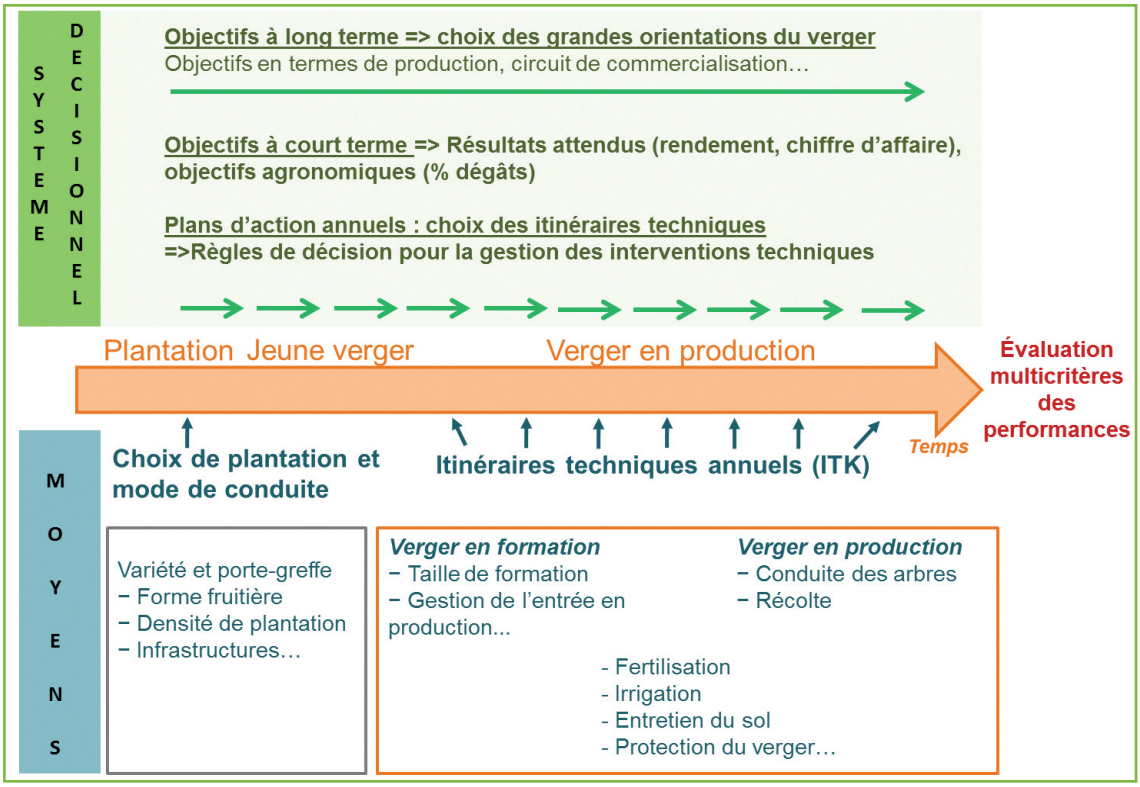


Figure 1 : Représentation du système de culture en production fruitière

PARTIE 1

Le degré de détail permettant de considérer que plusieurs parcelles peuvent être regroupées car « gérées de manière similaire » pour définir un SdC est d'interprétation assez libre car l'objectif est de l'adapter à l'échelle ayant du sens pour l'analyse des pratiques. Si dans une exploitation, toutes les parcelles concernées par une même espèce fruitière sont conduites de manière identique, on peut considérer un seul SdC, même si on observe des différences structurelles dans les caractéristiques des parcelles (variétés, âges de plantation, formes fruitières…) : ceci tant que ces différences ne modifient pas substantiellement la logique, le raisonnement et les pratiques de l'arboriculteur. À l'inverse, deux parcelles ayant des caractéristiques structurelles identiques (même variété et porte-greffe, même âge de plantation…) mais dont les objectifs et les modes de gestion sont assez différents pour s'adapter par exemple à des exigences de marché (production de fruits pour le « baby food », cahier des charges de la GMS ou de l'AB…) devront être considérées comme deux SdC.

En arboriculture, c'est au moment de la **création d'un nouveau verger** que certaines orientations stratégiques vont être fixées pour le futur verger dans sa phase de production avec des choix structurels* difficilement modulables (matériel végétal avec le couple porte-greffe – variété, mode de conduite, certaines infrastructures, etc.). Les premières années de vie du verger font donc partie intrinsèquement du SdC car elles vont conditionner la carrière du verger (vitesse d'entrée en production, occupation optimale de l'espace…) et souvent sa réussite technico-économique. Cependant, les parcelles occupées par des jeunes vergers sont généralement conduites de manière très différente des vergers adultes en pleine production de fruits car les objectifs des ITK visent prioritairement la formation des arbres (architecture, installation des futurs organes de production…). De plus, l'absence de fruits ou leur présence en faible quantité permet des stratégies allégées de protection phytosanitaire. Pour des raisons de simplification, il est donc logique de constituer un « atelier jeunes vergers » comme un système géré spécifiquement au sein du système de production, mais en gardant bien à l'esprit que ces parcelles intégreront, quand les arbres entreront en production, les SdC pour lesquels elles sont destinées.

L'évaluation du SdC ou de l'ITK nécessite de prendre en compte les critères de performance des trois piliers de la durabilité (économique, environnemental et social) des exploitations agricoles car les objectifs visés par le producteur sont nombreux : production et qualité des fruits, contrôle* des bio-agresseurs et réduction d'usage des PPP*, organisation et maîtrise du temps de travail, coûts de production et rentabilité économique, maîtrise de la consommation des ressources (eau, engrais, énergie…). De même, la préservation d'un bon état sanitaire du verger et la régularité de la production sont des critères importants pour assurer la pérennité des investissements.

La production fruitière intégrée et les stratégies de protection des cultures

L'objectif de ce guide est de permettre la réduction de l'utilisation de PPP* pour un SdC* donné, tout en tenant compte des autres objectifs visés par le système (maintien du revenu de l'agriculteur, limitation de la consommation des autres intrants…). La démarche du guide s'inscrit ainsi dans le cadre de **la production fruitière intégrée*** (PFI) définie parl'OILB/SROP[1], (1997) comme « un système de production* économique de fruits de haute qualité donnant la priorité aux méthodes écologiquement plus sûres minimisant les effets secondaires indésirables et l'utilisation de produits agrochimiques*, afin d'améliorer la protection de l'environnement et la santé humaine ». Pour de nombreux aspects, la production intégrée* s'inscrit parfaitement dans les objectifs d'une **agriculture durable** avec ses trois piliers économique, environnemental et social. Elle intègre aussi l'ensemble des composantes de l'agro-écosystème et des leviers d'action possibles dans l'objectif de maîtriser les bio-agresseurs dans le verger.

La protection des cultures (ou lutte contre les bio-agresseurs) n'est qu'un maillon de la production. Selon l'importance et le niveau d'intégration de la lutte chimique avec d'autres leviers d'action pour maîtriser les bio-agresseurs, on distingue :

▶ **la lutte systématique**, qui correspond à l'utilisation s*ystématique* des PPP fondée sur des calendriers de traitement avec pour objectif de limiter les dégâts*. Dans ce cas, la lutte chimique est le premier recours et le principal levier pour maîtriser les bio-agresseurs.

▶ **la protection raisonnée**, qui correspond à une *optimisation* de l'usage des PPP* de manière à limiter les dommages* de récolte tout en réduisant leurs impacts sur l'environnement. Elle mobilise les Bulletins de Santé du Végétal* (BSV) et les notes d'information issues des services techniques, fondés sur des modèles épidémiologiques et/ou des réseaux d'observation, ainsi que l'utilisation de seuils de nuisibilité économique* pour décider de l'intérêt de déclencher une intervention.

1.OILB/SROP, Guidelines for integrated production of stone fruits in Europe, Bulletin OILB/SROP, 20(3), 11-20, 1997.

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

▶ **la lutte intégrée** contre les ennemis des cultures, qui reprend les bases de la protection raisonnée et intègre des leviers supplémentaires. Elle est définie par la Directive Européenne 2009/128/CE comme ***« la prise en considération attentive de toutes les méthodes de protection des plantes disponibles et, par conséquent, l'intégration des mesures appropriées qui découragent le développement des populations* d'organismes nuisibles et maintiennent le recours aux produits phytopharmaceutiques et à d'autres types d'interventions à des niveaux justifiés des points de vue économique et environnemental, et réduisent ou limitent au maximum les risques pour la santé humaine et l'environnement ».*** Elle donne donc priorité aux solutions non chimiques et encourage une approche écologique du fonctionnement de l'agro-écosystème afin de maîtriser les bio-agresseurs.

▶ **la protection intégrée,** qui présente un niveau d'intégration supplémentaire par rapport à la lutte intégrée par la mobilisation de méthodes culturales et du levier génétique pour maîtriser les populations de bio-agresseurs.

Dans les exploitations agricoles fruitières, la protection mise en œuvre contre un bio-agresseur relève du choix du producteur, en rapport avec son contexte, mais également de la disponibilité des leviers d'action pour l'espèce fruitière et le bio-agresseur donnés. Ainsi, une protection chimique préventive quasi systématique est appliquée contre certains bio-agresseurs (ex. cloque du pêcher), alors que des outils d'aide à la décision peuvent être mobilisés dans d'autres cas (ex. lutte contre la tavelure) ou encore des techniques alternatives* et une protection chimique peuvent être combinées (ex. lutte par confusion sexuelle contre le carpocapse des pommes et des poires, et compléments chimiques au moment des pics du vol du ravageur), etc. Une même stratégie peut cacher une grande diversité de pratiques de protection d'où l'importance d'analyser la situation initiale sur chaque exploitation pour comprendre la logique d'action du producteur et identifier les marges de manœuvre possibles.

La démarche de ce guide s'inscrit résolument dans le cadre de la Production Fruitière Intégrée ainsi que dans d'autres modes de production comme l'agriculture biologique (Chovelon *et al.*, 2002) car la gestion d'un système de culture nécessite aussi le raisonnement optimal de tous les autres facteurs de production (éléments fertilisants, eau, énergie, main d'œuvre...) pour obtenir une production suffisante en quantité et qualité afin de dégager un revenu économique satisfaisant pour le producteur. Et c'est bien l'intégration cohérente de tous les facteurs de production et de tous les moyens de protection qui permettra d'atteindre le triple objectif recherché, à savoir des systèmes de production fruitière à hautes performances économiques, environnementales et sociales.

Les différentes catégories de leviers d'action

Les moyens de protection autres que la lutte chimique sont qualifiés de méthodes **alternatives*** ou moyens de lutte alternatifs*. Ils peuvent être de différente nature (Regnault-Roger, 2005) : contrôle* génétique, contrôle cultural, lutte physique, lutte biologique, lutte biotechnique et produits divers (peu préoccupants pour la santé humaine et l'environnement) *(figure 2).*

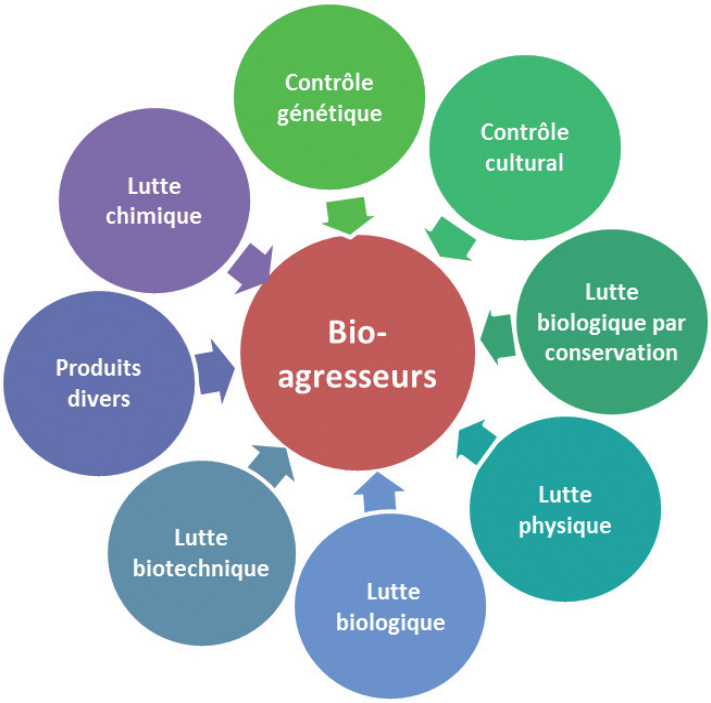


Figure 2 : Les différentes catégories de leviers d'action pour lutter contre les bio-agresseurs

PARTIE 1

À noter que si les leviers agissent sur le bio-agresseur, une action inverse peut exister liée à la résistance des bio-agresseurs face à ces leviers (contournement génétique, résistance aux substances utilisées, adaptation des ravageurs aux barrières physiques...).
Le terme « contrôle* » renvoie aux leviers préventifs permettant de **contrôler** les bio-agresseurs en amont des dégâts*. Le terme « lutte » est utilisé pour les leviers de rattrapage* ou curatifs permettant de **lutter** contre les bio-agresseurs lorsqu'ils sont déjà présents dans le verger afin de limiter les dégâts.

Les **moyens de lutte** alternatifs ont souvent, tout comme la lutte chimique, une action **directe** sur le bio-agresseur ciblé (luttes biologique, physique, biotechnique, avec divers produits peu préoccupants pour l'environnement et la santé humaine) : ils se substituent complètement ou partiellement à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques. Les méthodes permettant de **contrôler préventivement** le développement des bio-agresseurs ou de réduire la sensibilité des cultures aux attaques participent plutôt à la re-conception des systèmes (contrôle génétique, contrôle cultural).

Cependant, ces grands principes de classement de leviers d'action sont simplificateurs : certaines méthodes de lutte ont des actions préventives et certaines méthodes de contrôle cultural auront une action curative.

Les leviers peuvent aussi être qualifiés selon le niveau de leur action dans la chaîne trophique* *(figure 3) :*

▶ l'action **« via la plante cultivée »** affecte les ravageurs situés au niveau trophique supérieur. Par exemple, la modification de l'architecture des arbres agit sur le microclimat (aération) et les déplacements des ravageurs (distance inter-organes...), la limitation de la vigueur via l'alimentation hydrominérale influence également le développement des bio-agresseurs, la stimulation des défenses des plantes « protège » les cultures des attaques de bio-agresseurs

▶ l'action **« via les auxiliaires »** affecte les ravageurs situés au niveau trophique inférieur. Par exemple, la prédation et le parasitisme naturels (lutte biologique par conservation) ou les lâchers d'auxiliaires (lutte biologique classique) permettent de réduire, voire de contrôler, les populations de bio-agresseurs

▶ la **« lutte directe »** correspond aux actions directement ciblées sur les bio-agresseurs, par exemple, le désherbage mécanique, la lutte avec des produits de biocontrôle* (argiles, virus de la granulose, confusion sexuelle, nématodes...) ou la lutte chimique.

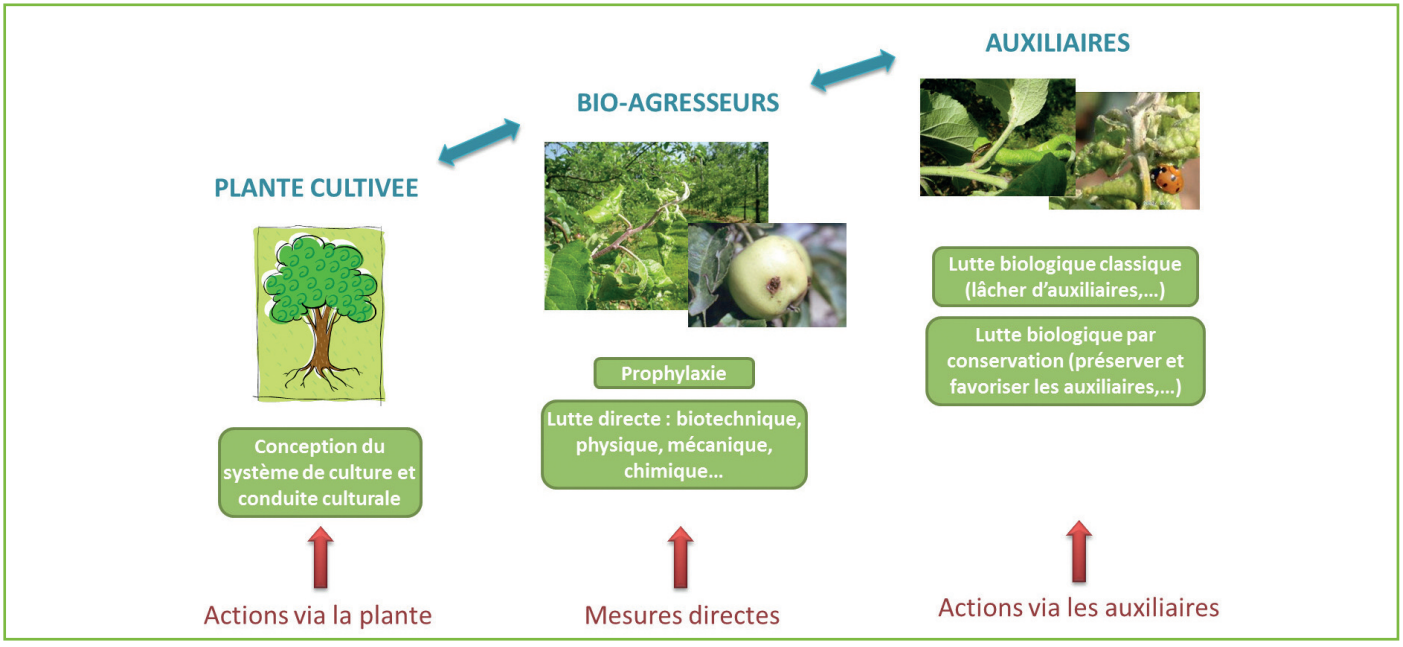


Figure 3 : Représentation simplifiée des interactions trophiques dans un verger et des moyens d'action pour limiter le développement des ravageurs

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Les différents niveaux de modification des systèmes de culture

Pour analyser le degré de changement d'un système par rapport à la réduction de l'utilisation des intrants, une grille d'analyse est proposée pour décrire les modifications des pratiques agricoles selon trois niveaux de rupture et de transition par rapport à une situation conventionnelle initiale fondée sur un usage important des intrants issus de l'agrochimie* (modèle Efficience – Substitution – Reconception (ESR) d'après Hill et MacRae, 1995 ; Ecophyto R&D (Butault *et al*., 2010).

L'augmentation de l'**Efficience** permet de réduire l'usage et la consommation de PPP* en raisonnant au mieux les interventions de traitements (périodes et modes d'application) grâce à l'utilisation d'outils d'aide à la décision tels que les modèles de prévision des risques et les observations des bio-agresseurs et en optimisant les méthodes d'application des produits : choix et entretien du pulvérisateur et des buses, adaptation du volume de bouillie et de la dose de substance active au volume de la végétation à traiter, optimisation de l'efficacité des traitements (conditions d'application, adjuvants...). La réduction des quantités de PPP appliquées sur un verger au cours d'une année peut être substantielle. Mais ce gain d'efficience ne permet pas de réduire la dépendance du SdC aux PPP. L'approche est donc une optimisation de l'utilisation des PPP (protection raisonnée).

La **Substitution** permet de remplacer les intrants chimiques par des pratiques alternatives (lutte biologique, lutte physique...). Ces méthodes peuvent être plus complexes à mettre en œuvre et n'assurent pas toujours un niveau de protection comparable à la lutte chimique, en particulier quand la pression* du bio-agresseur est élevée. Il est alors nécessaire de combiner plusieurs techniques (combinaison de techniques à effet partiel souvent associées à une lutte chimique complémentaire). Le remplacement d'une solution chimique par une solution alternative présente l'avantage de s'engager progressivement vers la *protection intégrée* (Ricci *et al*, 2011). Cependant, en ne considérant pas le fonctionnement et la conception du système dans sa globalité, les marges de progrès en réduction de PPP* peuvent être limitées.

La **Re-conception** du système a pour but de modifier en profondeur la logique de gestion de la protection des cultures en agissant préventivement pour rendre le système moins favorable et moins sensible aux attaques des bio-agresseurs. Il s'agit de favoriser les processus écologiques et les capacités de régulation naturelle des agro-écosystèmes en privilégiant les défenses naturelles de la plante et l'action des auxiliaires par le contrôle génétique, l'architecture de l'arbre, les associations de plantes... et en combinant des techniques à effet partiel. La re-conception permet de modifier les composantes et le mode de gestion de l'agro-écosystème et de mieux prendre en compte d'autres aspects de la durabilité : préservation de la biodiversité*, réduction de la consommation d'énergie, préservation de la ressource en eau, diminution de la dépendance de l'exploitation aux intrants extérieurs, etc.
Très souvent, les possibilités de re-conception ne sont envisagées que lors d'une plantation de verger, en rapport avec la possibilité de choisir une variété tolérante ou résistante à certains bio-agresseurs. Dans ce guide, nous considérons que la notion de re-conception s'applique aussi aux vergers existants. En effet, le changement de logique dans la stratégie de protection, la combinaison de méthodes alternatives pour limiter le développement des bio-agresseurs, ainsi que l'action renforcée des auxiliaires grâce à la diminution de la pression en PPP* sur le milieu et à des aménagements agro-écologiques*, vont contribuer progressivement à la mise en place d'un nouveau système dont le schéma décisionnel et les pratiques mises en œuvre relèvent d'une approche intrinsèquement différente.

Notions de dégâts, de dommage de récolte et de perte économique

L'objectif prioritaire de la production fruitière est d'élaborer une récolte en quantité suffisante de fruits de qualité permettant à l'arboriculteur de vivre de son métier. Sans aucune mesure de protection des plantes, les bio-agresseurs peuvent occasionner des pertes dont il convient de préciser l'importance pour raisonner la protection des cultures :

▶ le développement d'un bio-agresseur au sein d'une culture provoque des **dégâts**, c'est-à-dire des symptômes visuels sur les plantes liés à l'attaque du bio-agresseur (morsure, piqûre, inoculum* de champignon...) et/ou à un dysfonctionnement des plantes (apparition de taches, décoloration du feuillage, nécroses, dessèchement de rameaux, etc.) s'accompagnant ou non d'une réduction de croissance du végétal.

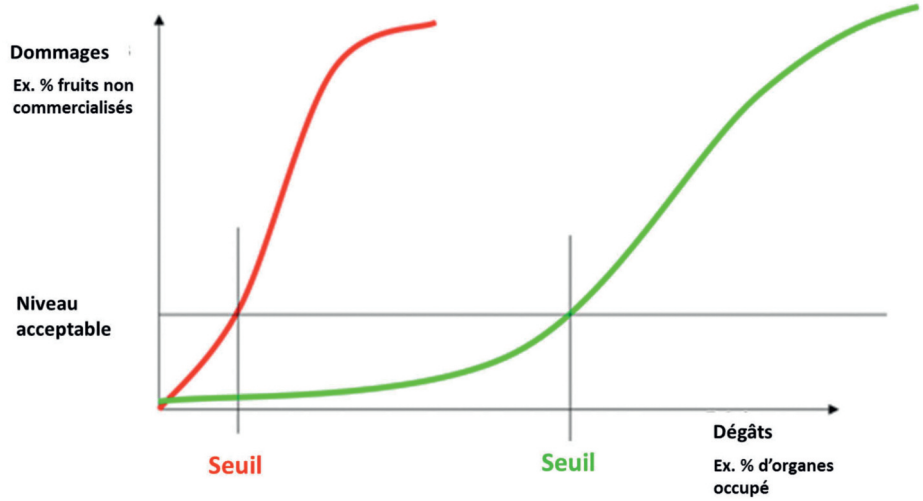
▶ on utilise le terme **dommage*** de récolte lorsque l'attaque du bio-agresseur provoque des dégâts qui occasionnent une perte de récolte, c'est-à-dire une perte en *quantité* de fruits (pertes de

rendement liées à une diminution du nombre de fruits récoltés et/ou de leur calibre) et/ou en *qualité* (altération de l'aspect visuel ou de l'intégrité physique des fruits, pourritures, perte de l'aptitude à la conservation des fruits…). En production fruitière, la perte de récolte est souvent estimée par la mesure des pertes de rendement commercialisable en fruits frais, une partie de la production altérée pouvant être dans certains cas valorisée en transformation (jus, purées…) par l'industrie mais avec un différentiel important de prix.

▶ **les pertes économiques*** correspondent aux pertes de chiffre d'affaire occasionnées par les pertes de récolte dues aux attaques des bio-agresseurs et de réduction du prix de vente des fruits selon leur classe de catégorie et de calibre. Elles résultent aussi d'une augmentation possible des coûts de production dus à la mise en œuvre de moyens de protection supplémentaires pour lutter contre les bio-agresseurs et des coûts de main d'œuvre supplémentaires induits par les dommages de récolte (augmentation du temps des opérations pour trier les fruits lors des chantiers de récolte et en post-récolte, etc.).

Les dégâts (symptômes visuels) n'entraînent pas forcément de dommages de récolte, selon le type de relation entre ces dégâts et les dommages de récolte. La fonction reliant dégâts et dommages de récolte est spécifique à chaque couple espèce/bio-agresseur. Par exemple la courbe rouge de la *figure 4* illustre le cas où un faible pourcentage de dégâts va rapidement provoquer des dommages de récolte importants (ex. cas du puceron cendré du pommier). La courbe verte illustre le cas où il faut un fort pourcentage de dégâts pour avoir un impact sensible en termes de dommages de récolte. C'est plus souvent le cas des bio-agresseurs qui attaquent les organes végétatifs (feuilles, pousses) : l'impact sur la croissance des fruits via la réduction du carbone assimilé n'est observé que pour des attaques assez sévères au niveau foliaire. À l'inverse, pour les bio-agresseurs attaquant spécifiquement le fruit comme le carpocapse, il y a pratiquement linéarité entre les dégâts mesurés par le nombre de fruits piqués et les dommages de récolte car chaque fruit piqué est non commercialisable. Ces relations dégâts – dommages de récolte sont également dépendantes du stade de la culture, les phases d'élaboration du rendement et de la qualité des fruits pouvant être critiques. Par exemple, un même pourcentage de pousses de pommier contaminés par la tavelure pourra se traduire par des dommages de récolte importants (fruits tavelés) si la contamination est précoce (contamination et déformation des fruits) mais ne pas occasionner de pertes de récolte si la contamination est tardive et ne provoque pas de sorties de taches sur les fruits.

Pour raisonner l'opportunité d'une intervention phytosanitaire, on utilise la notion de **seuil d'intervention*** (ou seuil de nuisibilité économique) qui correspond au niveau de présence de la maladie ou de la population de ravageurs au-dessus duquel le coût des dommages de récolte induits est plus élevé que celui des traitements de protection (le plus souvent la lutte chimique). L'utilisation de ces seuils implique un suivi régulier de l'état sanitaire du verger et la mise en œuvre d'un plan d'observation et de comptages adaptés à chaque bio-agresseur.



La courbe verte illustre le cas où il faut un niveau important de dégâts pour avoir un impact sensible sur les dommages de récolte. La courbe rouge illustre le cas où un faible taux de dégâts provoque rapidement des dommages de récolte importants.

Figure 4 : Relations entre dégâts et dommages de récolte

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

L'absence de la possibilité de rupture des cycles des bio-agresseurs par suppression de la plante hôte (ex. rotation pour les plantes annuelles) conduit souvent à raisonner l'opportunité d'une intervention chez les espèces fruitières pérennes en intégrant deux échelles de risques pour les bio-agresseurs : les risques de pertes économiques liés aux dommages de récolte occasionnés lors de l'année de l'attaque, mais aussi les risques liés aux **effets cumulatifs** par augmentation de l'inoculum* ou des populations de ravageurs, qui occasionnent une élévation de la pression* du bio-agresseur d'année en année. Cette double préoccupation complexifie le raisonnement pour réduire l'usage des PPP*.

De plus, les organismes susceptibles de mettre rapidement en cause la longévité du verger (xylophages ou organismes induisant la mortalité des arbres) ne peuvent être tolérés dans les vergers. L'intervention de protection est alors soit préventive lorsqu'il y a un risque potentiel d'infestation, soit déclenchée dès l'observation du bio-agresseur dans les vergers (ex. zeuzère, campagnols, bupreste, capnode, *Xanthomonas, Pseudomonas syringae actinidiae* du Kiwi, feu bactérien, enroulement chlorotique de l'abricotier, prolifération du pommier...).

En outre certains organismes nuisibles sont réglementés aux plans européen (directive 2000/29 ou décision européenne spécifique), et français (arrêté du 31 juillet 2000 modifié ou arrêté spécifique). À titre d'exemple, l'agent causal de la maladie de la Sharka (Plum Pox Virus), le feu bactérien, le Cynips du châtaignier sont réglementés sur le territoire national. La lutte contre les organismes nuisibles réglementés peut être rendue obligatoire en tout lieu par arrêté ministériel ou seulement sous certaines conditions par la prise d'un arrêté préfectoral local. Dans les zones concernées, des mesures de surveillance et de communication sur les organismes nuisibles réglementés se font sous la responsabilité de la DRAAF/SRAL.

Dégâts de stemphyliose sur fruits de poirier dans un verger du Sud de la France



Dégâts de bactériose sur fruits de pêcher dans un verger du Sud de la France



PARTIE 1

II L'AUGMENTATION DE L'EFFICIENCE DES INTERVENTIONS

Lorsque les interventions de lutte, notamment avec des PPP*, sont incontournables, il est important d'optimiser leur utilisation pour réduire les quantités appliquées tout en garantissant leur efficacité dans le temps.
L'augmentation de l'efficience des traitements consiste à améliorer l'utilisation des PPP (de synthèse et de biocontrôle*) par le raisonnement des périodes d'application (observations, outils d'aide à la décision, seuils d'intervention*), le choix des produits, le réglage des appareils et le mode de pulvérisation (limitation du phénomène de dérive de la pulvérisation), l'ajustement des volumes et des doses de produits appliqués pour optimiser l'efficacité des traitements.

Les outils d'aide à la décision

Un outil d'aide à la décision* (OAD) permet de décrire l'état d'un système (ex. état phytosanitaire d'un verger) et d'**évaluer le risque** (développement des bio-agresseurs, grilles de risque) pour permettre, à partir de règles de décision*, de choisir les mesures à adopter (ex. intervention de protection) en fonction de l'état du système et des conditions d'environnement (ex. grilles de décision et seuils d'intervention*).

Plus largement, on regroupe sous ce terme OAD d'autres catégories d'outils et/ou de méthodes qui en apportant de l'information sur l'état du système et/ou des référentiels vont contribuer à l'analyse des risques et aider à la prise de décision par les agriculteurs. Il s'agit de protocoles d'observation des bio-agresseurs avec seuils d'intervention, de bases de données, de modèles biologiques, d'outils de diagnostic....

Les niveaux de précision des informations apportées par ces outils correspondent souvent à des échelles spatiales différentes : **échelle régionale** pour les Bulletins de Santé du Végétal* (BSV) ou les guides de protection régionaux (annuels) ; **échelle locale** pour les notes issues des services techniques ou les messages d'avertissement provenant d'associations agro-météorologiques locales ; échelle de l'**exploitation** voire de la **parcelle** pour les observations et piégeages en verger (par l'exploitant ou par un « contrôleur phytosanitaire »), et pour les modèles (ex. tavelure) alimentés avec les données d'une station météorologique présente sur l'exploitation. Plus l'échelle est fine, plus l'évaluation des risques est précise car elle intègre les conditions spécifiques du site.

Pour prévoir les risques d'attaque par les bio-agresseurs et cibler au mieux les interventions, il est nécessaire de disposer d'un certain nombre d'informations et de connaissances de base, notamment sur les **cycles biologiques** des bio-agresseurs et des auxiliaires. Il faut connaître les dynamiques des bio-agresseurs qui dépendent souvent fortement des conditions climatiques (précipitations, hygrométrie, température), de l'état physiologique du végétal (stade phénologique, réceptivité) et de sa sensibilité génétique. Ces informations sont en effet essentielles pour identifier les phases de développement pendant lesquelles les bio-agresseurs sont vulnérables afin de positionner au mieux les interventions.
Au niveau du verger, il existe différents moyens pour évaluer la présence et la pression biotique* des bio-agresseurs (pression parasitaire). Les principales méthodes d'observation sont le **contrôle visuel**, le battage, le **frappage et le piégeage** (par phéromones* sexuelles, attractifs alimentaires ou chromatiques, bandes pièges).
=> Fiche technique n°4 « OAD et choix des produits »

Le choix des produits

Pour utiliser des PPP*, les recommandations de la directive 2009/128 précisent : *« Les pesticides* appliqués sont aussi spécifiques que possible à la cible et ont le minimum d'effets secondaires sur la santé humaine, les organismes non cibles et l'environnement ».*
Le choix d'un PPP prend donc en compte différents critères.

Généralement, le premier élément de choix est le rapport coût/bénéfice (ou **efficacité)** sur la cible visée. Certains paramètres peuvent moduler cette efficacité comme le stade de développement du bio-agresseur, les conditions de traitement en particulier climatiques, etc.

D'autres éléments sont à prendre en compte comme les caractéristiques **toxicologiques** pour l'homme (notamment les produits classés CMR : Cancérogène, Mutagène et toxique pour la Reproduction), les données **écotoxicologiques** (abeilles, effets non intentionnels sur les auxiliaires, effets non intentionnels sur la plante, effets sur certains compartiments de l'environnement...), l'**alternance** des produits ou famille de produits pour prévenir l'apparition de souches/populations résistantes et assurer la durabilité de la substance active, la formulation du

produit (liquide, poudre...) et sa tenue au lessivage par les pluies, les effets physiologiques négatifs sur le fruit ou la végétation (rugosité, brûlures...) ainsi que tous les éléments **réglementaires** (Autorisation de Mise sur le Marché en France pour l'espèce et la cible visées, Zone Non Traitée, Délai de Ré-Entrée dans le verger, Délai Avant Récolte...) et/ou imposés par les cahiers des charges (ex. nombre de résidus maximal).
Le choix va dépendre des **priorités** du producteur au moment de l'intervention.
Des outils (ex. E-phy, index ACTA ou site de l'ACTA, fiches de données de sécurité ...) sont disponibles pour connaître les caractéristiques des produits phytopharmaceutiques (toxicité, efficacité, interactions...) afin de les choisir au mieux. **=> Fiche technique n°4 « OAD et choix des produits »**

Choix, réglage et entretien du matériel

Le choix du matériel de pulvérisation est un facteur important pour optimiser l'efficacité des traitements et limiter la dérive (choix du pulvérisateur, du type de flux : radial ou tangentiel, et des buses adaptées au traitement).

L'entretien du matériel de pulvérisation est également important pour permettre un traitement homogène et optimal (révision et nettoyage régulier du pulvérisateur).

Par ailleurs, le réglage du matériel est primordial pour appliquer la dose voulue à l'hectare (étalonnage, réglage des buses, vitesse d'avancement, débit...), assurer une répartition régulière sur la végétation et minimiser la dérive. Le contrôle du matériel est de plus indispensable pour la sécurité de l'applicateur (contrôle des pulvérisateurs obligatoire tous les 5 ans depuis le 1er janvier 2009).
=> Fiche technique n°5 « Augmentation de l'efficience des traitements »

Optimisation des doses de traitement

En arboriculture, la dose d'un produit phytosanitaire est essentiellement exprimée en dose par hectolitre pour les produits de traitements des parties aériennes avec une dose maximale par hectare à ne pas dépasser (via un volume de bouillie maximal par hectare). Cette spécificité propre à l'arboriculture a pour objectif de permettre une modulation de la dose par hectare en fonction du volume de végétation des arbres dans la limite d'une dose maximale par hectare. Depuis quelques années, seule cette dose maximale par hectare est mentionnée sur l'étiquette

Les arbres peuvent avoir des volumes de végétation et des surfaces foliaires très différents en fonction des âges de plantation, des modes de conduite, des porte-greffes, des distances de plantation. La surface foliaire évolue également dans la saison entre le débourrement et l'été. Pour la quasi-totalité des spécialités, c'est la dose par centimètre carré de feuillage qui fait l'efficacité. La dose à appliquer par hectare devra être modulée, dans le respect de la réglementation, en fonction du type de verger et de sa surface foliaire au risque sinon, de sous-doser les produits dans les vergers de fort volume et d'augmenter la dérive du fait d'une non-interception par la végétation dans les vergers de faible volume.

Il est important de distinguer l'adaptation du **volume de bouillie par hectare** qui vise à « mouiller » plus ou moins le feuillage en fonction de son volume (possibilité permise par l'évolution technologique des pulvérisateurs) et l'adaptation de la **dose de substance active par hectare** qui correspond à la quantité appliquée par hectare. Cette dose par hectare peut être modulée dans une certaine mesure en fonction du stade phénologique, de la pression* parasitaire, du volume de végétation.... Il est toutefois important de préciser qu'il manque actuellement des références pour valider une réduction des doses par hectare que ce soit en termes d'efficacité et/ou d'augmentation du risque de résistance des bio-agresseurs aux PPP*. Par ailleurs, cette modulation de dose doit être effectuée dans la limite de la dose homologuée.
=> Fiche technique n°5 « Augmentation de l'efficience des traitements »

Optimisation de l'efficacité des traitements

L'efficacité d'un traitement dépend de différents paramètres qu'il faut intégrer pour optimiser l'intervention :

▶ le **stade biologique du bio-agresseur** (ravageur, maladie ou adventice). Les bio-agresseurs sont plus ou moins sensibles aux traitements selon leur stade de développement. C'est souvent l'âge et l'état des cuticules (couche externe qui recouvre et protège les ravageurs) qui expliquent les niveaux d'efficacité. Par ailleurs, pour certaines substances actives (modes d'action spécifiques), le stade biologique du bio-agresseur conditionne totalement l'efficacité (ex. un insecticide ovicide doit être appliqué juste avant le dépôt des œufs).

▶ les **conditions climatiques** avant et après le traitement :
• **l'hygrométrie et la température** conditionnent l'état des cuticules des ravageurs et du végétal (stomates) et donc la pénétration du produit dans la cible (porosité de la cuticule au milieu

PARTIE 1

aqueux pour les ravageurs, pénétration des produits systémiques dans le végétal) et l'efficacité de la substance active. En outre, en plein soleil avec une température élevée et une faible hygrométrie, la vaporisation rapide du produit peut réduire son efficacité. Les températures optimales pour réaliser un traitement sont situées entre 15 et 22°C, les températures extrêmes sont donc à éviter. L'humidité relative de l'air est optimale au-delà de 75 %, ce qui correspond en général au début de la matinée ou à la fin de la journée.

• le **vent** entraîne un phénomène de dérive des produits. Il doit être faible lors d'un traitement (obligatoirement inférieur à 19 km/h)

• la **pluie** entraîne le lessivage des produits. Les traitements ne doivent pas être effectués en cas de prévision de pluie à court terme. De plus, les traitements doivent être effectués sur feuillage sec (sauf exception). Cependant, pour certains bio-agresseurs et produits préventifs, il peut être nécessaire d'appliquer un traitement pour protéger le végétal juste avant un épisode pluvieux pouvant occasionner de graves risques de contamination (ex. cloque, tavelure...), les traitements curatifs pouvant être moins efficaces ou plus sensibles aux mécanismes de résistance.

▶ l'ajout **d'adjuvant(s)** dans la bouillie avec le(s) PPP* peut améliorer l'efficacité du(es) PPP. Toutefois, ces adjuvants doivent être autorisés et avoir démontré leur efficacité.

Adulte de carpocapse du pommier sur tronc de pommier dans le Sud de la France



Dégâts de chancre bactérien sur tronc de pommier dans le Sud de la France



PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

III LES MÉTHODES ALTERNATIVES À L'UTILISATION DE PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES ET LEUR COMBINAISON

Présentation des méthodes alternatives à la lutte chimique

L'objet du guide est de préciser les principes et de proposer une typologie des leviers d'action pour faciliter l'analyse et la conception des systèmes de culture*, mais pas d'expliciter en détail les mécanismes et les bases techniques des méthodes alternatives* (se reporter pour cela à des ouvrages de base, ex. Regnault-Roger 2005). L'ordre de présentation des différents leviers ne traduit une hiérarchisation ni d'efficacité ni d'importance de déploiement en production.

◤ *Le contrôle génétique : choix du matériel végétal*

Le choix du matériel végétal est un levier important pour diminuer l'utilisation de produits phytosanitaires contre les bio-agresseurs. Les variétés ou porte-greffes de différentes espèces fruitières peuvent présenter des sensibilités plus ou moins élevées aux maladies ou aux ravageurs voire des résistances « totales » à certaines souches de maladies (ex. variétés résistantes à la tavelure chez le pommier, variétés résistantes à la Sharka chez l'abricotier, variétés résistantes au feu bactérien chez le pommier et le poirier et porte-greffes résistants au feu bactérien chez le pommier et le poirier). **=> Fiche technique n°6 « Contrôle génétique »**

De plus, le matériel végétal peut être un levier pour limiter l'utilisation d'éclaircissants chimiques pour réduire la charge en fruits de l'arbre (ex. cas du pommier), les variétés n'ayant pas la même aptitude à réguler naturellement le nombre de fruits par arbre.

◤ *Le contrôle cultural : effet des méthodes culturales*

Le contrôle* cultural correspond à l'ensemble de méthodes culturales qui n'appartiennent pas directement à la protection des plantes mais qui peuvent contribuer à limiter l'apparition et le développement des bio-agresseurs et placer ainsi les plantes cultivées dans les meilleures conditions pour leur résister.

Ce sont donc essentiellement des méthodes préventives qui s'inscrivent dans un raisonnement global de gestion de la parcelle, voire de l'exploitation, et qui reposent sur les principes de l'agronomie. Le contrôle cultural a généralement une efficacité partielle vis-à-vis des bio-agresseurs. La stratégie à mettre en œuvre implique donc de raisonner au mieux la combinaison de plusieurs moyens techniques afin d'atteindre un double objectif : (i) éviter l'installation des bio-agresseurs et/ou limiter leur développement en rendant les conditions de milieu moins favorables à leur développement et (ii) fournir à la culture les moyens de se défendre pour éviter les pertes économiques.

L'utilisation d'actions de prophylaxie* pour prévenir l'apparition et la propagation d'une maladie ou d'un ravageur est à la base des bonnes pratiques agricoles. Cette prophylaxie repose sur un ensemble de moyens pour réduire l'inoculum et éliminer les premiers foyers par des interventions manuelles ciblées.

=> Fiche technique n°1 « Prophylaxie »

En production fruitière, la gestion de l'irrigation, de la fertilisation et de la conduite architecturale des arbres (taille d'hiver, taille en vert, forme fruitière…) impactent parfois fortement la vigueur des plantes : ceci influence le développement des bio-agresseurs, via la modification du microclimat (durée d'humectation, éclairement) au sein de la frondaison, et via la dynamique de croissance des organes, qui module les périodes de sensibilité ou d'attractivité selon le stade de développement. La conduite des arbres modifie également la répartition des organes dans l'espace, avec un effet sur la progression de l'infestation par certains ravageurs (ex. puceron cendré) ou la propagation des maladies. Enfin, ces techniques peuvent aussi jouer sur la composition biochimique des organes (ex. statut azoté, acides aminés, sucres, acides organiques, métabolites secondaires comme les composés phénoliques et les composés organiques volatils…) et leurs propriétés mécaniques liées à l'état hydrique (turgescence) avec des effets directs potentiels sur le développement des bio-agresseurs via des processus complexes (attractivité ou répulsion, bol alimentaire des ravageurs piqueurs-suceurs…). **=> Fiche technique n°3 « Contrôle cultural »**

◤ *La lutte physique*

▶ Les barrières physiques

Les barrières physiques empêchent le contact entre le bio-agresseur et la plante et/ou perturbent le comportement du bio-agresseur en intervenant sur certains processus (reconnaissance de la plante-hôte, prise alimentaire, reproduction, ponte, déplacement au sein de ou entre plante-hôtes, développement…). Dans ce guide, les produits (glu, argiles…) ayant un mode d'action de type barrière physique sont classés dans la catégorie « produits divers ».

PARTIE 1

Il existe plusieurs types de barrières physiques :

• **les filets de protection** contre les ravageurs tels que le filet Alt'Carpo dans ses versions mono-rang ou mono-parcelle. **=> Fiches techniques n°14 « Filet Alt'Carpo mono-rang » et n°15 « Filet Alt'Carpo mono-parcelle »**

• **le grillage** autour de la parcelle utilisé contre les campagnols, les cervidés, les lapins et les lièvres. **=> Fiche technique n°20 « Grillage d'exclusion ou de protection»**

• les **protections du tronc** (ex. manchons plastiques contre les lapins et lièvres, grille à la plantation autour du collet utilisée contre les campagnols, 'arbres en fer' contre chevreuils...). **=> Fiche technique n°20 « Grillage d'exclusion ou de protection »**

• **les paillages** avec bâche plastique, toile tissée ou paillis végétaux utilisés contre les adventices. **=> Fiche technique n°7 « Paillage ».** Les paillis végétaux (mulch de tonte, BRF...) pourraient davantage être classés dans la catégorie « contrôle cultural » mais nous avons choisi de les classer en « barrière physique » avec les autres types de paillage (bâches, toile tissé) par simplicité.

• **les bâches** anti-pluie contre l'éclatement de la cerise (mécanisme d'origine non parasitaire mais qui favorise le développement des maladies de conservation sur cerisier) ou contre la tavelure du pommier. À noter cependant que les bâches ne sont pas, au sens strict, une barrière physique car elles ne s'interposent pas directement entre la plante et le bio-agresseur mais elles agissent indirectement sur les conditions permettant la contamination de la plante par le bio-agresseur grâce à une barrière à la pluie et une modification du microclimat. Par simplification, nous avons quand même classé cette technique en barrière physique. **=> Fiche technique n°23 « Bâche anti-pluie »**

▶ **On peut citer en tant qu'action mécanique :**

• **le désherbage mécanique** pour lutter contre les adventices qui a un effet secondaire sur les campagnols. **=> Fiche technique n°8 « Désherbage mécanique »**

• **le retrait, l'enfouissement ou le broyage des feuilles** pour détruire l'inoculum de certains champignons (ex. tavelure). **=> Fiche technique n°11 « Prophylaxie par gestion de la litière foliaire »**

• **les pièges mécaniques** contre les campagnols (ex. piège à guillotine, piège à pinces,...) .**=> Fiche technique n°19 « Piégeage mécanique »**

• **l'éclaircissage mécanique** des fleurs ou des fruits. **=> Fiche technique n°10 « Eclaircissage mécanique »**

• **le lavage du miellat** des psylles par aspersion ou le décapage des cochenilles à l'aide d'eau sous pression. **=> Fiche technique n°1 « Prophylaxie »**

• **autres techniques manuelles** : brossage des chancres, destruction des xylophages par un outil (fil de fer), suppression des organes atteints par les bio-agresseurs (fruits moniliés, pousses oïdiées). **=> Fiche technique n°1 « Prophylaxie »**

▶ **Lutte thermique**

• **la thermothérapie** : chaleur ou froid (« hydrocooling ») est utilisée en post-récolte contre les maladies de conservation.

▶ **Lutte acoustique**

• **les effaroucheurs** sont utilisés contre les attaques d'oiseaux sur fruits (effet sonore). Certains associent à l'effet sonore un effet d'effarouchement lié aux mouvements.

La lutte biologique

La lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes vivants (ou, au sens large, de leurs produits) pour limiter les populations de ravageurs. Ces organismes sont appelés auxiliaires* des cultures (le terme auxiliaire inclut également d'autres groupes tels que les pollinisateurs) ou « ennemis naturels » des bio-agresseurs des cultures. Il s'agit principalement d'organismes prédateurs* (auxiliaires qui tuent et mangent leurs proies au cours de leur vie) ou parasitoïdes* (auxiliaires qui se développent aux dépens d'un hôte unique et conduisent à sa mort).

On distingue deux types d'auxiliaires : les auxiliaires spécifiques qui se caractérisent par un lien trophique exclusif avec une ou quelques espèces de ravageurs et les auxiliaires généralistes qui ont un régime alimentaire plus diversifié et consomment plusieurs types de proies (Sauvion *et al*., 2013).

Les auxiliaires généralistes présentent l'intérêt d'être beaucoup moins affectés que les auxiliaires spécifiques par l'absence d'une proie particulière car il n'y a pas d'interdépendance exclusive entre cette proie et l'auxiliaire (Ricard *et al*., 2013). Ils peuvent consommer diverses proies alternatives, ce qui permet leur maintien dans la parcelle tout au long de la saison. Par ailleurs, les auxiliaires généralistes hibernant à l'état adulte peuvent être présents tôt en saison dans la culture et sont ainsi à même de contrôler les populations de ravageurs avant qu'elles ne provoquent des dégâts*. Les auxiliaires spécifiques ont un développement très conditionné par la présence de leur proie et ont une action de régulation pouvant aller jusqu'à l'élimination complète des populations de ravageurs même lorsque les populations sont assez importantes.

La lutte biologique se décline en deux approches : la lutte biologique « classique », par lâchers d'auxiliaires, et la lutte biologique par conservation, par la création de conditions favorables aux auxiliaires.

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

↱*La lutte biologique classique*

La lutte biologique classique repose sur le lâcher de macro-organismes et/ou la pulvérisation de micro-organismes (ou de macro-organismes de très petites dimensions comme certains nématodes invisibles à l'œil nu).

▶ Lutte macro-biologique

La lutte macro-biologique correspond à l'utilisation d'organismes macroscopiques, généralement issus d'élevage de masse, contre les attaques des ravageurs. **Les macro-organismes auxiliaires*** sont des invertébrés, insectes, acariens ou nématodes utilisés de façon raisonnée pour protéger les cultures contre les attaques des ravageurs. **=> Fiche technique n°16 « Lâcher d'auxiliaires »**

La lutte biologique classique utilisant des auxiliaires macroscopiques comprend plusieurs modalités :

- **le lâcher introductif** qui correspond à l'introduction durable d'auxiliaires exotiques pour lutter contre un ravageur exotique, généralement introduit accidentellement,
- **la redistribution de prédateurs** qui correspond à l'introduction durable d'auxiliaires indigènes (d'une zone géographique proche) contre un ravageur indigène,
- **le lâcher inondatif** qui correspond à un lâcher massif d'auxiliaires (indigènes ou exotiques) pour maîtriser à court terme un bio-agresseur.

À noter que certains macro-organismes de très petites tailles (cas de certaines espèces de nématodes) peuvent avoir des conditions d'utilisation se rapprochant de la lutte micro-biologique.

▶ La lutte micro-biologique

La lutte micro-biologique correspond à l'utilisation de micro-organismes contre les ravageurs. Il peut s'agir soit de **champignons** *(ex. Beauveria spp.)*, de **bactéries** (ex. *Bacillus thuringiensis* (Bt)) ou de virus (*ex. virus de la granulose du carpocapse des pommes et poires)*, utilisés pour protéger les cultures contre les ravageurs. Ces micro-organismes sont conditionnés comme des PPP* classiques et sont utilisés en pulvérisation sur la culture.

=> Fiche technique n°12 « Lutte par pulvérisation de micro-organismes »

↱*La lutte biologique par conservation*

La lutte biologique par conservation consiste à modifier les pratiques et le milieu pour protéger et favoriser les auxiliaires* spécifiques ou non spécifiques qui régulent les ravageurs visés et diminuent ainsi leurs impacts sur les cultures (Eilenberg *et al*., 2001). Cela peut également nécessiter l'aménagement de l'environnement des cultures afin d'améliorer la survie, la fécondité, la longévité, et le comportement des auxiliaires (prédateurs, parasitoïdes*...) pour augmenter leur efficacité (Landis *et al*., 2000). C'est une démarche qui privilégie l'activité d'un cortège d'auxiliaires tout au long de la saison, sur des niveaux de population de ravageurs encore faibles, en vue d'éviter les pics d'infestation.

L'abondance et la diversité des auxiliaires sont influencées par les pratiques culturales et la qualité écologique des structures paysagères de l'environnement proche. De ce fait, améliorer l'abondance, la diversité et l'efficacité des auxiliaires nécessite une **gestion intégrée du verger** (préservation de ressources : ex. enherbement ; choix de produits peu toxiques pour les auxiliaires) pour les préserver et/ou un **aménagement de l'environnement** des vergers à l'échelle de la parcelle et/ou du paysage pour les favoriser par la conservation et la mise en place d'habitats ou infrastructures agro-écologiques* telles les nichoirs, les bandes florales, les haies, les mares, les bosquets...

=> Fiche technique n°2 « Lutte biologique par conservation - Biodiversité fonctionnelle »

◤*La lutte biotechnique – médiateurs chimiques : confusion sexuelle et piégeage massif*

La lutte biotechnique s'appuie sur les interactions chimiques qui peuvent exister entre individus ou espèces.

▶ La confusion sexuelle

La confusion sexuelle utilisée contre les Lépidoptères (et expérimentalement contre les cochenilles) consiste à perturber la communication entre sexes au sein d'une même espèce afin de limiter les accouplements et, de fait, les pontes et les dégâts dus aux larves de l'espèce. La substance naturelle, de type phéromone*, qui intervient entre individus d'une même espèce pour l'attraction sexuelle est recréée synthétiquement et diffusée massivement dans le verger, ce qui désoriente les mâles (phéromone émise par les femelles et détectée par les mâles) et compromet la reproduction des Lépidoptères. **=> Fiche technique n°17 « Confusion sexuelle »**

PARTIE 1

▶ Le piégeage massif

Le piégeage massif consiste à attirer et piéger en masse un bio-agresseur afin de diminuer ses populations dans le verger (et limiter les dégâts*). Le piégeage fonctionne avec des phéromones ou d'autres substances (ex. attractif alimentaire type ester de poires). **=> Fiche technique 18 « Piégeage massif par piège attractif »**

La lutte avec des produits divers

Les produits classés dans ce paragraphe sont des produits peu préoccupants, caractérisés par une faible toxicité pour l'homme et l'environnement. Sous ce terme, nous regroupons :

- **Urée :** accélère la décomposition de la litière foliaire, ce qui permet de réduire l'inoculum de certains champignons se conservant dans les feuilles (ex. tavelure, stemphyliose, anthracnose). Le risque de lixiviation de nitrates lié à l'apport d'urée est négligeable car les quantités apportées sont très faibles (20 Unités par hectare), l'azote est en partie immobilisé par les feuilles et la forme uréique se transforme assez lentement en nitrates en hiver. **=> Fiche technique n°11 « Prophylaxie par gestion de la litière foliaire »**
- **Stimulateurs de Défense des Plantes (SDP) :** substances (naturelles ou synthétiques) capables d'induire des réactions de défense de la plante leur permettant ainsi d'être mieux protégées face aux attaques éventuelles d'agents pathogènes ou de ravageurs. **=> Fiche technique n°24 « Stimulateurs de Défense des Plantes »**
- **Argiles/Talc/Chaux :** utilisés comme barrière physique. **=> Fiches techniques n°13 « Argiles » et n°25 : « Autres techniques prospectives »**
- **Glu :** appliquée autour des troncs, elle permet par exemple, d'empêcher les forficules de monter dans les abricotiers et ainsi d'endommager les fruits. Il faut veiller également à ne pas laisser de branches basses et d'herbes hautes pouvant former des ponts pour les forficules. **=> Fiche technique n°22 « Produits divers peu préoccupants»**
- **Phytothérapie** (terpènes d'agrumes contre les cicadelles, décoctions de plantes contre les pucerons...). **=> Fiches techniques n°22 « Produits divers peu préoccupants » et n°25 « Autres techniques prospectives »**
- **Bicarbonate de potassium :** intéressant contre **l'oïdium** sur groseillier, sur cassissier, et sur framboisier et contre l'oïdium sur vigne avec un effet secondaire intéressant sur le mildiou. Le bicarbonate de potassium peut également être utilisé contre les contaminations secondaires de **tavelure** sur le pommier (attention, il est phytotoxique si utilisé pendant les contaminations primaires). Il a un effet secondaire sur les **maladies de la Suie et des Crottes de mouche** (voire sur les maladies de conservation). **=> Fiche technique n°22 « Produits divers peu préoccupants »**
- **Savon noir (savon potassique) :** intéressant pour lessiver le miellat des pucerons et des psylles et empêcher la fumagine de se développer sur clémentiniers, oliviers, pêchers (pucerons farineux) et poiriers (psylle du poirier). **=> Fiche technique n°22 « Produits divers peu préoccupants »**
- **Tourteaux de ricin :** ont un effet freinant contre les **campagnols.** Toutefois, il faut prendre des précautions pour leur utilisation car le ricin est toxique pour les animaux domestiques (et pour l'homme) par ingestion. **=> Fiche technique n°22 « Produits divers peu préoccupants »**

Le Biocontrôle

Le terme de biocontrôle*, défini par la réglementation française, désigne un « ensemble des méthodes de protection des végétaux qui utilisent des mécanismes naturels. Il vise à la protection des plantes en privilégiant l'utilisation de mécanismes et d'interactions qui régissent les relations entre espèces dans le milieu naturel ». Il s'agit essentiellement de **produits de biocontrôle** utilisés de façon raisonnée pour protéger les cultures contre les attaques des bio-agresseurs et qui sont actuellement classés en quatre familles (DGAL, 2012) : les macro-organismes, les micro-organismes, les médiateurs chimiques et les substances naturelles.

Dans le guide, nous avons retenu un regroupement de méthodes de protection selon des principes d'action et selon des catégories usuelles de la filière de l'arboriculture. De fait, certains produits de biocontrôle ont déjà été cités dans les paragraphes précédents :

- les microorganismes (Bt, granulose...) appartenant à la catégorie « lutte biologique » (sous-catégorie lutte micro-biologique)
- les nématodes appartenant à la catégorie « lutte biologique » (sous-catégorie lutte macro-biologique)
- la confusion sexuelle appartenant à la catégorie « lutte biotechnique »
- les argiles et les SDP naturels appartenant à la catégorie « produits divers ».

Cependant, la notion de produits de biocontrôle, telle que définie par la réglementation française, est importante car elle introduit une différenciation dans la manière dont ces produits sont comptabilisés par l'indicateur IFT* au sein des PPP*. En effet, pour promouvoir les stratégies à base de produits de biocontrôle, les produits classés dans la liste du NODU* (Nombre de Doses Unités) « Vert Biocontrôle » ne sont pas pris en compte dans le calcul du NODU général ou dans l'IFT « produits phytopharmaceutiques ». **=> Fiche aide « Indice de Fréquence de Traitement ».**

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Les combinaisons des moyens de protection

La **re-conception** d'un système de culture correspond à une modification en profondeur de la logique de protection des cultures. Elle repose sur la combinaison de nombreuses **méthodes alternatives,** la mise en œuvre de pratiques culturales pouvant contribuer à ralentir le développement des bio-agresseurs, ainsi que la recherche d'une augmentation de la **biodiversité fonctionnelle*** grâce à des aménagements agro-écologiques et à la diminution de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (utilisation de la lutte chimique en dernier recours).

Les méthodes alternatives ayant des **modes d'action** variés sont ainsi **combinées** pour intervenir à différents stades de développement des bio-agresseurs. *(figure 5)*

L'organisation collective de la lutte à **l'échelle du paysage et/ou du territoire** est également un élément important pour assurer l'efficacité de certaines techniques alternatives (confusion sexuelle, lutte contre les campagnols, lâchers de certains auxiliaires...).

Les modes d'action des leviers

Les leviers décrits précédemment peuvent être classés également selon leur mode d'action. *(figure 6)*

▶ Action sur les populations initiales et en saison

Détruire ou empêcher le développement des populations avant qu'elles n'occasionnent des dégâts (populations hivernantes, initiales ou en saison), par exemple grâce à des mesures prophylactiques*

▶ Évitement*

Eviter le contact entre le bio-agresseur et la culture : éviter la concordance phénologique entre la présence du bio-agresseur et la sensibilité de l'arbre.

▶ Atténuation en culture*

L'objectif est de minimiser les dégâts lorsque la plante et le bio-agresseur se trouvent en contact, en agissant sur l'état et la structure du peuplement végétal par différents moyens pour limiter les conditions favorables au développement et à la propagation du bio-agresseur.

▶ Solution de rattrapage*

Une fois que le bio-agresseur est en contact avec la plante et/ou a commencé à occasionner des dégâts, action de **dernier recours** pour limiter les dégâts et les dommages de récolte (action curative).

▶ Solution directe* préventive

Empêcher/prévenir le développement des bio-agresseurs avant qu'ils n'occasionnent des dégâts par l'utilisation de produits chimiques ou de biocontrôle (action de dernier recours si pas d'alternative possible).

▶ Prédation/parasitisme via les auxiliaires*

Favoriser la régulation des ravageurs par les prédateurs et les parasitoïdes naturels présents dans le verger (dans les différentes strates : arbres, enherbement...), son environnement proche (bord des vergers, haies...) et extra-parcellaire (paysage avec les autres parcelles cultivées, les zones semi-naturelles...).

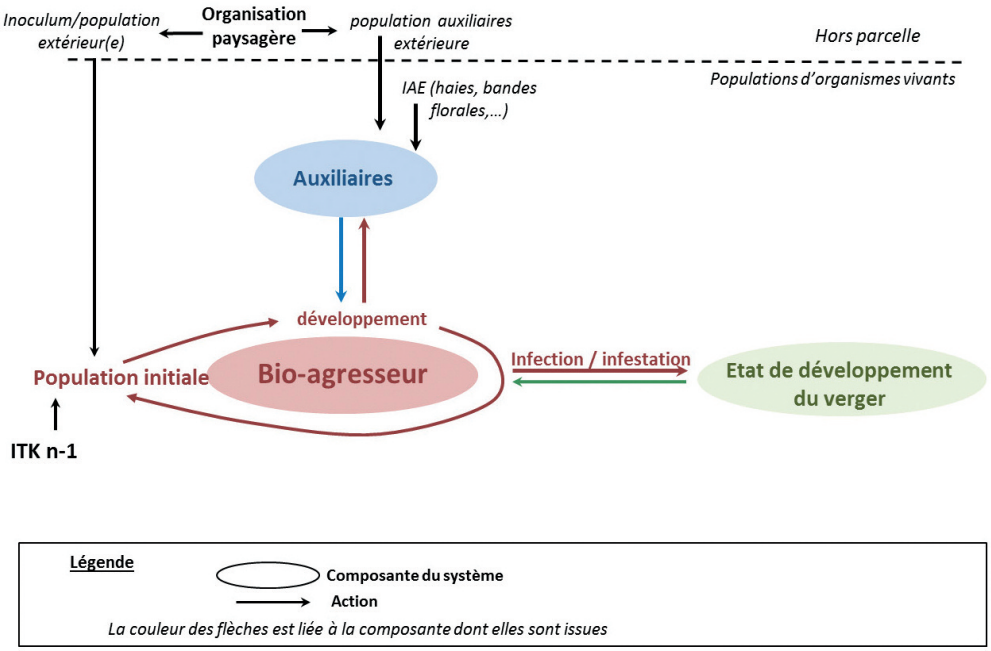
Forficula auricularia
sur fruits d'abricotier



Dégâts de *Myzus cerasi*
sur feuilles de cerisier

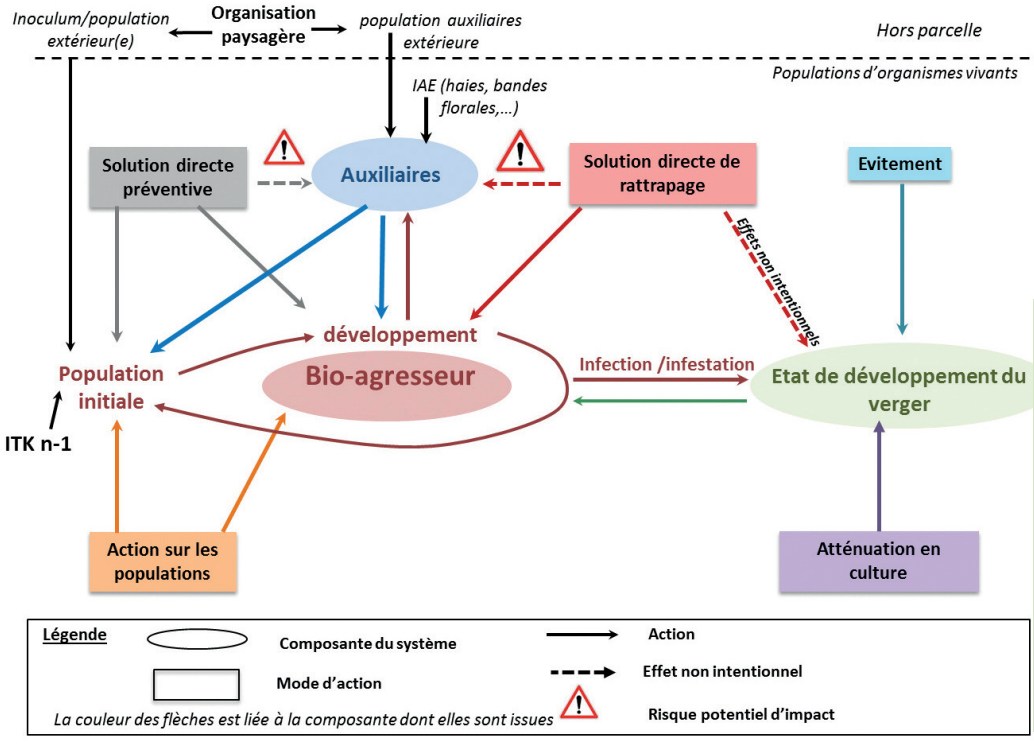


PARTIE 1



La figure 5 montre les interactions entre le cycle du bio-agresseur, les éléments du paysage et les pratiques culturales de l'année précédente (ITK* n-1). La population initiale de bio-agresseur de l'année n dépend de la population de l'année *n-1* dans le verger (ex. bio-agresseurs réalisant leur cycle dans le verger). Elle dépend également des populations de bio-agresseurs dans l'environnement du verger qui peuvent contaminer la parcelle l'année *n*.

Figure 5 : Interactions entre le cycle du bio-agresseur, les éléments de structure du paysage et l'itinéraire technique de l'année précédente

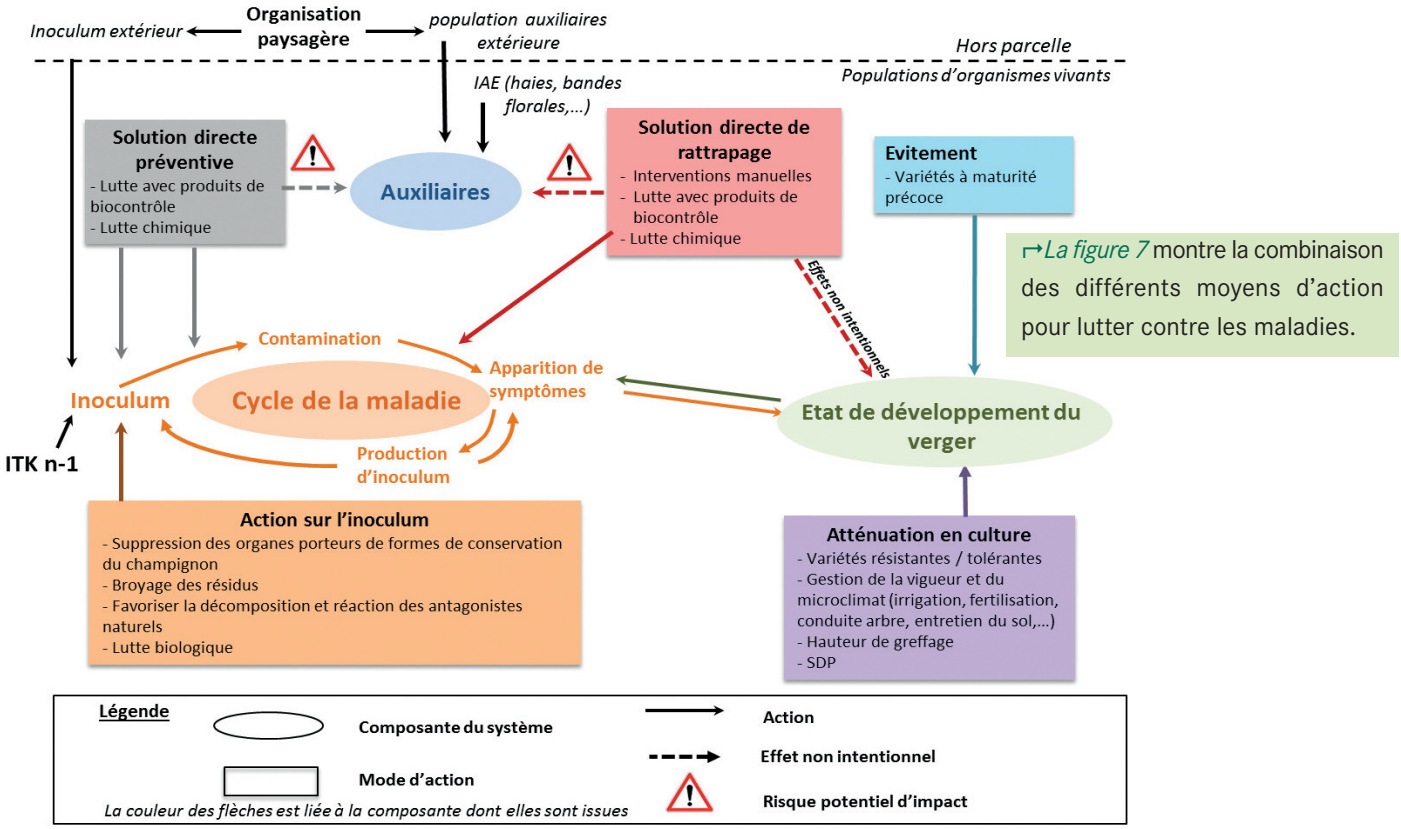


La figure 6 illustre la diversité des modes d'action des moyens de protection contre un bio-agresseur. En effet, on peut visualiser qu'il existe des moyens d'action intervenant à différentes étapes du cycle du bio-agresseur, ce qui peut permettre de combiner les différents moyens de protection durant un cycle.

Figure 6 : Combinaison des moyens d'action contre un bio-agresseur

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Modes de raisonnement des moyens de lutte alternatifs contre les maladies



↱*La figure 7* montre la combinaison des différents moyens d'action pour lutter contre les maladies.

Figure 7 : Combinaison des moyens d'action contre les maladies

Des leviers d'action sont disponibles pour **réduire l'inoculum*** des maladies, en éliminant les organes porteurs de formes de conservation du champignon (ex. fruits momifiés abritant les monilioses, feuilles de la litière contenant l'inoculum de la tavelure) ou en favorisant la décomposition des supports de conservation des champignons (broyage ou application d'urée sur les feuilles pour détruire l'inoculum de la tavelure du pommier et de la stemphyliose du poirier...).

Certains leviers permettent d'agir sur l'état et la structure du peuplement afin de limiter les conditions favorables au développement et à la propagation des maladies **(atténuation en culture***) : l'utilisation de variétés résistantes, la maîtrise de la vigueur et du microclimat par des interventions de taille (aération), l'entretien du sol ou la nutrition hydrominérale (éviter les excès) ainsi que l'utilisation de produits favorisant les mécanismes de défense des plantes (SDP). Chez l'abricotier, l'augmentation de la **hauteur de greffage** permet une réduction des symptômes de la bactériose.

D'autres leviers permettent **d'éviter le contact** entre les agents responsables des maladies et les organes sensibles de la plante. Par exemple, l'utilisation de variétés précoces permet de ne pas exposer les fruits à des niveaux d'inoculum ou de population en augmentation au fil de la saison culturale (ex. maladies de conservation sur pêcher dont l'intensité a tendance à augmenter en fin d'été).

Dans les situations où il n'existe pas de méthodes alternatives suffisamment efficaces, on peut utiliser des solutions directes-préventives pour empêcher le développement des maladies (ex. applications de fongicides contre la tavelure du pommier et la cloque du pêcher) ou **des moyens curatifs** (solutions directes de rattrapage*) lorsque les maladies ont déjà provoqué des dégâts. Certains traitements de rattrapage* dits traitements « **stop** » peuvent intervenir après la contamination des maladies mais avant germination des spores et donc avant l'apparition de dégâts.

PARTIE 1

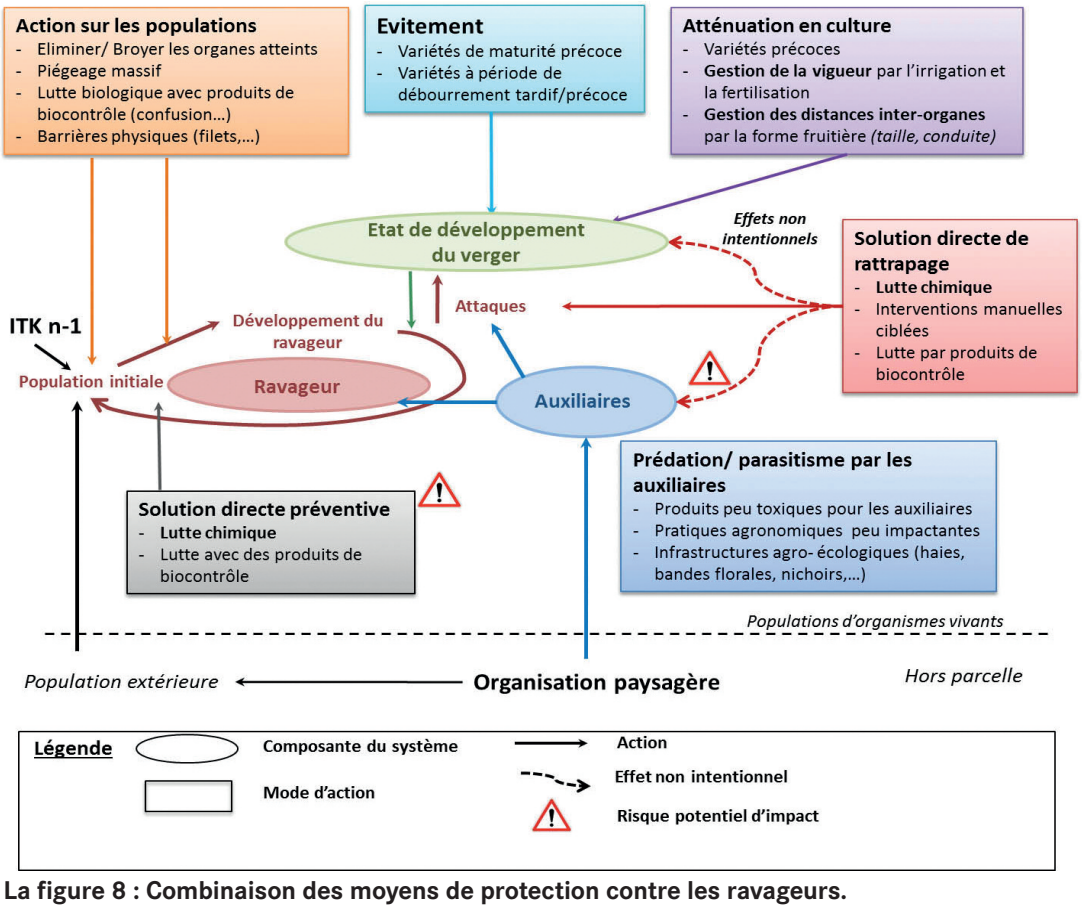
◤ *Les modes de raisonnement des moyens de lutte alternatifs contre les ravageurs*

Des leviers sont disponibles pour agir directement sur les **populations de ravageurs.** Par exemple, il est possible de réduire la population initiale de ravageur par le broyage des fruits au sol ou par la pulvérisation de nématodes contre le carpocapse. D'autres leviers perturbent la reproduction (ex. confusion sexuelle de plusieurs espèces de Lépidoptères), les barrières physiques telles que les filets empêchent les ravageurs d'accéder aux plantes et/ou perturbent leur comportement (filets Alt'Carpo contre le carpocapse des pommes et des poires), l'application d'argiles et le piégeage massif permettent de limiter les populations de certains ravageurs (cératite, mouche de l'olive, xylébore…).

Des leviers sont aussi disponibles pour agir sur l'état et la structure du peuplement afin de limiter les conditions favorables au développement et à la propagation des ravageurs **(atténuation en culture).** Par exemple, la taille, la limitation de l'irrigation et de la fertilisation peuvent permettre de limiter la vigueur des arbres, facteur favorable au développement de nombreux ravageurs (ex. pucerons). En outre, la taille permet de modifier les distances inter-organes, ce qui a un impact sur le déplacement de certains ravageurs (ex. puceron cendré du pommier).

En dernier recours, il existe des moyens **préventifs** (ex. traitements d'hiver) ou curatifs (**rattrapage***) pour limiter le développement de certains ravageurs (interventions manuelles, produits de biocontrôle ou chimiques).

La **biodiversité fonctionnelle*** peut également jouer un rôle important dans la régulation des ravageurs. Celle-ci est favorisée par le choix de produits peu toxiques pour les auxiliaires, des pratiques culturales raisonnées (gestion de l'enherbement : fauche plutôt que broyage…), et la mise en place d'infrastructures agro-écologiques (habitats et ressources trophiques) telles que les haies, les bandes florales, les nichoirs…

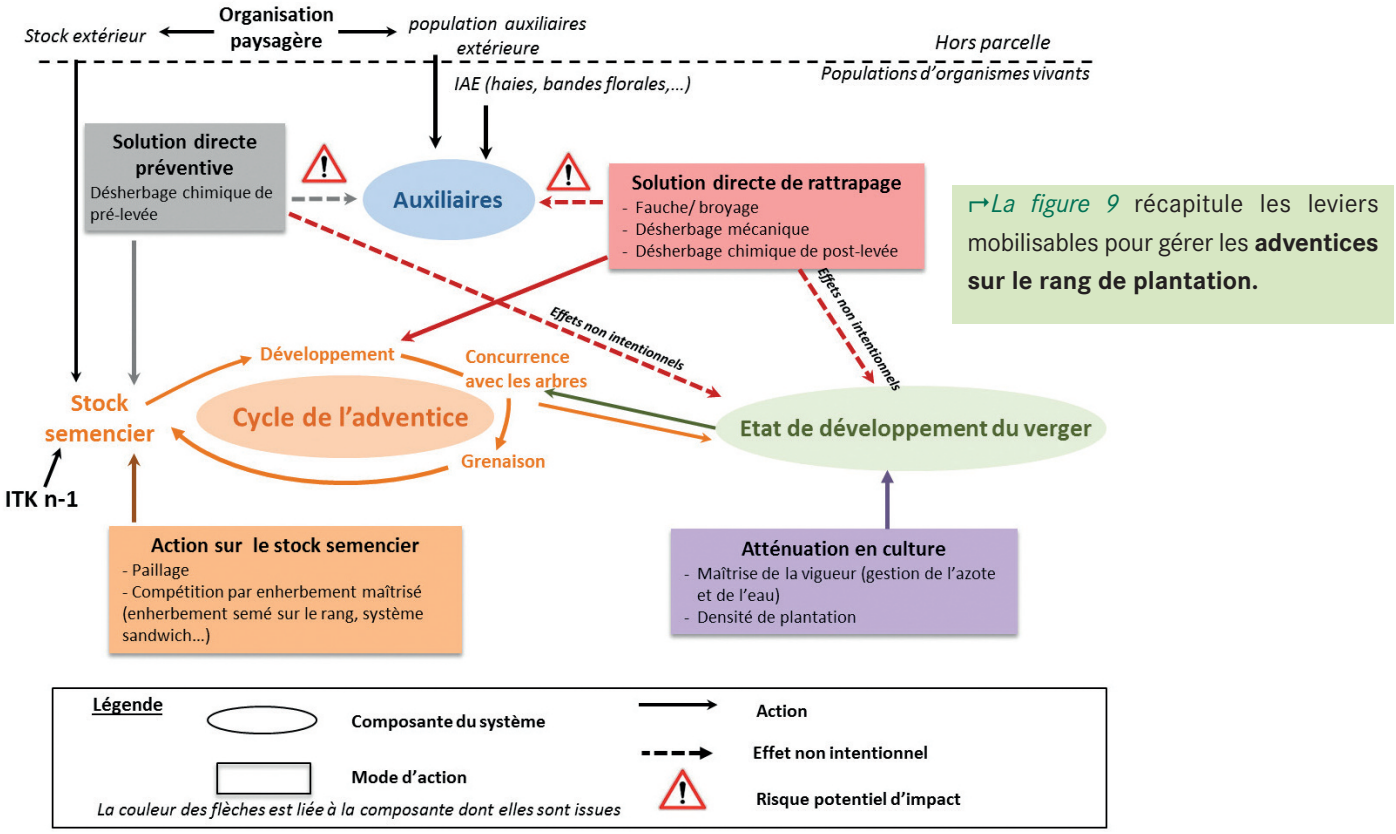


La figure 8 : Combinaison des moyens de protection contre les ravageurs.

↱*La figure 8* illustre la combinaison des différents moyens d'action pour lutter contre les ravageurs.

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

◤Combinaison des moyens de lutte alternatifs contre les adventices



↱*La figure 9* récapitule les leviers mobilisables pour gérer les **adventices sur le rang de plantation.**

Figure 9 : Combinaison des moyens d'action contre les adventices sur le rang

En culture fruitière, la gestion des adventices est souvent différenciée entre **rang** et **inter-rang**. La plupart des cultures fruitières sont enherbées dans l'inter-rang et gérées différemment sur le rang. L'enherbement de l'inter-rang permet d'augmenter la portance pour le passage des machines agricoles et de limiter l'érosion. L'enherbement permet aussi d'accroître l'activité biologique dans ce compartiment du sol (vers de terre). Il n'y a généralement pas d'application d'herbicides sur l'inter-rang mais un travail du sol peut être réalisé (par exemple, une scarification pour augmenter la porosité de surface).

Pour diminuer l'utilisation des herbicides, le **rang** peut être géré selon différentes techniques.

Certaines techniques permettent de **prévenir** le développement des adventices :

- **les paillages** : barrières physiques qui étouffent les adventices.

=> Fiche technique n°7 « Paillage ».

- **l'enherbement maîtrisé** : couvert herbacé **semé** sur le rang qui va occuper l'espace et limiter l'installation des adventices. Ce couvert ne doit cependant pas jouer un rôle trop important en tant que compétiteur des ressources pour l'arbre. Il existe également une technique de gestion des adventices sur le rang qui associe plusieurs modes d'action, à la fois l'enherbement et le travail du sol, appelée système **« sandwich »**.

=> Fiche technique n°9 « Méthode sandwich ».

- **le désherbage chimique** avant la levée des adventices (herbicides de pré-levée)

D'autres techniques interviennent au début du développement des adventices pour stopper leur développement :

- **le désherbage mécanique** avec ou sans travail du sol permet de détruire le couvert végétal et/ou d'enfouir les adventices.

=> Fiche technique n°8 « Désherbage mécanique ».

- **le désherbage chimique** en post-levée *(herbicides de post-levée).*

Enfin d'autres techniques visent à **contrôler - réduire la compétition** des adventices une fois le couvert végétal développé (techniques notamment utilisées sur l'inter-rang) :

- **la fauche,** qui a moins d'impact que le broyage sur les populations d'auxiliaires
- **le broyage.**

Certaines cultures sont parfois travaillées à la fois sur le rang et l'inter-rang (olivier, amandier,...) pour permettre une meilleure alimentation hydrique, en particulier en absence d'irrigation.

Ces différentes méthodes peuvent être complémentaires et alternées dans le temps en fonction de l'âge du verger. Le paillage permet de ne pas endommager le tronc des arbres avec les outils mécaniques sur verger jeune.

Les leviers spécifiques au moment de la création d'un verger et des vergers en formation *(avant entrée en production)*

La création d'un verger est une étape fondamentale car les choix techniques au niveau de la plantation engagent l'agriculteur à long terme, sur plusieurs années voire plusieurs décennies.

Dans l'optique de diminuer la sensibilité du verger vis-à-vis des bio-agresseurs, le choix du matériel végétal, l'aménagement et la structuration du verger doivent être réfléchis pour optimiser le contrôle des ravageurs (actions via la plante et régulation naturelle par les auxiliaires) et permettre de limiter le développement des maladies (microclimat défavorable) (Delebecq *et al.*, 2013).

Il est important de noter que les choix des éléments structurels* sont interdépendants *(figure 10).*

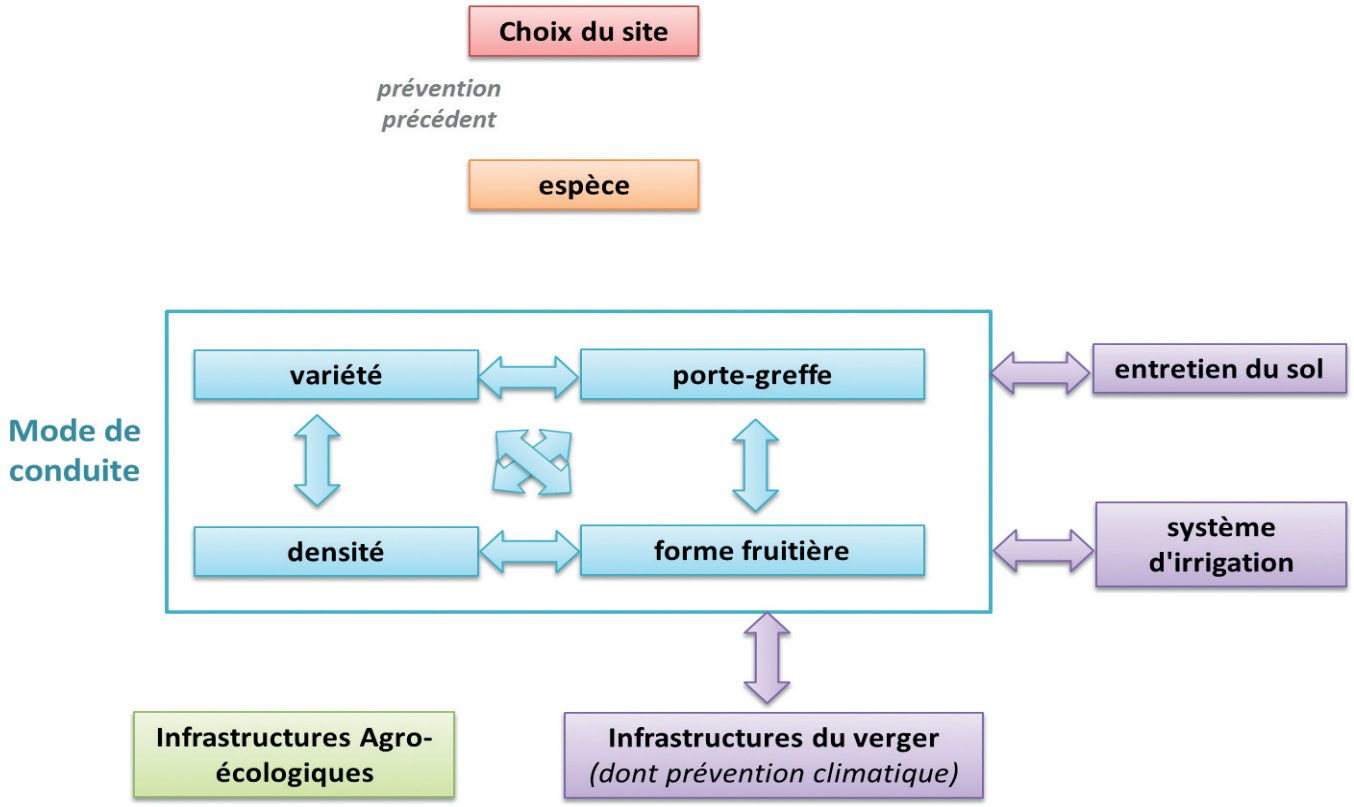


Figure 10 : Interactions entre éléments structurels d'un verger

PARTIE 1 : LA PRODUCTION FRUITIÈRE INTÉGRÉE ET LES MOYENS DE PROTECTION POUR LIMITER LE RECOURS AUX PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

◤ *Les leviers à la plantation*

Les choix du site, de l'espèce, de la variété, du porte-greffe, de la densité de plantation, de la forme fruitière, du système d'irrigation (et autres infrastructures), de l'entretien du sol, des infrastructures agro-écologiques et du précédent cultural sont autant d'éléments qui peuvent avoir une action de prophylaxie et réduire la sensibilité du verger aux bio-agresseurs. **=> Fiche aide « Leviers mobilisables au moment de la création d'un verger »** et **Fiche technique n°1 « Prophylaxie ».**

Le choix du **site** de plantation doit privilégier les situations aérées, non gélives et éviter les situations à risque spécifique (présence d'une maladie ou d'un ravageur auquel l'espèce à implanter est sensible).

Le **précédent cultural** est un facteur important à prendre en compte dans la plantation d'un verger. Certains précédents sont à éviter en fonction de l'espèce que l'on souhaite implanter. Par exemple, les cultures maraîchères, la luzerne et les défriches sont à éviter si les cultures à implanter sont sensibles à la verticilliose (fruits à noyau, olivier). Il est important de réaliser un vide sanitaire avant replantation d'un verger, c'est-à-dire de laisser le sol sans culture pérenne pendant quelques années pour assainir la parcelle et/ou d'implanter une culture intermédiaire en fonction des problèmes rencontrés (sorgho, tagettes,...).

L'utilisation de matériel **certifié** garantit l'état sanitaire des plants (absence de virus).
L'augmentation de la **hauteur de greffage** permet une réduction des symptômes de la bactériose de l'abricotier.

Le choix du système d'irrigation, en plus des critères de choix pour apporter l'eau (en particulier les débits et la localisation des apports) est à raisonner en fonction des risques de sensibiliser le verger à certains bio-agresseurs (humectation du feuillage....) et de la compatibilité avec le mode d'entretien du sol qui sera retenu. Par exemple, le choix du désherbage mécanique sur le rang implique de choisir un système d'irrigation surélevé ou enterré.

Se reporter aux Fiches techniques n°6 « Contrôle génétique » pour les choix du matériel végétal (variété et porte-greffe), n°3 « Contrôle cultural » pour les choix de densité de plantation, de forme fruitière, d'infrastructures, de système d'irrigation et d'entretien du sol et **n°2 « Lutte biologique par conservation - Biodiversité fonctionnelle »** pour la mise en place d'Infrastructures Agro-Ecologiques.

◤ *Les leviers des vergers en formation (avant l'entrée en production)*

Le terme de verger « en formation » a été choisi pour décrire la période, variable selon les espèces, pendant laquelle les vergers ne sont pas encore en production significative de fruits. Durant cette période, l'objectif des itinéraires techniques* est principalement orienté sur la formation des arbres. Dans de nombreux cas, il est même conseillé de supprimer les fruits en jeune verger afin de privilégier au maximum la croissance végétative.

Durant cette période d'absence de production (ou de production en faible quantité), l'absence d'enjeu commercial (pas de vente des fruits ou faible volume) permet d'augmenter la prise de risque et d'alléger les traitements phytosanitaires ciblant la protection des fruits. Par exemple, en jeunes vergers de pommiers, le carpocapse et la tordeuse orientale ne sont pas traités et l'oïdium l'est moins. De même, en jeunes vergers d'abricotiers, le monilia n'est pas traité, etc. De plus, sur certaines espèces fruitières, les nombreuses interventions de taille de formation (taille en vert, pincement et arrachage des pousses...) en cours de saison pour orienter la croissance et architecturer le futur arbre, permettent de supprimer les premiers symptômes d'attaque de certains bio-agresseurs (lutte manuelle par suppression d'organes touchés), ces interventions étant facilitées par le faible volume occupé par ces jeunes arbres.

Toutefois, certains ravageurs sont plus préoccupants sur vergers en formation que sur vergers adultes car ils peuvent compromettre la croissance des arbres ou même entraîner des mortalités (ex. zeuzère, lapins, campagnols...). De même, la forte croissance végétative qui est recherchée ces premières années peut favoriser certains bio-agresseurs (ex. pucerons).


© La Pugère

Exemple d'infestation de pucerons lanigères sur rameau de pommier

PARTIE 2



Récolte de pommes dans un verger bio dans la Drôme

© INRA.

PARTIE 2 : UNE DÉMARCHE DE CO-CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE CULTURE ÉCONOME EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

I CO-CONCEPTION DE SYSTÈME DE CULTURE ET ACCOMPAGNEMENT AU CHANGEMENT

Qu'est-ce que la co-conception ?

L'action de concevoir consiste à imaginer un objet et à le réaliser. Dans le cadre de ce guide, l'objet de la co-conception est le *système de culture*• (SdC). La co-conception fait référence à l'action de concevoir ensemble. Elle désigne ici la conception par un conseiller et un agriculteur ou un groupe d'agriculteurs.

Comme précisé au début de ce guide, le SdC se définit comme un ensemble de parcelles gérées de manière similaire. Le SdC se définit davantage par la cohérence de la gestion d'un ensemble de techniques et de leurs interactions par rapport à des objectifs clairement affichés plutôt que par l'analyse des techniques elles-mêmes. De ce fait, pour pouvoir concevoir un nouveau SdC, il faut s'intéresser au processus décisionnel de l'agriculteur et chercher à expliciter ses manières de faire, afin d'identifier sa logique d'action pour gérer son SdC. Il s'agit donc d'établir les liens entre les objectifs, le contexte de son exploitation (atouts et contraintes) et les moyens mis en œuvre (choix structurels• de plantation et conduite technique). Cet auto-diagnostic des pratiques et de leurs motivations a pour but d'identifier les marges de manœuvre et les leviers d'action supplémentaires mobilisables pour faire évoluer le SdC vers un système plus économe en PPP•.

◤ *Les ressources nécessaires à la conception*

La mise en œuvre de la démarche de conception de SdC• nécessite deux types de ressources (Meynard, 2012) :

- une « bibliothèque » des solutions techniques existantes, dans laquelle chacun peut puiser pour construire ses propres systèmes ; ces solutions sont listées par espèce dans le livret **« Fiches aides »** et expliquées dans le livret **« Fiches techniques »** ;
- des démarches et des outils pouvant être mobilisés par les agriculteurs, en lien avec leur conseiller technique, pour

▶ choisir et assembler différentes techniques en vue de construire des SdC cohérents répondant aux nouveaux objectifs
▶ faire évoluer ces constructions ou se les approprier.

Une démarche de conception est proposée dans la suite de ce livret avec en appui les documents **« Fiches supports »** correspondant à des grilles utilisables comme support de discussion entre le conseiller et le producteur.

◤ *La conception « de novo » et « pas à pas »*

Les démarches de conception s'organisent en deux grandes familles :

- La conception « **de novo** » correspond à une construction d'un SdC• en « rupture » avec l'existant. Il s'agit d'ouvrir le champ des possibles en explorant des combinaisons de techniques sans se limiter. La conception « de novo » est une re-conception globale, avec un changement de logique dans la protection des cultures, un changement d'objectifs, apportant des modifications en profondeur, en rupture avec les systèmes initiaux par le changement d'un ensemble de pratiques. Les prototypes de SdC qui sont imaginés sont souvent testés en station d'expérimentation du fait de l'importante prise de risques liée à leur caractère prospectif et à l'absence de références. Certains producteurs pionniers conçoivent cependant des SdC très innovants sur des bases plus empiriques grâce à leur expérience et leur savoir-faire : (Reau *et al.*, 2008). Ces SdC sont toutefois plus difficilement extrapolables car leur efficacité est étroitement liée au concepteur et à son contexte.

- La conception « **pas à pas** » (ou incrémentale) a pour but d'organiser une transition progressive d'un SdC existant (Meynard, 2008). Le travail de conception débute par un diagnostic des systèmes de culture existants et des évolutions sont imaginées et mises en œuvre à partir de cette base. Puis, un nouveau diagnostic est pratiqué, de nouvelles évolutions des SdC s'ensuivent, etc., engageant ainsi une dynamique d'amélioration. Ce changement progressif des pratiques existantes limite ainsi la prise de risque. Elle permet une acquisition progressive des connaissances en s'appuyant sur des boucles d'apprentissage.

En fait, la conception « pas à pas » et la conception « de novo » sont complémentaires : la conception « de novo » est plus adaptée à l'exploration de systèmes en rupture alors que la conception « pas à pas » est plus propice aux apprentissages et à une prise de risque modérée ; elle se prête donc mieux à une mobilisation progressive par les agriculteurs.

Dans ce guide, la démarche proposée se situe davantage dans le cadre d'une conception de type « pas à pas ». Après avoir réalisé un diagnostic de la situation initiale de ses SdC, le producteur cherche, avec son conseiller, à trouver des améliorations à mettre en œuvre pour réduire l'usage des PPP• dans un ou plusieurs de

PARTIE 2

ses SdC. La réitération de la démarche au cours du temps peut engendrer une boucle de progrès conduisant à une amélioration progressive du SdC par intégration de techniques alternatives ou de combinaisons de techniques au fur et à mesure que le producteur apprendra à les maîtriser pour gérer différemment son verger. Toutefois, lors des premières étapes visant à imaginer de nouveaux SdC, il est conseillé de s'affranchir dans un premier temps des contraintes, notamment économiques, afin d'élargir le champ des solutions possibles à mettre en œuvre sur le SdC (comme dans la démarche « de novo »). Il est donc souvent enrichissant d'organiser cette activité de conception en groupe pour favoriser une émulation dans l'exploration des solutions.

En production fruitière, les deux modes de conception peuvent être combinés. Tout d'abord, une conception « de novo » pour imaginer puis mettre en place un nouveau verger en combinant des choix structurels• pouvant radicalement modifier la sensibilité du SdC aux bio-agresseurs. Ensuite, une conception « pas à pas » pour adapter les orientations techniques imaginées lors de la création du verger et/ou concevoir les itinéraires techniques• annuels au fur et à mesure qu'on avance dans la vie du nouveau verger.

Le rôle du conseiller dans l'accompagnement au changement

Le travail de co-construction avec les agriculteurs peut induire des changements assez importants dans le métier du conseiller. Il ne s'agit plus seulement d'apporter un conseil technique s'appuyant sur les connaissances théoriques et techniques, mais il faut aussi accompagner la réflexion des producteurs pour les aider à franchir les premières étapes pour qu'ils trouvent eux-mêmes les solutions techniques adaptées à leurs situations et conduisent la transformation de leurs systèmes (Auricoste *et al*., 2012). Cette approche correspond aux méthodes de travail habituellement utilisées par les conseillers techniques auprès des agriculteurs. Cependant, pour accompagner les agriculteurs dans cette transition vers des nouveaux systèmes à la double performance économique et écologique, le conseiller doit s'approprier de nouveaux concepts (démarche de conception, SdC•, évaluation multicritères…) et développer certaines compétences :

- une capacité à analyser et comprendre le fonctionnement d'un SdC en cernant les objectifs et les stratégies de l'agriculteur. Cette compréhension des objectifs et des choix personnels du producteur repose sur des relations de confiance.
- une maîtrise du diagnostic agronomique des vergers sachant que certaines fonctions écologiques sur lesquelles l'accent est mis dans les nouveaux systèmes (ex. régulation naturelle) sont difficilement quantifiables.
- une capacité à imaginer les conséquences des modifications proposées en termes de durabilité de l'exploitation agricole (critères économiques, environnementaux et sociaux)
- une maîtrise de l'évaluation multicritères des performances d'un SdC pour identifier les systèmes économes et performants d'un point de vue économique et environnemental
- une capacité d'animation pour un travail en groupe.

La démarche de co-conception peut servir de support pour créer une dynamique de groupe. Cela permet aux producteurs de partager leurs expériences et leurs savoir-faire. Ce partage va encourager le changement d'attitude et de stratégie de chacun. **La dynamique de groupe**, en favorisant la mutualisation des expériences, permet de diminuer l'appréhension du risque ce qui favorise l'adoption de SdC économes en produits phytopharmaceutiques (Bidaud, 2013). À souligner aussi, l'intérêt des sites de démonstration de systèmes de cultures économes et performants, montrant la faisabilité de ces systèmes (ex. réseaux DEPHY « FERME » (Dumas *et al*., 2012) et DEPHY « EXPE » d'expérimentations de systèmes dans le cadre du plan Ecophyto, etc.) comme support d'échange et source d'inspiration.

La formation des agriculteurs

Le changement des systèmes agricoles vers une production intégrée• repose à la fois sur :

▶ une meilleure connaissance des effets des leviers d'action alternatifs sur les bio-agresseurs et une meilleure prise en compte des interdépendances entre les techniques. L'absence de possibilité de mesurer l'efficacité individuelle de certaines techniques alternatives (ex. méthodes à effet partiel) rend aussi plus difficile leur adoption par les producteurs

▶ l'appropriation d'un raisonnement systémique basé sur l'anticipation

▶ l'acceptation d'un certain niveau de prise de risque et de dégâts dans les cultures n'ayant pas de répercussions économiques et sur la longévité du verger (Ricci *et al*., 2011)

▶ une familiarisation à l'évaluation des performances d'un SdC• en prenant mieux en compte les trois piliers de la durabilité (économique, sociale et environnementale).

PARTIE 2 : UNE DÉMARCHE DE CO-CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE CULTURE ÉCONOME EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Par ailleurs, l'évolution des SdC vers une PFI plus économe en PPP implique une certaine réappropriation des **principes agronomiques** pour rendre les systèmes moins dépendants des intrants. Certaines techniques alternatives demandent aussi un niveau de technicité élevé et nécessitent une formation ou un accompagnement des agriculteurs (utilisation de modèles biologiques...). L'adoption des pratiques de production intégrée rend aussi centrale l'observation et la connaissance de son verger.
Le changement de manière de produire (temps d'observation, d'apprentissage...) implique une réorganisation du travail au sein de l'exploitation.

Enfin, la transformation des systèmes va généralement demander plusieurs années avant d'instaurer des modifications perceptibles dans les processus biologiques. La conscience de ce délai nécessaire pour observer des changements est importante pour que l'agriculteur ne se décourage pas.

II LA DÉMARCHE DE CO-CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE CULTURE ÉCONOME EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Présentation de la démarche de co-conception

Une démarche de co-conception se décompose en quatre étapes *(figure 11)*. Dans le cadre de la réduction d'usage des PPP•, la démarche propose un diagnostic de la situation initiale **(étape 1)**, la co-conception d'un nouveau SdC• plus économe en PPP **(étape 2)**, l'évaluation du SdC co-construit par rapport au SdC initial **(étape 3)** et la discussion des résultats **(étape 4)**.

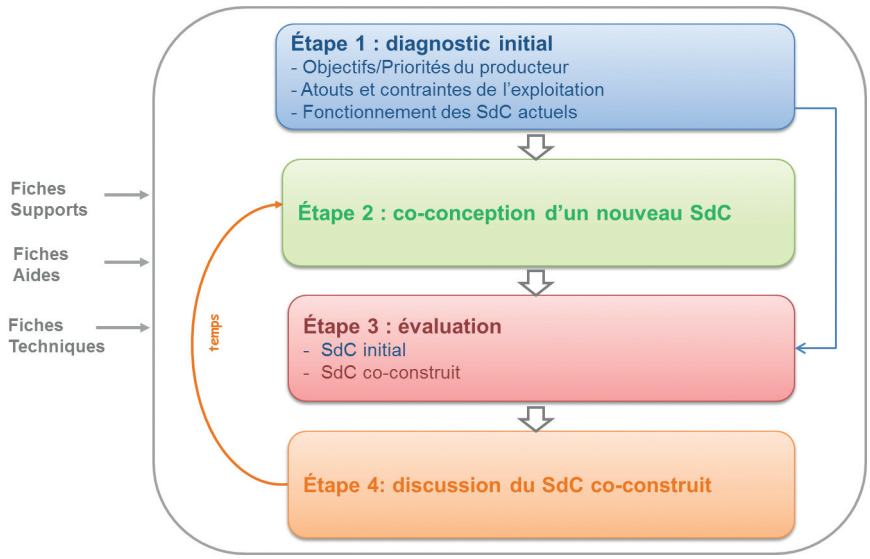


Figure 11 : Les 4 étapes de la démarche de co-conception d'un nouveau système de culture

PARTIE 2

▶ **La première étape** a pour but d'expliciter les objectifs du producteur ainsi que les atouts et contraintes de l'exploitation, d'identifier les SdC de l'exploitation et d'en choisir un à améliorer pour ensuite l'évaluer. Cette première étape permet au producteur de réaliser un auto-diagnostic de ses pratiques culturales et de ses stratégies de protection.

▶ **La deuxième étape** correspond à la phase de conception au sens strict. Une méthode et des supports sont proposés pour accompagner le producteur dans le choix de leviers d'action et la mise en œuvre de stratégies alternatives à l'utilisation des PPP* adaptées au contexte de l'exploitation et à ses objectifs.

▶ **La troisième étape** permet d'évaluer a priori le système co-construit afin de comparer ses performances par rapport à celles du système initial.

▶ **La quatrième et dernière étape** permet de discuter des conditions de mise en œuvre du système co-construit sur l'exploitation.

Ces quatre étapes sont identiques dans le cadre de la création d'un nouveau verger ou de l'amélioration d'un verger déjà existant. Cette démarche peut donner lieu à des va-et-vient notamment entre les étapes d'évaluation et de conception, ce qui peut permettre de réajuster le système imaginé ou de tester des scénarios différents.

Des fiches supports de la démarche sont disponibles à chaque étape de la conception pour guider l'entretien avec le producteur **(voir livret « Fiches supports »)**. Les utilisateurs peuvent les adapter selon leurs besoins. Des fiches Aides et des fiches techniques sont également disponibles en appui à l'étape de co-conception pour aider au choix des leviers et à leur combinaison **(voir livret « Fiches techniques » et « Fiches aides »).**

Explication des différentes étapes

◤ *Étape 1 : Diagnostic de la situation initiale*

▶ **1. A Fonctionnement global de l'Exploitation Agricole (EA) (Fiche support S1)**

Cette étape correspond à la réalisation d'un diagnostic agronomique, socio-économique et environnemental de l'exploitation. Elle a pour objectif de comprendre le fonctionnement global de l'exploitation, sans chercher à être exhaustif, pour mettre en évidence les objectifs du producteur et saisir les atouts et contraintes de l'exploitation.

▶ **1. B Identification des SdC de l'EA et choix du SdC initial à améliorer (Fiche support S2)**

Cette étape permet d'identifier les différents SdC* de l'exploitation, de les caractériser pour les points qui les différencient et de choisir celui que le producteur veut améliorer dans un premier temps.

▶ **1. C Description des éléments structurels du SdC initial (Fiche support S3)**

Cette étape permet de décrire les éléments structurels* du SdC* à améliorer dans sa situation initiale (actuelle).

▶ **1. D Diagnostic du SdC initial (Fiche support S4)**

Cette étape a pour objectif de caractériser le SdC* initial, de le replacer dans son contexte et d'expliciter la stratégie du producteur sur ce SdC, son système décisionnel*, c'est-à-dire les objectifs visés, les grandes orientations stratégiques pour sa gestion et les moyens mis en œuvre (OAD*, règles de décision et techniques utilisées). Cette étape permet d'identifier avec le producteur quels sont les leviers alternatifs déjà mobilisés dans le SdC étudié.

▶ **1. E Evaluation du SdC initial (Fiches supports S7, S8, S9)**

Cette étape a pour objectif d'évaluer le SdC* initial par des indicateurs économiques, environnementaux et organisationnels simples (IFT*, chiffre d'affaire, organisation du travail...)

◤ *Étape 2 : Co-conception d'un nouveau système de culture*

Cette étape a pour objectif la co-conception d'un SdC* plus économe en PPP* par rapport au SdC initial

(Fiches supports S5 et S6).

La co-conception a pour objectif de cerner les **marges de manœuvre** à partir du SdC* initial, de re-définir les objectifs de production (peut-on changer la stratégie, le circuit de commercialisation, les résultats attendus ?) et agronomiques (peut-on augmenter le seuil de tolérance aux bio-agresseurs et la prise de risque ?) et d'imaginer la mise en place de nouveaux leviers techniques (voire structurels dans le cas de la création d'un nouveau verger) par rapport au SdC initial pour diminuer l'utilisation des PPP. L'objectif de la démarche consiste à choisir des leviers sans se freiner dans un premier temps sur des critères économiques (l'évaluation économique est effectuée à l'étape suivante). Les leviers retenus sont choisis en fonction des objectifs définis par le producteur et ses contraintes agrono-

PARTIE 2 : UNE DÉMARCHE DE CO-CONCEPTION D'UN SYSTÈME DE CULTURE ÉCONOME EN PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

miques. Cette étape doit permettre également de réfléchir à l'amélioration de l'efficience des traitements et au choix des produits.
Dans un premier temps **(Fiche support S5)**, cette étape de conception permet d'identifier les marges de manœuvre au niveau de la stratégie de protection vis-à-vis de chaque bio-agresseur à maîtriser dans le SdC et d'imaginer la mise en œuvre de leviers alternatifs.

Dans un deuxième temps **(Fiche support S6),** la démarche a pour but de synthétiser les modifications effectuées dans le SdC co-construit et d'avoir une vision d'ensemble des leviers et de leur combinaison. Cette fiche de synthèse permet de rappeler les axes prioritaires de changement dans la conduite du nouveau SdC et de faire le point sur les modifications des éléments structurels du verger•. Cette fiche permet également de schématiser l'ensemble des leviers mis en œuvre dans le SdC co-construit et de récapituler les modifications dans la gestion globale du verger et de son environnement en termes de méthodes culturales (irrigation, fertilisation, taille) et de gestion de la biodiversité fonctionnelle*. Enfin, cette fiche permet de faire le point sur les OAD utilisés dans le SdC initial et dans le SdC co-construit.

=> Fiche aide par espèce (croisant bio-agresseurs et leviers) ou Fiche aide « Leviers mobilisables dans le cas de la création d'un nouveau verger ».

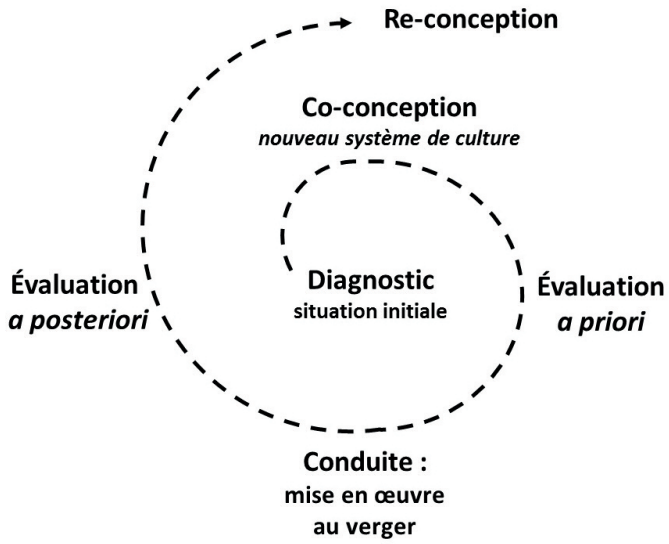


Figure 12 : Démarche d'amélioration (par itération)

◤ *Étape 3 : Évaluation du système de culture co-construit*

Il s'agit d'évaluer le SdC• co-construit a priori pour comparer ses performances par rapport au SdC initial à partir des mêmes indicateurs. L'évaluation a pour but de vérifier que les changements proposés concourent à la réduction de l'utilisation des PPP* et également d'analyser l'impact de ces changements sur les résultats économiques et l'organisation du travail.

=> Fiche Aide « Indice de Fréquence de Traitement »

=> Fiches Supports sur l'évaluation du SdC initial et du SdC co-construit :

-S7: Indicateur d'utilisation des PPP

-S8 : Evaluation de l'organisation du travail

-S8 : Indicateur économique

◤ *Étape 4 : Discussion et amélioration du système de culture co-construit*

Cette étape a pour objectif de discuter de la mise en place sur l'exploitation des changements proposés dans le SdC• co-construit.
À la suite de cette étape, il est possible de re-dérouler la démarche pour tester d'autres scénarios avec des objectifs différents et/ou d'autres options techniques afin de sélectionner le SdC le plus opportun à mettre en place sur l'exploitation.
De même, il peut être envisagé de faire évoluer un SdC en plusieurs étapes en introduisant au cours du temps (années) de nouveaux leviers d'action ce qui permet une transition progressive vers des systèmes économes en produits phytopharmaceutiques. Ceci permet aux processus écologiques de se mettre en place progressivement (en particulier l'intensification de la régulation des bio-agresseurs). Parallèlement, cela donne du temps au processus d'apprentissage par les producteurs de nouvelles manières de gérer les systèmes économes en PPP.•

Les itérations de la démarche permettent ainsi une amélioration continue, qui peut être représentée sous forme d'une spirale progressant à partir des choix précédents *(figure 12).*

Un **exemple pratique** est présenté à la fin du livret **« Fiches supports »** afin de faciliter la compréhension de la démarche.

PARTIE 2

Cas particulier de la création d'un nouveau verger

Dans le cadre de la création d'un nouveau verger, la démarche proposée est identique. En effet, pour définir les caractéristiques structurelles du nouveau verger (choix de plantation) et les nouveaux ITK* à imaginer pour obtenir un nouveau SdC* plus économe en PPP* par rapport à ce qui est pratiqué sur les vergers existants dans l'exploitation, il apparaît nécessaire :

- de réaliser l'étape 1 du diagnostic de la situation initiale pour décrire au mieux le contexte de production en sélectionnant un SdC qui servira de base de réflexion pour la création d'un nouveau SdC.

- de réaliser l'étape 2 de conception du nouveau SdC en faisant en permanence un va-et-vient entre (i) la définition des choix de plantation du nouveau verger et (ii) le nouvel ITK qui sera mis en œuvre quand le verger sera entré dans sa phase de production (se projeter sur les 5 à 6 ans à venir) en mobilisant les techniques alternatives existantes lors de la conception du SdC.

Ce travail de conception d'un nouveau verger est bien sûr assez complexe car le futur ITK du verger dans sa phase de pleine production est très « hypothétique ». En effet, cet ITK est fortement conditionné par la réussite technique du verger dans ses premières années et la disponibilité de nouvelles techniques alternatives.

Cet exercice de conception d'un nouveau verger est essentiel car il permet de réfléchir aux synergies et/ou à l'incompatibilité entre combinaisons de leviers d'action intervenant lors des choix structurels de plantation (choix du couple porte-greffe x variété, densité de plantation et forme fruitière ; infrastructures agro-écologiques, équipements tels que le système d'irrigation, les filets, etc.) et du choix des futurs leviers d'action mobilisés pour contrôler les bio-agresseurs quand le verger sera dans sa phase d'installation ou dans sa phase de production. À noter que lors de la création d'un nouveau verger, le producteur dispose d'un plus grand nombre de leviers d'action, et notamment des leviers ayant un poids très important pour le contrôle* des bio-agresseurs (ex. matériel végétal peu sensible ou résistant à certains bio-agresseurs) (Delebecq *et al*., 2013).

NB : Les fiches supports sont disponibles dans le livret séparé nommé « **Fiches supports** »*, les fiches Aides sont disponibles dans le livret nommé* « **Fiches aides** » *et les fiches techniques dans le livret nommé* « **Fiches techniques** ».

Création d'un verger de pêcher dans le sud de la France



TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 :	Représentation du système de culture en production fruitière	15
Figure 2 :	Les différentes catégories de leviers d'action pour lutter contre les bio-agresseurs	17
Figure 3 :	Représentation simplifiée des interactions trophiques dans un verger et des moyens d'action pour limiter le développement des ravageurs	18
Figure 4 :	Relations entre dégâts et dommages de récolte	20
Figure 5 :	Interactions entre le cycle du bio-agresseur, les éléments de structure du paysage l'itinéraire technique de l'année précédente	30
Figure 6 :	Combinaison des moyens d'action contre un bio-agresseur	30
Figure 7 :	Combinaison des moyens d'action contre les maladies	31
Figure 8 :	Combinaison des moyens de protection contre les ravageurs	32
Figure 9 :	Combinaison des moyens d'action contre les adventices sur le rang	33
Figure 10 :	Interactions entre éléments structurels d'un verger	34
Figure 11 :	Les 4 étapes de la démarche de co-conception d'un nouveau système de culture	39
Figure 12 :	Démarche d'amélioration (par itération)	41

Verger d'abricotiers en fleur de l'Unité PSH INRA Avignon



GLOSSAIRE

NB : Les renvois au glossaire sont symbolisés par le signe *

Agrochimie

Ensemble des activités de l'industrie chimique fournissant des produits pour l'agriculture (engrais et pesticides* notamment).

Agroécologie

Façon de concevoir des systèmes de production qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes. Elle les amplifie tout en visant à diminuer les pressions sur l'environnement et à préserver les ressources naturelles. Il s'agit d'utiliser au maximum la nature comme facteur de production en maintenant ses capacités de renouvellement.

Agro-écosystème/ Agro-système

Ecosystème créé par la pratique de l'agriculture (cultures, élevage...), donc plus ou moins artificialisé et contrôlé par l'homme en vue de dégager une production.

Atténuation en culture

Ensemble de processus contribuant à minimiser les dégâts*, lorsque la culture et le bio-agresseur* se trouvent en contact. Ces processus agissent via une modification de l'état du végétal ou du peuplement : il s'agit d'augmenter la compétitivité de la plante cultivée et d'éviter les conditions favorables au développement et à la propagation du ou des bio-agresseurs* en agissant sur la conduite de l'arbre, la fertilisation et l'irrigation, etc.

Auxiliaire

Organismes utiles pour les cultures. Ils contribuent à la régulation des bio-agresseurs* par prédation (prédateurs*) ou par parasitisme (parasitoïdes*). Les auxiliaires incluent également les organismes participant à la pollinisation des cultures (pollinisateurs).
Dans ce guide, le terme « auxiliaire » renvoie aux organismes impliqués dans la protection des cultures (prédateurs/parasitoïdes).

Bio-agresseur

Organisme pouvant engendrer des dégâts* et/ou des dommages* sur les cultures. Il s'agit d'agents responsables de maladies, de ravageurs ou de plantes adventices.

Biocontrôle

Ensemble des méthodes de protection des végétaux qui impliquent des mécanismes ou des substances naturels. Dans ce guide, il s'agit essentiellement des produits de biocontrôle utilisés de façon raisonnée pour protéger les cultures contre les bio-agresseurs* et qui sont actuellement classés en quatre familles : les macro-organismes, les micro-organismes, les médiateurs chimiques et les substances naturelles (DGAL, 2012).

Biodiversité

Ensemble des espèces vivantes, de leur matériel génétique et des complexes écologiques dont ils font partie. Cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes*

Biodiversité fonctionnelle

Biodiversité vue au travers des fonctions qu'elle assure.
Dans ce guide, la biodiversité fonctionnelle fait référence au service de régulation des ravageurs (contrôle* biologique des ravageurs via les actions de prédation/parasitisme par les auxiliaires* présents dans l'environnement).

Bulletin de Santé du Végétal (BSV)

Document **d'information technique et réglementaire** établi à partir de données recueillies par des producteurs et des techniciens (surveillance biologique) et apportant des informations précises sur les niveaux de population de divers bio-agresseurs des espèces fruitières d'une région. Les BSV sont consultables en ligne sur les sites internet des chambres d'agriculture, de la DRAAF et de la Fredon.

Chaîne trophique/ chaîne alimentaire

Ensemble des relations qui s'établissent entre organismes en fonction de la façon dont ceux-ci se nourrissent. La chaîne comprend des producteurs primaires (ex. plantes), des consommateurs primaires (ex. herbivores, phytophages), des consommateurs secondaires (ex. carnivores) et des décomposeurs (ou détritivores).

Contrôle des bio-agresseurs

Le terme de contrôle (contrôle biologique, contrôle génétique, contrôle cultural) renvoie à des moyens d'action préventifs contre les bio-agresseurs, agissant en amont des dégâts.

Dégât

Altération visible ou mesurable par rapport à une plante saine (symptôme) causée par la présence d'un bio-agresseur* sur une culture (déformations, nécroses, piqûres, défauts visuels sur les fruits,...).

Dommage de récolte

Réduction du rendement en quantité et/ou qualité due à l'attaque d'un bio-agresseur* sur une culture. Ce terme est synonyme de perte de rendement commercialisable et/ou de perte de rendement en produits transformés.

Évitement	Stratégies d'évitement consistant à éviter la concordance entre la phase de présence du bio-agresseur et la période de sensibilité de la culture
Ecosystème	Unité écologique fonctionnelle formée par le biotope (milieu physique et chimique) et la biocénose (communauté vivante) en constantes interactions.
Eléments structurels du verger	Eléments qui concernent la structure du verger, définis au moment du choix de plantation et n'évoluant pas ou peu au cours du temps (variété, porte-greffe, système d'irrigation, infrastructures...) sauf cas particulier (ex. mise en place de filets après plantation, surgreffage...).
Indice de Fréquence de traitement (IFT)	Paramètre mesurant le niveau d'utilisation des produits phytopharmaceutiques d'une parcelle ou d'un système de culture. L'IFT comptabilise le nombre les traitements effectués pour une campagne culturale, en prenant pour chaque traitement la valeur correspondant à la dose appliquée, divisée par la dose homologuée la plus faible pour l'espèce fruitière considérée (doses/ha), soit une valeur de 1 pour 1 traitement appliqué en plein à la dose homologuée. **=> Fiche aide « Indice de Fréquence de Traitement »**
Infrastructures agro-écologiques	Habitats semi-naturels ou éléments paysagers qui ne reçoivent ni fertilisants chimiques, ni pesticides* et qui sont gérés de manière extensive. Ce sont, par exemple, des haies, des lisières forestières, des bandes enherbées, des bandes fleuries...
Inoculum	Terme générique qui caractérise tout élément du bio-agresseur* capable de contaminer un hôte.
Itinéraire technique	Combinaison logique et ordonnée des techniques mises en œuvre sur une parcelle en vue d'en obtenir une production (Sebillotte, 1974)
Levier d'action alternatif	*Voir « Méthode alternative ou moyen de lutte alternatif »*
Lutte contre les bio-agresseurs	Le terme de lutte renvoie à des moyens d'action de rattrapage ou curatifs, agissant contre les bio-agresseurs lorsqu'ils sont déjà présents dans la parcelle afin de limiter leurs dégâts.
Méthode alternative ou moyen de lutte alternatif	Méthode non chimique au sens de l'article 3 du Règlement 1107/2009 et utilisation des produits de biocontrôle*. Méthodes non chimiques (art. 3 du Règlement 1107/2009) : méthodes de substitution aux pesticides chimiques pour la protection phytosanitaire et la lutte contre les ennemis des cultures, fondées sur des techniques agronomiques telles que celles visées au point 1 de l'annexe III de la directive 2009/128/CE, ou les méthodes physiques, mécaniques ou biologiques de lutte contre les ennemis des cultures. Moyen d'action contre les bio-agresseurs* autre que la lutte chimique, comprenant le contrôle* génétique, les méthodes culturales, la lutte biologique, la lutte biotechnique, la lutte physique et les produits appartenant à la catégorie «produits divers».
NODU	NOmbre de Doses Unités des produits phytopharmaceutiques*. C'est l'indicateur de référence du plan Ecophyto à l'échelle nationale qui permet d'apprécier l'intensité d'utilisation des PPP, rapportant la quantité vendue de chaque substance active à une « dose unité » définie pour chaque couple produit/usage lors de l'homologation, l'usage étant défini par la combinaison « culture+cible+mode de traitement ».
Outil d'Aide à la Décision (OAD)	Outil composé (i) d'un support matériel qui peut être un logiciel, un kit de détection de maladies ou un piège à insectes, un protocole d'observation ... (ii) de procédures, formalisées dans des modes d'emploi, de recueil des informations ou des échantillons de plantes ou de sol qui alimentent le logiciel, le kit... (iii) et de règles d'interprétation du résultat de la mesure et d'agrégation des informations (Cerf et Meynard 2006). Généralement, un OAD intègre des règles de décision* directement utilisables pour prendre une décision opérationnelle d'intervention dans la parcelle ou faire une préconisation de conduite du système de culture*.
Parasite	Organisme qui se nourrit, s'abrite et/ou se reproduit en tirant profit d'un autre organisme, « l'hôte », et qui ne tue pas en général ce dernier. La relation hôte-parasite tend souvent à un équilibre entre les deux organismes.
Parasitoïde	Organisme qui se développe sur ou à l'intérieur d'un autre organisme dit « hôte », et qui tue ce dernier au cours ou à la fin de son développement.

GLOSSAIRE

Perte économique

Diminution de la valeur marchande de la récolte et (donc du chiffre d'affaire par hectare) occasionnée par les dommages* (baisse de rendement et/ou déficit de qualité de la production) dus à l'attaque des bio-agresseurs*.

Pesticides

Ensemble des produits destinés à lutter contre les organismes considérés comme nuisibles. Les pesticides comprennent les produits phytopharmaceutiques*, mais aussi les produits biocides (produits à usage vétérinaire, produits pour la protection des bois, produits antiparasitaires et désinfectants ménagers et industriels...) dont l'objectif est autre que la protection phytosanitaire.

Phéromone

Substance sécrétée par un organisme (par la plupart des animaux et certains végétaux), qui détectée par un individu de la même espèce, provoque une réaction spécifique ou un comportement particulier (attraction d'un sexe, agrégation ou alarme des individus...). Elle peut agir à distance ou par contact, être véhiculée par l'air, l'eau ou le sol (Pintureau, 2009).

Population

Ensemble d'individus d'une même espèce présents à un endroit donné (parcelle, exploitation, région...).

Pratiques agricoles

Manières d'opérer des agriculteurs lors de l'utilisation des techniques de production dans leur contexte d'action spécifique.

Prédateur

Organisme qui met à mort des proies pour s'en nourrir ou pour alimenter sa progéniture.

Pression biotique

Densité de population/d'inoculum* d'un bio-agresseur* présent dans une zone donnée. On utilise aussi le terme de pression parasitaire.

Production intégrée

Production économique de haute qualité, donnant la priorité à des méthodes écologiquement plus sûres, minimisant l'utilisation et les effets secondaires indésirables des produits agrochimiques, afin d'améliorer la protection de l'environnement et la santé humaine (Boller et al., 2004).

Produit phytopharmaceutique

Produit ayant pour action de protéger les végétaux ou les produits des végétaux contre des organismes qui leur sont nuisibles. Par extension, cela comprend aussi quelques produits qui agissent sur certains mécanismes physiologiques des plantes. Ce sont des préparations contenant une ou plusieurs substances actives responsables des propriétés du produit et des substances appelées co-formulants pour obtenir une formulation appropriée à l'application. Les PPP sont destinés à :
- protéger les végétaux contre tous les organismes nuisibles, ou à prévenir leur action (fongicides, insecticides...).
- exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, dans la mesure où il ne s'agit pas de substances nutritives (ex. stimulateurs de croissance, éclaircissants)
- assurer la conservation des produits végétaux
- détruire les végétaux indésirables (ex. herbicides)
- freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux (ex. régulateurs de croissance).

Les produits phytopharmaceutiques ne peuvent être utilisés que s'ils ont obtenu une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) régie par le Règlement (CE) n° 1107/2009.

Prophylaxie

Ensemble des actions ayant pour but de prévenir l'apparition ou la propagation d'une maladie (par suppression d'inoculum*) ou d'un ravageur (par suppression de populations) pour limiter la contamination ou les populations des générations suivantes.

Protection intégrée

"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" (OILB-SROP, 1973).
La protection intégrée est un maillon de la production intégrée*.

Règles de décision

Règles opérationnelles permettant à l'agriculteur d'adapter ses décisions d'interventions en fonction de l'état du système sur lequel il veut agir. Pour gérer les techniques, les règles de décision sont formalisées par les agronomes en 3 parties : (i) une fonction explicitant « Pourquoi faire ? » en lien avec les objectifs et les contraintes du système, (ii) une solution décrivant « Comment faire ? » souvent formulée en « Si... Alors... Sinon... » selon les valeurs d'indicateurs de pilotage et (iii) des critères d'évaluation permettant de vérifier si la fonction a été remplie (objectifs atteints) a posteriori (d'après Reau *et al*, 1996).

Seuil biologique de nuisibilité

Densité de population*/d'inoculum* ou niveau d'infestation/d'infection à partir duquel une diminution de rendement ou de qualité est statistiquement décelable.

Seuil d'intervention économique ou seuil de nuisibilité économique

Densité de population*/ d'inoculum* ou niveau d'infestation/d'infection à partir duquel l'effet sur la diminution du rendement ou de la qualité est supérieur au coût des moyens mis en œuvre pour lutter contre le bio-agresseur*.

Solution directe

Moyen de lutte agissant directement sur le(s) bio-agresseur(s)*.

Solution de rattrapage

Levier de maîtrise des bio-agresseurs* mobilisable dans les situations où les autres leviers mis en œuvre n'ont pas donné de résultats suffisants. Il peut s'agir de lutte chimique, de lutte avec des produits de biocontrôle* ou de méthodes culturales (suppression manuelle d'organes touchés…)

Système décisionnel

Processus par lesquels le producteur décide des moyens à mettre en œuvre pour gérer ses activités de production (exploitation, systèmes de culture*) en fonction de ses objectifs stratégiques, de son plan d'action et des règles de décision* pour piloter les choix tactiques et opérationnels de ses interventions techniques.

Système de culture

Ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique. Chaque système de culture se définit par (i) la nature des cultures et leur ordre de succession, (ii) les itinéraires techniques* appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés pour les cultures retenues (Sebillotte, 1990).
Dans le cadre des productions fruitières, le **système de culture**, est défini comme l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles gérées de manière identique. Chaque système de culture se définit par la nature des cultures (espèce, caractéristiques variétales), son mode de conduite (forme fruitière, distance de plantation, gestion de l'arbre…) et les itinéraires techniques* appliqués à ces cultures en fonction de leurs objectifs (agronomiques, commerciaux…).
Le SdC correspond donc à un ensemble de parcelles partageant des **objectifs similaires** et répondant aux mêmes **règles de décision**.

Système de production

Combinaison des activités productives (nature et proportions) d'une exploitation et de ses moyens de production (terre, capital, travail). Il englobe les sous-systèmes productifs : systèmes d'élevage, systèmes de culture et les ateliers de transformation des produits. Pour les cultures, chaque système de production se caractérise par la nature des produits, les itinéraires techniques* suivis et les rendements de ces productions. Un système de production est donc constitué d'un ou de plusieurs systèmes de culture.

Techniques

Au sens général, ensemble de procédés méthodiques mis en œuvre dans un métier, un art ou une science. Les techniques ont un contenu théorique et se caractérisent donc indépendamment des utilisateurs. Par contre, l'agriculteur va adapter les techniques à son contexte lors de leur utilisation. Une intervention technique est souvent constituée d'un grand nombre de tâches de natures très diverses mais toutes nécessaires : appréciation de l'état de la partie à traiter, réglage de l'outil, organisation du chantier et gestes assurant l'exécution concrète, etc. (Gras *et al*, 1989).

Technique alternative

Voir « Méthode alternative ou moyen de lutte alternatif »

Dépérissement bactérien du poirier



BIBLIOGRAPHIE

- Attoumani-Ronceux A. (coord.), et al., 2010. Guide STEPHY (STratégies de protection des cultures Economes en produits PHYtosanitaires) [en ligne]. Disponible sur : **http://agriculture.gouv.fr/Guides,18096** [consulté le 06/06/2014]

- Auricoste C., Colombo E., Gailleton J-J., Moronval J-R., Pervanchon F., Robert F., Rousval S., 2012. Former pour concevoir, évaluer et mettre en œuvre des systèmes de culture innovants : état des lieux, principaux acquis et perspectives [en ligne]. Innovations Agronomiques 20, 123-141. Disponible sur : **http://www6.inra.fr/ciag/Revue/Volume-20-Juillet-2012** [consulté le 06/06/2014]

- Berthier C. et al., 2011. Guide CepViti (Co-conception de systèmes viticoles économes en produits phytopharmaceutiques) [en ligne]. Disponible sur: **http://agriculture.gouv.fr/Guides,18096** [consulté le 06/06/2014]

- Bidaud F., 2013. Transitions vers la double performance : quelques approches sociologiques de la diffusion des pratiques agroécologiques. Analyse, n° 63 - Septembre 2013, Centre d'études et de prospectives, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Paris, p 8.

- Boller E.F., Avilla J., Joerg E., Malavolta C., Wijnands F.G., Esbjerg P., 2004. Integrated Production. Principles and Technical Guidelines. 3rd Edition, 2004. IOBC/OILB Bulletin Vol. 27 (2) 2004, 49 p.

- Butault J.P., Dedryver C.A., Gary C., Guichard L., Jacquet F., Meynard J.M., Nicot P., Pitrat M., Reau R., Sauphanor B., Savini I., Volay T., 2010. Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? [en ligne]. Synthèse du rapport d'étude, INRA Editeur, Paris, France, 90 p. Disponible sur : **http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Eco-phyto-R-D** [consulté le 06/06/2014]

- Cerf M., Meynard J.M., 2006. Les outils de pilotage des cultures : diversité de leurs usages et enseignements pour leur conception. Natures Sciences Sociétés 14, 19-29.

- Chantre E., 2011. Apprentissage des agriculteurs vers la réduction d'intrants en grandes cultures. Cas de la Champagne Berrichonne de l'Indre dans les années 1985-2010. Thèse AgroParisTech, Paris, 397 p.

- Chovelon M., Corroyer N., Fauriel J., 2002. Produire des fruits en agriculture biologique. ITAB/GRAB (1ère édition), Editions ITAB, Paris, 317 p.

- Darré J.-P., Mathieu A., Lasseur J. (Coord.), 2007. Le sens des pratiques. Conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes. INRA Editions, 320 p.

- Delebecq A., Dewaegeneire P., Fitoussi J., Jamar L., Lateur M., Montignies E., Oste S., Thiran B., Tournant L., Wateau K., 2013. Les principales clés du verger bio transfrontalier. Pommes et poires, une approche globale. Gabnor, Phalempin, 84 p.

- DGAL., 2012. Le Nombre de doses unités (NODU) Vert Biocontrôle. Fiche méthodologique. Disponible sur : **http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Methode_Le_NODU_Vert_Biocontrole_cle075897.pdf** [consulté le 06/06/2014]

- Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger-Estrade J., 2006. 'L'agronomie aujourd'hui.' Editions Quae, Paris, 367 p.

- Dumas M., Moraine M., Reau R., Petit M-S., 2012. FERME 2010. Produire des ressources pour l'action à partir de l'analyse de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires mis au point par les agriculteurs dans leurs exploitations. Tome 1 Méthode et Résultats. Février 2012, Ecophyto, p 9-10.

- Eilenberg J., Hajek A.E., Lomer C., 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. BioControl 46, 387-400.

- Gras R., Benoit M., Deffontaines J.-P., Duru M., Lafarge M., Langlet A., Osty P.L., 1989. Le fait technique en agronomie. Activité agricole, concepts et méthodes d'étude. INRA - Editions L'Harmattan, Paris, 183 p.

- Hill S.B., MacRae R.J., 1995. Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. Journal of Sustainable Agriculture 7(1), 81-87.

- Landis D.A., Wratten S.D., Gurr G.M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Ann. Rev. Entomol 45, 175-201.

- 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, Ministères chargé de l'agriculture, Onema, GIS PIClég, 178 p.

- Meynard J.M., 2008. Produire autrement : réinventer les systèmes de cultures. In : Reau R. et Doré T. (Eds.), Systèmes de culture innovants et durables, Educagri Editions, Dijon, France. pp. 11-27.

- Meynard J.M., 2012. La reconception est en marche ! Innovations Agronomiques 20, 143-153. Disponible sur : **http://www6.inra.fr/ciag/Revue/Volume-20-Juillet-2012** [consulté le 06/06/2014]

- Pintureau B., 2009. La lutte biologique, application aux arthropodes ravageurs et aux adventices. Edition Ellypses, Paris.

- Reau R., Doré T (Coord.), 2008. Systèmes de culture innovants et durables. Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer. Educagri Editions, Dijon, France, 175 p.

- Reau R., Meynard J.M., Robert D., Gitton C., 1996. Des essais factoriels aux essais "conduite de culture". in Expérimenter sur les conduites de cultures : un nouveau savoir-faire au service d'une agriculture en mutation. ACTA, ministère de l'Agriculture, DERF, Paris, pp. 52-62.

- Regnault-Roger (coord.), 2005. Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Editions TEC&DOC, Lavoisier, Paris, 1013 p.

- Ricard J-M., Garcin A., Jay M., Mandrin J-F., 2013. Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière. Ctifl, Paris, coll. Hortipratic, 472 p.

- Ricci P., Bui S., Lamine C. (Eds), 2011. Repenser la protection des cultures : Innovations et transitions. Science en partage. Editions Quae et Educagri, Versailles et Dijon, 249 p.

- Sauphanor B., Dirwimmer C., Volay T.E., Boutin S., Chaussabel A.-L., Dupont N., Fauriel J., Gallia V., Lambert N., Navarro E., Parisi L., Plénet D., Ricaud V., Sagnes J.-L., Sauvaitre D., Simon S., Speich P., Zavagli F., 2009. Tome IV : Analyse comparative de différents systèmes en arboriculture fruitière. in Stengel P., Lapchin L., Dedryver C.-A., Reau R. (Eds). Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Edition INRA, Paris, 68 p.

- Sauvion N., Calatayud P.-A., Thiéry D., Marion-Poll F. (Eds.), 2013. Interactions insectes - plantes. Editions IRD – Quae, Paris, 749 p.

- Sébillotte M., 1974. Agronomie et agriculture, analyse des tâches de l'agronome. Cah. ORSTOM, Série. Biologie 24, 3-25.

- Sébillotte M., 1990. Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In L. Combe & D. Picard : Les systèmes de culture. Editions INRA, Paris, p 165-196.

- Sébillotte M., Soler L.G., 1990. Les processus de décision des agriculteurs: I. Acquis et questions vives. In: Brossier J., Vissac B., Le Moigne J.L. (Eds), Modélisation systémique et système agraire, INRA, Paris, p 103-117.

Maquette réalisée par le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
Délégation à l'information et à la communication
Crédit photo de couverture : C Slagmulder, INRA/Ctifl/J-M Montagnon, CA13-La Pugère.

ISBN 2-7380-1370-8

