

Guide pratique

pour la conception de systèmes de culture
plus économes en produits phytosanitaires

Application aux systèmes de polyculture



écophyto2018

Réduire et améliorer l'utilisation des phytos :
moins, c'est mieux

Le calculateur proposé en parallèle de ce guide, ainsi que la notice correspondante, sont téléchargeables sur le site du Réseau Mixte Technologique «Systèmes de Culture Innovants» :

<http://www.systemesdecultureinnovants.org>

et sur le site du MAAPRAT : **<http://agriculture.gouv.fr/ecophyto-2018>**

Animatrice du Comité de Rédaction :

- Aïcha ATTOUMANI-RONCEUX, INRA Grignon

Auteurs du guide :

- Jean-Noël AUBERTOT, INRA Toulouse
- Laurence GUICHARD, INRA Grignon
- Lionel JOUY, ARVALIS - Institut du Végétal
- Pierre MISCHLER, Agro-Transfert Ressources et Territoires
- Bertrand OMON, Chambre d'Agriculture de l'Eure
- Marie-Sophie PETIT, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne
- Émilie PLEYBER, MEEDM – DGALN
- Raymond REAU, INRA Grignon
- Andreas SEILER, MAAPRAT – DGPAAT

Relecteurs :

- Régis AMBROISE, MAAPRAT – DGPAAT
- Frédéric DEHLINGER, MAAPRAT – DGER
- Thierry DORÉ, AgroParisTech INRA
- Christine LECLERCQ, Institut Polytechnique LaSalle Beauvais
- Chantal LOYCE, AgroParisTech INRA
- Nicolas MUNIER-JOLAIN, INRA Dijon
- Bernard ROLLAND, INRA Rennes
- Philippe VIAUX

Remerciements

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

- Claude AUBERT, Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne
- Jean-Sébastien BERGER, Chambre d'Agriculture de l'Eure-et-Loir
- Michel CARIOLLE, ITB
- Emilie CHAUMONT, Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire
- Frédéric DEHLINGER, MAAPRAT - DGER
- Marc DELOS, DRAAF-SRAL Midi-Pyrénées
- Laëtitia FOURRIE, ITAB
- Charlotte GLACHANT, Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne
- Olivier GUERIN, Chambre d'Agriculture de Charente- Maritime
- Stéphane HANQUEZ, Chambre d'Agriculture de Vendée
- M. JOURDAIN, agriculteur, département de l'Eure
- Camille JOUZEL, Chambre d'Agriculture de l'Eure-et-Loir
- Sébastien LALLIER, Réseau Agriculture Durable
- Jean-Bernard LOZIER, agriculteur, département de l'Eure
- Jean-Marie LUSSON, Réseau Agriculture Durable
- Alexis DE MARGUERIE, FR CIVAM Pays de Loire
- Lionel RAYNARD, directeur de l'exploitation de l'EPLEFPA *Olivier de Serres* de Dijon-Quetigny
- Méline SCHMIT, Chambre d'Agriculture de Seine Maritime
- Régis VECRIN, Chambre d'Agriculture de l'Orne
- Cécile VINSON, INRA Grignon

Sommaire

Liste des abréviations	6
Préface	7
Glossaire	9
Introduction	12
▶ Les objectifs du guide	12
▶ La structure du guide	14
▶ Quelques recommandations pour l'usage de ce guide	15
Partie I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures	17
I. La production intégrée et les différentes stratégies de protection des cultures	17
II. Notions de « dégât », de « dommage » et de « perte »	18
III. les moyens de protection des cultures existants	20
▶ III. 1. Les catégories de moyens de protection contre les bioagresseurs	20
▶ III. 2. Les moyens de contrôle alternatifs existants	21
▶ III. 3. Des moyens de contrôle à combiner pour répondre au mieux aux objectifs de l'agriculteur	34
Partie II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires	41
I. Les rôles de l'agriculteur et de l'accompagnateur dans la conception de nouveaux systèmes de culture	41
II. La démarche proposée	42
III. Étape 1 : Diagnostic de la situation initiale	46
▶ III.1. Fonctionnement global de l'exploitation	46
▶ III. 2. Description du système de culture à améliorer	47
▶ III. 3. Evaluation du système de culture initial	53
IV. Étape 2 : Co-conception de systèmes de culture alternatifs	55
▶ IV. 1. Réflexion sur la rotation	55
▶ IV. 2. Réflexion sur les itinéraires techniques	61
V. Étape 3 : Evaluation des systèmes de culture alternatifs par rapport au système de culture initial	67
VI. Étape 4 : Discussion sur les résultats	71
Bibliographie	73
Annexes	77
Annexe 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture	79
Annexe 2 : itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes : la logique « raisonnée », la logique « intégrée à l'échelle de l'ITK » et la logique « intégrée à l'échelle du SDC »	88

Liste des abréviations

Les termes de cette liste sont repérés par l'indication ^a dans le texte.

AB	Agriculture biologique
CORPEN	Comité d'Orientation pour des Pratiques Agricoles Respectueuses de l'Environnement
EA	Exploitation Agricole
IBIS	Intégrer la Biodiversité dans les Systèmes d'exploitations agricoles (projet CASDAR 2008-2010, piloté par la Chambre Régionale d'Agriculture de la Région Centre)
IC	Interculture
IFT	Indice de Fréquence de Traitement
ITCF	Institut Techniques des Céréales et des Fourrages
ITK	Itinéraire Technique
MO	Matière Organique
N	Azote
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
RAD	Réseau Agriculture Durable
RMT	Réseau Mixte Technologique
RSA	Revue Suisse Agricole
SDC	Système De Culture ^{§1}
SdCI	Système De Culture Innovant
STEPHY	Stratégies de Protection des Cultures Economes en Produits Phytosanitaires
TCS	Technique Culturelle Simplifiée

¹ L'indication [§] dans le texte fait référence aux termes répertoriés dans le glossaire.

Ce guide a pour objectif, nous disent ses auteurs dans l'introduction, de « proposer une démarche pour la conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires ». Il s'agit, ajoutent-ils, « d'aller au-delà d'une simple amélioration de l'efficacité des traitements. (...) Cela suppose une modification profonde du système de culture et l'adoption de pratiques alternatives de gestion des bioagresseurs, permettant de limiter en amont les risques sanitaires ».

Lorsque, dans les années 70 et 80, s'est développé en grande culture l'usage des produits phytosanitaires, on a assisté à une incroyable homogénéisation du conseil technique. Il n'y avait plus, par exemple, dans toute l'Europe de l'Ouest, qu'une « bonne » manière de cultiver le blé, basée sur l'usage intensif de pesticides, et visant à maîtriser tous les facteurs limitants pour maximiser le rendement : semer le plus tôt possible, semer très dru (« une plante, un épi, pour n'avoir que des brins maîtres »), alimenter la culture en éléments minéraux de manière à ce qu'elle ne manque jamais de rien (« un beau blé doit toujours être vert, très vert »), et assurer une couverture phytosanitaire complète, en éliminant les adventices en prélevée et les maladies avant que les symptômes n'apparaissent. Cette protection préventive était d'autant plus indispensable que les rotations courtes, les semis très précoces, les densités fortes et l'alimentation azotée ad libitum aggravaient les risques sanitaires. La chimie prétendait résoudre tous les problèmes. Les pesticides étaient devenus les pivots des systèmes de culture.

La démarche qui nous est proposée dans ce guide remet l'agronomie au centre de la réflexion sur les pratiques agricoles. L'agronomie nous offre en effet non seulement des solutions techniques pour limiter les populations de bioagresseurs, mais également un cadre de raisonnement systémique pour choisir les techniques adaptées à chaque situation, et les combiner entre elles de manière synergique. « Il n'y a pas, nous disent les auteurs de ce guide, de combinaisons « types » efficaces pour maîtriser les bioagresseurs : ces combinaisons sont à construire au cas par cas, selon les moyens dont on dispose et les contraintes que l'on a ». C'est le renouveau de la diversité : la diversité biologique (rotations longues, associations, auxiliaires) fait son retour dans les champs ; la diversité des manières de conduire les cultures, son retour dans le conseil.

Ce guide fait le pari de l'inventivité, de l'autonomie de pensée des acteurs de terrain. Il propose de valoriser en complémentarité les savoirs locaux, les innovations technologiques et les connaissances scientifiques. Il formalise une démarche de réflexion, basée sur un diagnostic de la situation locale, associant l'agriculteur qui veut faire évoluer ses systèmes et son conseiller, qui l'aide à imaginer des alternatives, à les combiner, à les adapter, et à évaluer ce que ces alternatives lui feraient gagner –ou perdre–, en termes économique, écologique, ou organisationnel. Ce guide interpelle l'agriculteur et le conseiller dans leurs pratiques professionnelles : il suggère au premier qu'il peut apprendre à se passer, dans bien des cas, de traitements qu'il jugeait incontournables ; il propose au second de ne plus être celui qui détient la vérité technique, mais celui qui aide à penser. La révolution culturelle s'accompagne d'une révolution culturelle !

Ce guide résulte d'un travail collectif, dans lequel chaque partenaire (recherche, formation, ministères, développement agricole) a mis en débat ses connaissances et ses savoir-faire, pour construire un consensus. Il résulte de ce dialogue inter-institutionnel un document qui allie de manière remarquable opérationnalité et pertinence scientifique. Rendons hommage au CORPEN (Comité d'Orientation pour des Pratiques Agricoles Respectueuses de l'Environnement), émanation des Ministères chargés de l'Agriculture et de l'Écologie, d'avoir été à l'origine de ce travail collectif. Souhaitons que les nouvelles institutions qui le remplacent soient aussi productives que le CORPEN l'a été depuis sa création en 1984, et nous permettent de disposer dans l'avenir de nouveaux outils, aussi à-propos que celui-ci, pour aider l'agriculture à s'adapter.

Jean-Marc MEYNARD
Directeur de Recherche à l'INRA

Juillet 2010

Allélopathie	Tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante sur une autre, par le biais de composés biochimiques libérés dans l'environnement [1] ¹ .
Assolement	Répartition à un instant donné de différentes cultures sur un territoire.
Atténuation en culture	L'atténuation en culture a pour objectif de minimiser les dégâts [§] lorsque la culture et le bioagresseur [§] se trouvent en contact. Ce processus agit via une modification de l'état du peuplement : il s'agit d'augmenter la compétitivité de la culture et d'éviter les conditions favorables au développement et à la propagation du ou des bioagresseurs [§] en jouant sur les dates et densités de semis, sur la fertilisation, sur l'irrigation, et en mettant en œuvre des associations d'espèces et de variétés.
Auxiliaire	Les auxiliaires des cultures sont des ennemis naturels des bioagresseurs [§] des cultures, parasites ou prédateurs, qui contribuent à la régulation des populations de nuisibles.
Bioagresseurs	Organismes pouvant engendrer des dommages [§] sur cultures. Il peut s'agir d'agents pathogènes responsables de maladies, de ravageurs ou de plantes adventices.
Biofumigation	Pratique consistant à cultiver en interculture [§] , puis broyer et enfouir à un stade donné certaines espèces végétales choisies pour leur potentiel toxique pour les bioagresseurs telluriques [2]. Elle repose sur l'utilisation de plantes riches en glucosinolates – principalement des crucifères (moutarde, radis). Ces molécules se transforment lors de leur décomposition en molécules volatiles et toxiques pour certains organismes du sol [3].
Biotrophe	Qualifie un organisme qui se nourrit aux dépens d'une cellule vivante.
Contrôle cultural	Le contrôle cultural englobe tous les moyens de contrôle autres que la lutte chimique [§] , la lutte biologique [§] , le contrôle génétique [§] et le contrôle physique [§] . Il consiste à adapter le système de culture [§] afin de limiter les dommages [§] dus aux bioagresseurs et fait pour cela appel notamment à des modifications des rotations, de la date et de la densité de semis de ces cultures, à une gestion appropriée de la fertilisation et à la gestion du travail du sol [5] [6].
Contrôle génétique	Le contrôle génétique consiste à utiliser des plantes sélectionnées pour leur résistance [§] , leur tolérance [§] ou leurs caractéristiques physiologiques pour maîtriser les bioagresseurs [7].
Culture intercalaire	Culture implantée entre les rangs d'une culture d'une espèce différente.
Culture intermédiaire	Culture implantée pendant la période d'interculture [§] , entre deux cultures de production (exemple des Cultures Intermédiaires Pièges A Nitrate - CIPAN -, des engrais verts ou des cultures en dérobées).
« Dégât »	Toute déviation visible ou mesurable par rapport à une plante saine (symptôme) causée par la présence d'un bioagresseur sur une culture (jaunissement, nécroses,...) [5] [6]. On utilisera dans le guide le terme « dégât observé » pour désigner cette notion.
« Dommage »	Perte de récolte [§] (réduction du rendement en quantité et/ou qualité) due à l'attaque d'un bioagresseur sur une culture) [5] [6]. Dans le guide, on utilisera le terme « dommage de récolte » pour cette notion.
Evitement	Les stratégies d'évitement consistent à éviter la concordance entre la phase de contamination du bioagresseur et la période de sensibilité de la culture. Le principal levier est le raisonnement de la date de semis, à coupler avec un choix de variétés adéquat.

¹ Les chiffres entre crochets font référence à la liste bibliographique située à la fin du guide.

Effet précédent	L'effet précédent représente les variations des états du milieu d'une parcelle entre le début et la fin d'une culture. Cette notion est à mettre en relation avec celle de « sensibilité du suivant », définie comme « l'ampleur des réactions d'une culture à la diversité des états du milieu laissés par la culture précédente » [8].
Incidence	Fréquence de plantes subissant des dégâts § à l'échelle d'une parcelle [9].
Inoculum	Terme générique qui caractérise tout élément du parasite capable de contaminer un hôte [10].
Interculture	Période s'étalant de la récolte d'une culture de production au semis de la culture de production suivante.
Itinéraire technique (ITK)	Combinaison logique et ordonnée des techniques mises en œuvre sur une parcelle agricole en vue d'obtenir une production [11]. Ce concept met l'accent sur la cohérence et les interactions entre les interventions techniques de l'agriculteur [12].
Lutte biologique	La lutte biologique utilise des organismes vivants pour prévenir ou réduire les dommages § causés par des bioagresseurs [13]. C'est par exemple l'utilisation du trichogramme sur le maïs, ou du Contans sur Sclérotinia.
Lutte chimique	La lutte chimique consiste à utiliser des produits phytosanitaires pour la protection des cultures.
Lutte physique	La lutte physique consiste à utiliser des moyens mécaniques, thermiques, électromagnétiques ou pneumatiques pour le contrôle des bioagresseurs (Exemple du désherbage mécanique en grandes cultures [6] [7]).
Moyen (ou méthode) de contrôle alternatif	Moyen de contrôle autre que la lutte chimique : contrôle génétique, contrôle cultural, lutte biologique ou lutte physique.
Périodes d'implantation	Quatre périodes d'implantation des cultures sont classiquement distinguées en France : « automne précoce » (fin été/début automne : exemple du colza) « automne tardif » (fin automne : exemple du blé) « printemps précoce » (début printemps : exemple du pois de printemps) « printemps tardif » (fin printemps : exemple du maïs) [14].
« Perte »	Perte économique due à l'attaque d'un bioagresseur sur une culture. Elle peut avoir comme origine une baisse de rendement et/ou un déficit de qualité de la production suite à l'attaque d'un bioagresseur [6] [15] [16]. Cette notion est à distinguer de celles de « perte de récolte » § et de « perte de rendement » § [15].
Perte de récolte	Pertes directes et indirectes, en quantité (pertes de rendement) comme en qualité (altération des qualités de conservation, de l'aspect du produit,...), occasionnée par les bioagresseurs des cultures. On parle aussi de « dommage ». Cette notion est à bien distinguer de celles de « perte de rendement § », qui ne concerne que les pertes en quantité [6] [15] [16].
Perte de rendement	Pertes en quantité (baisse de rendement) occasionnées par les bioagresseurs des cultures [6] [15] [16].
Production intégrée	Système agricole de production d'aliments et des autres produits de haute qualité qui utilise des ressources et des mécanismes de régulation naturels pour remplacer des apports dommageables à l'environnement et qui assure à long terme une agriculture viable [13].
Prophylaxie	Ensemble des mesures physiques, variétales, culturales... tendant à empêcher l'apparition de bioagresseurs ou à en minimiser les effets.

Protection « alternative »	Stratégie de protection des cultures où l'on cherche à substituer à la lutte chimique un moyen de protection unique [18]. Cela peut consister par exemple à remplacer la lutte chimique par la lutte biologique pour la maîtrise des ravageurs, par le contrôle génétique § pour celle des maladies ou par le désherbage mécanique pour celle des adventices.
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 limitations [13].
Résistance	Tout phénomène qui chez un végétal interdit ou limite le développement d'un bioagresseur [10].
Rotation	« Suite des cultures qui se succèdent sur une parcelle dans un sens ordonné, se reproduisant de manière semblable au cours du temps. Lorsque cette dernière condition n'est pas respectée, on utilise de préférence le terme de succession culturale » [46]. On utilisera dans ce guide le terme « rotation » pour désigner une suite de cultures prévue sur une période de temps, au-delà de laquelle la succession se reproduit a priori, et le terme « succession de cultures » pour désigner la suite de cultures effectivement réalisée.
Saprotrophe	Qualifie un organisme qui se nourrit en absorbant les éléments nutritifs de cellules mortes.
Solution de rattrapage	Une solution de rattrapage est un levier de maîtrise des bioagresseurs mobilisable en dernier recours 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 rattrapage ou de désherbage mécanique par exemple.
Semis sous-couvert	Semis d'une nouvelle culture suite à l'implantation d'un couvert au préalable, la deuxième espèce semée ne prenant son plein développement que lors de la récolte du couvert.
Sévérité	Pourcentage de surface atteinte sur une plante subissant des dégâts § de bioagresseur [9].
Stratégie push-pull	Stratégie consistant à attirer les ravageurs des cultures sur certains points du territoire en répartissant de manière raisonnée des cultures permettant de les repousser ou de les attirer. Cela permet ainsi de les éloigner des parcelles cultivées et d'éviter les dégâts § de ces ravageurs.
Succession de cultures	Cf. « rotation ».
Système de culture (SDC)	Ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique. Chaque système de culture se définit par la nature des cultures, leur ordre de succession (rotation) et les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures [8].
Tolérance	Aptitude d'une plante à limiter le dommage § engendré par un dégât § de bioagresseur.

Introduction

LES OBJECTIFS DU GUIDE

La protection des cultures s'est essentiellement appuyée depuis quatre décennies sur l'usage de produits phytosanitaires. Cet usage se trouve aujourd'hui confronté à de nombreux enjeux :

→ **Des enjeux agronomiques** : des résistances aux produits phytosanitaires se sont développées chez les bioagresseurs¹, menant à une érosion de l'efficacité des produits, voire à des impasses techniques dans certaines situations. A cela s'ajoute le retrait programmé de l'autorisation de mise sur le marché de certains produits, ce qui impose aux agriculteurs de se tourner vers d'autres manières de protéger leurs cultures.

→ **Des enjeux sanitaires** : l'usage des produits phytosanitaires entraîne des risques sanitaires tant au niveau des agriculteurs qui s'y trouvent directement exposés qu'au niveau des consommateurs, exposés dans une moindre mesure via les résidus de pesticides pouvant être contenus dans les produits de l'agriculture et dans l'eau.

→ **Des enjeux environnementaux** : les impacts des produits phytosanitaires sur la biodiversité et sur la pollution des milieux (eau, sol ou air) ne sont plus à démontrer.



Dessin de Robert Rouso paru dans Le Courrier de l'environnement de l'INRA N°369.95

→ **Des enjeux économiques** : l'usage de produits phytosanitaires permet d'assurer un certain niveau de rendement en protégeant les cultures des dégâts² causés par les bioagresseurs. Cependant, la réduction de cet usage par la mise en place de pratiques alternatives de gestion de ces bioagresseurs peut permettre d'alléger les charges en produits phytosanitaires sans pour autant diminuer de beaucoup le rendement. D'autre part, étant donné la variabilité des prix agricoles et le pas de temps pluriannuel nécessaire à la mise en place d'un système de culture cohérent, il semble logique de s'affranchir de la conjoncture économique annuelle pour élaborer des systèmes robustes quelque soit le contexte de prix [17]².

¹ L'indication² dans le texte fait référence aux termes répertoriés dans le glossaire.

² Les chiffres entre crochets font référence à la liste bibliographique située à la fin du guide.

Introduction

→ **Des enjeux réglementaires** : la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) impose d'atteindre un « bon état » des masses d'eau d'ici 2015. Par ailleurs, le plan Ecophyto 2018, qui s'inscrit dans la suite du Grenelle de l'Environnement, vise à réduire de 50 % l'usage des pesticides en France en 10 ans si possible. Il comprend entre autres le retrait du marché des préparations contenant les 53 substances actives les plus préoccupantes. Ce plan anticipe une obligation de la Directive Cadre sur l'utilisation durable des pesticides, qui prévoit que les États membres adoptent des plans d'action nationaux, en vue de réduire les risques et les effets de l'utilisation des pesticides et d'encourager l'élaboration et l'introduction de la lutte intégrée.

Face à ces enjeux, **il est nécessaire de trouver des moyens pour réduire durablement la dépendance des systèmes de culture à l'usage de produits phytosanitaires.**

Ce guide a été conçu dans le cadre d'un groupe de travail démarré sous l'égide du CORPEN ^{a1}, le groupe STEPHY (STratégies de protection des cultures Economes en produits PHYtosanitaires). Il a pour objectif de **proposer une démarche pour la conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires en se fondant sur des stratégies alternatives de protection contre les bioagresseurs.** Son ambition est **d'aider au conseil et à la formation d'agriculteurs et de conseillers souhaitant se lancer dans une agriculture moins consommatrice de pesticides.** Il est consacré aux systèmes de polyculture, même si les méthodes qui y sont décrites pourraient être extrapolées à d'autres systèmes de culture intégrant des cultures assolées, voire des cultures pérennes.

Ce guide propose une **démarche** pour la construction de ces systèmes, **plus que des solutions techniques à mettre en œuvre.** Il valorise notamment les travaux effectués dans le cadre du projet ADAR Systèmes de Culture innovants (2005-2006) et les travaux actuels du RMT^a Systèmes de Culture Innovants.

¹ L'indication ^a dans le texte fait référence aux termes répertoriés dans la liste des abréviations.

LA STRUCTURE DU GUIDE

Le guide est composé de deux parties.

La première partie reprend quelques **concepts de base** relatifs à la protection des cultures, et décrit notamment les stratégies et méthodes de lutte alternatives pour la protection des cultures. Cette partie s'inspire largement des travaux menés dans le cadre d'ECO-PHYTO R&D [17] et de l'expertise scientifique collective sur les pesticides [6], qui fournissent une synthèse des connaissances et des expériences actuelles dans ce domaine. Elle s'appuie aussi sur les connaissances expertes des auteurs de ce guide et de celles d'experts externes qui ont été sollicités ponctuellement.

La seconde partie propose une **démarche de conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires** à mettre en œuvre **avec** l'agriculteur. Cette démarche est décomposée en plusieurs étapes : elle commence par donner des clés pour décrire le contexte dans lequel se situe le système sur lequel on souhaite travailler, pour ensuite fournir des éléments pour décrire ce système, de manière à pouvoir mettre en évidence ses atouts et ses limites vis-à-vis de la gestion des bioagresseurs. L'étape de co-conception proprement dite aide le lecteur à construire à partir du système de culture initial des systèmes de culture alternatifs plus économes en produits phytosanitaires. La dernière étape d'évaluation de ces systèmes permet de comparer leurs performances par rapport au système initial sur différents critères : le niveau d'utilisation des pesticides, mais aussi le bilan azoté, la quantité d'énergie consommée, et quelques critères socio-économiques.

Des encadrés insérés dans le texte permettent de donner le regard d'agriculteurs (notés A dans les témoignages) ou d'accompagnateurs (notés C dans les témoignages) sur les points qui sont abordés. Ils correspondent à des témoignages recueillis auprès de personnes interrogées sur la conception et la mise en œuvre de systèmes économes en intrants.

Tout au long de la deuxième partie de ce guide, on fera appel à trois types d'outils pour aider l'agriculteur et son accompagnateur dans la démarche de conception (voir cahiers annexes du guide) :

► **Les fiches supports : parcours rapide/parcours approfondi**

Supports pratiques pour la mise en œuvre de la démarche proposée, elles sont à renseigner au fur et à mesure de la conception ; elles pourront être remises par la suite à l'agriculteur pour qu'il puisse garder une trace de la discussion.

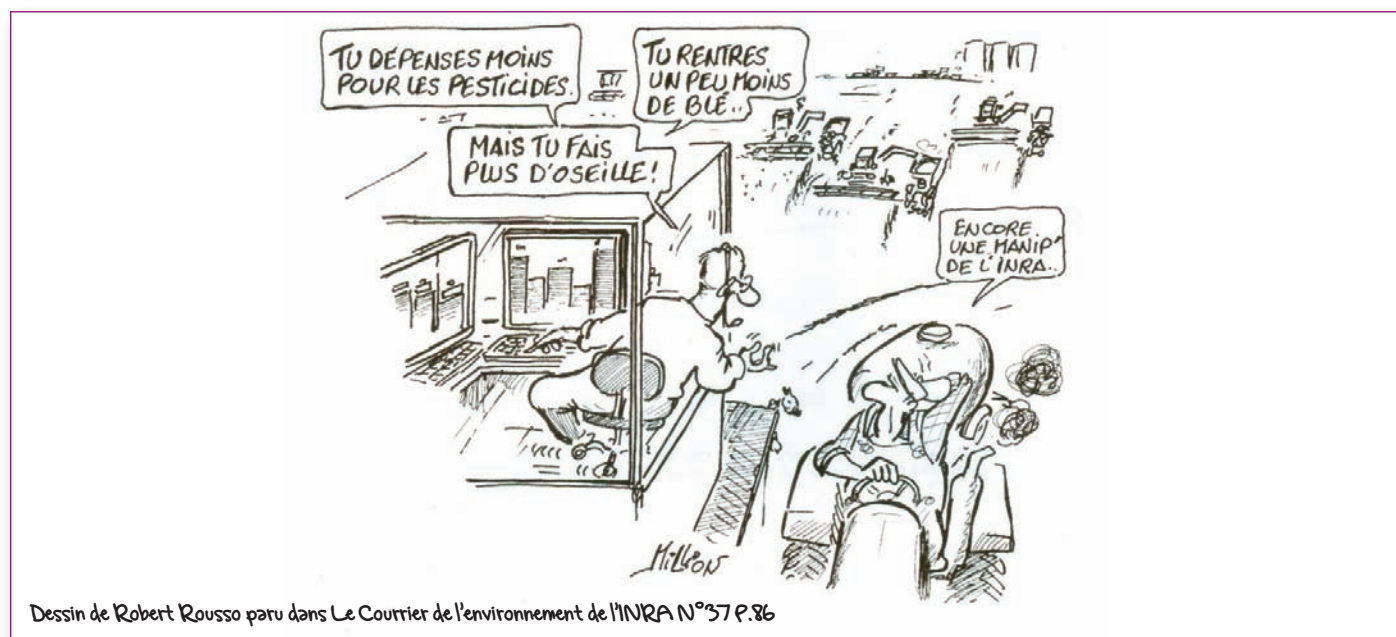
L'ensemble de ces fiches constituent le questionnaire d'entretien pour travailler avec l'agriculteur et sont rassemblées dans deux cahiers différents, correspondant aux deux parcours proposés pour la démarche.

► **Les fiches aides**

Elles contiennent des informations (tables, abaques) utiles à la conception.

► **Le calculateur STEPHY**, construit pour accompagner la démarche proposée dans ce guide, peut remplacer certaines fiches-supports, notamment pour la description des pratiques de l'agriculteur. Il permet par ailleurs de faire une évaluation rapide des systèmes de culture qui sont à améliorer et des nouveaux systèmes proposés. Il est disponible sur le site du RMT SdCI ^a (<http://www.systemes-decultureinnovants.org/>) et sur le site du MAAPRAT (<http://agriculture.gouv.fr/ecophyto-2018>).

Introduction



Nous nous sommes efforcés de décrire dans ce guide une démarche complète pour la conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires avec l'agriculteur.

Cependant, nous sommes conscients que sa mise en œuvre n'est pas toujours possible pour des raisons de temps, de moyens disponibles ou d'implication de l'agriculteur dans la démarche. Nous proposons donc pour chaque étape de cette démarche deux parcours :

→ un « **parcours approfondi** », déroulant la démarche complète

→ un « **parcours rapide** », qui propose une démarche simplifiée. Il faut cependant garder en mémoire que ce parcours est moins précis que le précédent sur certains aspects de la démarche, et notamment sur le diagnostic et l'évaluation des systèmes de culture actuel et alternatifs. Il a été pensé comme un parcours permettant de sensibiliser à la réflexion sur des systèmes de culture économes et, nous l'espérons, donner l'envie d'approfondir le travail réalisé dans un second temps.

QUELQUES RECOMMANDATIONS POUR L'USAGE DE CE GUIDE

Ce guide aborde la question des économies d'utilisation de produits phytosanitaires à **l'échelle de la parcelle et sur la durée de la rotation**, et ce pour des systèmes de polyculture. Les actions permettant de réduire l'usage de ces produits à d'autres échelles (échelle de l'exploitation, du territoire) ne seront donc pas détaillées. Un encadré en page 39 les décrit cependant rapidement.

Nous n'aborderons pas non plus les pratiques se fondant sur un raisonnement de l'utilisation des pesticides (éviter les traitements systématiques, intervenir en fonction de seuils de nuisibilité, réduire les doses de produits appliquées, utiliser des modèles de prévision...) et les règles de stockage et de manipulation des produits permettant de réduire les risques sanitaires et environnementaux. Bien qu'elles participent à réduire les pollutions ponctuelles et qu'elles soient un premier pas vers la réduction des usages des pesticides, ces pratiques ne permettent pas une réduction significative de ceux-ci. **L'objectif est en effet d'aller au-delà d'une simple amélioration de l'efficacité des traitements ou d'une substitution des produits actuellement utilisés** par un raisonnement accru des pratiques ; ce guide vise à réduire la dépendance des systèmes de culture à l'utilisation des produits phytosanitaires. Cela suppose une modification plus profonde du système de culture § et l'adoption de pratiques alternatives de gestion des bioagresseurs §, permettant de limiter en amont les risques sanitaires [18][19].

Introduction

Par ailleurs, nous proposons dans le cadre de la démarche décrite une **évaluation a priori** des systèmes qui seront construits. **Le suivi de la mise en place et l'évaluation a posteriori de ces systèmes ne font pas partie du champ de ce guide.**

Ce guide a été conçu d'une part **pour l'animation de groupes d'agriculteurs ou de conseillers lors de formation** : il décrit ainsi quelques fondamentaux de la protection des cultures en s'efforçant d'illustrer les différentes notions abordées, au travers des exemples pris dans le guide, des fiches aides et de l'annexe II sur les itinéraires techniques « types » selon différentes logiques de protection, et propose une démarche type.

D'autre part, il a été conçu **pour être utilisé sur une exploitation par un binôme agriculteur/accompagnateur** (ou éventuellement par un agriculteur seul) **pour réfléchir sur des systèmes alternatifs à ceux qu'il pratique actuellement**. C'est surtout la deuxième partie du guide et les fiches-supports qui sont concernés par cet aspect.

Le temps de mise en œuvre de la démarche est estimé **à une demi-journée, voire une journée** pour un système de culture, selon le parcours mis en œuvre. A cette occasion, il est utile que l'agriculteur dispose des enregistrements de ses pratiques et de ses documents comptables. Ce temps n'inclut pas le temps de lecture et d'appropriation de l'ensemble du guide, qui doit faire l'objet d'un travail préalable de la part de l'accompagnateur.

L'objectif premier de ce guide est de décrire et d'accompagner la mise en œuvre d'une démarche plutôt que les solutions techniques en elles-mêmes. Il est à utiliser en combinaison avec des fiches décrivant plus en détail la mise en œuvre des pratiques qui y sont mentionnées. Ces fiches sont déjà disponibles pour la gestion des adventices [14]. Elles sont complétées par les travaux en cours du RMT SdCl^a en ce qui concerne la gestion des autres catégories de bioagresseurs (maladies et ravageurs) et seront disponibles au fur et à mesure de leur conception sur le site internet du RMT (<http://www.systemesdecultureinnovants.org/>).

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

I - LA PRODUCTION INTÉGRÉE ET LES DIFFÉRENTES STRATÉGIES DE PROTECTION DES CULTURES

Dans la démarche proposée dans ce guide, l'objectif sous-jacent est de **réduire la consommation de produits phytosanitaires sur un système de culture, tout en surveillant les autres éléments du système** (consommation d'azote, d'énergie, maintien de revenus convenables pour l'agriculteur,...). Cette démarche se situe donc dans un cadre de production intégrée. Cette notion a fait l'objet de plusieurs définitions, mais nous retiendrons ici celle donnée par l'OILB-SROP en 1973 [13] :

« Système agricole de production d'aliments et des autres produits de haute qualité qui utilise des ressources et des mécanismes de régulation naturels pour remplacer des apports dommageables à l'environnement et qui assure à long terme une agriculture viable. »

La protection des cultures n'est en effet qu'une des facettes de la production végétale, qui est à considérer dans un ensemble où tous les éléments du système (gestion des bioagresseurs, de l'azote, de l'énergie consommée,...) doivent être mis en cohérence. Développer une stratégie de protection des cultures sans tenir compte de cet ensemble est inapproprié. C'est pourquoi **nous nous situons dans ce guide dans le cadre de la production intégrée, et non uniquement de la protection intégrée**.

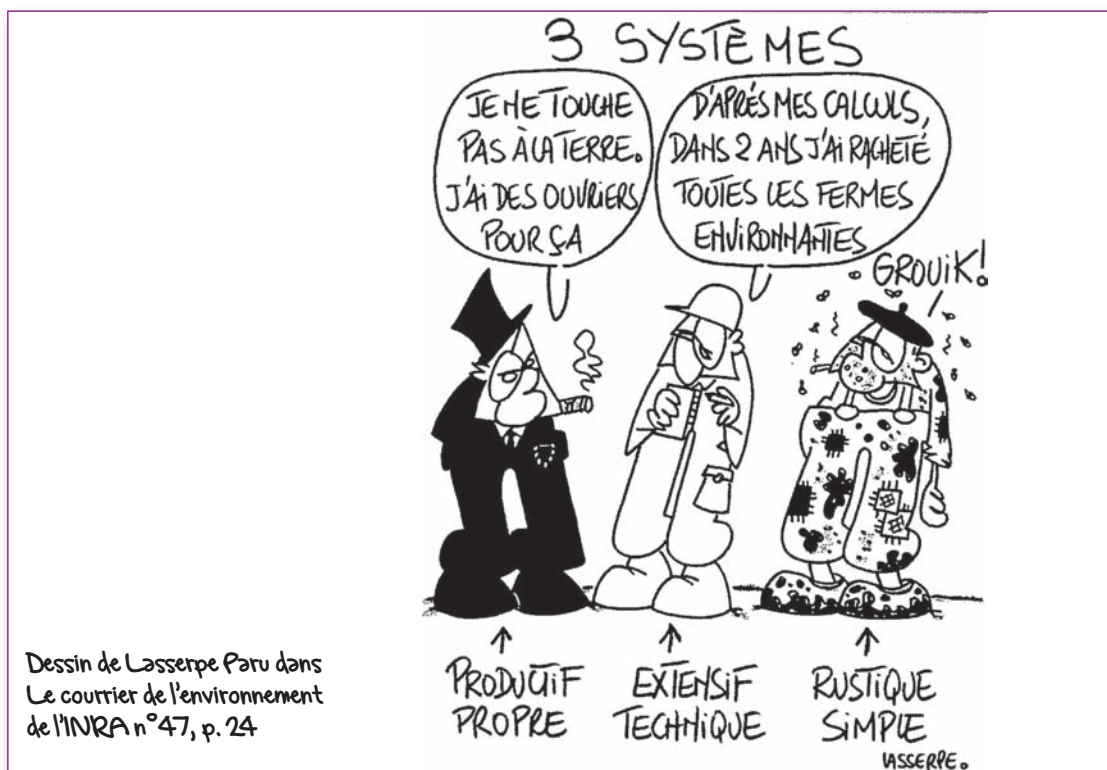
Le tableau 1 résume les différentes approches de la protection des cultures par rapport à cette notion de « production intégrée ».

Tableau I - Approche fonctionnelle des différentes stratégies de protection des cultures

	Protection systématique	Protection raisonnée	Protection « alternative » §	Protection dans le cadre d'une production intégrée
Stratégie	Limitation des dégâts § observés Utilisation systématique des produits phytosanitaires	Réduction des pertes économiques § par la limitation des dommages de récolte § Optimisation de l'usage des produits phytosanitaires	Réduction des pertes économiques par la limitation des dommages de récolte § Introduction de techniques de substitution des produits phytosanitaires	Réduction des pertes économiques Mobilisation de combinaisons de moyens de lutte alternatifs à la lutte chimique, tout en assurant une gestion durable des autres moyens de production (azote, énergie,...)
Moyens de contrôle mobilisés	Lutte chimique §	Lutte chimique	Lutte chimique ou moyen de lutte alternatif	Ensemble de moyens de lutte alternatifs et chimiques
Echelle temporelle mobilisée	Saisonnière ou annuelle	Saisonnière ou annuelle	Saisonnière ou annuelle	Pluriannuelle (rotation)
Echelle géographique mobilisée	Sole de la culture	Parcelle ou infra-parcelle (agriculture de précision)	Parcelle	Assolement § et territoire
OAD § mobilisés	Calendriers de traitements préétablis Programmes de protection chimique	OAD pour adaptation date, dose, opportunités de traitements Observations, avertissements agricoles	Observations OAD pour le choix des techniques alternatives	Observations OAD pour le choix des techniques alternatives OAD pour l'adaptation des doses, opportunités de traitements chimiques OAD pour juger de l'intérêt de la mise en œuvre de techniques de rattrapage OAD pour la gestion de l'assolement N.B. : ces outils n'existent pas tous aujourd'hui.

Les chapitres qui suivent abordent les notions utilisées dans ce tableau de manière plus détaillée.

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures



II - NOTIONS DE «DÉGÂT», DE «DOMMAGE» ET DE «PERTE» [5] [6] [15]

Sans aucune mesure de protection des plantes, les bioagresseurs causeraient des pertes de rendement considérables par rapport aux rendements que l'on peut atteindre aujourd'hui. On comprend donc le soin que les agriculteurs portent à cet aspect : ils cherchent à se protéger au mieux des pertes de revenus, et pour cela veulent limiter les pertes de récolte. Les bioagresseurs sont donc strictement contrôlés dans une stratégie de sécurisation de la production.

Cependant, **il est important de distinguer les notions de dégât** ^ε, **dommage** ^ε et **perte** ^ε. Le **dégât** est l'observation de l'impact d'une population de bioagresseurs sur une culture (**symptômes observés**).

On entend par **dommage** une **perte de récolte** ^ε, **quantitative ou qualitative**, due à l'activité d'un bioagresseur donné. La notion de perte fait quant à elle référence à la **perte économique** engendrée par les dommages.

Le dégât n'entraîne pas forcément de dommage, ni de perte, puisque cela dépend du lien entre ces dégâts et la phase d'élaboration du rendement et de la qualité d'une culture. La courbe représentant la fonction de dommage représentée en Figure 1, illustre cette idée : en-dessous d'un certain niveau de dégâts, le dommage reste faible.

De la même façon, **le dommage n'induit pas systématiquement de perte économique**. Par exemple, la présence de taches de tavelure sur des produits n'est pas forcément répercutée sur leur prix s'ils sont commercialisés en Agriculture Biologique.

Pour bien distinguer ces notions par la suite, les termes « **dégât observé** », « **dommage de récolte** » et « **perte économique** » seront utilisés.

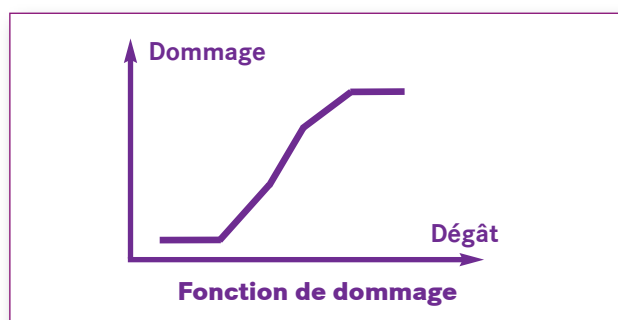


Figure 1 : Représentation d'une fonction de dommage

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

Le schéma en Figure 2 illustre ces idées.

La transition entre dégât et dommage dépend du processus d'élaboration du rendement et d'une fonction de dommage (perte de récolte en fonction de la quantité de dégât observée), la transition entre dommage et perte dépend de facteurs socio-économiques (valeur de la production récoltée, ...) et d'une fonction de perte (perte économique en fonction de la quantité de dommages).

Alors que les méthodes de protection des cultures systématiques sont orientées vers la limitation des dégâts observés pour éviter les dommages de récolte, **le raisonnement qui est mis en œuvre dans ce guide privilégie la limitation des pertes économiques en tolérant un certain niveau de dégât et de dommage.**

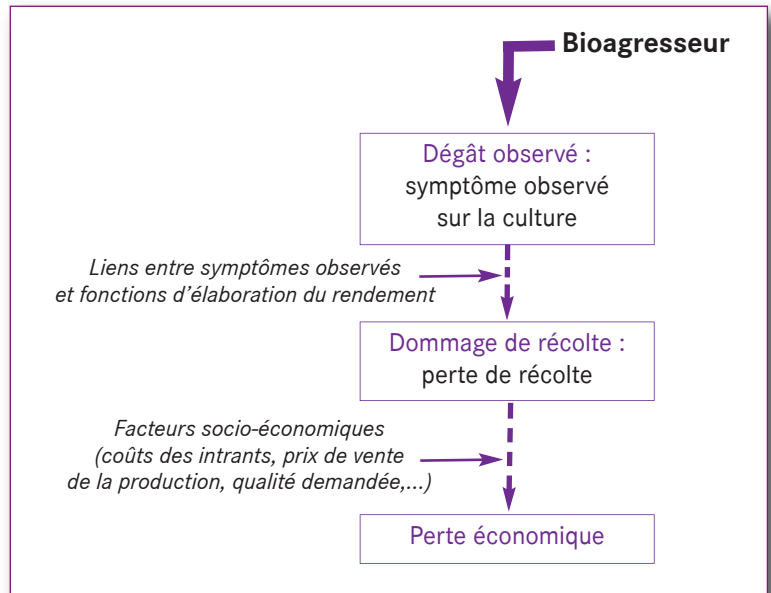


Figure 2 : Relation entre les notions de « dégât », de « dommage » et de « perte » [16]

Il est en effet parfois possible d'utiliser moins d'intrants, et donc de tolérer des dommages, tout en conservant au même niveau la marge économique du système, la baisse des charges compensant d'éventuels dommages de récolte (sauf dans des contextes de prix élevés des productions agricoles ou de coût d'achat des intrants faibles). Cela a été démontré dans le cadre du réseau « blé rustique », où les IFT^a ont été diminués de 40% sans que cela entraîne une diminution des revenus des agriculteurs [17].

Source : D. Robert (ITCF) – Moyenne sur 27 essais en Nord-Picardie et Normandie, 2009. Ce graphique illustre le fait que l'augmentation du niveau d'intrants sur une parcelle donnée peut permettre d'augmenter les rendements obtenus, mais pas forcément les marges économiques du système.

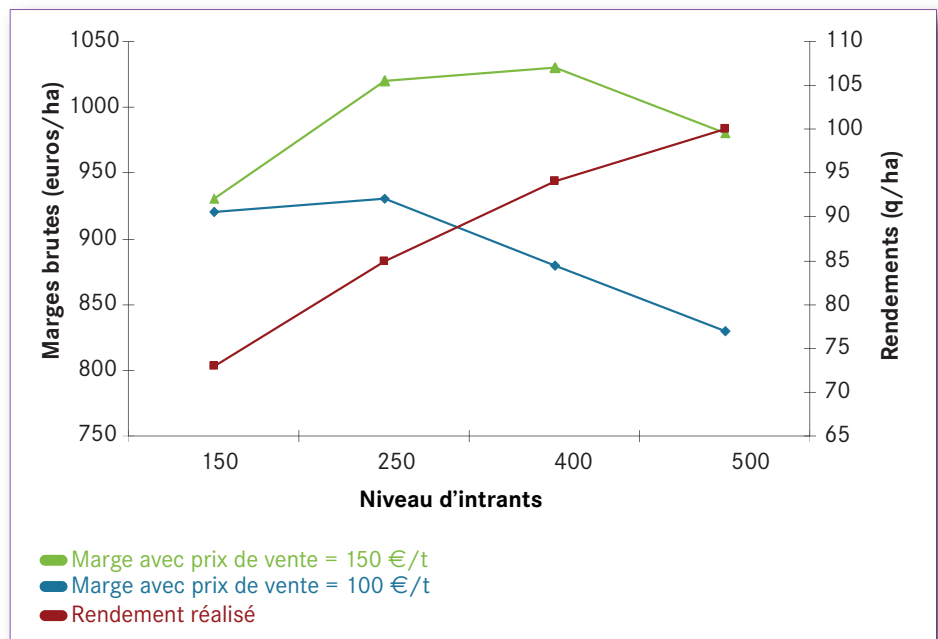


Figure 3 : Variations des marges brutes obtenues en fonction de différents niveaux d'intrants et de différents scénarios de prix.

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

III - LES MOYENS DE PROTECTION DES CULTURES EXISTANTS

III. 1. Les catégories de moyens de protection contre les bioagresseurs

Réduire les pertes économiques dues aux bioagresseurs peut se faire par différents moyens. Ceux-ci sont classés en cinq grandes catégories, qui sont présentées dans le schéma en figure 4.

Dans ce schéma, et dans la suite du texte, on utilise le terme « **contrôle** » pour tout moyen de maîtrise des bioagresseurs agissant en amont du dégât (moyens préventifs), relevant ainsi de la prophylaxie, et par « **lutte** » les moyens permettant d’agir sur les bioagresseurs lorsqu’ils sont déjà présents dans la parcelle (limitation des dégâts – moyens curatifs).

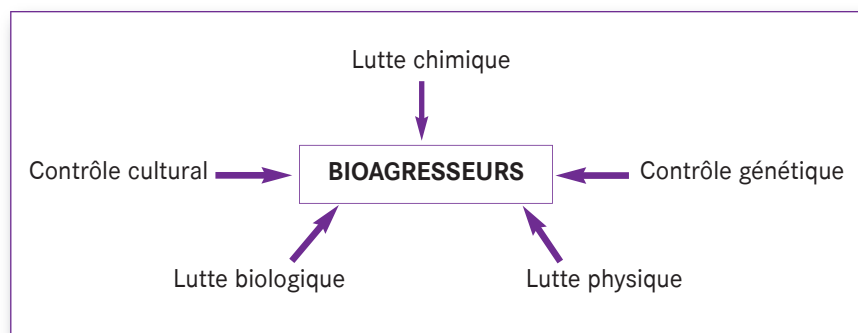


Figure 4: Les différentes méthodes de contrôle ou de lutte contre les bioagresseurs [6].

La **lutte chimique** consiste à utiliser des produits phytosanitaires. C’est le moyen de lutte le plus utilisé aujourd’hui, avec le **contrôle génétique**, qui consiste à utiliser des plantes sélectionnées pour leur résistance, leur tolérance ou leurs caractéristiques physiologiques. Une stratégie de protection des cultures économe en pesticides est cependant la résultante de combinaisons de ces méthodes et d’autres. Parmi ces dernières, on retrouve la **lutte biologique**, qui utilise des organismes vivants pour prévenir ou réduire les dommages de récolte causés par des bioagresseurs (exemple du trichogramme sur le maïs) et le **contrôle culturel**. Ce dernier consiste à adapter le système de culture pour limiter les dommages causés par les bioagresseurs. Il fait appel à des adaptations des rotations, du travail du sol, de la date et de la densité de semis de ces cultures et à une gestion adaptée du travail du sol et de la fertilisation. Ce type de protection relève de la **prophylaxie** dans la mesure où il évite les conditions propices à la contamination des cultures par les bioagresseurs et à leur développement, plutôt que de lutter contre ces bioagresseurs une fois qu’ils sont présents dans la parcelle.

L’agriculture utilise également des techniques qui relèvent de la **lutte physique**. La définition de ce terme inclut l’utilisation de moyens thermiques, électromagnétiques ou pneumatiques, mais il s’agit surtout en grandes cultures de la mise en œuvre de moyens mécaniques pour le contrôle des bioagresseurs. C’est le cas du désherbage mécanique (exemple du binage du tournesol).

L’ensemble de moyens de maîtrise des bioagresseurs décrits précédemment ont fait jusqu’à présent l’objet de travaux limités, en dehors de la sélection variétale, en raison notamment de l’absence d’enjeu d’ordre économique pour leur diffusion et leur utilisation. Même si des expérimentations ont été conduites sur certains sujets (par exemple sur l’effet du travail du sol sur les adventices), **il existe peu de références sur la mise en cohérence de ces leviers dans des stratégies construites de protection des cultures**. Les informations dont on dispose sur celles-ci sont donc surtout issues de la capitalisation d’expériences diverses (notamment en Agriculture Biologique).

Pour résumer, **les stratégies de protection actuelles sont majoritairement fondées sur l’utilisation des pesticides pour limiter les dégâts de bioagresseurs. Une réduction significative de l’utilisation de ces produits passe par une re-conception**

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

des systèmes de culture pour limiter les risques en amont plutôt que les contrer en aval [18]. L'ambition de ce guide est d'aider à la construction de tels systèmes.

L'ensemble de ces méthodes ainsi que leurs modes d'action sur les trois catégories de bioagresseurs sont présentés succinctement dans les pages qui suivent. Des informations plus approfondies sur leur mise en œuvre et leurs effets induits sont disponibles dans les fiches du RMT Systèmes de Culture Innovants ^a.

III. 2. Les moyens de contrôle alternatifs existants [44]

Les méthodes de gestion alternatives visent à mettre en œuvre un ensemble de moyens qui jouent sur différentes étapes du cycle des bioagresseurs et de la culture et concourent ainsi à limiter l'incidence ^g des bioagresseurs, leur développement et la contamination de la culture (cf. figure 5). On entend ici par « méthode alternative » toute méthode autre que la lutte chimique. Cela comprend donc le contrôle génétique, la lutte physique ^g, la lutte biologique ^g et le contrôle cultural ^g.

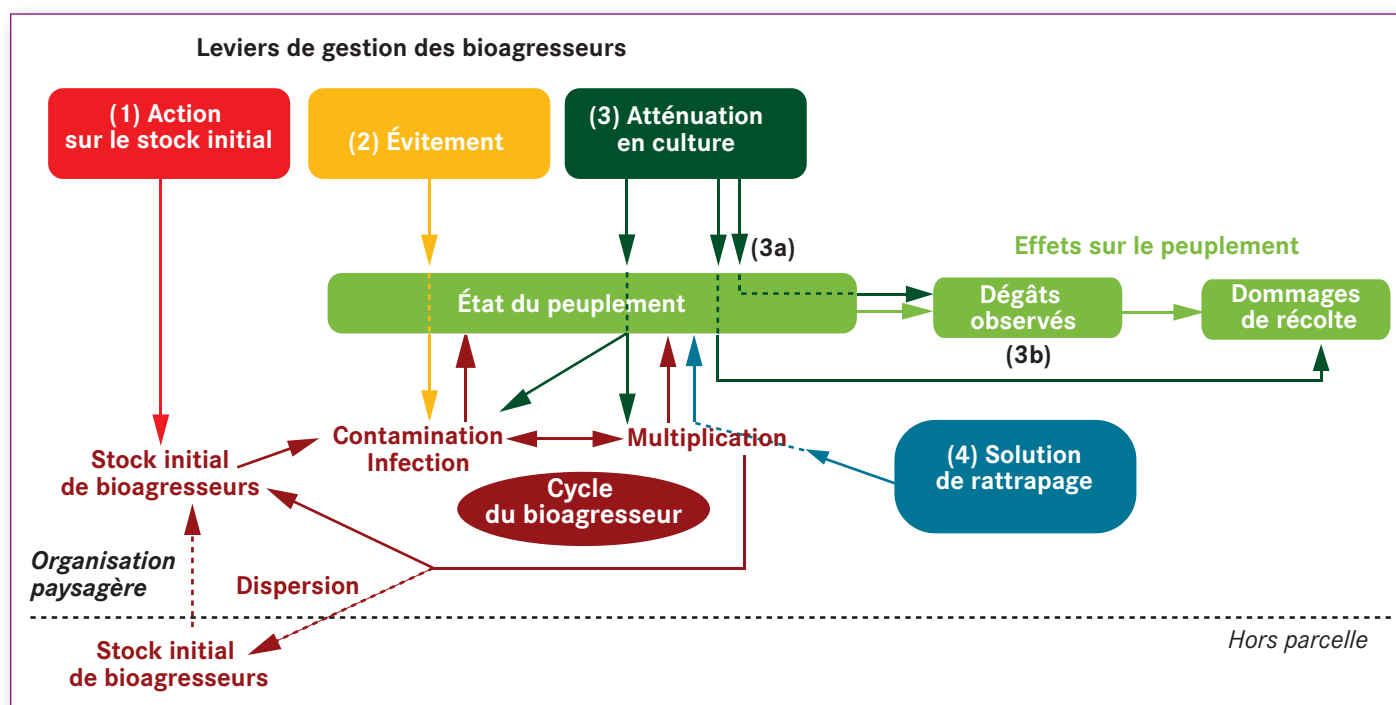


Figure 5 : Positionnement des différents leviers de gestion des bioagresseurs.

Le terme « état du peuplement » comprend ici la structure de ce peuplement, sa densité et son stade de développement.

Ces méthodes s'appuient sur des pratiques agissant à différentes étapes du cycle du bioagresseur et/ou de la culture. En amont, des méthodes peuvent être mobilisées pour agir sur le stock initial de bioagresseurs (1) et limiter le développement des populations qui sont sources de contamination des cultures. Elles reposent sur l'adaptation de la rotation, sur le travail du sol (incluant la gestion des résidus de cultures) et éventuellement sur la lutte biologique.

Au cours du cycle de développement de la culture, les méthodes mobilisables peuvent reposer sur des stratégies d'évitement ^g (2). Elles consistent à éviter la concordance entre la phase de contamination du bioagresseur et la période de sensibilité de la culture. Le principal levier est donc le raisonnement de la date de semis. On peut également faire appel à des stratégies d'atténuation en culture ^g (3), qui ont pour objectif de minimiser les dégâts lorsque la culture et le bioagresseur se trouvent en contact. Ce type d'actions agit surtout via une modification de l'état du peuplement : il s'agit d'augmenter la compétitivité de la culture et d'éviter les conditions favorables au développement et à la propagation du ou des bioagresseurs, en mettant en œuvre des associations d'espèces et de variétés et en jouant sur les dates et densités de semis, ainsi que sur la fertilisation.

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

L'utilisation de variétés résistantes (3a) et/ou tolérantes (3b) permettent respectivement d'empêcher les dégâts et de limiter les dommages de récolte.

Enfin, **les solutions de rattrapage** (4) permettent de limiter les dégâts lorsque les leviers mis en œuvre auparavant n'ont pas été efficaces : c'est par exemple l'utilisation du désherbage mécanique comme désherbage de rattrapage. La lutte chimique fait également partie de ces solutions. Le fait de disposer de solutions de rattrapage facilite la mise en œuvre de stratégies alternatives dont les effets sont parfois partiels. Le recours à ces solutions ne peut cependant pas toujours se faire (impossibilité technique).

Ces méthodes, sur lesquelles reposent les stratégies de lutte économes en pesticides, sont illustrées dans les pages qui suivent pour les trois catégories de bioagresseurs : agents pathogènes responsables de maladies, adventices et ravageurs. Elles sont décrites ici sommairement. Pour avoir plus de détails sur la mise en œuvre d'une pratique en particulier, le lecteur pourra se reporter aux fiches qui sont en cours d'élaboration dans le cadre du RMT SdCI pour l'inventaire des solutions techniques disponibles

Il est à noter que les exemples donnés ici sont le reflet des références dont on dispose aujourd'hui en France métropolitaine sur la mise en œuvre de stratégies alternatives de protection des cultures. Ces références concernant à ce jour un nombre limité de cultures, les exemples donnés tournent autour de celles-ci. Cette partie sera donc à enrichir au fur et à mesure de l'acquisition de références sur des cultures moins étudiées.

III. 2.1. Les moyens de lutte alternatifs contre les adventices

Ces moyens de lutte sont synthétisés dans le schéma en Figure 6, qui détaille les effets de ces moyens sur le cycle du bioagresseur et sur l'état du peuplement végétal.

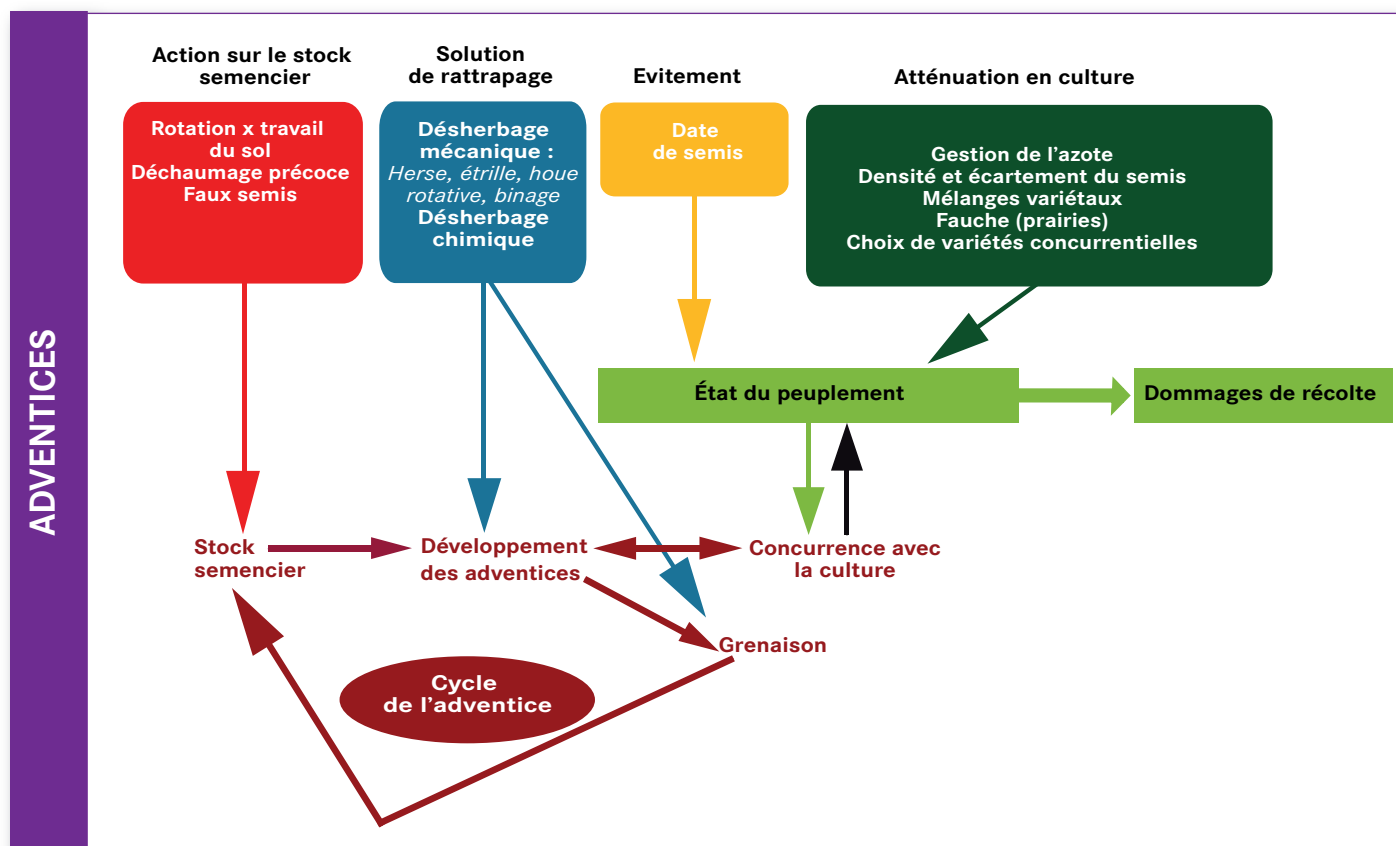


Figure 6 : Interactions entre pratiques, état du peuplement et cycle du bioagresseur pour les adventices.

Succession x travail du sol : cette notation indique que la succession de cultures est à raisonner avec le travail du sol pour pouvoir contrôler au mieux les adventices

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

L'agriculteur A1, qui travaille en production intégrée, témoigne

« Pour lutter contre les mauvaises herbes, j'ai introduit des familles différentes dans ma rotation, j'alterne les cultures d'hiver et de printemps, je fais des faux-semis, je décale mes dates de semis et j'utilise le désherbage mécanique : on a plein de ficelles sur lesquelles on peut tirer. »

Les moyens de lutte alternatifs sont souvent peu efficaces sur les adventices vivaces. Nous décrivons donc surtout dans cette partie les moyens de maîtrise des adventices annuelles, en signalant les moyens de lutte pouvant influencer également sur les vivaces.

► Les actions sur la population initiale : le stock semencier

Le développement des espèces annuelles d'adventices sur une parcelle dépend fortement de son histoire et de la persistance des graines d'adventices dans le sol. Les phénomènes de contamination entre parcelles sont moins importants pour ces bioagresseurs que pour certaines maladies ou certains ravageurs du fait de la faible dispersion des graines pour la majorité des espèces. Les outils utilisés peuvent toutefois être une source de contamination externe.

Le choix de la **succession** est un levier important dans la lutte contre les adventices. Il permet de diversifier les dates d'implantation des cultures (automne/printemps/été) pour éviter la spécialisation des flores adventices des parcelles. Cette alternance d'espèces cultivées entraîne également une diversification des modes d'implantation des cultures (travail du sol plus ou moins profond,...), ce qui réduit les infestations de mauvaises herbes[20].

Le travail du sol permet d'enfouir les semences d'adventices. Le labour constitue ici la technique la plus efficace dans la mesure où il provoque un enfouissement profond des graines. Ainsi, pour des espèces aux semences fragiles (bromes, vulpin, Ray-grass, gaillet), un séjour en profondeur de plus d'un an permet de réduire leur viabilité [21]. Cela permet aussi d'entraîner la dormance des semences persistantes. Celles-ci peuvent cependant être remises en surface lors du labour suivant. Il est ainsi utile d'alterner travail du sol profond et superficiel pour une gestion efficace de ce type d'adventices.

Le travail superficiel peut permettre à la fois de détruire les adventices de manière physique (**déchaumage précoce**) et de stimuler leurs levées pendant l'interculture § pour réduire les infestations dans les cultures suivantes (**faux semis**). Cette technique est efficace pour des espèces à faible dormance et germant sur les premiers centimètres du sol (bromes, vulpin, Ray-grass). Cependant, un seul faux-semis est rarement suffisant pour réduire de manière satisfaisante le stock semencier[22].

La présence d'intercultures longues sans culture intermédiaire participe à la protection contre les adventices car elle permet à l'agriculteur de disposer de temps pour effectuer ces interventions. La haute fréquence des passages permet de maximiser les germinations et d'assurer la bonne efficacité de la destruction des plantules. Les dernières interventions avant le semis doivent être aussi superficielles que possible pour éviter de remonter de nouvelles semences des couches profondes.

Les effets du travail du sol sont cependant dépendants du contexte pédoclimatique et des caractéristiques de la flore. Ce levier est efficace surtout pour cultures d'automne (céréales,...) et d'été (maïs,...). Il est moins évident à gérer pour des semis en début de printemps.

Dans tous les cas, implanter une culture dans une parcelle « propre » est recommandé pour limiter les dommages de récolte § dus à la concurrence des adventices.

Cas des vivaces :

Certaines espèces (par exemple le Rumex) sont défavorisées par le labour.

Des espèces à rhizomes superficiels, comme le chiendent, peuvent être gérées par des passages d'outils à dents qui extirpent les

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

rhizomes et les laissent sécher en surface, en conditions estivales suffisamment sèches (éviter les outils à disques qui fragmentent les rhizomes et multiplient ainsi les adventices).

► Les stratégies d'évitement

Les stratégies d'évitement^s des adventices pour les céréales d'automne reposent sur un semis tardif permettant d'esquiver la flore automnale, qui peut être détruite par un travail du sol préparatoire. Les adventices de printemps seront ainsi les seules à gérer par la suite. Le couvert devra alors être bien installé et concurrentiel pour faire face à ces adventices. L'effet d'évitement est d'autant plus important que la germination a été stimulée par des faux-semis pendant l'interculture.

Cette stratégie d'évitement est également possible et efficace pour les cultures semées en fin de printemps. Un semis trop précoce au printemps de la betterave ou du tournesol peut ainsi favoriser la levée d'adventices peu exigeantes en température [6]. Par contre, pour les semis de début de printemps, les levées d'adventices sont très échelonnées, de sorte que l'évitement des cohortes précoces par un retard de date de semis n'a qu'un intérêt limité.

Pour les cultures étouffantes, et dont la date de semis conventionnelle est antérieure à la période de levée préférentielle des adventices sur la parcelle (exemple du colza), un semis précoce permet de renforcer la compétitivité de la culture car celle-ci sera plus forte lorsque les adventices lèveront, à condition que la disponibilité en eau et en azote favorise la croissance de la culture.

Le **décalage des dates de semis** (semis précoces ou tardifs selon les cultures), tout en conservant de bonnes conditions d'implantation de la culture, évite donc une exposition de la culture à une période où elle est sensible à la concurrence des adventices.

► L'atténuation en culture

Pour certaines espèces cultivées, l'augmentation des **densités de semis** et la réduction de l'écartement entre les rangs peuvent permettre de réduire la croissance des adventices et leur production de semences en les étouffant [23].

Les populations d'adventices peuvent être maîtrisées en introduisant des **cultures étouffantes** dans la rotation. L'action de ces cultures repose sur leur croissance rapide, leur aptitude à une ramification importante, la largeur de leurs feuilles et leur port haut. Pour optimiser leur rôle, il est préférable d'adopter une forte densité de semis et un écartement réduit. L'introduction de la luzerne ou de prairies temporaires fauchées permet par exemple d'interrompre le cycle des adventices avant grenaison, et d'étouffer les jeunes plantules par une reprise rapide de la végétation après la fauche, à condition toutefois d'avoir une implantation réussie du couvert [24]. La **gestion de la fertilisation azotée** constitue également un levier, mais son effet dépend de la nitrophilie relative de la culture et des adventices. Le colza est par exemple une culture très nitrophile, qui concurrence fortement les adventices lorsque la disponibilité en azote est forte. Par contre, le blé est plutôt moins nitrophile que la majorité des espèces adventices, et la fertilisation azotée précoce aura plutôt tendance à favoriser la croissance des adventices.

Les apports d'eau sont aussi à adapter pour éviter le développement de la flore adventice : des irrigations intensives en été augmentent par exemple la production semencière d'adventices hygrophiles tels que le panic [25].

Enfin, les **cultures intercalaires**^s, les **semis sous couverts**^s, ou l'**association de cultures** permettent de couvrir l'inter-rang et de concurrencer par conséquent les adventices [26]. Les **associations légumineuses-céréales** assurent par exemple une compétition vis-à-vis des adventices pour la lumière (la densité globale du couvert est plus élevée et l'architecture complémentaire des espèces de l'association permet une fermeture plus rapide du couvert [27]), et une meilleure efficacité de l'utilisation de l'azote, ce qui en limite la quantité disponible pour les adventices.

Des **caractéristiques de la plante cultivée** telles que la vitesse de levée, la vigueur de la croissance initiale, la vitesse et la précocité de montaison, le port étalé des feuilles et la hauteur influent sur la compétitivité des cultures et donc sur le contrôle des adventices [28].

Cependant, ce levier n'est pas toujours mobilisable aujourd'hui car ces critères ne sont pas couramment utilisés par la sélection variétale. En blé, les différences variétales d'aptitude à la compétition commencent à être caractérisées. En colza, certaines variétés hybrides présentent une vigueur initiale plus importante que les lignées.

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

Cas des vivaces :

Pour les espèces à rhizomes profonds (chardons), la mise en place de prairies temporaires, avec un régime de fauche interdisant le passage des feuilles au-dessus du couvert peut se montrer efficace, couplée avec le désherbage mécanique.

► Les solutions de rattrapage

Le désherbage mécanique (hersage, binage, sarclage) permet de détruire les plantes adventices à des stades où elles sont peu développées. Un premier rôle est de détruire les levées précoces d'adventices, tout en limitant le nombre de plantes cultivées détruites par cette intervention [6].

Il est relativement courant sur des espèces comme la betterave, le maïs, le tournesol, mais il est également possible sur les céréales à paille et le colza.

Il peut s'exercer en **plein** en utilisant une herse étrille, une bineuse à doigts souples ou une houe rotative. Il s'exerce également **entre les rangs** avec une bineuse à socs, à dents ou à étoiles. Les adventices sont ainsi détruites en cours de germination ou de levée.

Pour les cultures robustes ou semées profond, un passage de herse étrille de post-semis en pré-levée de la culture permet de détruire des plantules adventices très jeunes, parfois même avant leur levée (stade 'fil blanc'), ce qui contribue à limiter le potentiel d'infestation.

Des désherbages chimiques de rattrapage peuvent aussi être mobilisés si besoin.

Cas des vivaces :

Pour les espèces à rhizomes profonds (chardons), les binages répétés en culture, qui tendent à épuiser les réserves souterraines, les passages de dents « patte d'oie », très superficielles, en interculture peuvent se montrer efficaces.

L'agriculteur A2, qui teste un système de culture en intégré, témoigne

« J'utilise le désherbage mécanique depuis cette année. C'est une pratique assez technique, qui nécessite de trouver un équilibre entre efficacité sur les mauvaises herbes et sélectivité par rapport à la culture. Elle fonctionne bien, surtout sur les adventices très jeunes. Pour le réglage du matériel, je procède par tâtonnements. »

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

III.2.2. Les moyens de lutte alternatifs contre les agents pathogènes responsables de maladies

Ces moyens de lutte sont synthétisés dans le schéma en figure 7, qui détaille les effets de ces moyens sur le cycle du bioagresseur et sur l'état du peuplement végétal.

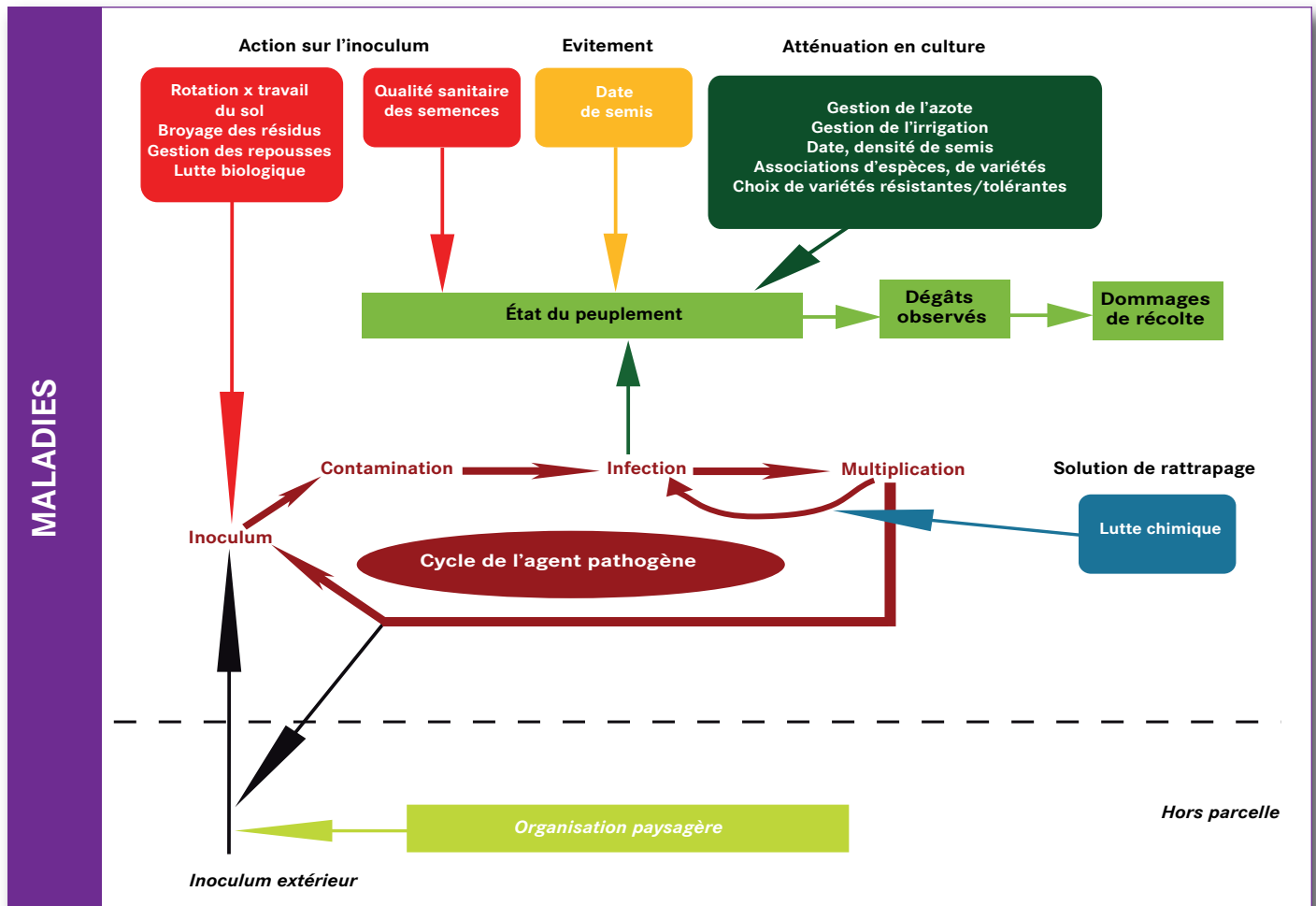


Figure 7 : Interactions entre pratiques, état du peuplement et cycle du bioagresseur pour les agents pathogènes responsables de maladies.

Rotation x travail du sol : cette notation indique que la rotation est à raisonner avec le travail du sol pour pouvoir contrôler au mieux les agents pathogènes.

► Les actions sur la population initiale : l'inoculum

La **rotation** ⁸ constitue la principale mesure prophylactique contre les maladies. Elle a un effet surtout sur les populations de bioagresseurs qui sont inféodées à la parcelle, comme le piétin verse pour les céréales ou l'aphanomyces pour le pois [29]. Il s'agit là de raisonner les délais de retour des cultures sur une même parcelle et l'effet du précédent de chaque culture, pour permettre une

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

alternance entre plantes hôtes et non hôtes des maladies. Si l'on prend l'exemple du blé tendre, le délai de retour préconisé est de deux ou trois ans selon les contextes pédoclimatiques. Il est donc recommandé de faire revenir le blé tous les deux ans au plus, mais en évitant les précédents qui peuvent héberger les mêmes agents pathogènes (par exemple les autres céréales pouvant être hôte de la fusariose ou du piétin verse).

Dans l'élaboration de la rotation, on peut également choisir des cultures permettant de faire de la **biofumigation** [§]. Cette pratique consiste à cultiver en interculture, puis broyer et enfouir à un stade donné certaines espèces végétales choisies pour leur potentiel toxique pour les bioagresseurs telluriques. Il s'agit ici surtout de crucifères (moutarde, radis). Des effets de la mise en place de moutarde brune en interculture sur le Rhizoctone Brun ont ainsi été démontrés [2].

C1, animateur sur un bassin versant, témoigne

« La diversification de la succession n'est pas toujours possible : il faut trouver des débouchés pour les cultures qu'on veut introduire. De nouvelles filières sont à développer. »

Une attention particulière doit également être portée à la **qualité sanitaire des semences**, pour que celles-ci ne soient pas sources de contamination. Par ailleurs, le matériel utilisé peut-être une source de contamination entre parcelles. Il est donc nécessaire de faire également attention à ce point.

De même, une gestion de l'**organisation paysagère** autour de la parcelle peut limiter les contaminations venant des parcelles voisines pour les maladies mobiles (cf. p.39) : il s'agit par exemple d'éviter la proximité des parcelles occupées par des cultures hôtes des mêmes maladies.

Le travail du sol est aussi un levier important ; il permet d'enfouir des résidus contaminés et ainsi de détruire l'inoculum [§] ou de limiter sa propagation aérienne (exemple des pailles de colza ou de tournesol contaminées par le phoma [30]). La gestion de cet enfouissement conditionne la durée de survie de l'inoculum : en effet, le labour peut remonter en surface des résidus infectés dans une culture hôte. Son positionnement est donc à déterminer en fonction de la durée de conservation de l'inoculum et de la rotation. Cette technique est également à l'origine de changements de conditions du milieu (baisse de l'humidité, de la teneur en MO [§] du sol, de la température et du pH) qui ont des conséquences sur les micro-organismes du sol et notamment les maladies, dont ils ralentissent le développement.

Cependant, l'effet du travail du sol et sa mise en œuvre restent dépendants du contexte pédoclimatique dans lequel on se situe.

Le broyage des résidus et leur enfouissement permettent de limiter le maintien de l'inoculum à la surface du sol et d'accélérer la décomposition des résidus en limitant les substrats disponibles pour les champignons saprotrophes [§]. Il est particulièrement recommandé pour les résidus à décomposition lente. C'est le cas des cannes de tournesol, dont le broyage permet de lutter contre le phomopsis [29].

La suppression des repousses et des adventices hôtes de maladies constitue un autre moyen de gestion de l'inoculum, notamment pour les champignons biotrophes [§] (exemple de la rouille du blé [29]).

Enfin, **la lutte biologique** constitue un dernier moyen d'action sur l'inoculum. C'est le cas par exemple de l'utilisation du Contans¹ sur Sclerotinia.

¹ CONTANS® WG est un produit de lutte biologique [§] à base de *Coniothyrium minitans*, un champignon qui parasite les sclérotés (pelotons mycéliens formés pour résister à des conditions défavorables) des espèces de *Sclerotinia* telles que *Sclerotinia sclerotiorum* et *Sclerotinia minor* [4].

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

► Les stratégies d'évitement

Les stratégies d'évitement consistent à éviter la concordance entre la phase de contamination du bioagresseur et la période de sensibilité de la culture. Ainsi, un **semis précoce** du colza permet de limiter les contaminations précoces du phoma [31]. Pour le pois de printemps, des **semis tardifs** permettent d'éviter l'antracnose.

Dans le même ordre d'idées, plus la durée de végétation est importante, plus les organismes nuisibles sont susceptibles d'attaquer la culture car ils ont le temps de se développer. Ainsi, les dates de semis précoces pour les céréales d'hiver favorisent le développement de maladies en permettant un plus grand nombre de cycles du pathogène. Des semis plus tardifs permettent de limiter ce phénomène pour diverses maladies du blé (septoriose, rouilles, piétins [29]). L'adoption de semis tardif est à accompagner d'un choix de variétés à cycle plus court pour maintenir un bon niveau de production.

L'agriculteur A2, qui teste un système de culture en production intégrée, témoigne

« La pratique du décalage des dates de semis demande une bonne gestion des risques : pour que le décalage soit réellement efficace, il faudrait semer le plus tard possible. Mais plus on attend pour semer, plus la météo peut rendre le semis difficile ».

► L'atténuation en culture

La densité de semis constitue un moyen de contrôle de la propagation des maladies dans la culture : plus le semis est dense, plus la distance entre deux plantes est faible, facilitant le passage de pathogènes de plante à plante. De plus, un semis dense peut instaurer des conditions favorables à leur développement (baisse de l'intensité lumineuse, humidité plus importante). Une réduction de la densité de semis du tournesol peut ainsi permettre de réduire les dégâts causés par le phomopsis [29].

Dans le cas du colza, un semis précoce permet d'avoir en septembre un couvert à un stade de croissance plus avancé et susceptible de mieux résister aux dégâts causés par les maladies, et notamment par le phoma. **La date de semis** peut donc être utilisée pour que la période de contamination de la maladie coïncide avec un stade de développement avancé de la plante, qui sera ainsi plus apte à résister à une agression.

De même, **l'association d'espèces** au sein d'une même parcelle peut diluer la quantité d'agents pathogènes présents et constituer une barrière physique à la propagation des maladies. Cela a été démontré pour les maladies foliaires du blé [32].

Par ailleurs, **l'association de variétés** limite la propagation de plante à plante par l'utilisation de résistances [§] complémentaires – et donc réduit les dégâts. Ainsi, chez la pomme de terre, la sévérité [§] du mildiou peut être diminuée par rapport à une culture monovariétale en alternant des variétés sensibles et des variétés résistantes sur les rangs [33].

La gestion de la disponibilité en azote est également mobilisable pour le contrôle des maladies. En effet, pour une majorité de culture et de maladies, une grande disponibilité en azote lors de la phase végétative de la culture permet une croissance importante des surfaces foliaires, ce qui augmente leur probabilité de contamination par des spores. Cela entraîne également des modifications du microclimat qui peuvent favoriser le développement des maladies. Enfin, une teneur en azote élevée dans les plantes peut augmenter la sensibilité de la culture aux maladies [29].

La réduction des apports d'azote sur blé pour la maîtrise des maladies a ainsi été testée avec succès dans le cadre du réseau « blé rustique ».

La gestion de l'irrigation doit de même être raisonnée pour limiter les risques de maladies. En effet, la plupart des interventions destinées à augmenter la productivité d'une parcelle (fertilisation et irrigation incluses) favorisent la création d'un microclimat favorable au développement des agents pathogènes, et notamment le maintien d'une certaine humidité sous le couvert. Le phomopsis du tournesol [34] et le charbon des inflorescences du maïs [22] peuvent par exemple être favorisés par une « mauvaise » gestion des apports d'eau à la parcelle.

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

Le choix de variétés résistantes aux maladies permet de réduire les dégâts pour les maladies foliaires. Plusieurs séries de variétés résistantes ont ainsi été développées pour la lutte contre le phoma du colza (variétés comportant les gènes Rlm1, Rlm4, puis plus récemment Rlm7). L'utilisation à large échelle des mêmes types de résistance pose cependant la question de l'érosion de ces résistances [22].

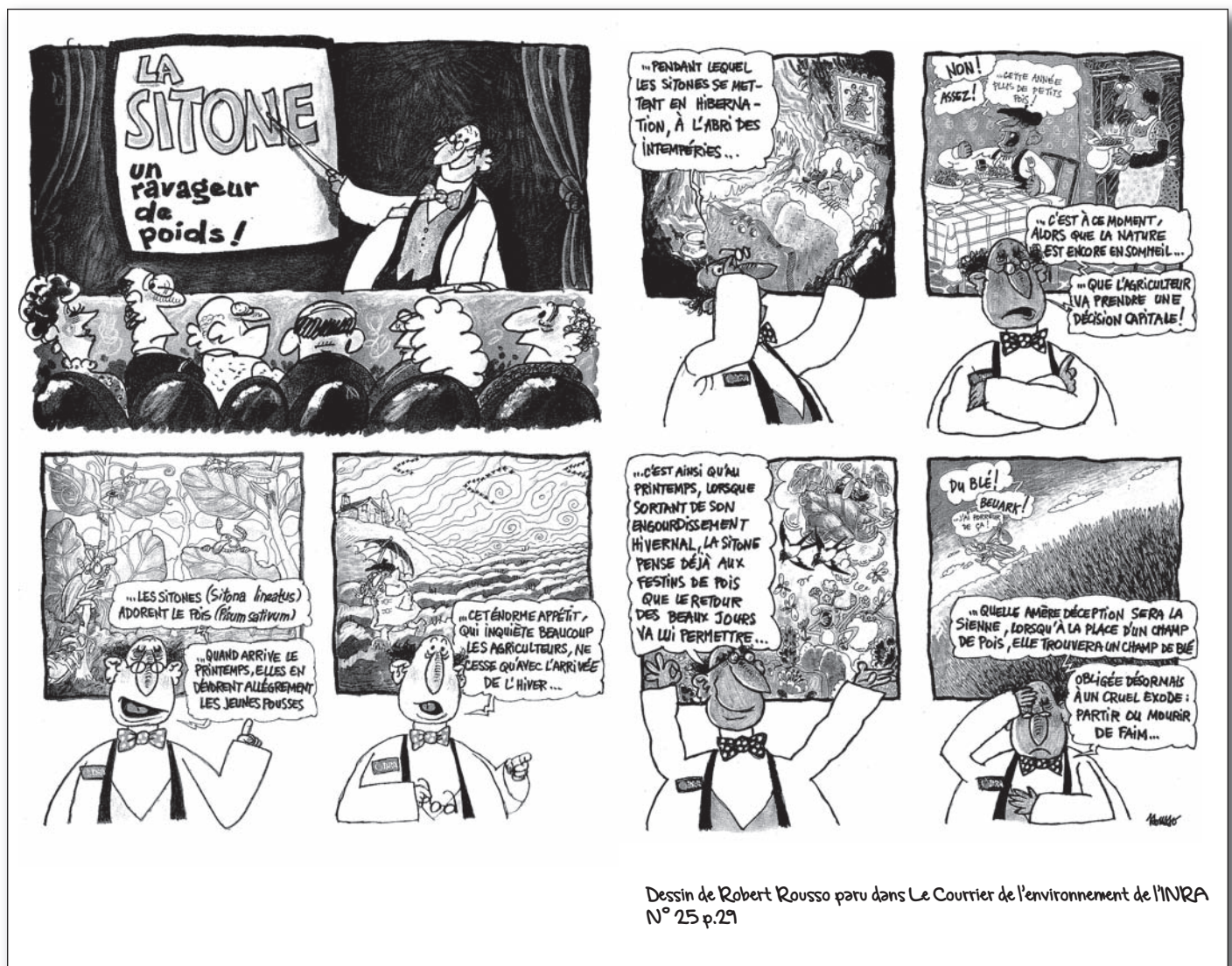
Le choix de variétés tolérantes permet quant à lui de réduire les dommages de récolte causés à même niveau de dégâts. Des variétés de blé présentant différents niveaux de tolérance à la septoriose et au piétin verse ont ainsi été développées [22].

Dans la pratique, le critère explicité est plutôt la **sensibilité** de la variété.

Dans le cas de la septoriose, **des caractéristiques de la plante** telles que la précocité variétale et la hauteur des pailles peuvent permettre de faire en sorte que les feuilles les plus hautes du couvert ne soient pas touchées.

► Les solutions de rattrapage

La lutte chimique peut-être utilisée comme solution de rattrapage si les autres leviers mis en œuvre n'ont pas été efficaces et si les substances actives sont disponibles pour cela.



PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

III.2.3. Les moyens de lutte alternatifs contre les ravageurs

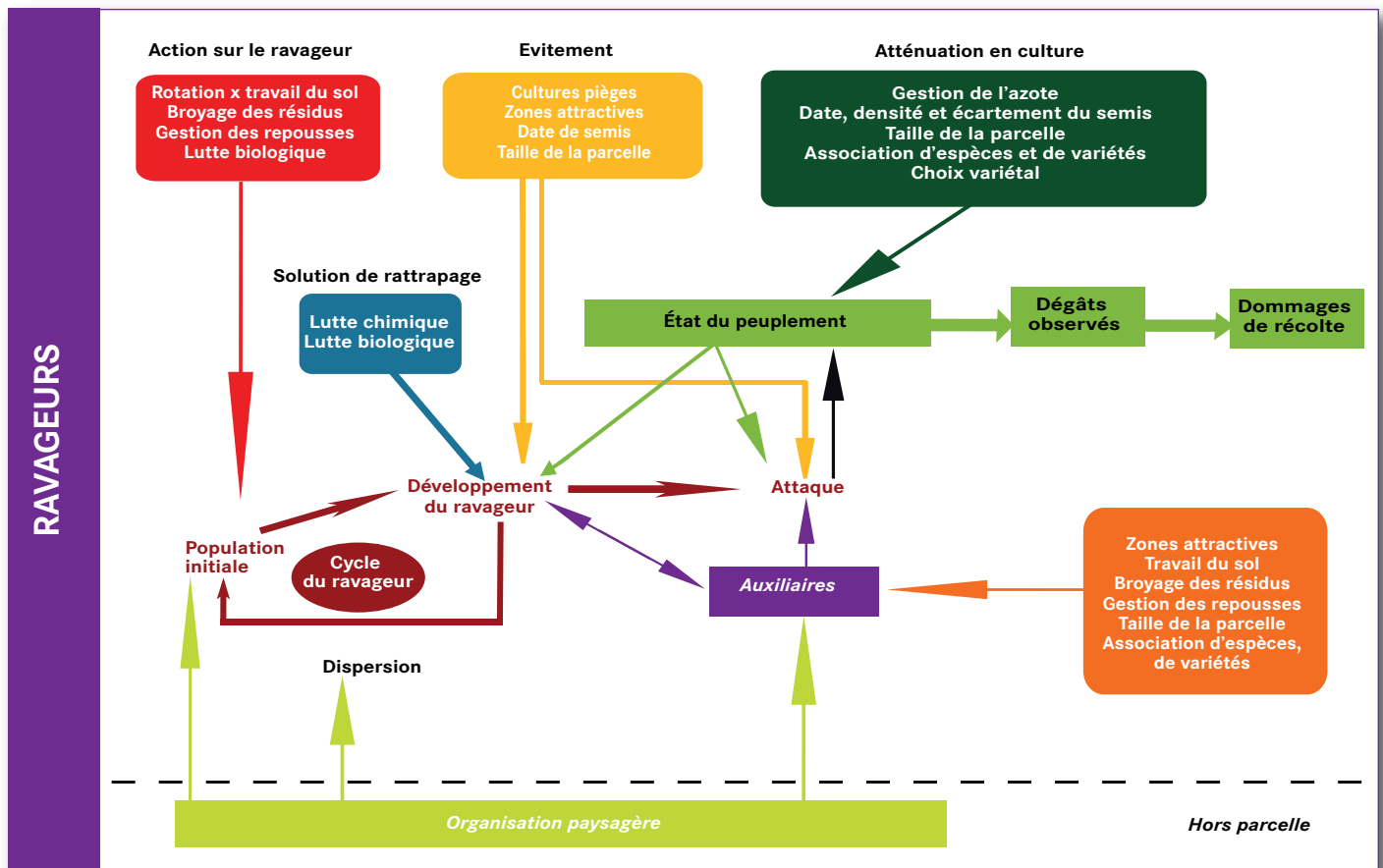


Figure 8 : Interactions entre pratiques, état du peuplement et cycle du bioagresseur pour les ravageurs.

Rotations x travail du sol : cette notation indique que la rotation est à raisonner avec le travail du sol pour pouvoir contrôler au mieux les ravageurs.

► Les actions sur la population initiale

L'**alternance de cultures hôtes et non hôtes** des ravageurs dans la rotation donne la possibilité de limiter la reproduction des organismes qui sont spécifiques et inféodés à la parcelle, ce qui est le cas des nématodes par exemple pour la betterave et le colza. L'allongement de la rotation constitue également le seul moyen de contrôle efficace pour la chrysomèle du maïs, dont la nuisibilité diminue fortement en dehors des monocultures [35].

Le **travail du sol**, dont l'effet peut varier selon le contexte pédoclimatique, réduit les populations de ravageurs qui se maintiennent dans les résidus de cultures (par exemple charançons de la tige et méligèthes du colza), ou celles qui se maintiennent dans le sol (hannetons, scutigérelles, ... [22]) en détruisant les larves. Ce résultat peut également être obtenu en broyant les résidus de culture (exemple des lépidoptères - pyrale, sésamie, ... - présents sur les tiges de maïs [22]). Pour réduire les populations d'insectes du sol comme les taupins ou les limaces, les **déchaumages** pendant l'interculture^s en période sèche sont souvent efficaces.

Beaucoup des ravageurs des cultures ont des ennemis naturels ; l'**organisation paysagère** permet de favoriser leur développement. L'introduction d'ennemis de ces ravageurs est également possible : c'est le cas de la **lutte biologique** contre la pyrale du maïs par le trichogramme.

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

Toutefois, le travail du sol peut perturber le cycle biologique des prédateurs de certains ravageurs (exemple des carabes pour les limaces).

► Les stratégies d'évitement

Pour les céréales d'hiver, les semis trop précoces augmentent les risques d'attaque des insectes à l'automne (cas des pucerons vecteurs de la Jaunisse Nanisante de l'Orge). **Retarder les dates de semis** permet de les éviter, en veillant toutefois à garder des conditions favorables pour l'implantation de la culture [22].

Une croissance lente des plantes entraîne une augmentation de leur période de sensibilité à certains ravageurs (taupins, nématodes...). En cultures de printemps (maïs, betterave, tournesol), le retardement de la date de semis entraîne une croissance plus rapide et une exposition moindre de la culture à ces ravageurs. Un semis tardif permet ainsi de priver les larves de la chrysomèle de supports trophiques et de diminuer ainsi les dégâts causés par ce ravageur [22].

► L'atténuation en culture

L'apport d'engrais starter azotés favorise une croissance précoce des cultures, leur permettant ainsi de supporter certaines attaques de parasites (nématodes ou insectes du sol) en les rendant plus vigoureuses. Un ajustement strict de la **fertilisation azotée** aux besoins de la culture pour la production limite par la suite les surfaces susceptibles d'être attractives pour les ravageurs [36].

Sur l'exemple du colza, un semis précoce permet d'obtenir une plante à un stade plus avancé en septembre, au début de la période humide, ce qui la rend plus résistante aux dégâts de limaces.

Une forte **densité de semis** peut limiter les dommages de récolte ^s en diminuant les dégâts par plante (effet dilution). Cela a été vérifié pour les dégâts de pucerons sur orge [37].

Enfin, les **associations d'espèces ou de variétés** peuvent constituer une barrière physique à la propagation des ravageurs dans la parcelle. Elles agissent aussi en empêchant la reconnaissance visuelle de la culture par les ravageurs. L'association maïs/pois permet ainsi de diminuer le nombre de ravageurs pour ces deux cultures [38].

De plus, les associations permettent de favoriser les populations d'ennemis naturels des cultures.

L'aménagement de **cultures pièges** autour de la parcelle permet également de réduire les populations de ravageurs dans la parcelle en les attirant ailleurs (cf. p.34).

Des **variétés résistantes** (par production de substances répulsives, inhibitrices de la ponte, ...) ou **tolérantes** peuvent être utilisées pour limiter les dégâts et les dommages de récolte causés par les ravageurs. Cependant, la disponibilité de variétés de ce type est aujourd'hui variable selon les espèces en grandes cultures.

► Les solutions de rattrapage

La lutte chimique peut-être utilisée comme solution de rattrapage si les autres leviers mis en œuvre n'ont pas été efficaces et si les substances actives sont disponibles pour cela.

De même, la lutte biologique (cas de l'utilisation du Trichogramme sur pyrale), est mobilisable en rattrapage.

Les méthodes de lutte contre les différentes catégories de bioagresseurs et leurs modes d'action sont résumés dans le Tableau 2.

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

Tableau 2 : Récapitulatif de l'effet des méthodes de contrôle alternatifs des bioagresseurs [7]

Mode d'action	Leviers	Effets sur les maladies	Effets sur les adventices	Effets sur les ravageurs
Action sur la population initiale	Rotation	Rupture du cycle des maladies par alternance plantes hôtes/non hôtes Biofumigation §	Déspecialisation de la flore par alternance de périodes de semis et modes d'implantation Etouffement des adventices par introduction de cultures étouffantes (luzerne par exemple)	Limitation de la reproduction des parasites liés au sol
	Travail du sol	Enfouissement des résidus infestés, substrat des maladies saprotrophes § Création d'un microclimat moins favorable aux maladies	Enfouissement, donc non germination des semences d'adventices Destruction des adventices Germination des adventices par les faux-semis	Interruption du cycle biologique des ravageurs liés au sol ou aux résidus Destruction des larves
	Lutte biologique	Introduction d'ennemis des maladies		Introduction d'ennemis des ravageurs
	Broyage des résidus	Destruction du substrat pour les champignons saprotrophes §	Limitation des productions de semences	Destruction de larves présentes dans les résidus
	Gestion des repousses	Destruction du substrat pour les champignons biotrophes §		Destruction du substrat pour certains ravageurs
Évitement	Date de semis	Limitation du nombre de cycle de maladies (semis tardif) Limitation de la période de sensibilité de la culture (semis tardif en culture d'hiver, précoce en culture de printemps) Plante robuste lors de la phase de contamination de la maladie (semis précoce -colza)	Développement concurrentiel de la culture par rapport aux adventices (semis précoce pour cultures étouffantes et adventices levant après dates de semis habituelles de ces cultures) Évitement des adventices dont les périodes de levée préférentielles sont les dates de semis habituelles des cultures (semis tardif céréales d'automne)	Évitement des périodes d'attaque (semis tardif céréales d'hiver- pucerons d'automne ; semis précoce colza - grosse altise)
	Cultures pièges			Détournement des ravageurs de la culture

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

Mode d'action	Leviers	Effets sur les maladies	Effets sur les adventices	Effets sur les ravageurs
Atténuation en culture	Fertilisation	Limitation des surfaces foliaires disponibles (rationnement) Création d'un micro-climat défavorable aux maladies (rationnement)	Développement concurrentiel des cultures nitrophiles par rapport aux adventices – ex. colza (engrais starter)	Développement de plantes plus vigoureuses donc plus résistantes aux agressions des ravageurs (augmentation doses) Limitation des surfaces foliaires disponibles pour les ravageurs (rationnement)
	Densité de semis, écartement des rangs	Limitation de la propagation des maladies (faible densité, fort écartement) Création d'un micro-climat défavorable aux maladies (faible densité, fort écartement)	Etouffement des adventices (forte densité, faible écartement)	Limitation des dégâts [§] causés par plante (faible densité, fort écartement)
	Association d'espèces, de variétés	Complémentarité des résistances [§] aux maladies dans la culture Dilution de la quantité d'inoculum Création d'une barrière physique à la propagation des agents pathogènes	Augmentation de la couverture du sol Augmentation de l'efficacité d'utilisation de l'azote disponible => Compétitivité accrue	Barrière physique à la propagation des ravageurs Moindre reconnaissance visuelle de la culture par le ravageur Augmentation du nombre d'ennemis naturels des ravageurs
	Choix variétal	Résistance de la culture aux maladies Tolérance [§] de la culture aux maladies	Variétés compétitives par rapport aux adventices	Résistance de la culture aux ravageurs Tolérance de la culture aux ravageurs
Solution de rattrapage	Lutte mécanique	Destruction du bioagresseur		
	Lutte chimique			
	Lutte biologique			
Organisation paysagère		Limitation de la diffusion inter-parcellaire		Limitation de la diffusion inter-parcellaire Gestion des ennemis naturels Aménagement de zones attractives/répulsives pour les ravageurs

Remarque : par souci de simplification, ce tableau ne prend pas en compte les interactions qui peuvent exister entre les effets des différents leviers.

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

III. 3. Des moyens de contrôle à combiner pour répondre aux objectifs de l'agriculteur

Prise isolément, chacune de ces techniques est généralement moins efficace qu'un programme de lutte chimique : **leur effet est partiel**. Un classement de leur efficacité a été effectué dans le Tableau 3 à partir des dires des experts du comité de rédaction pour aider le lecteur.

Les leviers principaux sont ceux qui peuvent avoir une efficacité acceptable s'ils sont utilisés seuls. **Les leviers secondaires** sont peu efficaces seuls et doivent donc être combinés. **Les leviers complémentaires** permettent de limiter les dégâts ou les dommages de récolte ⁸ lorsque les populations de bioagresseurs sont installées. Il s'agit des solutions de rattrapage.

Ce tableau est donné à titre indicatif. Il n'est sans doute pas applicable à toutes les situations. L'important est ici de retenir que certaines pratiques ont plus d'efficacité que d'autres, et que la **combinaison de différentes pratiques constitue le mode d'action le plus efficace contre les bioagresseurs**.

Tableau 3 : Classement des pratiques ayant un effet sur le contrôle des bioagresseurs selon leur efficacité.

<i>a. Efficacité des pratiques sur les maladies.</i>	
Leviers principaux	Rotation Choix variétal Associations de variétés, d'espèces
Leviers secondaires (à combiner)	Qualité sanitaire des semences Travail du sol Broyage des résidus Gestion des repousses Date et densité de semis Gestion de la disponibilité en azote
Leviers complémentaires	Lutte biologique Lutte chimique
<i>b. Efficacité des pratiques sur les adventices.</i>	
Leviers principaux	Rotation (alternance périodes semis) Travail du sol Date de semis
Leviers secondaires (à combiner)	Qualité sanitaire des semences Déchaumage précoce (post-récolte) Faux semis Densité de semis Gestion de la disponibilité en azote Choix variétal
Leviers complémentaires	Désherbage mécanique Lutte chimique

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

<i>c. Efficacité des pratiques sur les ravageurs.</i>	
Leviers principaux	Rotation
Leviers secondaires (à combiner)	Travail du sol Broyage des résidus Gestion des repousses Déchaumage (limaces) Date de semis Cultures pièges Gestion de la disponibilité en azote Associations d'espèces, de variétés Résistance/tolérance variétale
Leviers complémentaires	Lutte biologique Lutte chimique

NB : Ces tableaux ne prennent pas forcément en compte toutes les interactions qui peuvent exister : par exemple, la gestion des ravageurs peut avoir une influence sur la gestion des maladies dans la mesure où certains d'entre eux sont vecteurs de ces dernières. De même, la gestion des adventices peut avoir un effet sur celle des maladies ou des ravageurs dans la mesure où les adventices peuvent être vectrices des mêmes maladies que les cultures ou hôtes des mêmes ravageurs.

Limiter les pertes économiques que les bioagresseurs engendrent implique donc de concevoir des systèmes de culture en combinant les techniques décrites ci-dessus dans des stratégies alternatives de protection. Il n'y a en effet pas de méthode unique substituable à la lutte chimique et permettant à elle seule une protection efficace et durable des plantes. En effet, **toute méthode de contrôle exerçant une forte pression sur les populations visées est généralement amenée à perdre son efficacité au fur et à mesure que son usage se généralise.** C'est le cas par exemple des méthodes de contrôle génétique.

La combinaison de différentes pratiques permet de mieux gérer la durabilité de ces moyens de contrôle [21].

Un même bioagresseur peut être touché par différentes combinaisons de pratiques. Il s'agit ainsi d'utiliser des combinaisons de leviers pour assurer leur efficacité et leur durabilité en évitant le développement de résistance à ces méthodes. **Trouver la combinaison de pratiques adéquate pour une situation donnée dépend évidemment des objectifs que l'agriculteur se fixe et des compromis à faire selon ses contraintes.** Par exemple, si l'unique objectif fixé est de réduire l'utilisation des herbicides dans le cadre de la protection d'un captage, ou si cet objectif est couplé à une contrainte de maintien de la structure du sol dans des contextes où elle pose problème, les systèmes auxquels on aboutira peuvent être très différents, notamment au niveau de la gestion des travaux du sol. En ce sens, **s'engager dans une démarche de réduction de l'utilisation des pesticides ne se résume pas à mettre en application un ensemble de pratiques définies au préalable ;** mettre en œuvre l'ensemble des pratiques citées précédemment ne constitue pas la situation optimale pour la protection des cultures. **Il s'agit de faire un choix des pratiques les plus efficaces et cohérentes entre elles au regard des objectifs et des contraintes de l'agriculteur, ce que la démarche qui est décrite dans la suite de ce guide permet de faire.**

L'efficacité des solutions alternatives utilisées est dépendante du contexte pédoclimatique dans lequel on se situe. La co-conception de systèmes adaptés au milieu **avec** l'agriculteur, qui est le plus à même de fournir les caractéristiques du milieu, semble donc être une nécessité pour obtenir une stratégie de protection alternative des cultures adéquate.

Pour aider l'utilisateur dans sa réflexion sur ces combinaisons de pratiques, le Tableau 4 reprend à titre d'exemples celles qui ont déjà été mises à l'épreuve dans le cadre de différents réseaux expérimentaux. Il ne s'agit là encore que de quelques exemples.

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

L'annexe 2 du guide détaille en plus quelques itinéraires techniques « types » par culture et selon différentes logiques de protection. On pourra s'en inspirer lors de la conception de systèmes de culture économes en phytosanitaires. Il ne s'agit bien évidemment pas de « recettes » toutes faites ; ces ITK^a doivent être adaptés aux situations auxquelles on peut être confronté.

Tableau 4 : Les combinaisons d'actions connues ayant un effet sur le contrôle des bioagresseurs.

	Actions sur la population de bioagresseurs initiale	Actions sur l'état du peuplement	Actions sur la population de bioagresseurs initiale et sur l'état du peuplement
Adventices	Diversification des cultures dans la rotation x adaptation du travail du sol à la succession des cultures et à la biologie des adventices pour maîtriser les adventices sur blé	<p>Choix de variétés compétitives + semis précoce + augmentation de la densité de semis + augmentation de l'azote disponible pour la culture pour maîtriser les adventices sur colza</p> <p>Choix de variétés compétitives + semis dense + désherbage mécanique pour la maîtrise des adventices sur orge de printemps</p> <p>Faux semis + semis tardif + choix de variétés concurrentielles + binage pour la maîtrise des adventices sur cultures de printemps (maïs, betterave, tournesol)</p>	<p>Diversification des cultures dans la rotation x adaptation du travail du sol à la succession des cultures et à la biologie des adventices + choix de variétés compétitives + semis tardif + augmentation de la densité de semis (ITK « blé intégré » pour la maîtrise des adventices)</p> <p>Diversification des cultures dans la rotation + introduction de cultures étouffantes + faux semis + semis + tardif + désherbage mécanique pour maîtriser les adventices dans un système de culture avec problèmes de résistances aux herbicides</p>
Maladies	<p>Allongement de la rotation avec réduction de la fréquence de retour des céréales à pailles + suppression des repousses de blé pour maîtriser le piétin verse sur blé</p> <p>Allongement de la rotation avec réduction de la fréquence de retour des céréales à pailles x adaptation du travail du sol à la succession des cultures pour maîtriser le piétin échaudage ou la fusariose sur blé</p>	<p>Choix de variétés rustiques ou associations de variétés + semis tardif + réduction de la densité de semis + réduction des apports d'azote pour maîtriser les maladies foliaires du blé</p> <p>Choix de variétés peu sensibles + semis précoce + réduction de la densité de semis + réduction des apports d'azote pour maîtriser le phoma sur colza</p>	<p>Allongement de la rotation avec réduction de la fréquence de retour des céréales à pailles x adaptation du travail du sol à la succession des cultures + semis tardif + réduction de la densité de semis (ITK « blé intégré » pour la maîtrise des maladies)</p> <p>Allongement de la rotation avec réduction de la fréquence de retour des céréales à pailles x adaptation du travail du sol à la succession des cultures + semis tardif + réduction de la densité de semis (ITK « blé intégré » pour la maîtrise des maladies)</p>
Ravageurs		<p>Choix de variétés « robustes » + semis précoces + diminution de la densité de semis + ajustement de la fertilisation azotée aux besoins de la culture (ex. insectes sur colza)</p>	<p>Allongement de la rotation avec réduction de la fréquence de retour des céréales à pailles x adaptation du travail du sol à la succession des cultures + semis tardif + réduction de la densité de semis (ITK « blé intégré » pour la maîtrise des ravageurs)</p> <p>Allongement de la rotation avec réduction de la fréquence de retour du maïs x travail du sol (déchaumage/labour) + avancement date de récolte + broyage des cannes pour la maîtrise de la pyrale et des autres insectes foreurs sur maïs</p>

x : pratiques indissociables – interactions fortes

+ : pratiques à combiner – interactions plus faibles

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

Les pratiques « alternatives » n'influencent pas exclusivement sur le bioagresseur qui est visé. **Une même pratique peut ainsi avoir des conséquences sur différents bioagresseurs.** Ces pratiques présentent donc l'avantage d'être en général plus **polyvalentes** que l'utilisation de produits phytosanitaires, dans la mesure où ces produits sont souvent spécifiques d'un bioagresseur ou d'un type de bioagresseurs donné ; la rotation, à combiner avec le travail du sol, est par exemple un levier important pour la gestion des trois catégories de bioagresseurs (adventices, maladies, ravageurs). En revanche, **des antagonismes peuvent exister entre les effets de ces pratiques sur différents bioagresseurs.** Des exemples en sont présentés dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Exemples d'effets antagonistes de pratiques sur différents bioagresseurs

Pratiques	Bioagresseurs contrôlés	Effets négatifs sur le contrôle d'autres bioagresseurs
Augmentation densité de semis	Adventices	Favorise le développement de maladies cryptogamiques
Augmentation de la teneur en azote du sol (pour cultures nitrophiles – exemple du colza)	Adventices peu nitrophiles	Favorise le développement des adventices nitrophiles Favorise le développement de maladies cryptogamiques
Enfouissement résidus de cultures (labour)	Maladies	Perturbe le cycle des auxiliaires => diminution de leur effet sur les ravageurs
Association d'espèces	Maladies	Peut aggraver des dommages de récolte ⁸ causés par les ravageurs par effet de concentration
Semis de certains couverts en interculture	Nématodes	Dégâts de limaces Peut favoriser le développement de certaines maladies

Les pratiques culturales n'influencent pas uniquement sur les bioagresseurs, **elles ont des effets sur d'autres éléments de l'agro-ecosystème.** Par exemple, le mode de travail du sol effectué a un effet sur la structure du sol. Ces « effets induits » n'ont pas été listés ici, mais sont décrits dans les fiches-pratiques du RMT SdCI ^a.

Bilan de la première partie :

- S'il existe des méthodes de protection alternative des cultures, il n'existe pas de méthode qui, utilisée seule, possède une efficacité égale à celle des produits phytosanitaires. Elaborer une stratégie de protection des cultures économe en produits phytosanitaires consiste à **combiner différentes méthodes de lutte à efficacité partielle agissant en amont de l'élaboration du dégât pour limiter les pertes économiques ⁹ dues aux bioagresseurs**, et en tolérant éventuellement des dégâts et des dommages de récolte si elles n'engendrent pas de pertes économiques.
- Une réduction de la consommation de produits phytosanitaires passe par **une modification des systèmes de culture existants pour une mise en œuvre de mesures prophylactiques et éventuellement de moyens de rattrapage.**

C1, animateur BV, témoin

« Le système est à construire petit à petit, en adaptant l'exploitation agricole dans son ensemble. Il ne s'agit pas juste de décider si on met moins d'intrants sur une parcelle donnée : ça peut fonctionner une année, mais pas tout le temps. »

PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

Dans cette partie, seules les actions à l'échelle de la parcelle ont été décrites. **Cependant, agir au-delà de cette échelle a également son importance pour le contrôle des bioagresseurs.** L'encadré en page 39 donne des éléments de réflexion pour agir à une échelle supérieure à celle de la parcelle.

Dans la suite, une démarche de conception avec l'agriculteur de systèmes de culture alternatifs permettant une protection de culture plus économe en produits phytosanitaires est proposée. Elle permet de réfléchir à ces systèmes alternatifs en tenant compte du contexte (agronomique, socio-économique et environnemental) dans lequel s'insère le système de culture actuel.



PARTIE I : Quelques fondamentaux de la protection des cultures

Les actions permettant de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires au-delà de l'échelle de la parcelle.

Agir au-delà de la parcelle permet de disposer de leviers supplémentaires pour gérer les bioagresseurs ⁹ qui sont mobiles. En effet, ces actions permettent d'augmenter l'efficacité des pratiques mises en œuvre à l'échelle de la parcelle en limitant les contaminations par des bioagresseurs venant de l'extérieur de la parcelle. De plus, elles participent à la conservation de la faune auxiliaire ⁹, qui permet de contrôler les bioagresseurs. Enfin, elles permettent d'assurer la durabilité des méthodes de protection de cultures utilisées en les répartissant judicieusement sur le territoire.

→ Les actions à l'échelle de l'exploitation agricole

► La gestion de l'assolement ⁹ [38]

Une taille des parcelles raisonnable peut permettre une meilleure gestion des populations de bioagresseurs. Un compromis entre optimisation des travaux mécaniques et maintien d'une variabilité d'espèces sur le territoire crée en effet à l'interface entre les cultures des zones favorables à la biodiversité faunistique, et peut donc être à l'origine d'auxiliaires de cultures qui permettront de réguler les populations de ravageurs. D'un point de vue opérationnel, une bonne limite serait la surface maximale que l'on peut semer en 8 ou 10 heures de travail. Des parcelles de 5 à 15 ha sont ainsi obtenues en fonction du contexte. On peut également raisonner la taille des parcelles selon des limites « naturelles », en se fixant pour objectif d'avoir des sols homogènes dans chaque parcelle. Cela permet en plus de gérer au mieux l'apport d'intrants (eau, azote) sur chaque parcelle.

Le positionnement des cultures au niveau géographique est également important : éviter ainsi de juxtaposer les cultures hôtes du même pathogène permet de limiter les contaminations entre parcelles. La propagation de nombreuses maladies et de parasites peut être ralentie par une répartition adéquate des cultures dans l'espace.

Par ailleurs, le maillage des cultures peut être un frein à l'érosion en l'absence d'autres aménagements paysagers.

► L'organisation paysagère [17]

L'environnement de la parcelle a aussi son importance dans la gestion des bioagresseurs. Ainsi, les zones non cultivées (bandes enherbées ou fleuries, haies, mares, ...) abritent des espèces utiles (auxiliaires des cultures), qui facilitent le contrôle des populations de ravageurs des cultures. La présence de fleurs tout au long de l'année permet ainsi d'héberger des larves consommatrices de pucerons. De même, le maintien de mares permet d'héberger des batraciens consommateurs de limaces. Ces espèces étant souvent détruites dans la parcelle même du fait des techniques culturales et de l'utilisation de pesticides, les zones non cultivées constituent une source de recolonisation de la parcelle.

Des zones refuges exemptes de traitements phytosanitaires peuvent également être créées à l'intérieur même des parcelles pour conserver les populations d'auxiliaires de cultures. Des bandes de 2 m de large tous les 70 m permettraient par exemple de maintenir des populations de carabes pour réguler les populations de limaces.

Ces aménagements augmentent l'hétérogénéité des paysages, ce qui peut ralentir la

progression des maladies qui sont disséminées par le vent et des ravageurs.

Les haies et les bandes enherbées apportent bien sûr bien d'autres avantages : lutte contre l'érosion, limitation de la pollution des eaux par les nitrates et par les produits phytosanitaires, rôle économique, rôle paysager, ...

→ Les actions à l'échelle territoriale et collective [17] [39]

Des actions de lutte concertée et collective peuvent être menées à l'échelle du territoire. Ainsi, la lutte contre la pyrale et la sésamie se fait déjà actuellement de manière collective sur certains bassins de production de maïs. De même, l'utilisation du Contans sur *Scierotinia* pourrait être faite à une échelle collective sur les cultures concernées par ce bioagresseur (tournesol, pois, colza).

La constitution de « mosaïques » de cultures au niveau du territoire peut également permettre de ralentir la progression des ravageurs. Cela peut jouer un rôle important dans la limitation des contournements de résistances ⁹ en créant des mosaïques de cultures avec des variétés développant des modes de résistance différents.

Des stratégies « push-pull » ⁹ peuvent également être utilisées au niveau du territoire pour aménager des zones qui repoussent et des zones qui piègent les ravageurs de manière judicieuse par rapport à la localisation des cultures.

Pour aller plus loin :

● Sur les liens agriculture/paysage :

<http://www.agriculture-et-paysage.fr>

● Sur la biodiversité dans les exploitations agricoles :

<http://www.hommes-et-territoires.asso.fr>,
travaux en cours du projet IBIS⁹

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

I. LES RÔLES DE L'AGRICULTEUR ET DE L'ACCOMPAGNATEUR DANS LA CONCEPTION DE NOUVEAUX SYSTÈMES DE CULTURE

Lors de la conception de systèmes de culture innovants, **le rôle des accompagnateurs des exploitants agricoles est sensiblement modifié** par rapport au rôle qu'ils jouent actuellement. En effet, jusqu'à présent, on se situe en France dans une vision plutôt descendante de l'accompagnement, où le conseiller apporte des informations, des connaissances issues de la recherche et du développement à l'agriculteur. Ce rôle est aujourd'hui modifié dans la mesure, notamment, où l'on ne détient pas forcément toutes les informations sur ces systèmes de culture dits « innovants ». D'autre part, des groupes d'agriculteurs, adhérents des réseaux RAD^a, AB^a ou TCS^a, confrontés aux lacunes du conseil institutionnel, ont développé une expertise propre sur les conduites de culture économes en intrants.

Ainsi, le conseiller se trouve plus dans une **posture d'accompagnement, de pédagogie**, où il propose des méthodes pour innover, expérimenter des pratiques plus qu'il n'apporte de réponses. Il peut également recueillir et diffuser les résultats d'innovation à l'initiative des agriculteurs.

Du côté de l'agriculteur, le changement de pratiques implique de modifier certains repères. Ainsi, la notion de « parcelle propre » doit être revue : une parcelle peut contenir des espèces autres que les espèces cultivées sans pour autant que cela nuise à la culture. Les agriculteurs doivent aussi dans certains cas revoir leurs objectifs de rendement à la baisse, tout en sachant que leurs revenus ne seront pas forcément plus faibles. Cela nécessite de raisonner sur les marges économiques et non plus sur les produits bruts. [40] [41] [45]

Les agriculteurs A1, A2 et A5 témoignent :

« On compare toujours les rendements, et non pas les marges. Il est difficile de raisonner sur les marges car les agriculteurs ont en général une réticence à parler de leurs revenus. »

« Mes rendements sont de 10 à 20% en dessous des rendements moyens de la région. Mais, sur le blé par exemple, j'ai 300 euros d'écart avec les charges moyennes sur blé. Mes marges sont donc équivalentes. »

« Il faut accepter de raisonner sur la succession et réapprendre à gérer sa trésorerie à cette échelle, et non plus à l'échelle de la culture »

Dans le même ordre d'idées, il est nécessaire que l'agriculteur raisonne sur l'échelle de la rotation et non plus à l'année culturale : l'introduction d'une culture telle que le pois entre deux blés peut par exemple provoquer des réticences car cette culture génère une marge moindre que le blé. Cependant, si l'on considère qu'elle apporte de l'azote au système et qu'elle est à l'origine d'une rupture parasitaire pouvant permettre de supprimer des passages de produits phytosanitaires, son introduction permet d'améliorer la marge du blé qui la suit. Le calcul des marges doit être optimisé à l'échelle de la rotation et non plus à l'échelle de l'assolement, comme c'est généralement le cas.

Enfin, **le changement de système de culture induit une certaine « prise de risque » que l'exploitant doit être en mesure d'accepter** : si la mise en œuvre de mesures préventives diminue les risques liés aux bioagresseurs, le manque d'outils d'aide à la décision ne permet pas de déterminer quand il faut éventuellement intervenir ou pas. Il s'agit de se reposer sur des observations, ce qui peut paraître moins sécurisant pour l'agriculteur.

Il faut donc que l'agriculteur soit conscient à la fois des avantages et des limites de ce changement, qu'il sache ce qu'il veut améliorer (Augmenter l'efficacité de l'utilisation des phytosanitaires ? Réduire l'utilisation de ces produits ? Améliorer le contrôle sur les bioagresseurs^g ?) et ce qu'il est prêt à perdre à moyen et long terme pour cela (en rendements, en temps de travail...).

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Les agriculteurs A1, A2 et A5 témoignent sur la notion de prise de risques et sur le temps de travail dans des systèmes intégrés :

« On ne prend pas de risques à l'aveugle : on raisonne sur des seuils. On va compter les pieds de mauvaises herbes, et on va les gérer sur la succession et non pas sur une année donnée : on sait qu'on peut mobiliser les cultures suivantes pour détruire les adventices. Pour les pucerons, on observe les populations de coccinelles : si elles sont importantes, l'utilisation d'insecticides est potentiellement inutile. Et puis, on n'est pas en bio : s'il y a vraiment un souci, il ne faut pas s'interdire d'intervenir chimiquement. »

« Je n'ai pas beaucoup de temps à consacrer aux cultures du fait de mon activité d'élevage ; mon système me permet de réduire les interventions sur les cultures, notamment en réduisant les passages de pulvé. La diversification des cultures modifie les dates de semis, le travail n'est donc pas réparti de la même façon sur toute l'année »

« Le temps d'observation des cultures n'est pas forcément plus long qu'en raisonné, c'est le temps de prise de décisions qui est plus long : on se pose plus de questions avant d'agir. »

II. LA DÉMARCHE PROPOSÉE [42] [43]

La démarche adoptée pour la construction de systèmes de culture économes dans ce guide est illustrée par la Figure 9.

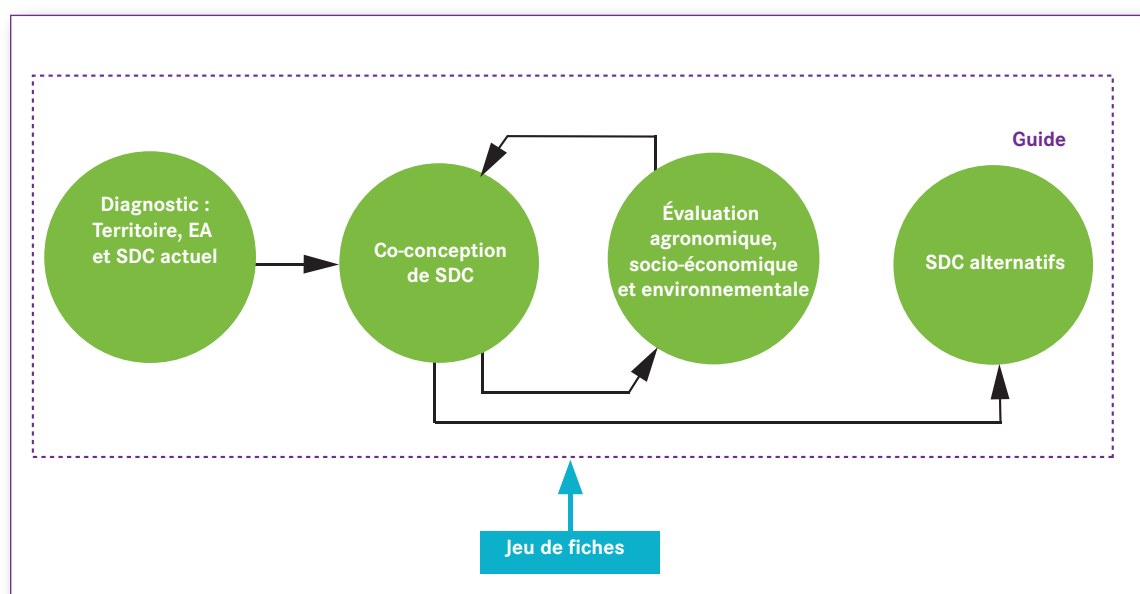


Figure 9 : Démarche de conception de système de culture adoptée dans ce guide.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Il s'agit ici d'une démarche qui part d'un diagnostic agronomique, environnemental et socio-économique du contexte dans lequel s'insère le système de culture actuel de l'agriculteur pour proposer différents systèmes alternatifs en tenant compte des contraintes et des moyens dont dispose l'agriculteur. On travaille donc sur un système de culture à la fois et non sur l'ensemble de l'exploitation. Cette conception s'accompagne d'une évaluation des systèmes actuels et alternatifs sur la base de critères environnementaux (le niveau d'utilisation des pesticides, mais également le bilan azoté, la quantité d'énergie consommée), mais aussi économiques (marges directes) et sociaux (nombre de passages). L'annexe 1 du guide présente la liste des indicateurs retenus pour cette étape d'évaluation.

Les étapes de construction proposées dans ce guide sont les suivantes :

1. *Diagnostic de la situation initiale et description du SDC^a à améliorer*
 - Fonctionnement global de l'EA^a
 - Description du SDC à améliorer
 - Evaluation du SDC actuel
2. *Co-conception de systèmes de culture alternatifs*
 - Réflexion sur la rotation
 - Réflexion sur les itinéraires techniques
3. *Evaluation des systèmes de culture alternatifs par rapport au SDC actuel.*
4. *Discussion sur les résultats.*

À chaque étape, des « **fiches-supports** », à renseigner au fur et à mesure pour la mise en œuvre de la démarche, et des « **fiches-aides** », contenant des informations utiles à la conception seront disponibles pour aider à la mise en œuvre de la démarche. Ces fiches constituent une aide et l'utilisateur peut bien sûr les modifier pour les adapter à son usage.

Un calculateur est par ailleurs proposé avec ce guide et permet de réaliser l'évaluation des SDC sur la base de plusieurs indicateurs : IFT, bilan azoté, efficacité énergétique, marge directe, nombre de passages, ... Il a été conçu pour rendre disponibles rapidement des indicateurs de performance du SDC actuel et des SDC alternatifs qui seront construits. **Cependant son utilisation, bien que recommandée pour objectiver les échanges entre accompagnateur et agriculteur, n'est pas indispensable lors de la conception.**

Nous nous sommes efforcés de décrire dans ce guide une démarche complète pour la conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires avec l'agriculteur.

Cependant, nous sommes conscients que la mise en œuvre de cette démarche n'est pas toujours possible pour des raisons de temps, de moyens disponibles ou d'implication de l'agriculteur dans la démarche. Nous proposons donc pour les étapes de la démarche où cela nous a semblé nécessaire deux parcours de mise en œuvre :

- un **parcours « approfondi »**, déroulant la démarche complète
- un **parcours « rapide »**, qui propose une démarche simplifiée. Il faut cependant être conscient que ce parcours est moins précis que le précédent sur certains aspects de la démarche, et notamment sur l'évaluation des systèmes de culture actuel et alternatifs. L'utilisateur pourra à chaque étape choisir entre ces deux parcours en fonction du temps dont il dispose et du niveau de précision qu'il souhaite obtenir. Il peut également choisir de mettre en œuvre dans un premier temps le parcours rapide, et ensuite retourner sur l'exploitation dans un second temps pour approfondir le travail réalisé.

Pour faciliter l'utilisation des fiches-supports, elles ont été séparées pour les deux types de parcours. Deux « cahiers » accompagnent donc le guide, correspondant à ces deux parcours.

La démarche, ainsi que les points communs et différences entre ces deux parcours, sont présentés de manière synthétique dans le Tableau 6.

PARTIE II : une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Tout au long de cette partie du guide, l'exemple d'une même exploitation est utilisé pour illustrer le déroulement de la démarche et le mode de renseignement de ces fiches-supports.

Tableau 6 : Résumé des différents parcours et étapes de la démarche proposée.

Etape 1 : Diagnostic de la situation initiale	
1.a Fonctionnement global de l'exploitation	
Objectifs :	
<ul style="list-style-type: none">• Comprendre les objectifs globaux de l'agriculteur sur l'exploitation agricole• Saisir les atouts et les contraintes de l'exploitation• Identifier les SDC de l'EA et celui que l'on souhaite améliorer dans un premier temps	
Parcours rapide	Parcours approfondi
Réalisation d'un diagnostic de l'exploitation	Réalisation d'un diagnostic de l'exploitation
1.b Description du système de culture à améliorer	
Objectifs :	
<ul style="list-style-type: none">• Caractériser le SDC (rotation, types de sol, ITK)• Connaître les objectifs et enjeux de l'exploitant sur ce SDC	
Parcours rapide	Parcours approfondi
Description de la rotation	Description de la rotation
Description rapide des ITK + description approfondie de l'ITK sur une ou deux culture(s)	Description des ITK pour toutes les cultures de la rotation
1.c. Evaluation du système initial	
Objectifs :	
Evaluer le SDC à partir d'une liste d'indicateurs préétablie, pour pouvoir par la suite comparer ses performances à celles des systèmes alternatifs qui seront proposés	
Parcours rapide	Parcours approfondi
Caractérisation rapide du SDC	Evaluation multicritère du SDC actuel avec l'aide du calculateur STEPHY
Etape 2 : Co-conception de systèmes de culture alternatifs	
Objectifs :	
<ul style="list-style-type: none">• Identifier avec l'agriculteur les leviers agronomiques qu'il met déjà en œuvre sur son SDC actuel à l'échelle de la rotation• Identifier des leviers supplémentaires intéressants à mettre en œuvre selon ses objectifs	
2.a. Réflexion sur la rotation	
Parcours rapide	Parcours approfondi
Identification des leviers mis en œuvre à l'échelle de la rotation sur le SDC actuel	Evaluation de la mise en œuvre des leviers disponibles à l'échelle de la rotation sur le SDC actuel
Proposition de leviers supplémentaires à mettre en œuvre	Proposition de leviers supplémentaires à mettre en œuvre

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

2.b. Réflexion sur les ITK

Parcours rapide

Identification des leviers mis en œuvre à l'échelle de l'ITK sur le SDC actuel
Proposition de leviers supplémentaires à mettre en œuvre
Description rapide des nouveaux SDC construits

Parcours approfondi

Identification et compréhension des mécanismes d'actions des leviers mis en œuvre à l'échelle de l'ITK sur le SDC actuel
Proposition de leviers supplémentaires à mettre en œuvre à partir d'une caractérisation des bioagresseurs principaux
Description des ITK des cultures pour les nouveaux SDC auxquels on aboutit

Etape 3 : Evaluation des systèmes de culture alternatifs par rapport au système de culture initial

Objectifs :

- Evaluer les performances des SDC alternatifs par rapport au SDC initial

Parcours rapide

Evaluation qualitative des performances des SDC construits par rapport à celle du SDC actuel de l'agriculteur sur quelques indicateurs

Parcours approfondi

Evaluation multicritère et quantitative des performances des SDC construits par rapport à celles du SDC actuel de l'agriculteur
Simulation de l'évolution de ces performances suite à des variations de rendements ou sous différents contextes de prix

Etape 4 : Discussion sur les résultats

Objectifs :

- Discuter de la mise en place des systèmes alternatifs proposés sur l'exploitation.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

III. ÉTAPE I : DIAGNOSTIC DE LA SITUATION INITIALE

III. 1. Fonctionnement global de l'exploitation

Objectifs :

- Comprendre les objectifs globaux de l'agriculteur sur l'exploitation agricole
- Saisir les atouts et les contraintes de l'exploitation
- Identifier les SDC de l'EA et celui que l'on souhaite améliorer dans un premier temps

Aides disponibles :

Parcours rapide

- Fiche-support S1 : Schéma récapitulatif du diagnostic de l'exploitation agricole
- Fiche-aide A1 : Questionnaire pour le diagnostic de l'EA

Parcours approfondi

- Fiche-support S1 : Schéma récapitulatif du diagnostic de l'exploitation agricole
- Fiche-aide A1 : Questionnaire pour le diagnostic de l'EA

Remarque : ce diagnostic de la situation initiale peut être réalisé par l'accompagnateur seul au préalable s'il connaît déjà l'exploitation et s'il dispose des informations nécessaires (caractéristiques de l'exploitation, systèmes de culture présents et pratiques de l'agriculteur). Il pourra en discuter par la suite rapidement avec l'agriculteur et procéder à des vérifications avant de passer à l'étape 2.

Les deux parcours proposés ne se distinguent pas pour cette étape.

Il s'agit ici de questionner l'agriculteur pour **comprendre de manière globale le fonctionnement de l'exploitation agricole. Les principaux freins et contraintes** de l'agriculteur doivent donc être mis en évidence, ainsi que les **atouts dont il dispose** pour pouvoir modifier son système. Pour aider à la réalisation de ce diagnostic, une liste de questions est fournie dans la fiche-aide A1. Cette liste constitue une aide au renseignement de la fiche-support S1, qui résume les différents aspects de l'exploitation agricole, repère les systèmes de culture majoritaires et les déterminants des choix de l'agriculteur. Doivent figurer dans les cases non pas la description complète des différents thèmes mais plutôt les points qui peuvent avoir une influence importante sur le SDC à améliorer. Cela permettra par la suite **d'orienter les choix et les compromis à gérer lors de la construction de systèmes de culture alternatifs.**

Il est cependant nécessaire d'objectiver ce que dit l'agriculteur à l'aide des références personnelles de l'accompagnateur et de sa connaissance du contexte local : l'agriculteur peut par exemple considérer la présence d'un bioagresseur comme une contrainte forte alors que sa présence n'est pas fréquente et n'entraîne pas de pertes économiques ^s majeures. Pour cela, les comptages et les observations de l'agriculteur, ainsi que les réseaux d'observations locaux peuvent être mis à profit. On peut faire estimer par l'agriculteur l'incidence ^s et la sévérité ^s des dégâts causés par les bioagresseurs présents, et les comparer au taux de présence de ces bioagresseurs dans la région.

On aboutit ainsi à un **bilan reprenant les principaux problèmes auxquels l'agriculteur se trouve confronté, ce qu'il est disposé à changer pour les résoudre et ce qu'il veut conserver par ailleurs.**

Ce document constitue une base de discussion et ne doit pas être un frein pour d'éventuels changements de pratiques. L'organisation du travail peut par exemple être considérée comme une contrainte forte sur l'exploitation, mais peut être discutée. Il s'agit de faire le cas échéant des propositions susceptibles de lever les contraintes repérées par l'agriculteur et d'apporter des améliorations au système de culture.

À la fin de cette étape, on choisit avec l'agriculteur un ou plusieurs SDC à améliorer et on identifie les raisons pour lesquelles l'agriculteur souhaite travailler sur ce(s) système(s). Ces systèmes de culture sont à étudier un par un par la suite.

La Figure 10 illustre le mode de renseignement de la fiche-support S1.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

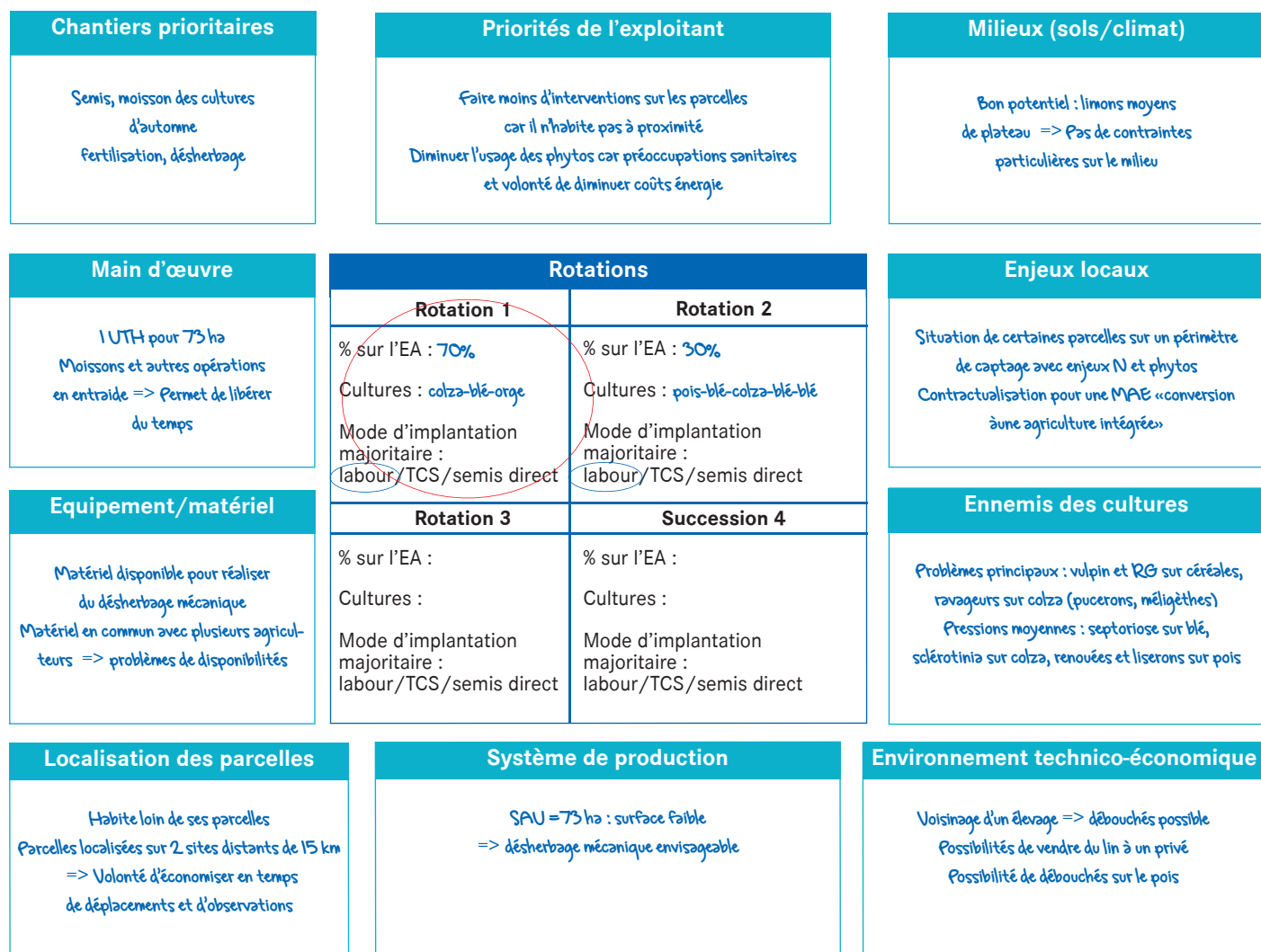


Figure 10 : Exemple de renseignement de la fiche de diagnostic de l'exploitation.

III. 2. Description du système de culture à améliorer

Objectifs :

- Caractériser le SDC (rotation, types de sol, ITK)
- Connaître les objectifs et enjeux de l'exploitant sur ce SDC

Aides disponibles :

Parcours rapide

- Fiche-support S2-A et B : Description des SDC
- Fiche-aide A2 : Quelques exemples d'objectifs et de contraintes possibles sur un SDC

Parcours approfondi

- Calculateur STEPHY - Fiche de description de la rotation (cf. fiche-support S2 pour maquette)
- Fiche-aide A2 : Quelques exemples d'objectifs et de contraintes possibles sur un SDC

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Remarque : *si les pratiques de l'agriculteur sont déjà enregistrées par ailleurs, on peut mettre ici à profit ce travail et s'en servir comme base de la discussion.*

À cette étape, il s'agit dans un premier temps de **décrire la rotation** et de **comprendre les objectifs de l'agriculteur et les choix de cultures qu'il a réalisés**. Il est notamment utile d'identifier le niveau de dégâts [§] (absence totale de bioagresseurs ? Dégâts limités et à quel niveau ? Quels seuils d'intervention ?) et de dommages de récolte [§] (jusqu'à quelles pertes éventuelles de rendement est-il prêt à aller ?) que l'agriculteur est prêt à tolérer pour un revenu donné. Il est important d'évaluer ici ce que l'agriculteur veut changer, ce qu'il tient à conserver et pour quelles raisons.

Dans un second temps, **les ITK sont décrits pour chaque culture de la rotation**. Cela permet de **déterminer la stratégie de protection des cultures de l'agriculteur** (protection systématique/raisonnée/alternative/ production intégrée [§] - cf. Figure 11), et ainsi d'estimer les marges de manœuvre dont il dispose pour la construction d'un système de culture plus économe en phytosanitaires. **Pour cela, il est intéressant de décrire la variabilité des conduites pour une même culture**. Par exemple, si tous les blés sont conduits de manière identique alors qu'ils ont des précédents différents et sont sur des milieux différents, cela traduit une stratégie de protection de cultures « systématique » où les traitements sont les mêmes pour les cultures identiques. Si l'ITK est modulé en fonction des caractéristiques de la parcelle et en fonction des précédents de la culture, cela est révélateur d'une stratégie de protection raisonnée, voire d'une stratégie de production intégrée.

PARCOURS RAPIDE

Pour ce parcours, on propose de décrire en détail uniquement la conduite d'une (ou deux) culture(s) principale(s) (par exemple le blé et la tête de rotation) pour déterminer rapidement la stratégie de protection de l'agriculteur. La fiche-support S2A permet de faire cette description. Les conduites des autres cultures sont ensuite évaluées plus rapidement, au travers de critères tels que le travail du sol en interculture, la date et la densité de semis, le choix des variétés, la dose totale d'azote apportée et enfin les rendements moyens réalisés et leur variabilité. Ces critères sont à renseigner en fonction de leur pertinence pour la culture concernée. La fiche-support S2B permet de réaliser cette description simplifiée du système de culture, en s'aidant de la fiche-aide A2 pour repérer les objectifs et les contraintes de l'agriculteur. L'exemple présenté sur la Figure 11 donne une illustration d'utilisation de ces fiches.

Si cette description permet de déterminer rapidement la stratégie de l'agriculteur, elle reste cependant insuffisante pour étudier en détail les itinéraires techniques des cultures autres que les cultures principales et pour réaliser une évaluation complète du système de culture actuel.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Exemple :

	Culture principale 1		Culture principale 2	
CULTURE :	Colza (tête de rotation)		Blé	
CONDUITE :	Conduite « type »	Variabilité des pratiques et causes	Conduite « type »	Variabilité des pratiques et causes
MODE DE GESTION DE L'INTERCULTURE				
Broyage des résidus (oui/non)	oui		oui	
<i>Désherbage chimique</i>				
IFT ou niveau de charges (€)	1 glyphosate			
<i>Travaux du sol</i>				
Labour (oui/non)	oui		oui	
Travaux superficiels (nature et nombre de passages)			2 déchaumages	
<i>Implantation d'une culture intermédiaire</i>				
Espèce semée	-			
SEMIS				
Date de semis (précoce/moyenne/tardive)	moyenne		moyenne	
Nombre de variétés semées	1		1	
Type de variétés (sensibles/peu sensibles)	pas sensibles phoma		peu sensibles maladies foliaires	
Densité de semis (faible/moyenne/forte)	moyenne		moyenne	
Ecartement des rangs (faible/moyen/fort)	moyen		17 cm	
Traitement des semences (oui/non)	oui		oui	
FERTILISATION				
<i>Fertilisation minérale</i>				
Azote minéral apporté (kg d'azote/ha)	170		180	
Nombre d'apports	2		3	
<i>Fertilisation organique</i>				
Azote organique apporté (kg d'azote/ha)	0		-	
Nombre d'apports	-		-	

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

	Culture principale 1		Culture principale 2	
CULTURE :	Colza (tête de rotation)		Blé	
CONDUITE :	Conduite « type »	Variabilité des pratiques et causes	Conduite « type »	Variabilité des pratiques et causes
PROTECTION DES CULTURES				
<i>Herbicides</i>				
IFT/ niveau de charges (€) ou nombre de passages	3 désherbages KFT = 2,2		2 désherbages KFT = 1,8	
<i>Fongicides</i>				
IFT/ niveau de charges (€) ou nombre de passages	1 fongicide KFT = 1		2 fongicides KFT = 1,6	
<i>Insecticides</i>				
IFT/niveau de charges (€) ou nombre de passages	3 insecticides KFT = 3		1 insecticide KFT = 1	
<i>Autres (molluscicides, régulateurs, ...)</i>				
IFT/ niveau de charges (€) ou nombre de passages	1 régulateur KFT = 0,6		1 anti-limace KFT = 0,9	0 ou 1 intervention selon observations
<i>Lutte mécanique</i>				
Bineuse/Herse/Houe rotative - nombre de passages	0			
<i>Lutte biologique</i>				
Moyen de lutte (trichogramme, Contans,...)	-		-	
IRRIGATION				
Quantité d'eau apportée (m ³ /ha)	-		-	
RECOLTE				
Rendement (q/ha)	35		80	65 à 85

OBJECTIFS ET CONTRAINTES DE L'AGRICULTEUR :

Meilleure gestion des graminées (ray-grass et vulpin) dans les céréales
 Meilleure gestion des ravageurs (mélièthes et pucerons) sur le colza
 Réduction éventuelle du temps de travail.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

SDC actuel	Culture 1	Culture 2	Culture 3	Culture 4	Culture 5	Culture 6
CULTURE :	Colza	Blé	Orge			
Labour (oui/non)	oui	oui	oui			
Travaux du sol en interculture (nombre de passages)	2	2	2			
Date (précoce/moyenne/tardive) et densité de semis (faible/normale/forte)	moyenne	moyenne	moyenne			
Choix variétal (variétés sensibles/peu sensibles)	Variétés peu sensibles au phoma	Variétés peu sensibles aux maladies foliaires				
IFT (si disponible) ou nombre de passages pour protection chimique	6,8 hors glyphosate	5,3	4,2			
Charges opérationnelles pour les phytos (euros)	?	?	?			
Désherbage mécanique (oui/non)	non	non	non			
Dose totale d'azote apportée (unités d'azote)	170	180	140			
Rendement (q/ha)	35	80	72			

Figure 11 : Exemple d'utilisation de la fiche de description du SDC.

Globalement, les pratiques sont identiques sur toutes les parcelles occupées par la même culture. Par ailleurs, aucun autre moyen de protection que la protection chimique et le contrôle génétique n'est utilisé. La stratégie de protection adoptée ici est donc plutôt de type conventionnelle.

PARCOURS APPROFONDI

La description du système de culture peut se faire directement sur le calculateur STEPHY. Cette description permet par la suite de calculer les indicateurs pour l'évaluation du système de culture initial (cf. paragraphe suivant).

La description des ITK requise pour le calculateur a été réfléchi dans un souci de réduire le nombre d'informations à saisir par l'utilisateur. Ne sont par conséquent conservées que les opérations culturales qui ont une influence sur les résultats de l'évaluation. Ainsi, pour le travail du sol, il a été choisi de distinguer uniquement deux types de travaux (plus de 15 cm et moins de 15 cm de profondeur) pour le calcul des consommations énergétiques. Une seule valeur de consommation énergétique a par ailleurs été retenue pour chacun de ces types de travaux, quel que soit l'outil utilisé. Cette description simplifiée permet de faire appel à des abaques pour le calcul des indicateurs retenus.

Les objectifs et contraintes de l'agriculteur, que la fiche-aide A2 peut aider à repérer, peuvent y être notés dans la rubrique « observations ».

N.B. : Les informations nécessaires au calcul des indicateurs peuvent être recueillies dans un premier temps sur l'exploitation lors de la discussion avec l'agriculteur puis saisies dans un second temps sur le calculateur STEPHY pour l'évaluation pour aller plus vite ou si l'accompagnateur ne dispose pas d'un ordinateur sur place.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Calculateur STEPHY - Sorties de l'évaluation

Légende (type d'information) :
■ Information requise
■ Information facultative
■ Information complétée

Nom du système de culture :

Année 1 : Colza d'hiver
 Année 2 : Blé tendre d'hiver
 Année 3 : Orge d'hiver

Contexte de prix d'achat des fertilisants :
 Contexte de prix de vente de la récolte :

MODE DE GESTION DE L'INTERCULTURE PRÉCÉDENTE :

Post-moisson :
 Broyage ou rebroyage des pailles chaumes : Oui Non Non

Implantation éventuelle d'une culture intermédiaire (ou repousses) :
 Culture intermédiaire semée (ou repousses) : Sol nu Sol nu Sol nu
 Matériel utilisé : sans objet sans objet sans objet
 Mode de destruction de la culture intermédiaire : sans objet sans objet sans objet

Préparation du semis de la culture :

Désherbage chimique en interculture :
 IFT : 1.0 0.0 0.0
 Nombre de passages : 1.0 0.0 0.0
 Charges : (€/ha) 10.0 0.0 0.0

Travaux du sol entre récolte du précédent et semis de la culture :
 Labour : Oui Oui Oui
 Travaux superficiels (-15cm de profondeur) : bre pass. 0 2 2
 Décompactage : Non Non Non
 Roulage (mettre non si semis en combiné) : Non Non Non

SEMIS DE LA CULTURE PRINCIPALE :

Date de semis : Moyenne Moyenne Moyenne
 Espèce semée : Colza d'hiver Blé tendre d'hiver Orge d'hiver
 Matériel utilisé : Semoir céréales Semoir céréales Semoir céréales
 Nombre de variétés semées : 1 1 1
 Densité de semis (normale) : 40 gr/m2 250 gr/m2 180 gr/m2
 Ecartement des rangs : (cm) 17 17 17
 Traitement des semences : Oui Oui Oui

FERTILISATION :

Fertilisation minérale :
 Quantité d'azote minéral apportée : kg d'N/ha 170.0 180.0 140.0
 Nombre d'apports : 2.0 3.0 2.0

Fertilisation organique :
 Quantité totale d'azote organique apportée : kg d'N/ha 0.0 0.0 0.0
 Nombre d'apports de fumier : 0.0 0.0 0.0
 Nombre d'apports de lisier : 0.0 0.0 0.0
 Coût de la fertilisation organique : €/ha 0.0 0.0 0.0

PROTECTION DES CULTURES :

Lutte chimique :

Herbicides :
 IFT : 2.2 1.8 1.5
 Nombre de passages : 3.0 2.0 2.0
 Charges : 85.0 83.2 67.5

Insecticides :
 IFT : 3.0 1.0 0.5
 Nombre de passages : 3.0 1.0 0.5
 Charges : (€/ha) 42.0 9.0 4.5

Fongicides :
 IFT : 1.0 1.6 1.5
 Nombre de passages : 1.0 2.0 2.0
 Charges : (€/ha) 15.0 60.0 60.0

Autres (molluscicides, régulateurs...) :
 IFT : 0.6 1.0 0.7

Les rubriques suivantes figurent également dans le calculateur : irrigation et récolte »

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

III. 3. Evaluation du système de culture initial

Objectifs :

- Evaluer le SDC à partir d'une liste d'indicateurs préétablie
- Pour pouvoir par la suite comparer ses performances à celles des systèmes alternatifs qui seront proposés

Aides disponibles :

Parcours rapide

- Fiche-support S2 : Description simplifiée des SDC

Parcours approfondi

- Le calculateur STEPHY (cf. S3 pour maquette)
- Le calculateur IFT du MAAPRAT
- Annexe 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation des SDC

PARCOURS RAPIDE

Pour ce parcours, l'état actuel du système de culture n'a pas besoin d'être évalué précisément ; en effet, étant donné qu'on évaluera les performances des SDC construits relativement au SDC actuel, la description rapide des systèmes (réalisée avec l'aide de la fiche-support S2) suffit pour réaliser cette comparaison. Il faut cependant être conscient que cette évaluation reste très simpliste et ne permet pas d'objectiver les performances que l'on prête aux systèmes de culture qui seront construits.

PARCOURS APPROFONDI

N.B. : Le calculateur STEPHY ne permet pas de faire le calcul de l'IFT. L'outil mis en ligne sur le site du MAAPRAT est à utiliser pour cela.

Cette évaluation permet de faire un **bilan rapide du SDC initial** et de **connaître ses performances** pour les critères pris en compte. Il a été choisi de ne pas évaluer uniquement le critère « pesticides », de manière à détecter les éventuels effets négatifs sur d'autres compartiments des pratiques proposées pour une réduction de l'usage des phytosanitaires.

Une description des indicateurs utilisés et de leur mode de calcul est disponible en annexe 1.

Ces indicateurs sont calculés à l'échelle du système de culture et dans l'objectif de comparer par la suite les valeurs obtenues pour le système initial à celles obtenues pour les systèmes alternatifs qui seront construits. Cela permet de juger des effets de modifications du système sur le compartiment « phytosanitaires » (indicateur IFT), mais aussi sur d'autres critères environnementaux et socio-économiques (consommations énergétiques, bilan Bascule, marge directe, nombre de passages, ...).

Les feuilles de description des ITK et les feuilles de résultats pourront par la suite être imprimées et laissées à l'agriculteur.



PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Calculateur STEPHY - Sorties de l'évaluation

Système de culture de référence :


Nom	Référence	Cultures
CBO	Oui	Colza d'hiver -> Blé tendre d'hiver -> Orge d'hiver

Systèmes de culture alternatifs :



 Ces flèches permettent de déplacer le système de culture sélectionné

Nom	Référence	Cultures

Résultats de l'évaluation :


 Evaluer les systèmes de culture

Pour les indicateurs surlignés en rouge :

Des paramètres rentrés par l'utilisateur ont été utilisés. Le résultat obtenu n'est pas garanti

Comparaisons des systèmes de culture | CBO(Moyen/Moyen)

Indicateurs	unité	CBO (réf.)
Traitement des semences	%	100
IFT total		5,8
IFT herbicides		2,2
IFT insecticides		1,5
IFT fongicides		1,4
IFT autres		0,8
Coût énergétique	GJ/ha	13
Efficacité énergétique		8
Bilan Bascule	kg d'N /ha	36
Produit brut	€/ha	877
Charges opérationnelles	€/ha	422
Charges phytosanitaires herbicides	€/ha	85
Charges phytosanitaires insecticides	€/ha	18
Charges phytosanitaires fongicides	€/ha	55
Charges phytosanitaires autres	€/ha	14
Charges engrais	€/ha	190
Charges semences	€/ha	60
Charges de mécanisation et de main d'oe...	€/ha	274
Marge directe	€/ha	181
Nombre de passages		14,7
Nombre de passages : Pulvérisation		7
Nombre de passages : travaux mécaniques		2,3
Temps de passage	h/ha	4,8
Temps de passage : Pulvérisation	h/ha	0,9
Temps de passage : travaux mécaniques	h/ha	2,2

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

IV. ÉTAPE 2 : CO-CONCEPTION DE SYSTÈMES DE CULTURE ALTERNATIFS

Cette étape vise à **imaginer avec l'agriculteur les modifications que l'on pourrait apporter au système initial pour en améliorer les performances vis-à-vis de la protection des cultures, au regard des objectifs poursuivis et des contraintes de l'agriculteur**. On travaille ici à l'échelle de la parcelle et de la rotation.

Cette réflexion se faisant « sur le papier », sans aucun engagement de la part de l'agriculteur, **il est conseillé de ne pas mettre de freins a priori aux changements en ne tenant compte que des aspects agronomiques**, les aspects socio-économiques étant évalués par la suite. En effet, ce guide vise à ouvrir de nouvelles perspectives à l'agriculteur, en levant les freins qu'il peut poser *a priori* au changement de pratiques : idées reçues sur baisses de rendements, sur baisse de revenus, sur le temps de travail... De même, il est conseillé de s'affranchir dans un premier temps de la discussion sur la mise en œuvre concrète des changements proposés sur l'assolement.

Ce travail débouche sur l'élaboration de systèmes de culture « alternatifs » qui seront évalués par la suite.

N.B. :

• *En fonction des objectifs de l'agriculteur et en fonction des caractéristiques de sa rotation, on peut éventuellement passer cette étape et travailler directement sur les ITK. Par exemple, pour un agriculteur qui veut uniquement réduire son IFT pour pouvoir bénéficier des MAE phytos hors herbicides, un ajustement à la marge de l'ITK peut parfois suffire.*

• *On ne réfléchit ici que sur un SDC à la fois. Les modifications envisagées peuvent cependant avoir un effet sur l'ensemble des systèmes de culture de l'exploitation : pour pouvoir diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires pour un SDC, la rotation peut être changée. Ainsi, dans les exploitations de type polyculture - élevage, il faudra s'assurer que les besoins fourragers restent satisfaits après les modifications qui sont apportées et le réajuster si besoin en modifiant les autres systèmes de l'exploitation. De même, pour les cultures qui font l'objet de quotas, telle que la betterave, il faudra s'assurer que les modifications proposées n'ont pas de conséquence sur la satisfaction de ce quota.*

IV. 1. Réflexion sur la rotation

Objectifs :

- Identifier avec l'agriculteur les leviers agronomiques qu'il met déjà en œuvre sur son SDC actuel à l'échelle de la rotation.
- Identifier des leviers supplémentaires à mettre en œuvre selon ses objectifs.

Aides disponibles :

Parcours rapide

- Fiche-support S3 : Mise en œuvre des solutions techniques alternatives disponibles pour la protection des cultures à l'échelle de la rotation
- Fiche-aide A3 : Principales caractéristiques des grandes cultures
- Fiche-aide A4 : Aide au choix des cultures intermédiaires

Parcours approfondi

- Fiche-support S4 : Mise en œuvre des solutions techniques alternatives disponibles pour la production intégrée à l'échelle de la rotation
- Fiche-aide A3 : Principales caractéristiques des grandes cultures
- Fiche-aide A4 : Aide au choix des cultures intermédiaires

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

À cette étape, il s'agit d'évaluer la rotation de l'agriculteur par rapport aux objectifs de l'agriculteur (repérés à l'étape précédente), et de voir quels leviers supplémentaires peuvent être mis en œuvre pour les atteindre. Pour cela, la liste des leviers disponibles en production intégrée des cultures (cf. Tableau 7) peut être mobilisée.

Tableau 7 : Les solutions techniques utilisées en production intégrée à l'échelle de la rotation

Diversifier familles et espèces dans la rotation pour rompre le cycle des maladies en tenant compte des délais de retour et des précédents possibles

Diversifier familles et espèces dans la rotation pour obtenir une rupture parasitaire vis-à-vis des ravageurs en tenant compte des délais de retour et des précédents possibles

Diversifier familles et espèces dans la rotation pour déspecialiser la flore adventice

Mettre en place 1 année sur 3 une interculture longue pour permettre le travail du sol

Introduire au moins une légumineuse dans la rotation

Planter au moins une année sur 3 une culture à grain(e)s restituant les pailles

Faire suivre les légumineuses par des cultures d'hiver exigeantes en azote, ou à défaut par une culture intermédiaire *

Alterner les cultures exigeantes en phosphate et en potasse avec des cultures peu exigeantes

■ Leviers permettant de contrôler les bioagresseurs

PARCOURS RAPIDE

Il s'agit ici dans un premier temps de voir si les leviers disponibles en production intégrée sont mis en œuvre par l'agriculteur. Pour cela, des fiches-aides sont mises à disposition : la fiche-aide A3, qui décrit les principales caractéristiques de grandes cultures, et la fiche-aide A4, qui résume les informations pouvant être nécessaires pour le choix de cultures intermédiaires.

Pour consigner les observations de l'utilisateur pour cette phase, la fiche-support S3 reprend les solutions techniques disponibles à l'échelle de la rotation pour une stratégie de protection alternative des cultures et permet de repérer rapidement les leviers mis en œuvre.

Dans un second temps, en fonction de cet état des lieux, des pressions en bioagresseurs exprimées par l'agriculteur et des marges de manœuvre dont il dispose (repérés à l'étape précédente sur les fiches-supports S1 et S2), des propositions de modifications de la rotation peuvent être faites. On aboutit ainsi éventuellement à une ou plusieurs rotation(s) alternative(s). Le cas échéant, la fiche-support S3 peut être utilisée pour décrire ces nouvelles rotations, en mettant en relief les modifications apportées et leurs explications (en utilisant une couleur différente, en les entourant...).

Exemple :

N.B. : Le raisonnement est identique pour les deux parcours. La description qui en est faite ci-dessous correspond donc à ces deux parcours.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

1. Repérage des leviers déjà mis en œuvre (Fiche-support S3)

Leviers disponibles	Mise en œuvre sur le SDC actuel		Mise en œuvre sur le SDC alternatif 1		Mise en œuvre sur le SDC alternatif 2	
	Rotation : C - B - O		Rotation : C - B - Lin - B - Pois - B		Rotation :	
	Plutôt oui	Plutôt non	Plutôt oui	Plutôt non	Plutôt oui	Plutôt non
Diversifier familles et espèces dans la succession pour rompre le cycle des maladies en tenant compte des délais de retour et des précédents possibles	X					
Diversifier familles et espèces dans la succession pour obtenir une rupture parasitaire vis-à-vis des ravageurs en tenant compte des délais de retour et des précédents possibles	X					
Diversifier familles et espèces dans la succession pour déspecialiser la flore adventice		X				
Mettre en place 1 année sur 3 une interculture longue pour permettre le travail du sol		X				

Figure 11 : Exemple d'utilisation de la fiche de description du SDC.

2. Propositions de modification de la rotation

Les objectifs de l'agriculteur sur ce système sont en premier lieu la maîtrise des adventices (Ray-grass et vulpin) dans les céréales et celles des ravageurs dans le colza. Or, on se rend compte que les leviers permettant la déspecialisation de la flore adventice ne sont pas mis en œuvre.

En raisonnant sur la rotation, on va donc pouvoir améliorer la gestion des adventices.

Dans le système colza/blé/orge d'hiver, 3 cultures d'hiver se succèdent. Cela conduit à une spécialisation de la flore adventice qui la rend plus difficile à maîtriser. Cela peut expliquer les problèmes rencontrés dans les céréales. La solution principale repose sur une diversification des périodes de semis. On peut par exemple remplacer l'orge d'hiver par une orge de printemps. Cela permettrait de plus de ménager une interculture longue pour travailler le sol (réalisation de faux-semis). On obtiendrait ainsi une rotation de type colza/blé/orge de printemps.

Cependant, pour diversifier les familles présentes dans la rotation de cultures et réduire ainsi les risques de maladies, on peut introduire du pois dans la rotation, cette culture étant déjà pratiquée par ailleurs sur l'exploitation. Cette légumineuse introduit de l'azote dans le système et là encore une interculture longue permettra des travaux du sol notamment pour contrôler les adventices. Même si les débouchés ne sont pas forcément évidents, cette culture présente plusieurs intérêts. Une autre alternative serait d'introduire de la fèverole, qui aurait les mêmes avantages. On aboutit donc à une rotation de type colza/blé/protéagineux de printemps (pois ou fèverole)/orge d'hiver.

En ce qui concerne les maladies, on note que le colza revient tous les trois ans. Cette fréquence un peu élevée peut conduire au développement de maladies persistantes dans cette culture (sclérotinia). On peut donc proposer d'allonger la rotation pour cela. Un débouché étant disponible pour le lin, on propose d'introduire cette culture, sachant que par ailleurs cela permettra de diversifier les périodes de semis des cultures de printemps (cf. fiche-aide A3). On propose toutefois de faire revenir plusieurs fois le blé qui permet d'assurer le revenu de l'exploitation. On aboutit donc à une rotation de type colza/blé/lin/blé/protéagineux de printemps (pois ou fèverole)/blé.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Pour aller plus loin, on peut proposer d'implanter des cultures intermédiaires. La fiche-aide A4 donne des informations pour aider au choix de ces cultures. Le nyger permet par exemple de couvrir le sol pendant l'automne et donc d'étouffer les adventices automnales, limitant leur grenaison. Cette culture intermédiaire présente de plus les avantages de piéger l'azote du sol et de pouvoir se détruire facilement par le gel ou par destruction mécanique.

Après discussion, on aboutit donc à trois rotations alternatives intégrant de manières différentes les objectifs de l'agriculteur. Chacun d'eux est à discuter et à évaluer par la suite.

Cependant, pour le déroulement de la démarche, on ne gardera que l'exemple du système colza/blé/lin/blé/protéagineux de printemps (pois ou fèverole)/blé, qui est le plus complexe et le plus intéressant à décrire ici. Il est caractérisé sur la Figure 13 par rapport aux leviers qui sont mis en œuvre.

Leviers disponibles	Mise en œuvre sur le SDC actuel		Mise en œuvre sur le SDC alternatif 1		Mise en œuvre sur le SDC alternatif 2	
	Rotation : C-B-O		Rotation : C-B-Lin-B-Pois-B		Rotation :	
	Plutôt oui	Plutôt non	Plutôt oui	Plutôt non	Plutôt oui	Plutôt non
Diversifier familles et espèces dans la succession pour rompre le cycle des maladies en tenant compte des délais de retour et des précédents possibles	X		X			
Diversifier familles et espèces dans la succession pour obtenir une rupture parasitaire vis-à-vis des ravageurs en tenant compte des délais de retour et des précédents possibles	X		X			
Diversifier familles et espèces dans la succession pour déspecialiser la flore adventice		X	X			
Mettre en place 1 année sur 3 une interculture longue pour permettre le travail du sol		X	X			

Figure 12 : Repérage des leviers mis en oeuvre sur la rotation actuelle et proposition de mise en oeuvre de nouveaux leviers

En rouge, les modifications apportées au système

PARCOURS APPROFONDI

Pour ce parcours, des indicateurs ont été construits pour évaluer la mise en œuvre des leviers disponibles pour la protection des cultures, mais aussi pour d'autres éléments du système (fertilisation,...) pour aller plus loin dans le raisonnement. Un tableau permettant d'évaluer rapidement, à partir d'indicateurs simples, la mise en œuvre des leviers disponibles est proposée en fiche-support S4. Les fiches-aides A3 et A4 peuvent aider l'utilisateur au renseignement de ce tableau en lui fournissant les principales caractéristiques des grandes cultures et des cultures intermédiaires.

Des propositions de modification du système de culture peuvent être faites ici pour améliorer la gestion des bioagresseurs en tenant toujours compte des objectifs de l'agriculteur, de ses contraintes et des moyens dont il dispose.

Le (ou les) système(s) de culture éventuellement construit(s) peuvent être décrits ensuite dans le calculateur.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Exemple :

1. Repérage des leviers déjà mis en œuvre (fiche-support S4)

Cibles dans le cycle des bioagresseurs	Solutions techniques disponibles	Indicateurs	Mise en œuvre par l'agriculteur							
			Mise en œuvre sur le SDC actuel		Mise en œuvre sur le SDC alternatif 1		Mise en œuvre sur le SDC alternatif 2			
			Rotation : C-B-O		Rotation : C-B-Lin-B-P-B		Rotation			
			Plutôt oui	Plutôt non	Plutôt oui	Plutôt non	Plutôt oui	Plutôt non		
Limitier la présence de bioagresseurs en général dans les cultures	Diversifier familles et espèces dans la succession pour obtenir une rupture en prenant compte des délais de retour et des précédents possibles	Absence de précédents à éviter	X							
Limitier la présence de maladies dans les cultures	Diversifier familles et espèces dans la succession pour obtenir une rupture parasitaire en prenant compte des délais de retour et des précédents possibles	Au moins 2 familles différentes	X							
		Au moins trois espèces cultivées différentes	X							
		Respect des délais de retour entre même culture		X						
Limitier la spécialisation de la flore adventice et réduire le stock semencier	Diversifier familles et espèces dans la succession pour déspecialiser la flore adventice	Au moins 3 périodes de semis sur 4		X						
		Ratio cultures de printemps/ cultures d'automne proche de 2/3		X						
Réduire le stock de ravageurs dans la parcelle	Mettre en place 1 année sur 3 une interculture longue pour permettre le travail du sol	Au moins une interculture longue tous les 3 ans		X						
Apporter de l'azote au système	Introduire au moins une légumineuse dans la succession	Au moins ¼ de légumineuses dans la succession		X						
Maintenir le taux de MO du sol	Planter au moins une année sur 3 une culture à grain(e)s restituant les pailles	Au moins une culture à graines restituant les pailles tous les 3 ans	X							
Piéger l'azote du sol en période hivernale	Faire suivre les légumineuses par des cultures d'hiver exigeantes en N, ou à défaut par une culture intermédiaire	Légumineuses suivies par une culture d'hiver exigeante en N	sans objet							
Maintenir la fertilité chimique du sol	Alterner les cultures exigeantes en PK avec des cultures peu exigeantes	Moins de 30% de cultures exigeantes en P	X							
		Moins de 30% de cultures exigeantes en K	X							

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

2. Propositions de modification de la rotation

N.B. : Le raisonnement est identique pour les deux parcours et a été décrit pour le parcours rapide. Il n'est donc pas repris ici.

On aboutit à la rotation colza/blé/lin/blé/protéagineux de printemps (pois ou fèverole)/blé.

Cibles dans le cycle des bioagresseurs	Solutions techniques disponibles	Indicateurs	Mise en œuvre par l'agriculteur						
			Mise en œuvre sur le SDC actuel		Mise en œuvre sur le SDC alternatif 1		Mise en œuvre sur le SDC alternatif 2		
			Rotation : C-B-O		Rotation : C-B-Lin-B-P-B		Rotation :		
			Plutôt oui	Plutôt non	Plutôt oui	Plutôt non	Plutôt oui	Plutôt non	
Limiter la présence de bioagresseurs en général dans les cultures	Diversifier familles et espèces dans la succession pour obtenir une rupture parasitaire en prenant compte des délais de retour et des précédents possibles	Absence de précédents à éviter	X		X				
Limiter la présence de maladies dans les cultures	Diversifier familles et espèces dans la succession pour obtenir une rupture parasitaire en prenant compte des délais de retour et des précédents possibles	Au moins 2 familles différentes	X		X				
		Au moins trois espèces cultivées différentes	X		X				
		Respect des délais de retour entre même culture		X	X				
Limiter la spécialisation de la flore adventice et réduire le stock semencier	Diversifier familles et espèces dans la succession pour déspecialiser la flore adventice	Au moins 3 périodes de semis sur 4		X	X				
		Ratio cultures de printemps/ cultures d'automne proche de 2/3		X	X				
Réduire le stock de ravageurs dans la parcelle	Mettre en place 1 année sur 3 une interculture longue pour permettre le travail du sol	Au moins une interculture longue tous les 3 ans		X	X				
Apporter de l'azote au système	Introduire au moins une légumineuse dans la succession	Au moins 1/4 de légumineuses dans la succession		X		X			
Maintenir le taux de MO du sol	Planter au moins une année sur 3 une culture à grain(e)s restituant les pailles	Au moins une culture à graines restituant les pailles tous les 3 ans	X		X				
Piéger l'azote du sol en période hivernale	Faire suivre les légumineuses par des cultures d'hiver exigeantes en N, ou à défaut par une culture intermédiaire	Légumineuses suivies par une culture d'hiver exigeante en N	sans objet		X				
Maintenir la fertilité chimique du sol	Alterner les cultures exigeantes en PK avec des cultures peu exigeantes	Moins de 30% de cultures exigeantes en P	X		X				
		Moins de 30% de cultures exigeantes en K	X		X				

Figure 13 : Evaluation de la mise en œuvre des leviers disponibles en production intégrée sur la rotation actuelle et propositions de modification.

En rouge, les modifications apportées au système

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

IV. 2. Réflexion sur les itinéraires techniques

Objectifs :

- Identifier avec l'agriculteur les leviers agronomiques qu'il met déjà en œuvre sur son SDC actuel à l'échelle de l'ITK
- Identifier des leviers supplémentaires à mettre en œuvre selon ses objectifs

Aides disponibles :

Parcours rapide

- Fiche-support S4: Mise en œuvre des solutions techniques alternatives disponibles pour la protection des cultures à l'échelle de l'ITK
- Fiche-aide A5 : Classement des pratiques participant au contrôle des bioagresseurs à l'échelle parcellaire selon leur efficacité
- Fiche-aide A6 : Combinaisons connues de moyens alternatifs pour le contrôle des bioagresseurs
- Fiche-aide A7 : Exemples d'antagonismes de pratiques sur différents bioagresseurs

A reprendre des étapes précédentes :

- Fiche-support S1 : Schéma récapitulatif du diagnostic de l'exploitation agricole
- Fiche-support S2 : Description des SDC

Parcours approfondi

- Fiche-support S5 : Mécanisme et mise en œuvre des solutions techniques alternatives disponibles pour la protection des cultures à l'échelle de l'ITK
- Fiche-aide A5 : Classement des pratiques participant au contrôle des bioagresseurs à l'échelle parcellaire selon leur efficacité
- Fiche-aide A6 : Combinaisons connues de moyens alternatifs pour le contrôle des bioagresseurs
- Fiche-aide A7 : Exemples d'antagonismes de pratiques sur différents bioagresseurs
- Fiche-aide A8 : Une typologie de bioagresseurs

A reprendre des étapes précédentes :

- Fiche-support S1 : Schéma récapitulatif du diagnostic de l'exploitation agricole
- Fiche de description du système actuel (calculateur STEPHY)

Il est nécessaire à cette étape **d'analyser la cohérence entre le niveau de risques lié aux bioagresseurs d'une part (évalué à partir des problèmes majeurs cités par l'agriculteur et des moyens de contrôle déjà mis en œuvre) et le niveau d'utilisation des produits phytosanitaires d'autre part**. Le nombre de passages peut être réduit sans modifications majeures si l'agriculteur « surprotège » ses cultures.

Phase 1 : Dans un premier temps, il s'agit **d'identifier les leviers déjà mis en œuvre par l'agriculteur pour lutter contre les bioagresseurs**, à partir de la description des ITK. Ce travail est à effectuer en premier lieu pour le(s) bioagresseur(s) qui posent le plus de problèmes sur le SDC, repéré(s) lors de l'étape 1 (fiches-supports S1 et S2 ou fiche de description du calculateur STEPHY).

Phase 2 : En fonction des conclusions de cette discussion, **une proposition de nouvelles stratégies de gestion de bioagresseurs peut être faite**. Les fiches-supports repérant les contraintes de l'agriculteur et les moyens dont il dispose (fiches-supports S1 et S2 ou fiche de description du calculateur STEPHY) permettent à cette étape d'identifier les pratiques mobilisables en fonction du contexte du système de culture.

Phase 3 : Par la suite, **on vérifie que les pratiques mises en œuvre pour gérer ces bioagresseurs n'ont pas d'effets négatifs importants sur les autres bioagresseurs du système**. Pour aider à leur prise en compte, une liste des principaux effets antagonistes des pratiques est disponible en fiche-aide A7.

Selon l'efficacité des pratiques choisies pour protéger le système de ses principaux bioagresseurs, des pratiques complémentaires peuvent être adoptées pour assurer une protection efficace contre les autres bioagresseurs.

À la fin de cette étape, on peut compléter la description de la (ou des) rotation(s) obtenue(s) par les nouveaux ITK pour toutes les

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

cultures de la rotation. Pour les cultures qui ne sont pas familières à l'exploitant, des itinéraires types « régionaux » peuvent être mobilisés pour cela. Ils sont disponibles auprès des Chambres d'Agriculture, des Instituts Techniques ou des coopératives. Les ITK proposés en annexe 2 peuvent également servir de support à cette réflexion en les adaptant localement.

PARCOURS RAPIDE

Le Tableau 8 reprend les leviers disponibles à l'échelle de l'ITK pour la gestion des bioagresseurs. Ce tableau peut permettre dans un premier temps de repérer de manière rapide les leviers déjà mis en œuvre par l'agriculteur (phase 1), puis dans un second temps de proposer de nouvelles pratiques à mettre en œuvre en concordance avec les problèmes auxquels l'agriculteur se trouve confronté et en fonction des moyens dont il dispose (cf. fiches supports S1 et S2). Cependant, il ne permet pas d'expliquer à l'agriculteur comment ces leviers peuvent agir sur le bioagresseur concerné.

Les fiches-aides A5 et A6, qui respectivement classent les leviers en fonction de leur efficacité et proposent des combinaisons de pratiques déjà éprouvées, peuvent aider à prioriser les leviers à mettre en œuvre.

Tableau 8 : Les leviers disponibles pour contrôler les bioagresseurs à l'échelle de l'ITK.

a. Pour les maladies

Solutions techniques disponibles

- Limitation de la contamination par le matériel
- Travail du sol pour enfouir les résidus de cultures
- Broyage des résidus de cultures
- Destruction des repousses et des adventices hôtes
- Choix de semences non contaminées
- Choix de variétés résistantes
- Choix de variétés tolérantes
- Réduction de la densité de semis
- Décalage des dates de semis
- Association d'espèces/de variétés
- Ajustement des apports d'azote aux besoins de la culture pour la production afin de limiter le surdéveloppement des surfaces foliaires
- Lutte biologique

b. Pour les adventices

Solutions techniques disponibles

- Limitation de la contamination par le matériel
- Travail du sol (labour,...) pour enfouir les semences
- Faux-semis : pour épuiser le stock semencier
- Broyage des bordures
- Choix de variétés compétitives (selon leurs caractéristiques phénologiques)
- Décalage des dates de semis
- Augmentation de la densité de semis, réduction de l'écartement des rangs
- Association d'espèces et de variétés
- Ajustement des apports d'azote aux besoins de la culture pour la production pour favoriser leur développement
- Désherbage mécanique

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

c. Pour les ravageurs

Solutions techniques disponibles

- Broyage des résidus de cultures
- Travail du sol
- Destruction des repousses et des adventices hôtes
- Décalage des dates de semis
- Réduction de la densité de semis
- Association d'espèces/de variétés
- Choix de variétés résistantes
- Choix de variétés tolérantes
- Lutte biologique
- Ajustement des apports d'azote aux besoins de la culture pour la production pour limiter le surdéveloppement de surfaces foliaires
- Assurer un bon niveau de nutrition azotée afin que la plante soit plus vigoureuse
- *Aménagement de zones attractives/répulsives*
- *Aménagement de cultures pièges*

En italique, les moyens de protection intervenant à des échelles autres que l'échelle parcellaire.

Pour terminer, la ou les nouvelle(s) rotation(s) ainsi que les éléments techniques des ITK de chaque culture participant à la stratégie de protection des cultures adoptée sont à décrire rapidement en utilisant à nouveau la fiche-support S2.

Exemple :

Le mode de renseignement de la fiche S4 en se fondant sur la conduite du blé est représenté sur la Figure 14.

Le raisonnement pour les modifications de cette conduite est identique pour les deux parcours. Il est explicité ci-dessous et ne sera pas repris pour le parcours approfondi.

Réfléchissons sur l'ITK du blé : on commence par les adventices car ce sont les graminées dans les céréales qui posent le plus de problèmes à l'exploitant. On repère dans le tableau de la fiche-support S4 les leviers qui sont utilisés à l'état initial : ici, l'agriculteur utilise uniquement la lutte chimique. Pour améliorer cette gestion des adventices, on peut introduire des cultures de printemps pour rompre le cycle des adventices : c'est ce qui a été fait dans le cadre de la discussion sur la rotation.

Le travail du sol peut également être utilisé pour gérer ces adventices : l'agriculteur décide ainsi de réaliser un déchaumage et deux faux-semis avant le blé.

Pour permettre ces faux-semis et être plus efficace dans la limitation de la levée des graminées, on décide également de semer le blé plus tardivement.

On a ainsi mobilisé les leviers principaux pour la gestion des adventices (cf. fiche-aide A7)

Le matériel étant disponible pour réaliser des désherbages mécaniques, on décide de mobiliser ce levier et de faire des passages de herse-étrille pour détruire les adventices dans la culture si besoin.

D'après l'annexe 2, la mise en œuvre de l'ensemble de ces pratiques devrait permettre de faire un passage d'herbicides en moins et de réduire l'IFT herbicide de 0,5 point.

Pour terminer, on récapitule sur la fiche S4 les pratiques qu'on envisage dans le SDC alternatif.

On vérifie dans un second temps l'efficacité de ces pratiques sur les maladies. La pression de la septoriose est considérée comme une pression secondaire, mais néanmoins présente par rapport à celle générée par les adventices. Pour la gestion de cette maladie, dont les spores sont extrêmement mobiles, on décide d'adopter une densité de semis faible (de 160 à 180 gr/m²) et d'utiliser une variété résistante ou association de variétés résistantes à la septoriose, en supprimant l'apport d'azote au tallage pour réduire la biomasse végétale produite. Cela devrait permettre d'économiser un passage de traitement fongicide et de réduire l'IFT de 0,6 point.

Les ravageurs ne constituant pas une pression importante sur le blé, on se contentera de vérifier que les pratiques mises en œuvre ne vont pas à l'encontre de leur gestion. C'est le cas ici : le semis tardif permet de plus d'éviter les pucerons d'automne. Les traitements insecticides contre ces insectes sur blé sont donc exceptionnels. L'IFT insecticide passe ainsi à 0.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

				Culture : Blé							
Leviers disponibles				Effets sur				Mise en œuvre sur le SDC actuel		Mise en œuvre sur le SDC alternatif 1	
								Rappel de la rotation : C-B-O		Rappel de la rotation : C-B-lin-B-P-B	
				Adventices	Maladies	Ravageurs	Plutôt oui	Plutôt non	Plutôt oui	Plutôt non	
Broyage des résidus de culture					x	x	X		X		
Destruction des repousses et des adventices hôtes				x	x	x		X	X		
Utilisation de semences non contaminées					x		X		X		
Choix de variétés résistantes/ tolérantes					x	x	X <i>maladies</i>	X <i>ravageurs</i>	X	X	
Choix de variétés compétitives (selon leurs caractéristiques phénologiques)				x			X			X	
Limitation de la contamination par le matériel				x	x		X		X		
Travail du sol (alternance travail superficiel/ retournement) en liaison avec la succession des cultures (enfouissement des semences et des stocks d'inoculum)				x	x	x		X	X		
Faux-semis : pour épuiser le stock semencier				x		x		X	X		
Broyage des bordures				x			X		X		
Décalage des dates de semis				x	x	x		X	X		
Augmentation de la densité de semis, réduction de l'écartement des rangs				x	x	x		X		X	
Réduction de la densité de semis				x	x	x		X	X		
Association d'espèces et de variétés				x	x	x		X	X		
Ajustement des apports d'azote aux besoins de la culture pour la production pour favoriser son développement				x	x	x	X		X		
Désherbage mécanique				x				X	X		
Lutte biologique					x	x		X		X	
Organisation paysagère					x	x		X		X	

Figure 14 : Exemple de renseignement des fiches de repérage de la mise en œuvre des leviers agronomiques à l'échelle de l'ITK pour le blé.

En rouge, les leviers pouvant avoir des effets antagonistes entre bioagresseurs.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Le système auquel on aboutit est ensuite décrit à l'aide de la fiche-support S2 (cf. Figure 15).

Exemple :

SDC ALTERNATIF 1	Culture 1	Culture 2	Culture 3	Culture 4	Culture 5	Culture 6
CULTURE	Colza	Blé	Lin	Blé	Protéagineux de printemps (ex pois)	Blé
Labour (oui/non)	oui	oui	oui	oui	non	non
Travaux du sol en interculture (nombre de passages)	2	3 (dont 2 faux-semis)	0	3 (dont 2 faux-semis)	2	3 (dont 2 faux-semis)
Date (précoce/moyenne/tardive) et densité de semis (faible/normale/forte)	Semis précoce Densité moyenne	Semis tardif Densité réduite	Densité réduite	Semis tardif Densité réduite	Densité réduite	Semis tardif Densité réduite
Choix variétal (sensibles/peu sensibles)	Variétés résistantes au phoma	Assoc. de variétés résistantes		Assoc. de variétés résistantes		Assoc. de variétés résistantes
IFT (si disponible) ou nombre de passages pour protection chimique	4,5 (Réduction IFT herbi car desh meca et IFT insect. car semis précoce + suppression régulateur)	2,9 (suppression insect. sur pucerons automne + réduction fongj et herbi)	4	2,9 (suppression insect. sur pucerons automne + réduction fongj et herbi)	4	2,9 (suppression insect. sur pucerons automne + réduction fongj et herbi)
Charges opérationnelles pour les phytos (euros)	?	?		?		?
Désherbage mécanique (oui/non)	oui	non	oui	non	non	non
Dose totale d'azote apportée	170	160	100	170	0	140
Rendement (q/ha)	30	75	20	75	48	75

Figure 15 : Description du SDC alternatif proposé.

PARCOURS APPROFONDI

Phase 1 : La fiche-support S5, permet de positionner les effets de différentes pratiques culturales sur le cycle de développement des trois catégories de bioagresseurs et sur l'état du peuplement en place. Elle est déclinée sous forme de schéma ou de tableau, l'utilisateur pouvant ainsi choisir la forme avec laquelle il est le plus à l'aise pour travailler. Cette fiche peut être utilisée pour repérer les pratiques mises en œuvre par l'agriculteur (en les entourant sur les schémas par exemple) et leur mode d'action. Cela permet de discuter par la suite de leur efficacité. On peut notamment mobiliser à ce niveau la fiche-aide A5, qui classe les différentes pratiques de gestion des bioagresseurs selon leur efficacité.

Phase 2 : Pour réfléchir à de nouvelles stratégies, la fiche-support S5 et la fiche-aide A5 sont à nouveau mobilisables.

Pour aider au mieux l'utilisateur, une liste des combinaisons d'actions déjà éprouvées sur les différentes catégories de bioagresseurs

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

est disponible sur la fiche-aide A6. L'annexe 2 donne par ailleurs des exemples d'itinéraires techniques pour des cultures conduites selon différents niveaux d'intervention.

Une combinaison de pratiques pour contrôler le(s) bioagresseur(s) principal (aux) du système est ainsi élaborée. On pourra repérer sur les schémas de la fiche-support S5 les pratiques mobilisées dans les systèmes de culture alternatifs.

Pour cette phase, la fiche-aide A8 propose des actions à privilégier en fonction des caractéristiques des bioagresseurs auxquels on se trouve confronté. Une caractérisation des bioagresseurs est par ailleurs en cours de conception et sera disponible sur le site du RMT SdCI. Cela permet à l'utilisateur de choisir certains types d'actions en fonction des caractéristiques des bioagresseurs qui sont présents dans le SDC. Par exemple, pour un agent pathogène saprotrophe ϵ , l'enfouissement des résidus peut permettre de mieux contrôler la maladie. Cela permet de gérer plus finement sa stratégie de protection en fonction des principaux bioagresseurs du SDC, mais il faut toutefois être attentif aux antagonismes qui peuvent exister entre certaines pratiques et aux effets induits de ces pratiques.

La description des systèmes de culture alternatifs auxquels on aboutit peut ensuite se faire directement sur le calculateur pour anticiper l'étape suivante d'évaluation des SDC.

Exemple :

Le raisonnement sur l'itinéraire technique du blé a été développé plus haut pour le parcours rapide. Il est identique pour ce parcours et n'est donc pas repris ici.

Les Figure 16 et Figure 17 montrent comment les schémas illustrant les interactions entre pratiques, cycle du bioagresseur et état du peuplement peuvent être utilisés.

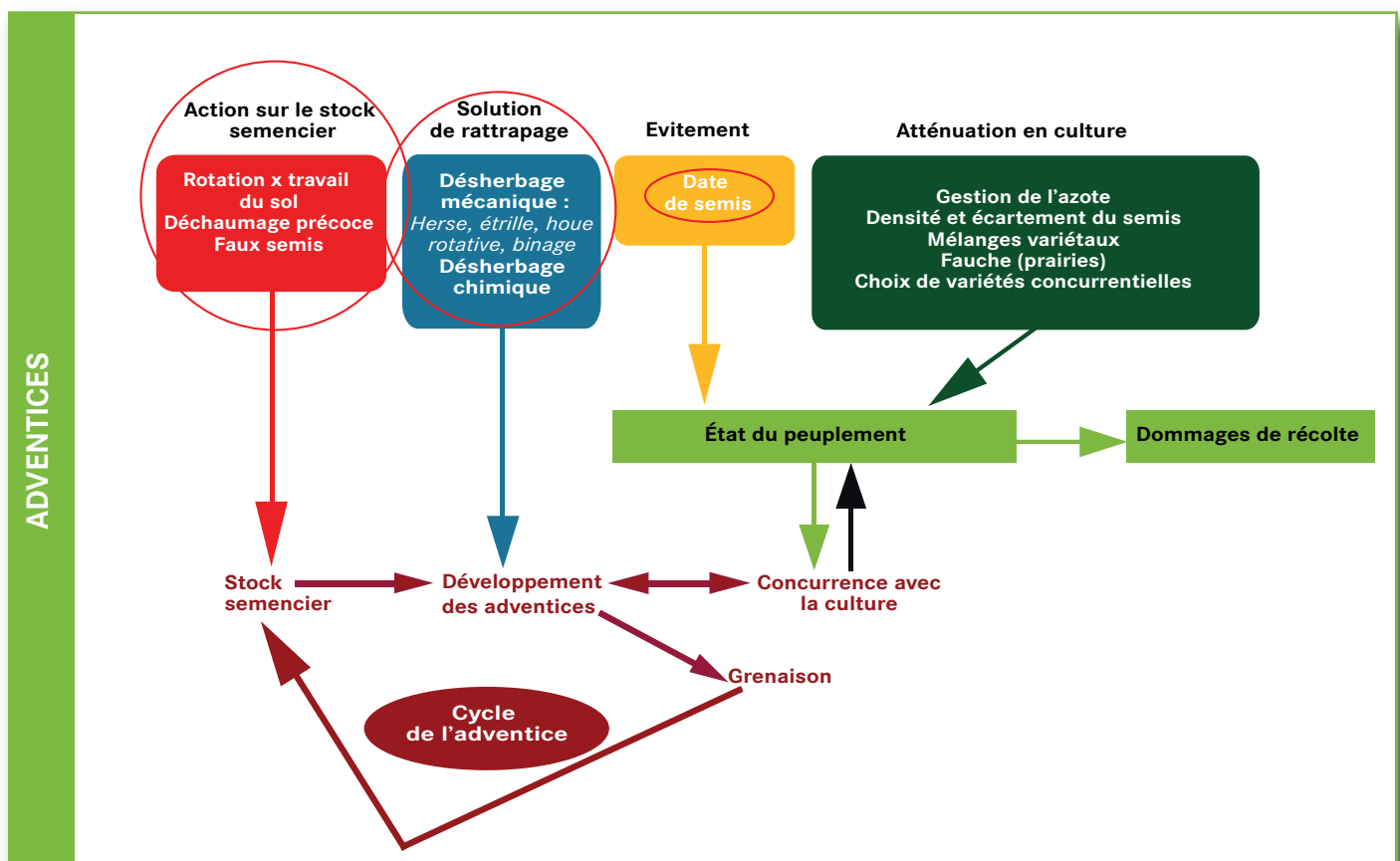


Figure 16 : Exemple d'utilisation des schémas interactions pratiques/bioagresseurs/état du peuplement (1).

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

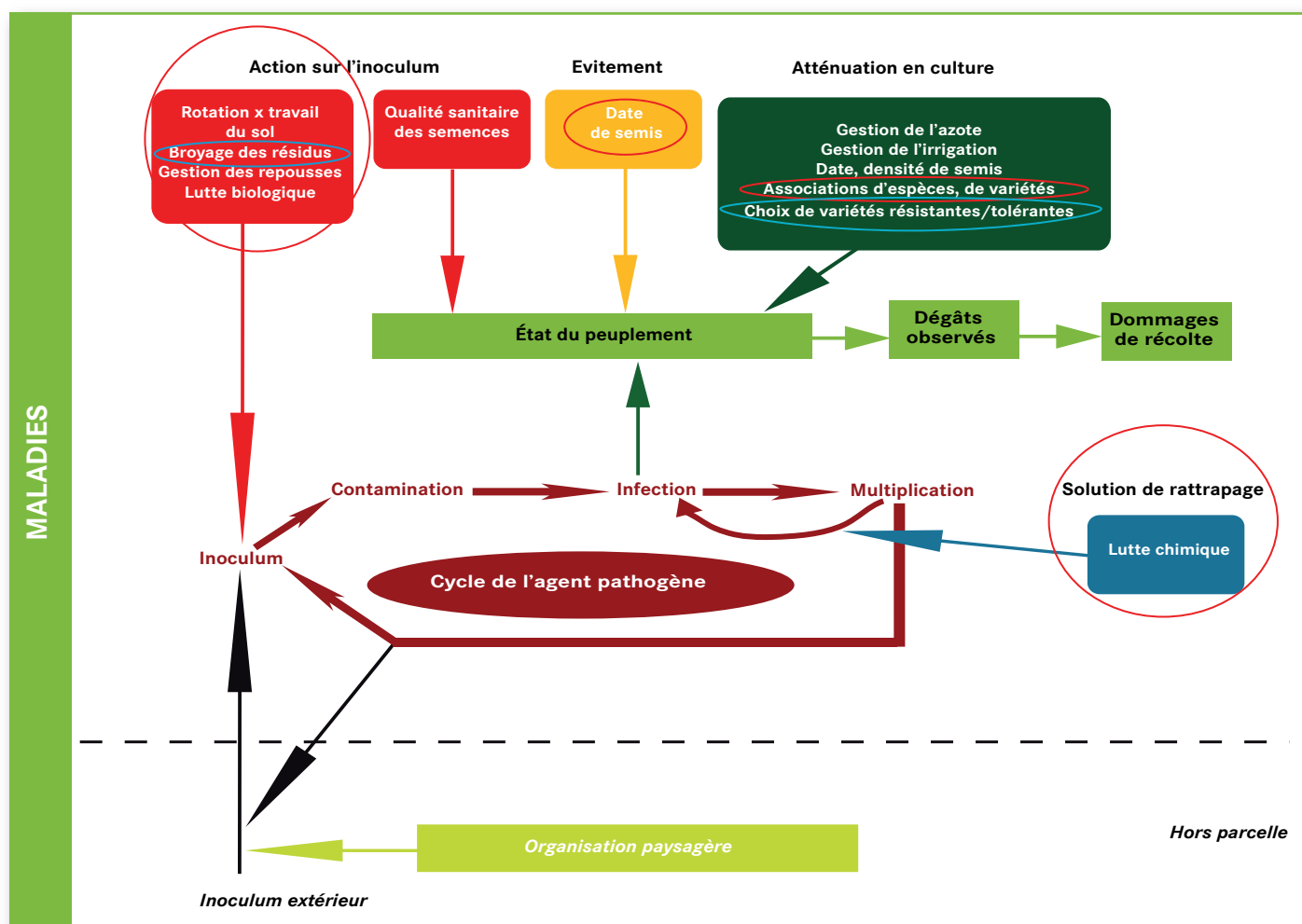


Figure 17 : Exemple d'utilisation de la fiche interactions pratiques/bioagresseurs/état du peuplement (2).

IV. 3. Etape 3 : Evaluation des systèmes de culture alternatifs par rapport au système de culture initial

Objectifs :

- Evaluer les performances des SDC alternatifs par rapport au SDC initial

Aides disponibles :

Parcours rapide

- Fiche-support S5 : Evaluation simplifiée des performances des SDC alternatifs

À reprendre des étapes précédentes :

- Fiche-support S1 : Schéma récapitulatif du diagnostic de l'exploitation agricole
- Fiche-support S2 : Description des SDC

Parcours approfondi

- Le calculateur STEPHY (cf. S6 pour maquette)
- Le calculateur IFT du MAAPRAT
- Annexe 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation des SDC

À cette étape, il s'agit de **vérifier que les changements proposés participent bien à la réduction de l'usage des produits phytosanitaires sans pour autant dégrader d'autres aspects du système.**

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

LE PARCOURS RAPIDE

Une **évaluation rapide** de l'impact des nouvelles pratiques sur différents compartiments (IFT, nombre de passages/conflits de chantiers, rendements, charges) permet de voir l'évolution de ces critères entre le SDC actuel et les SDC nouvellement construits. La fiche-support S5 permet de synthétiser cette évaluation, qui peut s'appuyer sur la caractérisation du SDC actuel faite à l'étape 1 (fiche-support 2).

Cette approche reste **très qualitative**, puisqu'on procède par comparaison au système initial d'une part et que les références ne sont pas toujours disponibles pour les cultures nouvellement introduites d'autre part. Elle ne permet pas forcément d'apprécier l'évolution des performances sur l'ensemble du système de culture. De plus, elle ne permet pas d'objectiver les évolutions potentielles du système : l'agriculteur peut par exemple penser que la mise en œuvre du désherbage mécanique augmente de beaucoup sa consommation d'énergie ; l'accompagnateur ne pourra pas démontrer que ce n'est pas le cas au travers de cette évaluation simplifiée. Le calculateur peut offrir cette possibilité.

Exemple

Les indicateurs ci-dessous ont été choisis de manière à pouvoir faire très rapidement une évaluation comparée des SDC sur plusieurs critères : l'environnement par le biais de l'IFT, l'économie par le rendement, les charges et la marge directe, l'énergie par la quantité d'azote apportée et le social par le nombre de passages.

Ces tableaux sont à remplir en se basant sur la description des SDC sur la fiche-support S2A du parcours rapide. Il s'agit de traduire les tendances d'évolution des indicateurs en comparant culture par culture, puis de manière globale, les SDC alternatifs et le SDC actuel.

Si de nouvelles cultures sont introduites, comparer uniquement celles qui se trouvent dans les deux SDC, puis juger de l'évolution globale des indicateurs sur le SDC en estimant les valeurs des indicateurs pour ces nouvelles cultures.

Pour la ligne IFT, voir si on réduit également le nombre de passages par rapport au SDC actuel du fait des pratiques alternatives proposées. Pour les charges, estimer les variations dues à des changements dans la consommation de phytos et d'engrais. La marge se déduit ensuite par rapport aux évolutions prévues des charges et du rendement.

Le nombre de passages en interculture comptabilise les travaux du sol effectués (déchaumage, faux semis, ...).

SDC alternatif 1 : C-B-lin-B-P-B							
Indicateur	Culture 1	Culture 2	Culture 3	Culture 4	Culture 5	Culture 6	Moyenne sur le SDC
IFT	↓	↓		↓		↓	↓
Rendement (T/ha)	↓	↓		↓		↓	↓
Charges (€)	↓	↓		↓		↓	↓
Marge directe (€)	→	→		→		→	→
Azote apporté	→	↓		↓		↓	↓
Nombre de passages en IC	↓			↗		↗	→
Nombre passages désherbage mécanique	↗	↗		↗		↗	↗

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Au travers de cette évaluation rapide, on constate que la stratégie de conduite alternative proposée est plus économe en produits phytosanitaires, ce qui permet de réduire les charges de l'agriculteur. Ainsi, même si les rendements diminuent, ce système peut dégager une marge équivalente à celle du système actuel dans un contexte de prix de vente des produits et de coûts d'achat des intrants équivalents. Par contre, le nombre d'interventions mécaniques augmente (passages en IC et désherbage mécanique). Le temps de travail et la consommation énergétique de ce système peuvent donc augmenter. En ce qui concerne la consommation d'énergie, l'augmentation due à l'augmentation du nombre de passages peut être compensée par la diminution des quantités d'azote utilisée dans le système. L'évaluation qualitative faite dans ce parcours ne permet pas de trancher sur ce point. Pour aller plus loin, il est nécessaire de passer à une évaluation quantitative, permise par le calculateur STEPHY (voir parcours approfondi).

LE PARCOURS APPROFONDI

Le calculateur STEPHY donne la possibilité **d'évaluer de manière quantitative** les solutions alternatives proposées. Les itinéraires techniques de chaque culture sont renseignés de façon synthétique dans le calculateur, et ce pour chaque système différent envisagé. Les indicateurs caractérisant l'état initial sont calculés automatiquement pour les systèmes alternatifs.





PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de cultures économes en produits phytosanitaires

Calculateur STEPHY - Évaluation comparative des systèmes de culture

Système de culture de référence :


Nom	Référence	Cultures
CBO	Oui	Colza d'hiver -> Blé tendre d'hiver -> Orge d'hiver

Systèmes de culture alternatifs :



 Ces flèches permettent de déplacer le système de culture sélectionné

Nom	Référence	Cultures
CBLBPB	Non	Colza d'hiver -> Blé tendre d'hiver -> Lin graine -> Blé tendr...

Résultats de l'évaluation :


 Evaluer les systèmes de culture

Pour les indicateurs surlignés en rouge :

Des paramètres rentrés par l'utilisateur ont été utilisés. Le résultat obtenu n'est pas garanti

Comparaisons des systèmes de culture | CBO(Moyen/Moyen) | CBLBPB(Moyen/Moyen)

Indicateurs	unité	CBO (réf.)	CBLBPB (% à la réf.)
Traitement des semences	%	100	100 (+ 0 %)
IFT total		5,8	3,8 (- 34,8 %)
IFT herbicides		2,2	1,2 (- 43,8 %)
IFT insecticides		1,5	0,8 (- 44,4 %)
IFT fongicides		1,4	1,1 (- 18,3 %)
IFT autres		0,8	0,6 (- 19,6 %)
Coût énergétique	GJ/ha	13	11 (- 12 %)
Efficience énergétique		8	8 (+ 6 %)
Bilan Bascule	kg d'N /ha	36	16 (- 55 %)
Produit brut	€/ha	877	917 (+ 5 %)
Charges opérationnelles	€/ha	422	340 (- 20 %)
Charges phytosanitaires herbicides	€/ha	85	51 (- 39 %)
Charges phytosanitaires insecticides	€/ha	18	9 (- 53 %)
Charges phytosanitaires fongicides	€/ha	55	40 (- 27 %)
Charges phytosanitaires autres	€/ha	14	9 (- 34 %)
Charges engrais	€/ha	190	155 (- 19 %)
Charges semences	€/ha	60	76 (+ 27 %)
Charges de mécanisation et de ...	€/ha	274	292 (+ 7 %)
Marge directe	€/ha	181	285 (+ 57 %)
Nombre de passages		14,7	13 (- 11 %)
Nombre de passages : Pulvérisation		7	4,7 (- 33 %)
Nombre de passages : travaux méca...		2,3	3,3 (+ 43 %)
Temps de passage	h/ha	4,8	5,3 (+ 10,2 %)
Temps de passage : Pulvérisation	h/ha	0,9	0,6 (- 33,3 %)
Temps de passage : travaux méca...	h/ha	2,2	2,6 (+ 19,7 %)

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

Le calculateur permet par ailleurs de **réaliser des simulations** pour faire varier les caractéristiques du système de culture (rendement, nombre d'interventions mécaniques...) et d'en voir l'influence sur les valeurs des indicateurs. Par exemple, il peut être intéressant de voir dans quelle mesure une variation du rendement estimé pour les cultures introduites ou menées différemment a une influence sur la marge du système. Pour cela, on peut diminuer ou augmenter ce rendement de 5 q/ha et en voir les effets sur les indicateurs calculés. Différents contextes de prix sont également disponibles sur le calculateur, à la fois pour les prix de vente des produits et les prix d'achat des engrais. La simulation de l'évolution des performances économiques du système de culture selon différents contextes économiques est donc possible, permettant d'estimer la sensibilité des nouveaux systèmes à différents contextes.

Cependant, pour comparer différents systèmes, il est nécessaire de garder le même contexte de prix pour chacun d'entre eux.

V. ÉTAPE 4 : DISCUSSION SUR LES RÉSULTATS

La comparaison des performances des différents systèmes de culture permet de **discuter avec l'agriculteur de la réalisation des modifications proposées sur son exploitation**, que ce soit sur une parcelle-test ou sur un îlot de cultures. A cette étape, les modifications proposées seront adaptées en fonction des possibilités, des contraintes de l'assolement et de leurs conséquences sur l'ensemble de l'exploitation. Cela est particulièrement important dans les systèmes de polyculture-élevage, où il est nécessaire de vérifier que les besoins fourragers du troupeau sont satisfaits. Il faut cependant noter qu'une certaine souplesse peut-être adoptée à ce niveau : ces besoins peuvent éventuellement être satisfaits en organisant différemment la ration dans le nouveau système.

Les fiches du RMT SdCl^a décrivent plus concrètement la mise en œuvre des pratiques qui sont évoquées dans le guide (cultures concernées, mode d'action, bioagresseurs touchés, conditions nécessaires - climat, type de sol, etc...) pour assurer l'efficacité de la pratique et effets induits. Elles pourront donc être utilisées par la suite pour mettre en place les changements discutés ici.

On peut également imaginer des rencontres avec des groupes d'agriculteurs pour présenter les SDC alternatifs retenus par les agriculteurs de ces groupes et leurs performances, et discuter de la mise en œuvre des pratiques retenues. Une rencontre avec des agriculteurs ayant l'habitude de ces pratiques peut permettre d'échanger sur des techniques particulières et sur leur mise en œuvre.

Lors de la réflexion sur la mise en place du système de culture construit, **il est important de ne pas considérer les revenus générés par le système à l'année**. En effet, du fait de l'introduction de nouvelles cultures pour leur qualité agronomique, et notamment de cultures à marge moindre que le blé (le pois par exemple), la marge de l'ensemble de l'assolement peut être diminuée certaines années. Par ailleurs, pour équilibrer les revenus de l'exploitation, l'ensemble des systèmes de culture de l'exploitation doivent être mis en cohérence, de manière à assurer les besoins fourragers du troupeau le cas échéant, à respecter les quotas de l'exploitation, et à assurer la présence chaque année d'une part de cultures de rente par rapport aux cultures ayant plutôt une valeur « agronomique » (pois, luzerne).

La discussion avec l'agriculteur doit permettre de **faire ressortir les freins et les blocages pouvant exister chez lui pour la mise en place des systèmes de culture proposés**. Il est intéressant **d'évaluer s'il s'agit de freins techniques**, auquel cas l'accompagnateur peut aider l'agriculteur à trouver des solutions pour lever ces freins ; **ou s'il s'agit de freins relatifs au changement**, auquel cas le rôle de l'accompagnateur sera de rassurer l'agriculteur sur les risques qu'il pense prendre en changeant de système, en lui montrant les performances de ces systèmes au travers de références, de préférence locale, ou au travers de visites de parcelles test ou d'exploitations agricoles mettant en œuvre ces pratiques.

Dans le cadre de la démarche décrite dans ce guide, seule une évaluation a priori des systèmes alternatifs est proposée. On n'aborde donc ni le suivi de la mise en place de l'un de ces systèmes ni l'évaluation a posteriori de leurs performances, qui sortent du champ du guide.

PARTIE II : Une méthode de co-conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires

L'agriculteur A1 témoigne sur les performances de son système :

« Par la mise en œuvre de ces pratiques (allongement de la succession, alternance de cultures de printemps et d'automne, choix de variétés tolérantes/résistantes, faux-semis, décalage des dates de semis, désherbage mécanique), mon IFT a atteint le niveau de 2, et j'ai encore des marges de progrès, alors que la moyenne locale est de 5. On va dans le bon sens du point de vue environnemental, sans remettre en cause les résultats économiques »

Bilan :

● La démarche décrite dans cette partie permet de **réfléchir avec l'agriculteur à des systèmes de culture alternatifs à ses systèmes actuels dans l'objectif de réduire sa dépendance à l'usage des produits phytosanitaires**. Elle se base sur une caractérisation préalable du contexte dans lequel se situent ces systèmes afin de prendre en compte les atouts et contraintes de l'exploitation lors de la conception. On utilise ici une approche système, tenant compte de la globalité de l'exploitation pour faire des propositions à l'agriculteur.

● **La conception de systèmes de culture économes ne passe pas par la simple substitution de la lutte chimique par d'autres méthodes de lutte**. Il s'agit de trouver une combinaison de leviers qui, ensemble, permet-

tent de maîtriser les bioagresseurs de ces systèmes et d'assurer la durabilité de ces moyens de lutte.

● **Il n'y a pas de combinaisons « types » efficaces pour maîtriser les bioagresseurs** : ces combinaisons sont à construire au cas par cas, selon les moyens dont on dispose et les contraintes que l'on a. Le guide donne toutefois des exemples de combinaisons, **à adapter localement**.

● Les références apportées dans ce guide sont **à adapter et à enrichir par des références locales**. Des systèmes de culture innovants peuvent être testés par les agriculteurs, par les chambres d'agriculture, dans les lycées agricoles, ... Ces expériences locales sont à mobiliser pour réfléchir sur la mise en place de nouveaux systèmes chez l'agriculteur.

Les agriculteurs A1, A2 et A5 font le bilan suivant de leur système :

« Cela redonne du goût au métier d'agriculteur. »
« C'est délicat à gérer, mais ça rend le travail intéressant. »
« Je suis plus serein quand je vais sur mes cultures. »

DOCUMENTS UTILISÉS POUR L'ÉLABORATION DE CE GUIDE

- [1] RICE E. L., 1984, *Allelopathy*, Second Edition, Academic Press. 422 p.
- [2] MOTISI N., 2009, *Réguler les maladies d'origine tellurique par une interculture de Brassicacées : mécanismes d'action et conditions d'expression dans une succession blé - betterave*, Thèse de doctorat, AgroCampus Ouest, Rennes.
- [3] MICHEL V., AHMED H., DUTHEIL A., 2007, « *La biofumigation, une méthode de lutte contre les maladies du sol* », Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic., vol. 39(2), p. 145-150.
- [5] ZADOKS J.C. (1993a). "Cultural methods". In : *Modern crop protection: development and perspectives*, eds. Wageningen Press, Wageningen, p. 161-170.
- [6] AUBERTOT J.N., BARBIER J.-M., CARPENTIER A., GRIL J.-J., GUICHARD L., LUCAS P., SAVARY S., VOLTZ M., 2005, *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux*, Rapport d'expertise scientifique collective, INRA et CEMAGREF.
- [7] AUBERTOT J.N. et al., 2009, *How to improve pest management in cropping systems using the effects of cultural practices on pest population developments. 1. Elements of cultural control. A review.* (A paraître).
- [8] SEBILLOTTE M., 1990, « *Systèmes de culture, un concept opératoire pour l'agronome* » in COMBE L., PICARD D. (eds), *Les systèmes de culture*, Paris, INRA, coll. Un point sur..., p. 165-196.
- [9] SAVARY S., ELAZEGUI F.A., MOODY K., LITSINGER J.A., TENG P.S., 1994, *Characterization of rice cropping practices and multiple pest systems in the Philippines*. Agricultural Systems, 46(4), p. 385-408.
- [10] RAPILLY F., 1991, *L'épidémiologie en pathologie végétale - Mycoses aériennes*, INRA, 303 p.
- [11] SEBILLOTTE M., 1978, « *Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique* », C.R. Acad.Agric.fr., 78, p. 906-914.
- [12] DORÉ T., Le BAIL M., MARTIN P., NEY B., ROGER-ESTRADE J. (coord.), 2006, *L'agronomie aujourd'hui*, Paris, Éditions QUAE, 367 p.
- [13] OILB-SROP a, 1973. *Statuts Srop 1*, 25p.
- [14] GRAN-AYMERIC L., 2006, *Stratégies de protection des cultures économes en produits phytosanitaires - incidence pour l'agriculteur et l'environnement* (Annexes Fiches).
- [15] ZADOKS J.C., 1985, "On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory", Annual Review of Phytopathology, 23, p. 455-473.
- [16] SAVARY S., 1991, *Approches de la Pathologie des Cultures Tropicales. Exemple de l'Arachide en Afrique de l'Ouest*. Éditions Karthala / ORSTOM, Paris. 288p.

Bibliographie

- [17] INRA, 2009, ECOPHYTO R&D, *Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires*. Volet 1, Tome II : Analyse comparative de différents systèmes en grande culture.
- [18] HILL S. B., VINCENT C., CHOUINARD G., 1999, “*Evolving ecosystems approaches to fruit insect pest management*”, Agriculture, Ecosystems and Environment, 73, p. 107-110.
- [19] LUCAS P., 2009, “*Libérer l’agriculture des pesticides*”, La Recherche, 431, p. 58-61.
- [20] LIEBMAN M., DAVIS A.S., 2000, *Integration of soil, crop and weed management in low-external input farming systems*. Weed Research, 40, p. 27-47.
- [21] CHAUVEL B., BIJU-DUVAL L., JOUY L. (2001). *Gestion des populations de vulpins résistants : quelles possibilités offrent les pratiques culturales ?* Phytoma 544, p. 30-34.
- [22] DELOS M. (coord.), 2009, *Mémento d’assistance technique pour la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles – Volet Santé de végétaux, Mesures applicables aux grandes cultures*. Document de travail à caractère interne, v. 109, MAP, 423 p.
- [23] ANDERSSON B., 1986, “*Influence of crop density and spacing on weed competition and grain yield in wheat and barley*”, In : Proc EWRS Symposium on Economic Weed Control. Stuttgart, p. 75-82.
- [24] DAVIES D.H.K., CHRISTAL A., TALBOT A.M., LAWSON H.M., WRIGHT G.M., 1997, “*Changes in weed populations in the conversion of two arable farms to organic farming*”, Brighton Crop Protection Conference, p. 973-978.
- [25] DEBAEKE P., 1990, « *Effets de systèmes diversement intensifiés sur la composition et la dynamique de la flore adventice des céréales d’hiver* », In : Proceedings EWRS Symposium on Integrated Weed Management in Cereals, Helsinki, p. 143-152.
- [26] JOBIN P., DOUVILLE Y., 1996, « *Stratégies de régulation des adventices avec les bineuses, les herses rotatives et les cultures intercalaires dans les grandes cultures au Québec* », Colloque IFOAM Maîtrise des adventices par voie non chimique, Dijon, France, p. 249-256.
- [27] BULSON H.A.J., SNAYDON R.W., STOPES C.E., 1997, “*Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system*”, Journal of Agricultural Science, 128, p. 59-71.
- [28] EISELE J.E., KÖPKE U., 1997, “*Choice of cultivars in organic farming: New criteria for winter wheat ideotypes*”, Pflanzenbauwissenschaften 1(2), p. 84-89.
- [29] DELOS M., EYCHENNE N., FOLCHER L., DEBAEKE P., LAPORTE F., RAULIC I., MAUMENE C., NAÏBO B., PINOCHET X., 2004, « *Le méthodes alternatives pour lutter contre les maladies en grandes cultures* », Phytoma, La Défense des Végétaux, n°567, p. 14-18.
- [30] SCHNEIDER O., ROGER-ESTRADE J., AUBERTOT J.N., DORÉ T., 2006, “*Effect of seeders and tillage equipment on vertical distribution of oilseed rape stubble*”, Soil Till. Res. 85, p. 115-122.
- [31] AUBERTOT J. N., CRIVINEAU C., LE FLOCH D., DORÉ T., 2002, « *Analyse des effets de la date de semis et de la disponibilité en azote à l’automne sur le développement du phoma chez deux variétés de colza* », 2e Conf. Int. sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux, Lille, p. 122-128.

Bibliographie

- [32] VILICH-MELLER V., 1992, *"Mixed cropping of cereals to suppress plant diseases and omit pesticide applications"*, Biol. Agric. Hort. 8, p. 299-308.
- [33] PILET F., 2003, *Epidémiologie et biologie adaptative des populations de Phytophthora Infestans dans des cultures pures et hétérogènes de variétés de Pomme de Terre*. Thèse de Doctorat, ENSAR, Rennes, 157 p.
- [34] DEBAEKE P., DELOS M., MOINARD J., BERAULT S., LAMBERT R., 2000, *« Prise en compte du couvert de tournesol dans la simulation des épidémies de Diaporthe helianthi par le modèle Asphodel »*, Annales 6ème Conf. Int. Maladies des Plantes, AFPP, Tours, 6-8 Déc. 2000, p. 251-258.
- [35] BAJWA W.I., KOGAN M. (2004), *"Cultural practices: springboard to IPM"*, in: KOUL O., DHALIWAL G.S., CUPERUS G.W. (Eds.), Integrated Pest Management: potential, constraints and challenges. CABI Publishing, Cambridge, Massachusetts, USA, p. 21-38.
- [36] PALTI J., 1981, *Cultural practices and infectious crop diseases*, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- [37] ALTIERI M.A., 1999, *"The ecological role of biodiversity in agroecosystems"*, Agric. Ecosyst. Environ. 74, p. 19-31.
- [38] VIAUX P., 1999, *Une 3ème voie en grandes cultures. Environnement, Qualité, Rentabilité*, éditions Agridécisions, 207 p.
- [39] WOLFE M.S., 2000, *Crop Strength through diversity*. Nature, 406, p. 681-682.
- [40] MEYNARD J.M., GIRARDIN P., 1991, *« Produire autrement »*, Courrier de la cellule environnement, n° 15.
- [41] MEYNARD J.M., 2008, *« Produire autrement : réinventer les systèmes de culture »*, in REAU R., DORÉ T., 2008, *Systèmes de culture innovants et durables. Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?*, éditions EDUCAGRI, p. 91-100.
- [42] LANCON J., REAU R., CARIOLLE M., MUNIER-JOLAIN N., OMON B., PETIT M.-S., VIAUX P., WERY J., 2008, *« Elaboration à dire d'experts de systèmes de culture innovants »* in REAU R., DORÉ T., 2008, *Systèmes de culture innovants et durables. Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?*, éditions EDUCAGRI, p. 91-100.
- [43] MISCHLER P., HOCDE H., TRIOMPHE B., OMON B., 2008, *« Conception de systèmes de culture et de production avec des agriculteurs : partager les connaissances et les compétences pour innover »* in REAU R., DORÉ T., 2008, *Systèmes de cultures innovants et durables. Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?*, éditions EDUCAGRI, p. 91-100.
- [44] MEYNARD J.M., DORÉ T., LUCAS P., 2003, *"Agronomic approach: cropping systems and plant diseases"*, Comptes Rendus Biologies, 326 (1), p. 37-46.
- [45] MEYNARD J.M., SAVINI I., 2003, *"Le point de vue d'un agronome"*, in Barrès D. (dir) *« Désintensification de l'agriculture. Questions et débats. »*, Les Dossiers de l'environnement de l'INRA, n° 24, Paris, 190 p. (p. 23-33).
- [46] VILAIN M., 1989, La production végétale. Volume 2 – *La maîtrise technique de la production*, Lavoisier Eds, Paris, France. 361 p.

QUELQUES DOCUMENTS NON CITÉS, MAIS CONSEILLÉS

GRAN-AYMERIC L., 2006, *Stratégies de protection des cultures économes en produits phytosanitaires – incidence pour l'agriculteur et l'environnement* (Annexes Fiches).

DELOS M., 2009, « *La Protection des cultures, une vraie nécessité mais de nombreux paradoxes* », Oléagineux, Corps Gras, Lipides, vol. 16, n°3, p. 149-155.

DEGUINE J.-P., FERRON P., RUSSEL D., 2008, *Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie*. Éditions Quae, 187 p.

REAU R., DORÉ T., 2008, *Systèmes de culture innovants et durables. Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?*, éditions EDUCAGRI, 168 p.

LIENS

<http://www.agro-transfert-rt.org>

<http://www.systemesdecultureinnovants.org/>

https://colloque.inra.fr/systemes_cultures_innovants_et_durables

<http://agriculture.gouv.fr/ecophyto-2018>

SOMMAIRE

Liste des abréviations	78
Annexe 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture	79
▶ Objectifs et contraintes de l'évaluation	79
▶ L'IFT (Indice de fréquence de traitements)	81
▶ Les consommations énergétiques	82
▶ L'efficacité énergétique du système	83
▶ Le Bilan Bascule	83
▶ Le nombre et la nature des passages effectués	84
▶ La marge directe (MD) - Calcul pour l'évaluation du SDC actuel	85
▶ La marge directe (MD) - Calcul pour l'évaluation des SDC alternatifs	86
▶ L'achat de matériel spécifique	87
▶ Le coût d'apprentissage	87
Annexe 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes : la logique « raisonnée », la logique « intégrée à l'échelle de l'ITK » et la logique « intégrée à l'échelle du SDC »	88
▶ Le blé tendre	88
▶ Le blé dur	91
▶ L'orge de printemps	93
▶ L'orge d'hiver	95
▶ Le colza	96
▶ Le maïs grain	99
▶ Le tournesol	101
▶ La pomme de terre	103
▶ La betterave	105
▶ Le pois	108
▶ Autres espèces	111
▶ Le triticale	111
▶ Le sorgho	111
▶ Le lin	112
▶ La fèverole	112
▶ Le chanvre	113
▶ La luzerne	113

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACTA	Association de Coordination Technique Agricole
ADAR	Agence pour le Développement Rural Agricole
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
CMMO	Charges de Mécanisation et de Main d'Œuvre
CO	Charges Opérationnelles
COMIFER	Comité Français pour le développement de la Fertilisation Raisonnée
CUMA	Coopérative d'Utilisation du Matériel Agricole
DA	Dose Appliquée
DH	Dose Homologuée
EA	Exploitation Agricole
GES	Gaz à Effet de Serre
IFT	Indice de Fréquence de Traitement
ITB	Institut Technique de la Betterave
ITCF	Institut Techniques des Céréales et des Fourrages
ITK	Itinéraire Technique
JNO	Jaunisse Nanissante de l'Orge
K	Potassium
MAP	Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
MD	Marge Directe
MO	Matière organique
N	Azote
NRJ	Energie
OAD	Outil d'Aide à la Décision
P	Phosphore
PB	Produit Brut
PC	Pouvoir Calorifique
RMT SdCI	Réseau Mixte Technologique Systèmes de Culture Innovants
SC	Spécialité Commerciale
SCEES	Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques
SDC	Système de Culture

ANNEXE 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture

OBJECTIFS ET CONTRAINTES DE L'ÉVALUATION

- On cherche à faire une évaluation globale des SDC et non pas ITK par ITK
- Pour les SDC modifiés, l'évaluation se fait a priori => on doit pouvoir faire l'évaluation sans connaître certaines variables précisément (rendements, produits phytosanitaires utilisés,...). On fait des hypothèses sur ces variables le cas échéant.
- L'évaluation doit pouvoir se faire rapidement (l'ensemble de la démarche doit pouvoir tenir en une demi-journée, voire une journée maximum)

➔ **Un jeu d'une dizaine d'indicateurs, parfois qualitatifs, a été construit, permettant d'évaluer les pratiques vis-à-vis des phytosanitaires et des compartiments susceptibles d'être impactés par des changements de pratiques (énergie, azote, charges de travail, marges brutes,...)**

NB : Ces indicateurs sont calculés dans un premier temps pour chaque année culturale, pour avoir une idée des performances de chaque culture. Il est cependant à noter que l'interprétation de ces indicateurs à l'année n'est pas toujours pertinente.

Dans un second temps, on les moyenne sur l'ensemble de la rotation pour pouvoir comparer des rotations de différentes durées.

Les indicateurs qui ont été retenus sont listés ci-dessous et leur mode de calcul, les données d'entrée et les paramétrages nécessaires pour leur calcul sont explicités.

Des fiches décrivant chaque indicateur, leurs modes de calcul et les hypothèses qui sont faites dans le calculateur sont ensuite disponibles.

Tableau 1 : Indicateurs, modes de calcul, données d'entrée et paramétrage.

En grisé, les indicateurs non calculés par le calculateur proposé avec le guide

Indicateur	Mode de calcul	Données à renseigner	Données paramétrées		Sorties
	n = durée de la rotation	Données	Données	Unité	Sorties
IFT (calcul par la calculette du MAP)	IFTculture = $\sum [DA/DH \times PP]$ pour toutes les spécialités commerciales utilisées et pour chaque traitement	Spécialité commerciale (SC) Dose apportée (DA) Proportion de la parcelle traitée (PP)	Dose Homologuée (DH) par culture et par spécialité commerciale Sources : MAP	Sans	IFT total IFT herbicides IFT insecticides IFT fongicides IFT autres
IFT	IFT / culture rentrée directement ou IFT = charges phytos/coût unitaire IFT pour la culture $IFT_{SDC} = \sum (IFT_{culture})/n$	IFT pour chaque culture du SDC ou charges phytos pour chaque culture	Coût de l'unité IFT par culture et par catégorie de produits (Insecticides, herbicides,...) Sources : MAP	€/unité d'IFT	IFT total IFT herbicides IFT insecticides IFT fongicides IFT autres par culture et en moyenne sur le SDC
Traitements des semences	Nombre de cultures avec semences traitées / nombre total de cultures	Utilisation ou non de semences traitées pour chaque culture de la rotation			Fréquence d'utilisation de semences traitées sur la rotation

ANNEXE 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture

Indicateur	Mode de calcul	Données à renseigner	Données paramétrées		Sorties
	n = durée de la rotation	Données	Données	Unité	Sorties
Coûts énergétiques	$\Sigma (\text{coût interv. } i * \text{nb interv. } i) / n + \text{nombre d'unités d'N minéral apportée} * \text{coût énergétique d'une unité} + \text{quantité d'eau apportée} * \text{coût énergétique du m}^3 \text{ d'eau} + \text{coût énergétique du P pour 1T de produit} * \text{rendement} + \text{coût énergétique du K pour 1 T de produit} * \text{rendement}$	Nombre de passages pour : Roulage Labour Travaux superficiels Décompactage Semis Binage/hersage/houe rotative Fauche/entretien Epdage fumier/lisier/engrais minéral Pulvérisation	Consommations énergétiques / type d'interventions Coût énergétique de l'unité d'azote Besoins en P et K forfaitaire par culture + coût énergétique de l'unité de P et de K Coût énergétique du m ³ d'eau <i>Sources : INRA, ADEME, 1999</i>	MJ/ha MJ/T	Coût énergétique total Par culture et en moyenne sur le SDC
Efficiace énergétique	$\Sigma (\text{PCI cult. } i / \text{coût NRJ cult. } i) / n$	Récolte Fauchage/fanage/andainage/pressage Broyage Rendements Quantités d'eau apportées Quantités d'azote apportées par culture <i>N.B. : Le nombre de passages peut directement être déduit dans le calculateur en fonction des cultures.</i>	Pouvoir calorifique Inférieur (PCI) des produits et sous-produits <i>Sources : INRA, ADEME, 1999</i>		Efficiace énergétique Par culture et en moyenne sur le SDC
Bilan Bascule	$\Sigma (\text{apports d'N} - \text{coef. d'export.} * \text{rendement}) / n$	Quantité d'azote apportée sous forme minérale et organique Rendement moyen par culture	Coefficient d'exportation par culture <i>Sources : COMIFER</i>	kg N/ha	Bilan azoté sur le SDC
Nombre et nature des passages effectués		Nombre et nature des passages effectués			Nombre et nature des passages effectués en moyenne sur le SDC
Produit brut (PB)	$\Sigma (\text{rendement} * \text{prix}) / n$ pour toutes les cultures de la rotation	Rendement moyen par culture	Prix de vente par culture	€/ha et €/q	Produit brut en moyenne sur le SDC
Charges opérationnelles (CO)	$\Sigma (\text{qté semences achetées} * \text{prix}) + \Sigma (\text{IFT traitement } i * \text{coût unité traitement } i \text{ ou charges phytos}) + (\text{quantité d'azote apportée} * \text{coût unité d'N}) / n + \text{coût du P pour 1 T de produit} * \text{rendement} + \text{coût du K pour 1 T de produit} * \text{rendement}$	Quantités semences achetées par culture (en kg) IFT par culture et par type de traitement ou charges phytos Quantités d'engrais apportées par culture Quantités d'azote organique achetées Rendements	Coûts des semences Coûts des traitements / unité d'IFT et par type de traitements Coûts de l'unité d'N Besoins en P et K forfaitaire par culture + coût de l'unité de P et de K	Semences : €/kg IFT : €/ha Engrais minéral (N/P/K) : €/kg Engrais organiques : €/kg	Charges opérationnelles en moyenne sur le SDC
Charges de mécanisation et de main d'œuvre (CMMO)	$\Sigma (\text{Nombre d'interventions } i * \text{CMMO pour intervention } i) / n$	Nombre de passages pour : Irrigation Décompactage Travaux superficiels Labour Semis Epdage Pulvérisation Récolte Broyage Herse	Coûts par type d'intervention <i>Sources : Barèmes Entraide</i>	€/ha	CMMO en moyenne sur le SDC
Marge directe	PB - CO - CMMO				Marge directe en moyenne sur le SDC
Achat de matériel spécifique		Achats à effectuer			
Coûts d'apprentissage		Nombre de nouvelles cultures sur la rotation Nombre de pratiques nouvelles sur la rotation			

ANNEXE 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture

L'IFT (INDICE DE FRÉQUENCE DE TRAITEMENTS)

Sources : MAP

Calculé pour

- l'évaluation de l'état initial
- l'évaluation du SDC modifié.

Objectifs

L'IFT est un indicateur de pression basé sur les pratiques permettant de **mesurer l'intensité du recours aux pesticides sur la rotation**. Il permettra de vérifier que le système de culture candidat est effectivement plus économe en produits phytosanitaires que le système initial.

Pour évaluer les SDC étudiés, on positionnera également chaque culture par rapport à la référence régionale utilisée dans la MAE phytos.

Mode de calcul

L'IFT correspond au nombre de doses homologuées¹ de produits phytosanitaires appliquées sur une parcelle pendant une campagne culturale.

L'IFT d'une parcelle est égal à la somme des quantités normalisées de produits pour tous les traitements (T) réalisés sur la parcelle :

$$IFT_{\text{parcelle}} = \sum_T [DA_T / DH_T \times PP_T]$$

Avec

DA_T la dose de produit commercial réellement appliqué par hectare pour le traitement T

DH_T la dose homologuée¹ par hectare du produit commercial pour le traitement T

PP_T la proportion de la parcelle traitée lors du traitement T.

Cet indicateur est calculé par type de produits (herbicides, fongicides, insecticides et autres produits) pour chaque culture, ainsi que de manière globale. On calcule ensuite un IFT correspondant au système de culture dans son ensemble.

Dans le calculateur, on ne propose pas d'outil de calcul de l'IFT ; on renvoie pour cela à la calculatrice du MAAPRAT.

De plus, selon les informations qui sont disponibles chez l'agriculteur, l'utilisateur peut dans le calculateur soit renseigner directement l'IFT, soit renseigner le niveau de charges en produits phytosanitaires. Un coût unitaire de l'IFT pour chaque catégorie de produits et pour chaque culture est paramétré et permet d'approcher l'IFT réel de l'agriculteur.

Données paramétrées/ données à recueillir sur le terrain

La dose appliquée et la proportion de la parcelle traitée sont indiquées par l'exploitant lors de la description de son programme de traitement. On n'oubliera pas d'inclure les traitements effectués en interculture dans ce calcul.

Modalités de calcul pour l'évaluation du SDC modifié

On décrit au préalable le programme d'interventions. Lorsque les produits utilisés ne sont pas connus, on se basera sur un IFT local pour la culture en question, à moduler selon l'itinéraire technique mis en place. On peut également tenir compte des fréquences

¹ La dose homologuée est la dose efficace d'application d'un produit pour une culture et pour un organisme cible donnés.

ANNEXE 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture

d'utilisation prévue : si on choisit de décaler les dates de semis du blé par exemple, les risques d'attaque des pucerons d'automne seront diminués. On peut donc décider de traiter une année sur 5. Dans ce cas, on peut le signifier dans le calculateur en indiquant un IFT de 0.2 au lieu de 1.

Pour aider au calcul de l'IFT, une description d'ITK à différents niveaux de recours aux pesticides est fournie pour plusieurs cultures en annexe 2.

Limites

L'IFT rend compte de l'**intensité d'utilisation des produits phytosanitaires** mais ne qualifie pas le risque qu'ils représentent pour l'environnement (il ne prend pas en compte certaines caractéristiques de ces produits - comme la toxicité ou la rémanence -, ni celles du milieu). De ce fait, on peut amorcer lors de l'évaluation une discussion sur le choix des produits phytosanitaires.

Indicateur complémentaire dans le calculateur sur le traitement des semences

L'IFT ne prenant pas en compte les traitements de semences, on complète les informations qu'apporte cet indicateur par un pourcentage de semences traitées parmi les semences utilisées par l'agriculteur. On peut indiquer si l'agriculteur est à l'origine de ce choix de traiter, ou si ce sont plutôt les fournisseurs de semences.

LES CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

Sources : ADEME, M. Cariolle

Calculé pour

- l'évaluation de l'état initial
- l'évaluation du SDC modifié.

Objectifs

Il s'agit d'estimer les variations des consommations énergétiques que peuvent entraîner les modifications de pratiques.

Mode de calcul

On utilise ici le tableau de conversion proposé par l'ADEME et par M. Cariolle pour estimer les consommations énergétiques pour les interventions suivantes (cf. fiche « nombre et nature des passages effectués ») :

- | | |
|--------------------------------|--|
| • Roulage | • Fauche/entretien |
| • Labour | • Épandage fumier/lisier/engrais minéral |
| • Travaux superficiels | • Pulvérisation |
| • Décompactage | • Récolte |
| • Semis | • Fauchage/fanage/andainage/pressage |
| • Binage/hersage/houe rotative | • Broyage |

On prend également en compte les coûts énergétiques liés à la consommation d'engrais et à l'irrigation.

Pour simplifier le calcul, on ne considère que trois types d'engrais : l'ammonitrate pour l'azote, le super 45 pour le phosphore et le chlorure de potassium pour le potassium. De plus, on estimera pour le phosphore et le potassium qu'on ajuste les apports aux besoins de la culture. On calcule ensuite les dépenses énergétiques pour chaque culture, pour chacun des systèmes, puis la variation de cette consommation entre les différents systèmes.

Attention : pour les passages en combiné (ex. travail superficiel + roulage), ne compter qu'un seul passage.

ANNEXE 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture

Données paramétrées/ données à recueillir sur le terrain

Données à recueillir : nombre et nature des passages effectués, quantités d'azote apportée, rendements.

Données paramétrées : consommations énergétiques pour chaque type d'intervention.

Limites

Cet indicateur part d'un principe d'économie d'énergie : il permet de réduire de manière globale les consommations énergétiques, sans tenir compte de la productivité du système. Il doit donc être complété par l'indicateur « efficacité énergétique » décrit dans la fiche suivante.

L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DU SYSTÈME

Sources : ADEME, M. Cariolle

Calculé pour

- l'évaluation de l'état initial
- l'évaluation du SDC modifié.

Objectifs

Il s'agit d'estimer l'efficacité énergétique du système en rapportant les coûts énergétiques à la productivité du système.

Mode de calcul

$$\text{Efficacité énergétique cult. } i = (\text{PC cult. } i / \text{coût NRJ cult. } i)$$

Avec

– PC cult. i = pouvoir calorifique des produits

– Coût NRJ cult. i = coût énergétique de la culture i

On calcule cet indicateur pour toutes les cultures, puis pour chacun des SDC étudiés.

Données paramétrées/ données à recueillir sur le terrain

Données à recueillir : nombre et nature des passages effectués, quantité d'azote apportée, rendements

Données paramétrées : consommations énergétiques pour chaque type d'intervention, pouvoir calorifique des produits

Limites

Cet indicateur évalue l'efficacité du système : on recherche ici à optimiser l'utilisation de l'énergie sans tenir compte du fait que cette ressource peut être limitée. Il est donc à compléter en tenant compte de l'indicateur « consommation énergétique ».

LE BILAN BASCULE

Sources : Benoit M., 1992. Un indicateur des risques de pollution azotée nommé "BASCULE". (Balance Azotée Spatialisée des systèmes de Culture de l'Exploitation). Fourrages, 129, 95-110.

Calculé pour

- l'évaluation de l'état initial
- l'évaluation du SDC modifié.

ANNEXE 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture

Objectifs

Il s'agit, pour les zones où l'azote constitue un enjeu fort, d'estimer l'impact de la gestion de la fertilisation azotée.

Mode de calcul et source des données

Sur la totalité du SDC :

$$\text{Bilan} = \text{Apports d'azote} - \text{exportations d'azote}$$

Avec :

- apports d'azote : quantité globale d'azote apportée sur la parcelle sous forme minérale et organique
- exportations d'azote : quantité globale d'azote exportée par les productions = rendement moyen par culture x coefficient d'exportations par culture

Données paramétrées/ données à recueillir sur le terrain

Données paramétrées : coefficients d'exportation par culture.

Données à recueillir : quantités d'azote apportées et rendement moyen pour chaque culture.

Modalités de calcul pour l'évaluation du SDC modifié

Les apports d'azote sont estimés pour les cultures nouvellement introduites et des rendements moyens régionaux pris pour les calculs.

Limites

Cet indicateur ne doit pas être interprété à l'année. En effet, en fonction des cultures, une bonne gestion des apports d'azote ne permet pas d'obtenir les mêmes valeurs pour cet indicateur.

Les colzas présentent ainsi en moyenne des bilans importants, pouvant dépasser les 50 kg/ha. Les tournesols, quant à eux, ont des bilans toujours faibles (- de 10 kg/ha). Enfin, les autres cultures présentent des bilans allant de 20 à 40 kg/ha.

Ceci s'explique par le fait que le calcul du bilan se base sur les exportations et ne tient pas compte des éventuelles restitutions au sol. Il ne prend également pas en compte les caractéristiques du milieu, alors que le raisonnement des apports prend ces facteurs en compte. Par ailleurs, le bilan Bascule prend en compte la totalité des apports sous forme organique, et non pas seulement la part d'azote efficace pendant la campagne pour une culture donnée. La fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses n'est également pas prise en considération.

Enfin, il est à noter que ce bilan ne prend pas en compte la gestion de l'azote lors de l'interculture : on considère que l'azote mobilisé par les CIPAN est intégralement restituée au sol.

LE NOMBRE ET LA NATURE DES PASSAGES EFFECTUÉS

Calculé pour :

- l'évaluation de l'état initial
- l'évaluation du SDC modifié.

Objectifs

Il s'agit d'estimer ici la charge en travail nécessaire pour effectuer les interventions listées dans la description des ITK.

Cet indicateur permet d'apprécier une intensité d'interventions sur le SDC.

ANNEXE 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture

Mode de calcul et sources des données

On comptabilise les passages effectués pour les travaux suivants sur l'ensemble du système de culture, aux dires de l'agriculteur pour l'état 0 et par une évaluation a priori pour les SDC alternatifs :

- Roulage
- Labour
- Travaux superficiels
- Décompactage
- Semis
- Binage/hersage/houe rotative
- Fauche/entretien
- Epandage fumier/lisier/engrais minéral
- Pulvérisation
- Récolte
- Fauchage/fanage/andainage/pressage
- Broyage

Attention : pour les passages en combiné (ex. travail superficiel + roulage), ne compter qu'un seul passage.

Limites

Cet indicateur ne permet pas de prendre en compte les éventuels conflits de chantier, qui sont nécessaires à considérer par ailleurs dans la réflexion, notamment en utilisant le tableau de positionnement des travaux (fiche-support 2).

LA MARGE DIRECTE (MD) - CALCUL POUR L'ÉVALUATION DU SDC ACTUEL

Objectifs

Cet indicateur est estimé pour le système de culture actuel pour pouvoir évaluer ensuite l'effet des changements de pratiques sur la marge.

Mode de calcul et source des données

► Le produit brut

Pour chaque culture, on utilise la formule suivante pour calculer le produit brut.

$$\text{Produit brut (PB)} = \text{rendement} \times \text{prix}$$

Pour le rendement, on considère les rendements moyens de l'agriculteur pour les cinq dernières années.

Les prix sont les prix de vente moyens pour chaque culture.

Données paramétrées : prix de vente moyens par culture

Données à recueillir : rendements par culture

► Les charges opérationnelles (CO) et les charges de mécanisation et de main d'œuvre (CMMO)

Pour chaque culture, on calcule les charges opérationnelles, qui tiennent compte des coûts de semences et d'engrais à partir d'abaques fournis. Pour simplifier le calcul, on ne considère que trois types d'engrais : l'ammonitrate pour l'azote, le super 45 pour le phosphore et le chlorure de potassium pour le potassium. De plus, on estime pour le phosphore et le potassium qu'on ajuste les apports aux besoins des cultures.

Par ailleurs, différents contextes de prix sont proposés dans le calculateur pour pouvoir faire des simulations sur l'évolution des performances des systèmes sous différents contextes économiques.

On estime les charges en produits phytosanitaires à partir du calcul d'IFT pour chaque culture et pour chaque type de produits. On

ANNEXE 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture

s'inspire pour cela du calcul de coût moyen d'unité d'IFT par culture et par catégorie de produits effectué dans le cadre d'ECO-PHYTO.

Les charges de mécanisation (prix/ha de traction) et les charges de main d'œuvre sont estimées à l'aide des barèmes CUMA/Entraide.

Données paramétrées : coûts des différents produits ; prix/ha de traction et coût main d'œuvre par type d'intervention.

Données à recueillir : quantités achetées, nombre et nature des passages (cf. fiche « nombre et nature des passages effectués »).

► La marge directe

$$MD = PB - CO - CMMO$$

LA MARGE DIRECTE (MD) - CALCUL POUR L'ÉVALUATION DES SDC ALTERNATIFS

Objectifs

Cet indicateur est calculé pour l'évaluation ex ante de SDC. Il s'agit de faire des hypothèses sur les rendements des cultures menées selon de nouveaux ITK, ou sur les cultures introduites, et de calculer l'évolution de la marge directe **sur l'ensemble du SDC** en fonction de ces hypothèses, **dans un même contexte de prix** que le SDC actuel.

On peut ensuite faire varier ces hypothèses lors du calcul pour simuler différentes situations. Différents contextes de prix, correspondant aux années 2006 (prix moyens), 2007 (prix hauts) et 2008 (prix bas) seront disponibles dans le calculateur pour cela.

Mode de calcul et source des données

Pour ce calcul, on procède comme suit :

► Calcul du produit brut

- Des hypothèses sont faites à la fois sur le rendement des cultures nouvellement introduites et sur les rendements des cultures dont la conduite est modifiée.
- Le contexte de prix est considéré comme identique à celui du SDC actuel dans un premier temps

Données paramétrées : prix de vente par culture

Données à recueillir : rendements

► Calcul de charges

Idem que pour le SDC actuel en faisant des hypothèses sur le nombre de passages et sur les quantités d'intrants apportées.

Données paramétrées : prix/ha de traction et coût main d'œuvre

Données à recueillir/estimer : quantités achetées, nature et nombre de passages (cf. fiche « nombre et nature des passages effectués »).

► Calcul de la marge directe

$$MD = PB - CO - CMMO$$

Limites

Les charges de main d'œuvre sont considérées ici comme proportionnelles aux nombres de passages effectués. Or, cela n'est pas le cas dans la réalité.

ANNEXE 1 : Les indicateurs retenus pour l'évaluation environnementale des systèmes de culture

De plus, on ne tient pas compte d'éventuels investissements à faire pour mettre en œuvre de nouvelles pratiques, d'où l'indicateur « achat de matériel spécifique ».

Par ailleurs, les autres charges fixes ne sont pas prises en compte.

Enfin, on ne tient pas compte des changements qui peuvent avoir lieu dans le montant des aides directes, par la contractualisation éventuelle de MAE,...

Les deux indicateurs suivants ne sont pas calculés par l'outil mis à disposition avec le guide. Il peut cependant être intéressant de les calculer pour compléter l'évaluation.

L'ACHAT DE MATÉRIEL SPÉCIFIQUE

Calculé pour :

- l'évaluation du SDC modifié.

Objectifs

Cet indicateur vise à compléter les résultats de l'indicateur « marge de manœuvre économique ».

Mode de calcul et source des données

À partir de la liste de matériels dont dispose l'agriculteur et de celle dont dispose la CUMA, voir quels achats sont nécessaires et à quel coût approximatif : l'achat est-il envisageable sur l'exploitation, et à quelles conditions ?

LE COÛT D'APPRENTISSAGE

Calculé pour :

- l'évaluation du SDC modifié.

Objectifs

La mise en place de nouvelles pratiques par l'agriculteur peut exiger un apprentissage de celles-ci par ce dernier. Cet indicateur cherche donc à traduire l'investissement personnel nécessaire.

Mode de calcul et source des données

Ce coût d'apprentissage peut être évalué à partir des critères suivants :

- Nombre de cultures nouvelles pour l'exploitant
- Nombre de nouvelles pratiques (sur les cultures habituelles et sur les nouvelles cultures).

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

Sources : INRA, 2009, *ECOPHYTO R&D, Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Volet 1, Tome II : Analyse comparative de différents systèmes en grande culture*

Ces ITK sont présentés ici pour aider l'utilisateur dans sa réflexion et ne constituent en aucun cas des recettes à appliquer telles qu'elles, quel que soit le contexte. Les résultats obtenus peuvent être variables en fonction de la situation de production.

On entend ici par :

- **logique « raisonnée »** : une logique de conduite de système qui vise à raisonner au maximum l'utilisation des intrants sans pour autant changer la conduite du système
- **logique « intégrée à l'échelle de l'ITK »** : une logique de conduite de système qui modifie les ITK des cultures en vue de diminuer l'utilisation d'intrants mais sans modifier la rotation
- **logique « intégrée à l'échelle du SDC »** : une logique de conduite de système qui modifie à la fois les ITK et la rotation dans le but de diminuer l'utilisation d'intrants

LE BLÉ TENDRE

► Les principes du niveau « raisonné »

Les techniques de lutte et d'évitement mobilisées à ce niveau portent en particulier sur le raisonnement des interventions chimiques. Le recours à une meilleure caractérisation du risque sur la base de critères agronomiques complété par des observations au champ permet, de déclencher ou non des traitements en fonction du franchissement de seuils de risque. L'impact du climat est pris en compte avec la modélisation épidémiologique, directement ou via des avertissements agricoles. La caractérisation du risque maladie par maladie permet d'adapter le choix et la dose des fongicides utilisés en intégrant les risques de fréquence d'utilisation d'un même produit et/ou du sous dosage sur les phénomènes de résistance. Le traitement de semences, obligatoirement préventif, est mis en œuvre en considérant l'exposition aux risques de la parcelle.

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »

Ce niveau se distingue du précédent par l'application de principes de gestion agronomique qui marquent une vraie "rupture" dans les pratiques et les références mobilisés. Il ne s'agit pas d'améliorer encore le raisonnement mis en œuvre au niveau de l'utilisation des seuils et OAD, mais bien de modifier de façon plus ou moins profonde les caractéristiques du peuplement afin de réduire les risques de développement des bioagresseurs et de diminuer leurs conséquences sur la production et la qualité.

Sur blé tendre, ces principes s'appuient en particulier sur :

- des semis retardés d'au moins 15 jours par rapport aux pratiques "courantes" ;
- un choix de variétés multi-résistantes ("rustiques") ou l'utilisation de mélanges variétaux. On pourrait aussi tenir compte à l'avenir de la nécessité de la diversité génétique à l'échelle territoriale ;
- la diminution de la densité de semis (-30 à -40% par rapport à la dose recommandée en niveau 1) et de la dose d'azote par suppression de l'apport tallage (en cohérence avec un objectif de rendement un peu inférieur) ;
- la destruction et l'enfouissement des repousses ou résidus de cultures hôtes des agents pathogènes.
- l'augmentation du nombre de passages d'outils de travail du sol superficiel pendant l'interculture, visant à faire germer les semences adventices non dormantes en surface, et à détruire les plantules levées.

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

- la mise en œuvre du désherbage mécanique (à l'aide d'une herse étrille ou d'une houe rotative). Cependant cette technique n'est pas raisonnablement envisageable tous les ans, car elle exige des conditions climatiques sèches au bon moment (de 1 à 3 feuilles minimum du blé selon le type d'outil), mais avec des adventices encore au stade cotylédons-plantule.

La mise en œuvre de l'ensemble de ces principes permet d'installer un couvert moins favorable au développement des principales maladies affectant le blé tendre (couvert aéré et peu luxuriant), dont l'efficacité est renforcée par le caractère multi-résistant de la variété. Les risques de verse sont aussi très largement diminués. Enfin, le décalage des semis permet dans la plupart des cas l'esquive des pucerons vecteurs de la JNO, et la réduction du potentiel de levée des adventices, surtout si des passages de travail du sol superficiels ont favorisé la germination des semences pendant l'interculture par effet faux-semis.

La combinaison des techniques proposées à l'échelle de l'itinéraire technique contribuant à la maîtrise de la flore adventice (faux-semis, retard de date de semis, désherbage mécanique quand c'est possible) doit permettre de diminuer l'usage d'herbicide, à un niveau difficile à quantifier, car il n'y a presque pas de référence disponible (la majorité des essais à l'échelle de l'itinéraire technique ne considèrent pas les impacts sur la flore adventice et le désherbage en raison de la dimension pluriannuelle de la gestion de ces bioagresseurs). A cette échelle, la dépendance aux herbicides reste plus élevée qu'au niveau suivant qui bénéficie des effets des adaptations de rotations pour assurer la maîtrise à long terme des infestations. Les valeurs d'IFT-herbicide proposées dans le tableau qui suit ont été définies par consensus des experts du groupe de travail pour ECOPHYTO.

► *Les principes du niveau « intégré à l'échelle du système de culture »*

À ce niveau, l'ensemble des leviers agronomiques disponibles est mobilisé afin d'une part de créer à l'échelle annuelle un état du peuplement très peu favorable au développement des bioagresseurs (cf. niveau précédent), et d'autre part de diminuer le "réservoir" de bioagresseurs (stock de semences d'adventices en diversifiant la rotation, inoculum de maladies en diversifiant les cultures dans l'espace et le temps...) présent sur la parcelle et indirectement sur les parcelles avoisinantes. Cela peut permettre une baisse de l'usage d'herbicides plus importante qu'au niveau précédent. La diversité de cultures peut être obtenue en reconsidérant les rotations, en introduisant des cultures autres que le blé, notamment des oléo-protéagineux et de la betterave. Ces éléments ont également des effets positifs sur la fertilité physique et chimique du sol.

La diversification de la rotation permet de diversifier les dates de semis, les dates de semis peuvent être retardées d'au moins 3 semaines en blé ou triticale. On peut faire le choix de variétés compétitives (mais pas forcément les plus productives), de la réalisation de faux-semis pendant l'interculture (passages nombreux d'outils superficiels), et du désherbage mécanique. La combinaison de ces techniques tend à réduire le rendement (jusqu'à -20% selon les résultats d'essais sur la Protection Intégrée contre les adventices, qui maximisent l'utilisation de ces leviers). Dans le même temps, les blés en systèmes de ce niveau ne sont jamais des "2e blés", ils ne sont donc pas affectés par la perte moyenne de rendement de 10% observée sur les 2e blés dans les systèmes intensifs (et même au niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »). Pour ces raisons, les performances agronomiques (rendement) du blé tendre conduit dans ce système ont été considérées comme équivalentes à celles d'un blé conduit en intégré à l'échelle de l'ITK.

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Blé tendre

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	81	Un peu inférieur au SDC intensif	73	-9% p/r raisonné en moyenne (de -5 à -20%)	73	-9% p/r raisonné en moyenne (de -5 à -20%)
IFT _{total}	4,9	Expertise / conseils CA	2,6		2,1	
IFT _{herbicides}	1,8	1 désherbage Automne 2 années sur 3 et un rattrapage de printemps systématique	1,4	1 traitement automne 1 an sur 4 + 1 chimique printemps Désherbage mécanique 1 an sur 2 (effet date semis)	1,2	1 traitement printemps + 1 rattrapage éventuel (non labour)
IFT _{fongicides}	1,6	2 passages à 0,5 ou 0,6 IFT et un 3ème passage 1 an sur 3	0,8	1 traitement à 80% de la dose (Semis tardif, choix variétal, N réduit)	0,6	1 traitement mi-dose à 80% selon les années
IFT _{insecticides}	0,6	1 insecticide automne 1 an sur 3 + 1 insecticide printemps 1 an sur 2 à 4	0,2	1 insecticide 2 ans sur 10 (effet date de semis + raisonnement au printemps)	0,2	1 insecticide 2 ans sur 10 (effet date de semis + raisonnement au printemps)
IFT _{autre}	0,9	1 régulateur un an sur 2 suivant les régions et 1 antilimaces 1 an sur 6	0,2	Pas de régulateur sauf hiver doux (effet azote + date et densité de semis)	0,1	1 antilimaces 1 an sur 10
Nb passages	Labour : 0,6 Travail superficiel : 2,3 Pulvérisation : 5,5 Engrais minéral : 2,6 (161 N) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 0	Suppression du 1 ^{er} apport d'azote 1 an sur 2 (sols profonds)	Labour : 0,6 Travail superficiel : 2,9 Pulvérisation : 3,1 Engrais minéral : 2,1 (158 U) Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 0,5	Suppression du 1 ^{er} apport d'azote dans 90 % des cas. Herse 1 an sur 2	Labour : 0,5 Travail superficiel : 3,3 Pulvérisation : 2,3 Engrais minéral : 2,9 (143 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 0,5	Labour devant précédent pluriannuels (luzerne) ou pomme de terre Suppression du 1 ^{er} apport d'azote dans 90 % des cas. Désherbage mécanique 1 an sur 2

Source : ECOPHYTO R&D - Zone Basse-Normandie/Bourgogne/Champagne-Ardenne/Haute-Normandie/Ile-de-France/Nord-Pas-de-Calais/Picardie

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

LE BLÉ DUR

► Les principes du niveau « raisonné »

Les bioagresseurs du blé dur sont les mêmes que ceux du blé tendre, mais des sensibilités ou adaptations des souches peuvent exister notamment pour les septorioses (tritici) plus agressives sur blé tendre que sur blé dur en France. Compte tenu de cette similitude, le raisonnement des interventions chimiques qui caractérise ce niveau est identique à celui décrit pour le blé tendre.

Comme pour le blé tendre, en l'absence de données statistiques sur les performances de ces stratégies "raisonnées", ce niveau a été qualifié à partir des conseils de campagne des Chambres d'Agriculture, et d'une expertise locale des fréquences d'occurrence des principaux bioagresseurs. Les rendements moyens retenus sont là encore très légèrement inférieurs (de 1 à 2 q / ha en moyenne) à ceux des systèmes conventionnels, pour tenir compte des risques occasionnels d'échecs de cette stratégie qui restent d'ampleur limitée sur blé dur.

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »

Comme pour le blé tendre, les principes applicables s'appuient en particulier sur :

- des semis retardés d'au moins 15 jours par rapport aux pratiques "courantes",
- un choix de variétés multi-résistantes quand elles sont disponibles ("rustiques"), en tenant compte de la diversité génétique à l'échelle territoriale,
- la diminution de la densité de semis et de la dose d'azote (associée à un objectif de rendement un peu inférieur),
- la destruction et l'enfouissement des repousses ou résidus de cultures hôtes du pathogène.
- l'augmentation du nombre de passages d'outils de travail du sol superficiel pendant l'interculture.
- le désherbage mécanique.

L'application de l'ensemble de ces principes permet d'installer un couvert aéré et peu luxuriant, peu favorable au développement des principales maladies affectant le blé dur, dont l'efficacité est renforcée par le caractère multi-résistant de la variété retenue. Les risques de verse sont aussi largement diminués. Enfin, le décalage des semis permet dans la plupart des cas l'esquive des pucerons vecteurs de la JNO, et des stratégies de gestion des mauvaises herbes utilisant les faux-semis. Des techniques de désherbage mécanique (herse étrille, houe) sont également mises en œuvre à ce niveau, malgré des efficacités moyennes. En raison des conditions météo plus favorables dans les régions de production du blé dur, ce désherbage mécanique peut être mis en œuvre tous les ans, contrairement au cas du blé tendre.

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle du système de culture »

À ce niveau, il s'agit de diminuer le "réservoir" de bioagresseurs présent sur la parcelle et indirectement sur les parcelles proches, en diversifiant la rotation et/ou les cultures dans l'espace. Cette diversité de cultures peut être obtenue en augmentant la part des espèces autres que le blé dur dans la rotation et en évitant la succession de deux blés durs (en moyenne, 42% des parcelles blé dur de l'échantillon SCEES 2006 ont un précédent blé (tendre ou dur), et cette proportion est plus forte en PACA et Languedoc Roussillon. La diversification des périodes de semis s'accompagne d'une moins grande spécialisation de la flore adventice, ce qui la rend plus facile à gérer.

Plus encore que pour le blé tendre, les expériences de mise en œuvre de ces stratégies à l'échelle du système de culture restent rares ; les experts ont mobilisé et valorisé l'expérience acquise sur quelques expérimentations "systèmes de culture" de longue durée (ferme expérimentale d'Arvalis à Boigneville), ainsi que le travail de prototypage à dire d'experts de systèmes de culture engagé dans le cadre du projet ADAR "Systèmes de culture innovants".

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Blé dur

La région retenue ici pour la caractérisation est la zone Centre/Midi-Pyrénées/Pays de Loire/Poitou-Charentes.

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	55	Un peu inférieur / intensif	50	-9%/raisonné (de -5 à -20)	50	-9%/raisonné (de -5 à -20)
IFT _{total}	3,4	Expertise / conseils CA	2,7		2,5	
IFT _{herbicides}	1,4	1 désherbage mixte Sortie Hiver + 1 rattrapage 1 an sur 2	1,2	1 traitement printemps pleine dose + 1 rattrapage occasionnel Désherbage mécanique 1 an sur 2	1	1 traitement printemps Désherbage mécanique 1 an sur 2
IFT _{fongicides}	1,3	2 traitements (feuilles et épis. Traitement fusariose obligatoire 0,7	1	1 traitement feuilles 1 an sur 2 + 1 traitement fusariose à 0,7	1	1 traitement feuilles 1 an sur 2 + 1 traitement fusariose à 0,7
IFT _{insecticides}	0,5	1 traitement 1 an sur 2	0,3	1 traitement 1 an sur 3	0,3	1 traitement 1 an sur 3
IFT _{autre}	0,2	1 antilimace 1 an sur 5	0,2	1 antilimace 1 an sur 5	0,2	1 antilimace 1 an sur 5
Nb passages	Labour : 0,5 Travail superficiel : 2,3 Pulvérisation : 4 Engrais minéral: 3,6 (191 U) Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 0		Labour : 0,5 Travail superficiel : 2,8 Pulvérisation : 3,2 Engrais minéral: 3 (173 U) Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 0,5		Labour : 0,25 Travail superficiel : 2,8 Pulvérisation : 3 Engrais minéral: 3 (173 U) Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 0,5	

Source : ECOPHYTO R&D - Zone Centre/Midi-Pyrénées/Pays de Loire/Poitou-Charentes

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

L'ORGE DE PRINTEMPS

► Les principes du niveau « raisonné »

Dans l'état actuel, les conduites de ce type cherchent à maximiser le rendement par l'établissement d'un nombre élevé d'épis. Cet objectif est actuellement atteint par des densités de semis élevées (application de celles pratiquées en blé tendre d'hiver pour les escourgeons d'hiver), et des apports d'azote assez précoces qui, conjugués à des capacités de tallage importantes pour l'espèce contribuent à une fermeture du couvert. Ce couvert très fermé maintient une hygrométrie et une température importantes qui favorise le développement des maladies cryptogamiques (helminthosporiose, rhynchosporiose, oïdium, rouille naine et plus récemment les grillures polliniques et la ramulariose). Dans ce contexte, les recherches pour identifier des seuils de déclenchement de traitements fongicides en fonction d'une fréquence de feuilles atteintes pour un étage foliaire n'ont pas abouti. De même, contrairement au blé, les Outils d'Aide à la Décision permettant de prévoir le risque de maladies manquent cruellement. Il en résulte une préconisation d'application plutôt systématique de deux traitements fongicides, dont le premier peut être modulé, si l'arrivée des maladies est tardive, ou si la variété est peu sensible. La décision de la suppression de ce premier traitement est laissée à l'appréciation du conseiller ou de l'agriculteur, sans moyen d'objectivation.

Pour les 2 types d'orge, le nombre de variétés tolérantes aux maladies est limité. En effet le choix variétal des orges à 2 rangs est imposé par la filière pour répondre aux cahiers des charges des malteurs-brasseurs. Ainsi, la qualité technologique est prioritaire par rapport à la tolérance aux maladies et à la verse. L'agriculteur et son conseiller n'ont donc pas toujours le choix de la variété : choisir une variété qui n'est pas préférée par la filière exclut l'agriculteur d'une contractualisation, a priori, plus rémunératrice. En orge fourragère, le choix variétal est plus ouvert.

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »

Les principes applicables s'appuient en particulier sur :

- un choix de variétés peu sensibles (à l'helminthosporiose et à la rouille naine notamment), en tenant compte de la diversité génétique à l'échelle territoriale,
- la diminution de la densité de semis (d'au moins 20% par rapport au niveau précédent) et de la dose d'azote (associée à un objectif de rendement un peu inférieur),
- la destruction et l'enfouissement des repousses ou résidus de cultures hôtes des pathogènes.

L'application de l'ensemble de ces principes permet d'installer un couvert aéré et peu luxuriant, peu favorable au développement des principales maladies affectant l'orge, dont l'efficacité est renforcée par le caractère peu sensible de la variété retenue. Les risques de verse sont aussi largement diminués. Des techniques de désherbage mécanique (herse étrille) sont également mises en œuvre à ce niveau.

La mise en place de dispositifs expérimentaux sur orge en conduite intégrée est assez récente et pas encore organisée comme en blé tendre. Aussi la caractérisation de ce niveau proposée s'appuie sur l'expertise de ses membres, élargie à celle de personnes "ressources" sur cette culture (quelques essais dans le réseau « blé rustique » depuis 2006).

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle du système de culture »

À ce niveau, il s'agit de diminuer le "réservoir" de bioagresseurs présent sur la parcelle et indirectement sur les parcelles proches, en diversifiant la rotation et/ou les cultures dans l'espace. Cette diversité de cultures peut être obtenue en augmentant la part des espèces autres que l'orge dans la rotation. Elle contribue à un moindre salissement du système par la flore adventice, d'autant plus que la diversification des cultures s'accompagne d'une diversification des dates de semis, rendant la gestion de la flore plus facile.

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

Plus encore que pour le niveau précédent, les expériences de mise en œuvre de ces stratégies à l'échelle du système de culture restent rares ; les experts ont mobilisé et valorisé l'expérience acquise sur quelques expérimentations "systèmes de culture" de longue durée (PIC adventices à l'INRA de Dijon, ferme expérimentale d'Arvalis à Boigneville), ainsi que le travail de prototypage à dire d'experts de systèmes de culture engagé dans le cadre du projet ADAR "Systèmes de culture innovants".

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Orge de printemps

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	62	1 à 2 % de moins que niveau 0	56	- 9% p/r raisonné	56	Idem 2a
IFT _{total}	3,95	Expertise / conseils CA	2,65		2,15	
IFT _{herbicides}	1,6	1 base IPU pleine dose + 1 rattrapage éventuel à dose réduite	1,3	1 anticycotylédones + 1 glyphosate 1 an / 2 0 à 2 herse étrille	0,8	Rotation => moins sale + désherbage mécanique. Fréquence de rattrapage plus faible
IFT _{fongicides}	1,5	Réf « choisir » Complexe parasitaire plus fort et plus virulent qu'autre région	0,75	Choix variétal + N réduit + pas de surdensité	0,75	Choix variétal + N réduit + pas de surdensité
IFT _{insecticides}	0,15		0,1	1 insecticide 1 an sur 10	0,1	1 insecticide 1 an sur 10
IFT _{autre}	0,7	1 régulateur sur sols profonds, 0 sur petites terres + Un anti-casse du col de l'épi quasi-systématique	0,5	1 antilimace 1 an sur 5	0,5	1 antilimace 1 an sur 5
Nb passages	Labour : 0,7 Travail superficiel : 2,3 Pulvérisation : 5,1 Engrais minéral : 1,8(125 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 0		Labour : 0,6 Travail superficiel : 3,3 Pulvérisation : 3,4 Engrais minéral : 1,5(113 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 1	0 à 2 hersages	Labour : 0,6 Travail superficiel : 3,3 Pulvérisation : 2,8 Engrais minéral : 1,5(113 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 2	2 hersages

Source : ECOPHYTO R&D - Zone Bourgogne/Bretagne/Centre/Champagne/France-Comté/Ile-de-France/Lorraine/Poitou-Charentes

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

L'ORGE D'HIVER

Mêmes principes que pour l'orge de printemps.

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Orge d'hiver

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	70	1 à 2 % /niveau 0	64	- 9% p/r raisonné	64	- 9%/niveau raisonné
IFT _{total}	3,4	Expertise / conseils CA	2,3		2,1	
IFT _{herbicides}	1,5	Un traitement racinaire automne systématique + un rattrapage anti graminée ou antiodicotylédones sortie d'hiver à vue	1,2	Choix variété concurrentielle, Herse étrille + FOP ou hormone SH	1	1 antiodicotylédones à ½ dose + 1 anti graminée 1 année sur 2 + herse
IFT _{fongicides}	1,5	2 traitements à 75% de la dose	0,8	Choix variétal + semis tardif + N réduit	0,8	Choix variétal + semis tardif + N réduit
IFT _{insecticides}	0,1	Pas d'insecticide (traitement de semences gaucho) + relai insecticide 1 année sur 10	0,1	1 insecticide 1 an sur 10	0,1	1 insecticide 1 an sur 10
IFT _{autre}	03	Anti-casse du col de l'épi certaines années + régulateur occasionnel	0,2	Anti-casse du col de l'épi certaines années	0,2	Anti-casse du col de l'épi certaines années
Nb passages	Labour : 0,7 Travail superficiel : 2,3 Pulvérisation : 4 Engrais minéral : 2,5 (138 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 0		Labour : 0,5 Travail superficiel : 2,8 Pulvérisation : 2,7 Engrais minéral : 1,8 (123 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 1	1 herse	Labour : 0,5 Travail superficiel : 3,3 Pulvérisation : 2,5 Engrais minéral : 1,8(123 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 1	1 herse

Source : ECOPHYTO R&D - Zone Bourgogne/Bretagne/Centre/Champagne/Franche-Comté/Ile-de-France/Poitou-Charentes

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

LE COLZA

► *Les principes du niveau « raisonné »*

Les techniques de lutte et d'évitement mobilisées à ce niveau portent en particulier sur le raisonnement des interventions chimiques. Le recours à des observations/piégeages et/ou de la modélisation épidémiologique (via l'utilisation des Avertissements Agricoles) permet de déclencher ou non des traitements en fonction de l'atteinte de seuils, voire d'en adapter la dose. Contre le sclérotinia, les traitements fongicides sont réalisés en préventif, mais ils sont déclenchés en tenant compte d'une estimation du potentiel infectieux de la parcelle et des prévisions météorologiques.

Le désherbage du colza est confronté à une évolution de la flore de la culture qui devient difficilement contrôlable faute de solution chimique ou agronomique satisfaisante, l'augmentation de flores riches en géraniums et crucifères adventices est à l'origine de difficultés associées au retour fréquent du colza dans la rotation. La lutte contre l'orobanche rameuse, plante parasite, dans l'ouest de la France, et la gestion des crucifères adventices restent des problèmes parasitaires dont la gestion n'est toujours pas résolue faute d'herbicides adéquats (culture tolérante au glyphosate ou inhibiteurs de l'ALS). Ces bioagresseurs imposent un allongement des rotations y compris dans les pratiques raisonnées.

► *Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »*

Des travaux sur les itinéraires techniques du colza d'hiver ont été engagés par l'INRA et le Cetiom au milieu des années 90. Ils ont permis de fournir les bases de stratégies contribuant à limiter l'utilisation de pesticides sur cette culture. Un réseau expérimental, sur les résultats duquel se fonde cette section, a ensuite été mis en place ; il a mobilisé, depuis l'implantation 2004 jusqu'à la récolte 2008 (soit 4 années d'expérimentations), l'INRA, des Chambres d'Agriculture et le Cetiom.

Les principes mis en œuvre en colza d'hiver reposent sur l'étouffement des adventices par la culture (associé éventuellement au désherbage mécanique) et sur l'évitement des ravageurs ainsi que des maladies.

L'étouffement des **adventices** est envisageable, car la culture de colza présente une capacité de croissance automnale très importante. Il apparaît donc possible de limiter suffisamment la croissance des adventices pour qu'elles n'aient pas d'effet sur le rendement en graines du colza, et pour que leur production de semences n'augmente pas le stock de la parcelle. La capacité de croissance automnale du colza pourra s'exprimer à condition que le semis soit précoce et que la disponibilité en azote du sol soit suffisante. Le milieu doit être en mesure de fournir environ 120 kg d'azote entre le semis et l'entrée de l'hiver (Valantin-Morison et Meynard, 2008). Ces situations sont rarement rencontrées sans apport d'azote extérieur dans le croissant des petites terres à cailloux (Poitou-Charentes, Bourgogne, Lorraine). Néanmoins, il existe des zones de grandes cultures où le colza occupe une sole grandissante et où cet objectif peut être largement atteint : Picardie, Bretagne, Eure et Loir, Normandie. La réussite de cette stratégie d'étouffement dépend également du type d'adventices et du travail du sol. Les espèces estivales nitrophiles sont en effet favorisées par un semis précoce et une forte disponibilité en azote. Le développement de ce type d'adventices sera plus important en l'absence de labour et concurrencera le colza, si des déchaumages superficiels et répétés détruisant les repousses et adventices ne sont pas réalisés.

Dans les situations où le colza ne peut pas exprimer sa capacité d'étouffement (semis tardif et/ou faible disponibilité en azote), le désherbage mécanique peut être utilisé. Il se substitue alors à un désherbage chimique de rattrapage en post-levée. Il peut également être un complément de la stratégie d'étouffement des adventices, pour lutter contre les espèces estivales nitrophiles. Sa mise en œuvre nécessite un semis du colza avec un grand écartement (> 24 cm).

L'évitement des **ravageurs d'automne** est également envisageable en modifiant la date de semis. Un semis précoce (15 jours avant la date préconisée dans la région) permet d'éviter certains insectes d'automne (grosses altises d'hiver et tenthrèdes), ainsi que les attaques de limaces (Valantin-Morison et al., 2007).

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

L'essentiel des travaux entrepris sur les **insectes de printemps** porte actuellement sur les méligèthes. Sur ces ravageurs, les stratégies alternatives à la lutte chimique ne semblent pas encore suffisamment efficaces. Les techniques sur lesquelles elles reposent, fondées sur l'esquive ou l'utilisation de "fleurs pièges" ont une efficacité très partielle et vite insuffisante dans des contextes de pression d'insectes moyenne à forte (en recrudescence dans de nombreuses régions françaises depuis quelques années). Ces difficultés expliquent d'ailleurs les très faibles surfaces de colza cultivées en agriculture biologique.

L'évitement des **maladies** constitue une stratégie qui peut présenter des résultats ambivalents pour lutter contre le phoma. Un semis précoce favorise l'évitement de cette maladie dans de nombreuses situations (Aubertot et al., 2005 ; Valantin-Morison, 2007), mais une forte croissance, liée à une disponibilité en azote forte, pourrait favoriser le phoma (Aubertot et al., 2005). L'hypothèse émise est double : (1) la forte disponibilité en azote du milieu associée à un semis précoce provoque une élévation de la tige avant l'hiver, ce qui rend la plante plus sensible au gel, laissant des portes d'entrée de la maladie ; (2) la surface interceptrice de la plante étant plus forte, la probabilité de contamination par le phoma est plus importante. Concernant le phoma, le choix d'une variété peu ou très peu sensible et dont l'élévation est faible avant l'hiver est donc indissociable du choix de la date de semis avancée.

► *Les principes du niveau « intégré à l'échelle du système de culture »*

Les principes mobilisés sont ceux qui relèvent de la production intégrée.

Les rotations auxquelles renvoie l'application de ces principes diffèrent de celles rencontrées aujourd'hui de façon majoritaire par une plus grande diversité des cultures associée au respect de délais de retour importants entre cultures hôtes du même pathogène tellurique (colza et autres cultures sensibles au sclérotinia). De ce fait, le choix a été fait de ne gérer le risque maladies que par la mise en œuvre de la lutte biologique (application de Contans). D'autres mesures telles que l'enfouissement des résidus de culture pour limiter les contaminations (phoma, méligèthes) ne trouvent une réelle efficacité que dans le cadre d'une mise en œuvre territoriale.

Pour ces raisons, et malgré la réduction de la fréquence de retour du colza (et de la sole régionale à plus grande échelle), le rendement du colza conduit dans ce type de système sera inférieur à celui d'un colza conduit en « intégré à l'échelle de l'ITK » compte tenu d'un risque maladies augmenté.

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Colza

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	29,3	- 2q p/r intensif	26,6	0 à 10 q de perte p/r intensif (-30% pertes 1 an sur 2, idem 1 an sur 2)-15%/intensif	25,3	- 5% p /r au niveau intégré ITK (risque maladies augmenté)
IFT _{total}	6	Expertise / conseils CA	4,2		2,95	
IFT _{herbicides}	1,5	1 désherbage automne + 1 désherbage post (antigraminées ou antidicotylédones) 1 an sur 3	1,2	Stratégie d'étouffement + 1 dose réduite en pré ou post précoce +chimique de complément	0,75	Désherbage mécanique (binage) + chimique à ¾ dose
IFT _{fongicides}	1,2	1 traitement sclérotinia éventuellement renouvelé 1 an sur 4 à 2 ans sur 5	0,8	1 traitement à 80% systématique	0	Contans dans la rotation (compté sur 3 cultures à 2kg puis 1 puis 1)
IFT _{insecticides}	2,7	1 traitement automne (altises) 1 an sur 3 à 4 ans sur 5 + 2 traitements au printemps (mélégèthes, charançons des tiges) + un 3ème traitement printemps 1 an sur 4 (charançon des siliques, mélégèthes)	2	Insecticides contre charançons tige et BT, fleurs piège pour mélégèthes, voire navette (semis précoce évite mouche, petite altise)	2	Insecticides contre charançons tige et BT, fleurs piège pour mélégèthes, voire navette (semis précoce évite mouche, petite altise)
IFT _{autre}	0,6	1 antilimaces 3 ans sur 4 à 5. Un régulateur sur les variétés sensibles 1 an sur 3	0,2	Pas de régulateur. Antilimace évité par semis précoce (1 traitement 1 an sur 5)	0,2	Antilimaces 1 an sur 5
Nb passages	Labour : 0,5 Travail superficiel : 2,6 Pulvérisation : 6,5 Engrais minéral : 2,5 (157 U) Engrais organique : 0,2 Désherbage mécanique : 0		Labour : 0,5 Travail superficiel : 2,6 Pulvérisation : 4,5 Engrais minéral : 2,5 (139 U) Engrais organique : 0,2 Désherbage mécanique : 0	1 herse	Labour : 0,5 Travail superficiel : 2,6 Pulvérisation : 3,2 Engrais minéral : 2,5 (131 U) Engrais organique : 0,2 Désherbage mécanique : 1,8	1 hersage, 1 binage 4 ans sur 5

Sources : ECOPHYTO R&D - Zone Ile-de-France/Picardie

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

LE MAÏS-GRAIN

► Les principes du niveau « raisonné »

Les techniques de lutte et d'évitement mobilisées concernent seulement les **ravageurs** et portent en particulier sur le raisonnement des interventions chimiques. Pour une partie des ravageurs (sésamies, pyrales), le recours à une meilleure caractérisation du risque sur la base de critères agronomiques complétée par des observations permet de déclencher ou non des traitements en fonction du franchissement de seuils de risque. Ce contrôle permet de façon indirecte celui de la fusariose, en évitant les blessures qui sont des portes d'entrée à la maladie sur l'épi. L'impact du climat est pris en compte avec la modélisation épidémiologique (directement ou via des Avertissements Agricoles). Le traitement de semences ou dans la ligne de semis (contre oscinies et taupins), obligatoirement préventif, est mis en œuvre en considérant l'exposition aux risques de la parcelle.

Concernant le **désherbage**, le passage à des stratégies tout en post-levée (au stade 7 feuilles) est a priori séduisant à ce niveau car il permet un meilleur raisonnement selon le type de flore et une modulation des doses, mais son efficacité dépend étroitement du stade des adventices et des conditions d'hygrométrie et de température. De ce fait, 2 passages peuvent être nécessaires si les conditions d'intervention n'ont pas été respectées. Une autre variante, intermédiaire, associe en post-levée précoce (vers 2-3 feuilles) un anti-graminées racinaire à un produit foliaire. Dans tous les cas, la réduction de la dépendance aux herbicides mesurée par l'IFT est très limitée au niveau "raisonné".

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »

La sélection variétale permet de contrôler assez bien les principales maladies du maïs.

Concernant les **ravageurs**, les techniques d'implantation visant à favoriser l'enracinement et la vitesse de croissance seront privilégiées (évitement des semis précoces, et engrais starter) dans les situations à risque taupins ou oscinies. En revanche, c'est plutôt des semis précoces qu'il faudra rechercher dans les zones à sésamie ou à 2 générations de pyrale. Les trichogrammes sont utilisés pour lutter contre la pyrale.

À ce niveau, les efforts portent essentiellement sur la réduction du recours aux herbicides. Les solutions de gestion des **adventices** alternatives à l'utilisation des herbicides sont les mêmes que celles développées sur le tournesol : elles font appel au binage seul ou à l'association chimique + mécanique successive ou simultanée (désherbage mixte). L'objectif est d'obtenir une qualité de désherbage comparable au chimique sans pénaliser le rendement du maïs. Des effets agronomiques bénéfiques sont attendus dans certaines conditions, comme l'écroûtage ou l'aération du sol.

Plusieurs stratégies sont possibles en désherbage mixte (mécanique-chimique) :

- mécanique (herse étrille ou houe rotative) puis chimique (rattrapage avec dose adaptée au stade des adventices présentes à 5-6 feuilles du maïs),
- chimique (dose modulée à 3 feuilles) puis mécanique (bineuse, à 6-8 feuilles),
- désherbinage (3-4 feuilles) puis binage (7-8 feuilles),
- traitement de pré-levée sur le rang (semoir équipé d'un kit de pulvérisation) puis 1-2 binages.

Ces stratégies permettent de réduire les doses de 50 à 70% par rapport au "tout chimique". Elles s'accompagnent d'une perte potentielle de rendement, estimée de 0 à 6% par rapport au niveau intensif liée aux effets dépressifs de la herse étrille sur les jeunes maïs, pouvant occasionner des pertes de pieds après des passages répétés de désherbage mécanique. Les interventions mécaniques sont très dépendantes des conditions climatiques.

Il convient cependant de noter que l'augmentation du coût du carburant rend les opérations de désherbage mécanique moins attractives pour les agriculteurs.

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle SDC »

Par rapport au niveau précédent, la rupture de la monoculture et l'adoption de rotations plus complexes constituent des moyens de diversifier et de rendre moins compétitive la flore adventice du maïs. C'est particulièrement vrai dans les zones irriguées du Sud-ouest, où le soja, le tournesol et le blé pourraient rompre plus souvent la monoculture. Ceci permettrait de sécuriser davantage l'efficacité des techniques de désherbage mixte. L'adoption de rotations plus diversifiées contribue également à limiter la pression de sésamies et/ou pyrales (efficacité renforcée par une gestion réellement collective).

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Maïs-grain

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	96,7	Idem niveau « intensif »	90,9	- 6% intensif (effet binage principalement)	87	-10% intensif (semis tardif)
IFT _{total}	2,1	Expertise / conseils CA	1,7		0,9	
IFT _{herbicides}	1,5	1 désherbage de présemis + 1 pré ou postlevée + 1 rat-trapage à dose réduite 1 an sur 2 (selon pression adventices et succès prélevée)	1,1	Post levée + binage	0,6	Désherbage sur le rang + binage (rotation => pas de flore spécialisée)
IFT _{fongicides}	0		0		0	
IFT _{insecticides}	0,5	2 insecticide (pyrale ou sésamies) 1 an sur 2 sur 50% de la surface	0,5	Idem niveau 1	0,3	Rotation, broyages => baisse pression sésamies + trichogrammes
IFT _{autre}	0,1	1 antilimaces 1 an sur 3 sur 1/3 de la surface (sols humides)	0,1	Idem niveau 1	0	très occasionnel
Nb passages	Labour : 1 Travail superficiel : 2,1 Pulvér : 2,4 Engrais minéral : 2,3 (177 U) Engrais organique : 0,2 Désherbage mécanique : 0,3		Labour : 1 Travail superficiel : 2,7 Pulvérisation : 1,9 Engrais minéral : 2,3 (165 U) Engrais organique : 0,2 Désherbage mécanique : 1	1 binage	Labour : 1 Travail superficiel : 3,5 Pulvérisation : 1 Engrais minéral : 2,3 (156 U) Engrais organique : 0,2 Désherbage mécanique : 2	2 binages

Sources : ECOPHYTO R&D - Zone Bourgogne/Rhône-Alpes/Centre/Auvergne/Alsace/Midi-Pyrénées/Poitou-Charentes/Aquitaine/Ile-de-France

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

LE TOURNESOL

► Les principes du niveau « raisonné »

Les techniques de lutte et d'évitement mobilisées lors du passage au niveau "raisonné" portent essentiellement sur un raisonnement plus pointu des interventions chimiques (fongicides et désherbage).

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »

Concernant les **maladies**, les principes mobilisés reposent sur une combinaison d'un choix de variétés TPS (Très Peu Sensibles) à résistantes au phomopsis.

En tournesol, on dispose d'une gamme de tolérances variétales au phomopsis et au sclérotinia qui pourrait être exploitée plus systématiquement sans perte de rendement. L'utilisation de variétés TPS à la place des variétés PS (les plus répandues dans les régions où le phomopsis est présent, contrairement au conseil Cetiom) permettrait de diviser par 2 le recours au traitement fongicide. L'utilisation de variétés résistantes (R) (peu nombreuses, peu présentes aujourd'hui dans l'offre des coopératives) serait même un moyen de s'en affranchir totalement.

Des résultats expérimentaux ont également montré qu'un rationnement de la culture (pas d'irrigation, azote limité, et densité réduite à 50-55 000 plantes/ha environ au lieu de 60-65 000) associé à une variété tolérante, permettait de s'affranchir d'un traitement fongicide dans de nombreuses situations (sauf année très humide) (Debaeke et al., 2003). Un semis retardé, de fin avril/début mai (non pénalisant pour le risque d'exposition à la sécheresse) au lieu de mi-avril, renforce l'efficacité de telles mesures et permet également de réduire l'impact du dessèchement précoce causé par le phoma.

Sur le plan des **adventices**, les stratégies mobilisées reposent sur des techniques contribuant à limiter le stock semencier et la diminution de l'utilisation systématique dominante de produits de présemis-prélevée par des techniques combinant désherbage chimique et mécanique. Le décalage de semis laisse la possibilité de réaliser des faux-semis au printemps, qui contribuent à réduire la pression en adventices. Cette possibilité est très intéressante, notamment pour les adventices difficiles à détruire qui nécessitent de renforcer le coût herbicide (cas de l'ambroisie).

Les programmes de présemis-prélevée majoritairement mis en œuvre aujourd'hui ne permettent pas un ajustement au risque réel de salissement (flore potentielle mais aussi flore levée). Or, on ne dispose pas encore de possibilité de substitution généralisée de la prélevée par de la post-levée (possible uniquement pour les graminées), et les modulations de doses en prélevée dans les situations peu infestées à flore classique restent tributaires de l'occurrence de la sécheresse en culture d'été. Une évolution est cependant en cours avec l'adoption d'innovations associant une évolution variétale et l'autorisation probable à terme de nouveaux herbicides inhibiteurs de l'ALS, à spectre large. Ces herbicides contribueront en outre à maîtriser en post-levée des adventices difficilement maîtrisables aujourd'hui (ambroisie, orobanche cumana, ainsi que les astéracées sauvages).

Dans ce contexte, l'introduction du désherbage mécanique peut être renforcée en vue de réduire l'utilisation d'herbicides : désherbage mixte, combinant traitement dirigé à dose pleine sur le rang au semis et binage de l'inter-rang (entre les stades 3 et 5 paires de feuilles). Le passage à un écartement de 75-85 cm peut faciliter la pratique mais n'est pas indispensable. Les bineuses équipées d'un système de guidage permettent d'augmenter le débit du chantier (15 min / ha) sans perdre en précision (travail à 5-10 cm du rang). Le traitement du rang reste réalisé avec des produits de prélevée, mais conduit à une diminution de **40 à 60%** de l'IFT_{herbicide}. Le binage seul (en 2-3 passages) est trop dépendant des conditions climatiques et pas assez efficace sur tous les types de flores pour être proposé en substitution complète du désherbage chimique.

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle SDC »

Les principes mis en œuvre pour ce niveau sont ceux identifiés pour le niveau précédent, auxquels s'ajoute une plus grande diversification de la rotation dans laquelle s'insère le tournesol. Cette diversification (et ses conséquences à l'échelle territoriale) se traduit directement par un retour moins fréquent du tournesol dans la parcelle, contribuant à :

- réduire la pression des principales maladies dont la conservation se fait par les résidus de récolte ou des organes de conservation (sclérotés). L'introduction du Contans (lutte biologique) est limitée aux situations où l'inoculum est élevé ;
- diminuer certaines adventices inféodées à la culture (ou en améliorer le contrôle sur les autres cultures, du fait de la diversification). C'est à ce niveau que l'on peut également proposer d'introduire une gestion territoriale, en particulier pour le broyage et l'enfouissement des résidus de récolte (réduction de l'inoculum de phoma) ; mais le labour après tournesol est peu pratiqué en sol argilo-calcaire pour l'implantation du blé.

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Tournesol

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	26,3	intensif + ½ ET	22,7	idem moyen	23,6	Idem intensif
IFT _{total}	2,7	Expertise / conseils CA	1,2		1,1	
IFT _{herbicides}	1,8	1 présemis + 1 désherbage au semis (+ 1 antigram rare (folles avoines))	0,6	1 traitement semis sur le rang au semis + binages	0,6	1 traitement semis sur le rang au semis + binages
IFT _{fongicides}	0,4	2 années / 5 (phomo/phoma)	0,2	1 année / 5 (choix variétal)	0,1	1 année / 10 (rotation)
IFT _{insecticides}	0,2	1 an sur 5 maxi	0,1	1 an sur 10	0,1	
IFT _{autre}	0,3	1 antilimaces 1 an sur 3	0,13	1 antilimaces 1 an sur 3	0,3	Antilimaces à vue
Nb passages	Labour : 0,9 Travail superficiel : 2,2 Pulvérisation : 3,1 Engrais minéral : 0,9 (53 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 0,3	Rattrapage 3 années/10	Labour : 0,9 Travail superficiel : 2,7 Pulvérisation : 1,4 Engrais minéral : 0,5(39 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 2	Faux-semis Réduit / raisonné (impasses) 2 binages + kit désherbage sur le rang (entre 6 et 20 k€)	Labour : 1 Travail superficiel : 3,5 Pulvérisation : 1,3 Engrais minéral : 0,5 (43 U) Engrais organique : 0,1 Désherbage mécanique : 2	Faux-semis Réduit / raisonné (impasses) 2 binages + kit désherbage sur le rang (entre 6 et 20 k€)

Sources : ECOPHYTO R&D - Zone France

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

LA POMME DE TERRE

► Les principes du niveau « raisonné »

Le raisonnement porte principalement sur la gestion des maladies. Les traitements fongicides étant obligatoirement réalisés en préventif par rapport au développement de la maladie sur la culture, ils sont déclenchés en tenant compte d'une estimation du potentiel infectieux de la parcelle et des prévisions météorologiques (Avertissements agricoles).

La mise en œuvre d'outils d'aide à la décision (ex : Mild-LIS développé par ARVALIS, ou MilPV développé par la PV ; fusion prévue des deux outils en 2008) permet d'éviter une protection systématique des parcelles. Différents paramètres sont pris en compte : date de levée, conditions météorologiques, variété, etc. Le premier frein au développement de ces outils est la nécessité de travailler avec des données météo locales ; l'achat de données météo ou d'une station météo est indispensable au fonctionnement de ces deux OAD.

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »

Les principes mis en œuvre reposent sur l'évitement de la contamination de la parcelle et le choix de variétés moins sensibles aux maladies, associés à des seuils de déclenchement du premier traitement adaptés à cette résistance. Des expérimentations sont régulièrement conduites pour proposer ce classement variétal. La résistance variétale est cependant loin d'être suffisante pour constituer une stratégie de lutte efficace contre le mildiou. Parmi les 175 variétés disponibles au Catalogue Français, seules 64 possèdent une note de résistance au mildiou supérieure à celle de Bintje (note 3 sur 9). Les 2 types de résistance (feuillage et tubercules) sont à prendre en compte dans le raisonnement du choix variétal, car il n'y a pas de proportionnalité entre attaques feuillage et attaque tubercule. Les conditions environnementales (humidité régulière ou alternance de périodes humides et sèches) conditionnent la transmission des spores du feuillage vers les tubercules.

Les mesures prophylactiques, notamment la lutte contre les repousses (dans la culture de betterave ou de céréales par exemple) et la bonne gestion des tas de déchets (enfouissement ou bâchage), permettent de réduire les sources d'infections primaires et de retarder l'arrivée du mildiou. Le défanage en fin de culture permet aux tubercules de former du liège épidermique nécessaire à une bonne résistance aux maladies fongiques et aux virus.

Le choix de variétés moins sensibles, une plantation suffisamment profonde et un bon buttage, la limitation des excès d'azote sont les principales mesures permettant de limiter les attaques et de protéger les tubercules ; les résultats pourront être quelque peu différents selon le site de production, le contexte pédoclimatique, l'histoire culturale de la parcelle et l'importance de la pomme de terre dans l'assolement. Cependant, le choix de variétés résistantes se heurte au contournement de la résistance, le plus souvent monogénique, par le mildiou. L'observation régulière des parcelles peut limiter le risque de voir se développer le champignon dans le cas où celui-ci contourne la résistance, mais nécessitera alors une anticipation des traitements le cas échéant.

Il faut toutefois rappeler qu'aujourd'hui, le producteur a rarement le choix de ses variétés : le choix est très limité, et généralement imposé par le débouché du produit. Les critères de qualité (au sens strict de présentation du tubercule ou au sens industriel d'adaptation au process) d'une variété sont prioritaires par rapport à ses caractéristiques agronomiques.

Le défanage des pommes de terre est essentiellement chimique. Il est réalisé 3 semaines avant récolte en 1 ou 2 passages. Des alternatives au défanage chimique ont été travaillées. Le défanage thermique, s'il a montré son efficacité, n'est pas retenu ici compte tenu de son coût énergétique et de sa contribution à la production de GES. En revanche, le défanage mécanique, qui consiste à broyer les fanes à maturité, est une technique mobilisable sous réserve d'une gestion de l'azote sans excès pour ne pas retarder la maturité.

Enfin, des stratégies alternatives de désherbage tout chimique peuvent être proposées. Elles consistent en une combinaison de

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

dés herbages chimiques et de buttages : un 1er dés herbage est réalisé de façon précoce, suivi par un ou deux sar clo-but tage (uti lisa tion de la but teuse comme outil de dés herbage méca nique par ad jonc tion de griffes). Un der nier dés herbage est réa li sé sur la but te défi ni tive. Ces stra té gies ont été tes tées par Agro-Transfert en Picardie : elles ont mon tré des effi ca ci té s com pa ra bles à la stra té gie de dés herbage chi mi que. Cette effi ca ci té é qua li va nte au tout chi mi que est par con tre très dé pen dan te des con di ti ons mé té o (plu vi o mé trie) post pas sa ge mé ca nique et s'ac compa gne d'un temps de tra va il ac cru.

► *Les principes du niveau « intégré à l'échelle SDC »*

Les tra vaux sur les sys tèmes à fai bles in trants avec pomme de terre sont an ciens et peu nom breux. L'Instit ut Tech nique de la Pomme de terre a étu dié, avec la col la bo ra tion de l'ACTA, l'ITB et l'ITCF, des sys tèmes dits "in té grés" in clu ant de la pomme de terre en tre 1991 et 1994. Un dis po si tif ex pé ri men tal en gran des par celles, sur une su per ficie de 12 ha, avait été mis en place sur le Centre d'Ex pé ri men ta tion et de Dé mon stration Nord-Picardie à Villers St Chris tophe (02). Mais la réduc tion d'in trants n'a por té que sur l'azote du fait de la nuisi bi li té du mildiou. Les don nées con cer nant des modes de con duite per met tant de ré du ire le re cours aux pro duits phy to sa ni tai res dans le cadre d'une stra té gie glo ba le ment in té grée sont en core à pro du ire. Dans ce con tex te de dé fi cit d'ex pé ri ence, la con duite de la pomme de terre à ce ni veau sera très proche de celle pro posée au ni veau pré cé dent. La faible fré quence de re tour de la Pomme de terre dans la ro ta tion per met d'espé rer un dés herbage uni que ment mé ca nique as su rant une maî trise sa tis faisan te des mau vais es her bes.

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Pomme de terre

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	40	Un peu inférieur à l'intensif	34	Perte rendement commercialisable -20 à 50 % (2ans/10). En moyenne -20%/intensif	34	Perte rendement commercialisable -20 à 50 % (2ans/10). En moyenne -20%/intensif
IFT _{total}	16,7		12,6		11,6	
IFT _{herbicides}	2,1		1	Combinaison chimique faibles doses (type sencoral) et sarclage	0	Tout mécanique
IFT _{fongicides}	13	2 à 6 traitements de moins que intensif utilisation d'OAD (modèles)	11	Utilisation OAD avec adaptation seuils + choix variétal avec risque de contournement de résistance par le mildiou	11	Utilisation OAD avec adaptation seuils + choix variétal avec risque de contournement de résistance par le mildiou
IFT _{insecticides}	0,6	Contre pucerons et doryphores, à vue selon seuils	0,6	Idem raisonné, pucerons et doryphore f (seuils)	0,6	Idem raisonné, pucerons et doryphore f (seuils)
IFT _{autre}	1	Défanage chimique	0	Défanage mécanique	0	Défanage mécanique
Nb passages	Labour : 1 Travail superficiel : 3,5 Pulvér : 16,5 Engrais minéral : 2,2(150 U) Engrais organique : 0,4 Désherbage mécanique : 0,1		Labour : 1 Travail superficiel : 3,5 Pulvérisation : 13,7 Engrais minéral : 2,2(119 U) Engrais organique : 0,4 Désherbage mécanique : 3		Labour : 1 Travail superficiel : 3,5 Pulvérisation : 12,6 Engrais minéral : 2,2(119 U) Engrais organique : 0,4 Désherbage mécanique : 4	

Sources : ECOPHYTO R&D - Zone France

LA BETTERAVE

► Les principes du niveau « raisonné »

Les techniques de lutte et d'évitement mobilisées portent en particulier sur le raisonnement des interventions chimiques contre les maladies et ravageurs. Le recours à des observations et/ou de la modélisation épidémiologique (via l'utilisation des Avertissements Agricoles) permet, à même situation culturale, de déclencher ou non des traitements en fonction de l'atteinte de seuils, voire d'en adapter la dose. Sur betterave, la stratégie "IPM" (pour Indice de Pression de Maladies) a été développée pour aider les agriculteurs

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

à déclencher les traitements à partir de seuils de nuisibilité. Un réseau de surveillance hebdomadaire des parcelles (RESOBET-FONGI) est ainsi géré par un collectif d'organismes pendant l'été, afin de déterminer la fréquence des maladies et l'éventuelle atteinte du seuil de traitement, déclenchant alors des conseils de traitement.

La mise en œuvre de ce raisonnement bénéficie plus largement de l'accompagnement des services agronomiques des sucreries et des différents messages et notes d'information spécifiques diffusés par l'ITB.

Le traitement de semences en préventif peut être mis en œuvre vis-à-vis de la jaunisse, compte tenu de la forte probabilité de risque et du caractère aléatoire de l'efficacité du traitement aérien pour contrôler ce virus et de son impact environnemental plus élevé.

► *Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »*

Ce niveau s'appuie en particulier sur :

- le choix d'une variété plus tolérante aux maladies du feuillage (pas d'autre tolérance connue à ce jour),
- la diminution de la dose d'azote avec la recherche d'un meilleur Coefficient Apparent d'Utilisation,
- la pratique du faux semis lorsqu'elle est possible,
- la suppression de tout désherbage de pré-levée,
- le passage d'une houe rotative puis d'une bineuse pour limiter le désherbage de post-levée.

L'ensemble permet de diminuer le recours aux herbicides par rapport au niveau précédent, et de limiter l'utilisation de fongicides à 1 traitement pleine dose accompagné, exceptionnellement, d'un rattrapage.

La baisse de rendement consécutive à la mise en œuvre de cette stratégie est estimée à 5 à 7%. Des références de l'ITB confirment que, sous réserve du choix d'un profil génétique assez tolérant aux maladies du feuillage, cette stratégie permet de bénéficier de la progression globale de rendement de la betterave issue du progrès génétique et non liée aux intrants chimiques.

► *Les principes du niveau « intégré à l'échelle SDC »*

Sur betterave, ce niveau mobilise surtout les leviers conduisant à éviter les adventices, au-delà des possibilités présentées précédemment. Une plus grande diversification de la rotation permet de limiter les problèmes liés à la spécialisation de flores dicotylédones de printemps. La diminution de la pression adventice permet de combiner efficacement un désherbage chimique post-levée localisé sur le rang avec le recours au désherbage mécanique en complément.

N'ayant pas connaissance de dispositifs expérimentaux sur betterave en conduite intégrée, on propose une caractérisation de ce niveau fondée sur l'expertise du groupe et de personnes "ressources" sur cette espèce. Les hypothèses fortes mobilisées sont celles d'une grande similitude de caractéristiques du peuplement entre ce niveau et le niveau précédent. Des pertes de rendement sont estimées afin de prendre en compte une maîtrise des maladies moins "parfaite".

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Betterave

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	78,8	Idem intensif	74	5 à 7% / niveau 1	72	- 7% à -10% / niveau 1 (maladies)
IFT _{total}	4,8	Expertise / conseils CA	2,6		1,9	
IFT _{herbicides}	2,3	1 désherbage de prélevée à dose très réduite (mélange de produits) + 3 post-levée à dose très réduite (mélange de produits) + 1 post-levée 2 ans sur 5 à 3 ans sur 4 à dose très réduite (mélange de produits)	0,8	Faux semis lorsque possible Désherbage en plein 1 fois ou 2 avant 2ème feuille vraie + houe précoce et binage	0,5	Rotation (pas de spécialisation dicots de printemps), Faux semis lorsque possible 1 désherbage en plein ou localisé sur le rang + houe et binage
IFT _{fongicides}	1,6	1 traitement systématique + 1 traitement 3 ans sur 5	1,2	Choix d'une variété tolérante Oidium, cercosporisoe et ramulariose ; Limitation de l'azote 1 traitement unique dose pleine + 1 rattrapage éventuel en année à problème	0,8	Choix d'une variété tolérante Oidium, cercosporisoe et ramulariose ; Limitation de l'azote 1 traitement unique dose pleine 2 ans sur 3 + 1 rattrapage éventuel en année à problème
IFT _{insecticides}	0,8	1 insecticide (pégomies) 2 ans sur 5 (2 traitements 1 an sur 5)	0,5	Insecticide contre pégomies, mais avec seuils intervention augmentés. Zéro si traitement semences	0,5	Insecticide contre pégomies, mais avec seuils intervention augmentés. Zéro si traitement semences
IFT _{autre}	0,1	1 antilimaces 1 an sur 10	0,1	1 antilimaces 1 an sur 10	0,1	1 antilimaces 1 an sur 10
Nb passages	Labour : 1 Travail superficiel : 3,1 Pulvérisation : 7,5 Engrais minéral : 1,8(110 U) Engrais organique : 0,5 Désherbage mécanique : 0,8		Labour : 0,5 Travail superficiel : 4 Pulvérisation : 4,1 Engrais minéral : 1(100 U) Engrais organique : 0,5 Désherbage mécanique : 2	faux semis Engrais localisé au semis + post levée 1 houe + 1 binage	Labour : 0,5 Travail superficiel : 4 Pulvérisation : 3 Engrais minéral : 1(100 U) Engrais organique : 0,5 Désherbage mécanique : 2	Idem échelle ITK avec 20 N de moins Faux semis Engrais localisé au semis + post levée 1 houe + 1 binage

Sources : ECOPHYTO R&D - Zone France

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

LE POIS

► Les principes du niveau « raisonné »

Le raisonnement porte principalement sur la gestion des maladies et des ravageurs. Les traitements fongicides étant réalisés en préventif, ils sont déclenchés en tenant compte d'une estimation du potentiel infectieux de la parcelle et des prévisions météorologiques (Avertissements agricoles). Concernant la lutte contre les ravageurs, celle-ci est déclenchée en végétation sur la base de l'atteinte de seuils de nuisibilité.

Ne disposant pas de données statistiques pour renseigner les performances de ces stratégies, on a retenu de qualifier ce niveau à partir des conseils de campagne des Chambres d'Agriculture, s'appuyant eux-mêmes sur ceux de l'Unip-Arvalis sur cette culture, et enrichis d'une expertise locale des fréquences d'occurrence des principaux bioagresseurs. Le rendement n'est pas affecté par la stratégie technique mise en œuvre à ce niveau. L'IFT total estimé sur la base des données disponibles est élevé (6,3), peu différent du niveau « intensif », ce qui illustre bien le fait que l'optimisation du raisonnement des traitements ne permet pas de réduire l'usage de pesticides en culture de pois si elle n'est pas accompagnée des mesures prophylactiques relevant des niveaux suivants.

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »

Le pois est une espèce qui a bénéficié de peu de travaux en matière de conduite intégrée. La faible disponibilité en termes de choix variétal (tolérance aux maladies) limite les possibilités. Les principes mobilisés à l'échelle de l'itinéraire technique pour conduire du pois à ce niveau reposent donc plus sur un raisonnement accru des interventions fongicides et insecticides que sur de réelles méthodes de lutte culturale dans le cadre de stratégies d'évitement. Cette situation explique que ce niveau et le suivant présentent relativement peu de différences avec le précédent.

Dans ce contexte, la réduction des IFT sur pois est difficile, mais plusieurs pistes existent pour réduire l'usage des insecticides :

► Le remplacement du pois de printemps par du pois d'hiver alternatif, semé tardivement à l'automne : des travaux conduits en 2005 et 2006 en Picardie ont montré une diminution de 1 passage en moyenne du nombre d'insecticides : en effet, le risque de dégâts de sitones et de thrips sur ces pois d'hiver sont très réduits, les pucerons et les cécidomyies arrivent plus tardivement dans le cycle avec une nuisibilité réduite, surtout pour les cécidomyies. En revanche le pois d'hiver nécessite souvent un fongicide de plus qu'un pois de printemps.

► L'homologation d'un traitement de semences insecticide (actuellement aucun produit de ce type n'est autorisé) : les travaux réalisés de 2002 à 2008 ont montré une réduction systématique de 1 et souvent 2 insecticides aériens, avec une meilleure efficacité contre thrips, sitones et pucerons précoces (virulifères) se traduisant par des gains de rendement.

► La pratique de la fumigation à la phosphine dès la mise en silo, qui permet de réduire les populations de bruches. Cette technique, qui ne laisse aucun résidu sur les grains ni dans l'environnement est répandue dans beaucoup de pays mais très rare en France où de nombreux insecticides de stockage, plus faciles d'emploi, sont autorisés en céréales et où peu de silos sont étanches (l'étanchéité des silos est indispensable pour cette technique).

Ces deux dernières pistes ne sont pas spécifiques à ce niveau, mais sont des « possibles » potentiellement mobilisables pour tous les modes de conduite.

Enfin, une marge de manœuvre existe par l'ajustement des conduites en fonction des débouchés : une partie des pois sont produits actuellement pour le marché de l'alimentation humaine (export vers le sous-continent indien et industrie des ingrédients agro-alimentaire) et celui des semences, mais la majorité de la production se trouve valorisée en alimentation animale (65% en 2008 pour la production française, 85% au niveau européen). Or la recherche de ce marché "alimentation humaine" conduit à des stratégies insecticides très consommatrices, pour éviter le déclassement des grains (moins de 2% de grains perforés). Le développement récent

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

de la contractualisation pour les marchés plus rémunérateurs permet de conduire des pois à faible IFT_{insecticide}. C'est cette logique qui est mise en œuvre dans les propositions qui suivent. Les seuils de déclenchement des traitements sont dans ce cas beaucoup plus élevés que pour l'alimentation humaine et autorisent plus fréquemment des impasses.

Côté adventices, un faux semis sera réalisé chaque fois que possible pour les dicotylédones. Lorsque la pression de dicotylédones est limitée, le recours à un mélange de post levée à doses très réduites (type Challenge à 0.5 l + bentazone à dose réduite) pourrait permettre une diminution sensible des IFT. Le recours à la herse étrille sur pois donne également d'assez bons résultats.

Côté maladie aériennes, plusieurs voies complémentaires permettent de réduire le recours aux fongicides pour maîtriser l'antracnose :

- ▶ Les semis tardifs, préconisés en pois d'hiver (mais déconseillés en pois de printemps du fait de la chute rapide du potentiel de rendement)
- ▶ Des densités de semis assez faibles (il existe souvent une marge de manœuvre)
- ▶ Le recours à des variétés hautes et résistantes à la verse (évolution en cours du choix variétal)

À terme, la meilleure prévision de l'arrivée de la maladie (travaux en cours) pourrait permettre d'éviter les traitements préventifs à début floraison. Cette voie pourra alors concerner l'ensemble des niveaux de rupture étudiés.

L'application de ces principes conduit à l'hypothèse de baisse de rendement estimée par expertise à environ 5% par rapport au niveau « intensif ».

Notons qu'une autre piste prometteuse existe, qui repose sur la culture du pois en association avec des céréales (à l'image de ce qui se pratique en agriculture biologique). C'est certainement la piste qui permet les plus grandes possibilités de réduction des produits phytosanitaires (surtout herbicides et fongicides), à condition de faire des mélanges de grande taille et résistants à la verse, type triticale + Assas. Le principal frein actuel vient de la collecte : cette « nouvelle » culture, qu'il faut trier, est un produit de plus à gérer en même temps que les blés, colza et pois de printemps. Des travaux sont en cours dans le cadre du projet ADAR « associations pois-blé » qui devraient à court terme apporter des éléments sur la conduite et les performances de ces associations.

▶ *Les principes du niveau « intégré à l'échelle SDC »*

À l'instar du précédent, ce niveau est très peu renseigné. À ce niveau, la mise en œuvre du levier "rotation" permet d'opter pour une stratégie désherbage un peu différente, combinant des produits de post-levée et du désherbage mécanique de complément. Le moindre salissement permis par une rotation plus diversifiée rend cette stratégie suffisamment efficace. Le reste de l'itinéraire est identique à celui proposé précédemment.

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

Performances des différents systèmes et justifications par rapport aux pratiques mises en œuvre – Pois

Indicateurs de performance	Logique du système					
	Raisonné		Intégré à l'échelle de l'ITK		Intégré à l'échelle du SDC	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	49	Idem intensif	47		47	
IFT _{total}	6,3	Epied 1998/2001 Optimisation pour l'essentiel sur désherbage et insecticide (raisonnement)	3,75		3,5	Effet du SdC sur le salissement, plafonnement du fongicide
IFT _{herbicides}	1,5	1 désherbage de base (Prélevée complet à 80% dose) + 1 rattrapage AD et/ou AG dans 70% des cas pour 0.7 dose en moyenne	1,25	Idem niveau 1 sur 50% + tout en post (AD et AG à faible dose) sur 50%	1	Post levée seule = base AD à mi dose et AG mi dose sur 50% surface. Désherbage mécanique complément
IFT _{fongicides}	1,8	2 traitements à dose réduite 3 ans sur 5 ou 3 passages à 60% dose	1	2 passages à ½ dose (choix variétal et diminution densité)	1	2 passages à ½ dose (choix variétal et diminution densité)
IFT _{insecticides}	3	1 insecticide stade levé : sitones et/ou thrips + 1 traitement pucerons verts 1 an sur 2 + 1 à 2 insecticides pour tordeuses (seuils alim. humaine)	1,5	Sitones : ¼ ans, thrips 1 an sur 4 : faible développement culture et forte présence ravageur. Traitement tordeuse au seuil de 400 cumulés (alim animale) 1 passage 3 ans sur 4. Parfois pucerons verts	1,5	Sitones : ¼ ans, thrips 1 an sur 4 : faible développement culture et forte présence ravageur. Traitement tordeuse au seuil de 400 cumulés (alim animale) 1 passage 3 ans sur 4. Parfois pucerons verts
IFT _{autre}	0		0		0	
Nb passages	Labour : 0,9 Travail superficiel : 2,7 Pulvérisation : 7,7 Engrais minéral : 0 Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 0		Labour : 0,9 Travail superficiel : 3,2 Pulvérisation : 4,6 Engrais minéral : 0 Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 0	Faux-semis 1 an sur 2	Labour : 0,9 Travail superficiel : 3,7 Pulvérisation : 4,3 Engrais minéral : 0 Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 1,5	1 faux semis Herse et/ou houé

Sources : ECOPHYTO R&D - Zone France

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

AUTRES ESPÈCES

🔍 Le triticale

Le triticale est productif et moins exigeant que le blé. Culture mineure en France (environ à 0,3 millions d'hectares), elle reste principalement destinée au bétail avec de faibles débouchés en alimentation humaine (pain, produits de boulangerie).

Ses caractéristiques agronomiques (rusticité, productivité, aspect étouffant) en font une culture d'intérêt dans le cadre d'une diversification des rotations. Elles justifient sa caractérisation simplifiée dans ce cadre, uniquement au niveau « intégré à l'échelle du SDC ». Elle partage pour partie les mêmes bioagresseurs que ceux du blé, mais y est beaucoup plus tolérante. L'aptitude à la compétition vis-à-vis des adventices permet d'envisager des impasses de désherbage fréquentes dans cette culture dans des situations de succession culturale diversifiée.

🔍 Le sorgho

▶ *Les principes du niveau « raisonné »*

La culture du sorgho n'est pas confrontée à de graves problèmes d'insectes ou de maladies nécessitant des interventions spécifiques, insecticides ou fongicides. Les principales maladies sont gérées via la génétique, la présence de durrhine, toxique, dans les parties vertes de la plante peut aussi expliquer la pression limitée sur sorgho des différents ravageurs communs avec le maïs. Cependant, de manière ponctuelle, un traitement anti-taupin localisé (au semis) et un traitement contre des attaques précoces de sésamie (sur avertissement) sont préconisés, mais rarement nécessaires et peu appliqués dans les faits.

Pour le désherbage, la préconisation classique (niveau « raisonné ») comprend 2 applications herbicides :

- ▶ contre les graminées : en prélevée ou en post-levée précoce (stade 3 feuilles) sur graminées jeunes ; c'est l'humidité du sol qui conditionne l'efficacité de ces produits à action racinaire ;
- ▶ contre les dicotylédones et vivaces en post-levée.

L'interdiction des triazines a considérablement limité les moyens de lutte chimique contre les adventices en sorgho. Les lacunes de solutions herbicides expliquent en grande partie la désaffection vis-à-vis de cette culture qui ne cesse de régresser depuis 10 ans malgré des atouts évidents sur le plan environnemental.

Selon la composition floristique de la parcelle, 1 à 2 application(s) sont nécessaires. En cas de mauvais contrôle, le binage constitue une solution de rattrapage jusqu'au stade 7-8 feuilles.

Dans le Sud-ouest, le sorgho peut être implanté avec ou sans labour en sol argilo-calcaire : dans ce cas, il faut prévoir une destruction du couvert végétal hivernal ; en sol limoneux (boulbènes), le labour est obligatoire au printemps.

▶ *Les principes du niveau « intégré à l'échelle de l'ITK »*

La culture du sorgho est essentiellement envisagée comme source de diversification des rotations. Sa caractérisation à ce niveau ne paraît pas très pertinente.

▶ *Les principes du niveau « intégré à l'échelle SDC »*

Des adaptations des itinéraires techniques permettent de réduire le développement de certaines adventices, et donc de réduire le recours aux herbicides :

- ▶ en stimulant le pouvoir compétitif du sorgho, par un écartement resserré (jusqu'à 12,5 cm), une densité de peuplement suffisante, une variété à développement précoce ;

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

► en retardant la date de semis (fin avril à mi-mai selon le réchauffement du sol), on favorise une implantation plus rapide en raison du caractère thermophile du sorgho. Le retard de date de semis permet également de réaliser des faux-semis préalables pour faire germer les semences adventices non dormantes en surface, et détruire les plantules avant le semis de la culture. L'ajustement de la densité de semis en fonction de la précocité de la variété et de la disponibilité en eau est un élément essentiel à la réussite de la culture. Les peuplements trop élevés peuvent pénaliser fortement l'épiaison et, par voie de conséquence, le rendement en situation sèche ; La solution du désherbinage est également envisageable, comme pour le tournesol et le maïs. Elle nécessite alors des semis à plus fort écartement, ce qui limite la vitesse de fermeture du couvert.

Par la diversification de la rotation, on peut éviter l'accumulation de graminées estivales (les plus préjudiciables) ; par ailleurs, on peut s'attendre à de plus fortes infestations en PSD et en vivaces (liseron) en travail simplifié.

🔗 Le lin

Les principes de conduite du lin graine mobilisés au niveau « Intégré à l'échelle du SDC » reposent sur :

- le choix d'une variété tolérante à la verse (absence d'autre tolérance connue à ce jour)
- des pratiques de fertilisation azotée modérées par la recherche d'une meilleure valorisation de l'azote apporté,
- le recours au désherbage mécanique en complément (herse étrille, ou houe) : avec moins d'adventices du fait d'une rotation plus diversifiée en 2c, l'hypothèse est de supprimer un désherbant sur 2 sur lin d'hiver et de réduire le passage unique sur lin de printemps. Les possibilités d'évitement des maladies par décalage des dates de semis ne sont pas envisageables sur lin en raison des plages de semis optimales réduites. Il faut souligner l'absence de travaux scientifiques sur les agressions sur cette culture et les évitements possibles.

La mise en œuvre de l'ensemble de ces techniques permet de supprimer le régulateur et une partie des désherbants par rapport aux pratiques actuelles.

En tant que telle, l'alternative lin printemps versus lin d'hiver engendre une moindre utilisation de phytosanitaire, mais présente des potentialités de productivité un peu plus faible en tendance.

🔗 La féverole

► Les principes du niveau « raisonné »

Le désherbage chimique de la féverole reste largement dominé par les applications de prélevée (pendiméthaline, imazamox, aclonifen, clomazone). Les seules interventions de post-levée constituent des solutions de rattrapage limitées aux graminées foliaires.

Une implantation rapide et homogène de la féverole permet de limiter les possibilités de développement des adventices.

La technique du faux semis à l'automne, après la récolte, est recommandée dans les situations concernées par l'abandon du labour de façon à combattre efficacement les graminées adventices et notamment le vulpin.

À l'instar du pois protéagineux, la féverole est concernée par un certain nombre de bioagresseurs.

Les **maladies** les plus courantes et préoccupantes sont l'antracnose, le botrytis et la rouille (cette dernière est la plus dangereuse sur féverole d'hiver dans le sud de la France). Des tolérances variétales existent pour l'antracnose, ainsi que des traitements de semences. Pour les 2 autres maladies, seuls des traitements en végétation sont possibles. Le choix du produit dépend des maladies visées, certains produits étant efficaces sur plusieurs champignons. Au final, un à deux traitements fongicides sont souvent nécessaires afin de contrôler les principales maladies fongiques.

Les ravageurs principaux de la féverole sont au nombre de trois : sitones, pucerons noirs et bruches. Les sitones sont plus fréquentes dans les secteurs avec présence d'autres légumineuses (luzerne, pois...). Mais le seuil de déclenchement du traitement sur féverole est plus élevé que sur pois (présence d'encoques sur la totalité des feuilles).

ANNEXE 2 : Itinéraires techniques types pour des cultures menées selon trois logiques différentes

LA LOGIQUE « RAISONNÉE », LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DE L'ITK » ET LA LOGIQUE « INTÉGRÉE À L'ÉCHELLE DU SDC »

Les bruches n'ont pas des conséquences directes sur le rendement. En revanche, la présence de larves dans les graines, qui terminent leur développement en cours de stockage, déprécie fortement la qualité, rendant le lot inapte au marché de l'alimentation humaine. Leur contrôle en végétation nécessite souvent plusieurs passages d'insecticide. Un outil d'aide à la décision (BruchiLis) a été développé récemment par Arvalis-Unip pour optimiser les interventions. Des bandes à floraison avancée concentrant la population de bruches sont actuellement à l'essai ainsi que des travaux sur la résistance génétique et les médiateurs chimiques. Enfin le recours à la fumigation des lots stockés (obligatoire pour pouvoir exporter) permet de réduire les populations de bruches si elle est mise en œuvre très tôt après la récolte.

► Les principes du niveau « intégré à l'échelle DU SDC »

La féverole constitue une source de diversification des rotations. Dans les systèmes à dominante céréalière, elle contribue à diversifier les dates de semis, même en féverole d'hiver, semée généralement plus tardivement que le blé.

Par rapport aux pratiques actuelles, la réduction de l'usage de pesticides à ce niveau est permise principalement par :

- la localisation du désherbage sur le rang au semis (ce qui nécessite un matériel spécifique) en complément de binages ultérieurs ;
- la hausse du seuil d'intervention insecticide contre les bruches, qui nécessite d'accepter le risque de dépréciation du lot vers l'alimentation animale (ce qui nécessite que le marché soit bien organisé en deux filières distinctes).

🔍 Le chanvre

Le chanvre est un très bon précédent du fait de sa racine pivotante et sa capacité à étouffer les adventices (sol propre pour les cultures suivantes). Il peut pousser sur tout type de sols (limoneux, argileux, sableux et calcaire) pourvu que les réserves en eau soient suffisantes et que la préparation du sol ait bien été effectuée (peu motteux et peu caillouteux).

Le parasitisme et les maladies sont pratiquement inexistantes. Du fait de sa rapidité de croissance et de sa vigueur, le chanvre peut surmonter l'attaque de la plupart des maladies et ravageurs ; seule une plante parasite (Orobanche ramosa) menace la culture au point d'en limiter l'extension et de provoquer des pertes de rendement jusqu'à 100% imposant une rotation longue, voire un arrêt total de la culture sur la parcelle infestée. Les Noctuelles défoliatrices (chenilles), quelques mouches mineuses, les tipules, les limaces, des altises, des taupins ainsi que des cicadelles dans le sud ouest sont toutefois présents, mais associés à des dégâts très limités en culture industrielle. La conduite du chanvre est donc très simplifiée : aucun fongicide, insecticide et théoriquement herbicide n'est nécessaire, pour un rendement moyen des chanvriers entre 6 et 10 t/ha de paille selon les années et les bassins de production (et 1 t/ha de graines pour le chanvre battu).

🔍 la luzerne

Les grandes lignes de la conduite "actuelle" sont les suivantes :

- Un désherbage à l'implantation (à faible dose, du stade cotylédons à « 2 feuilles trifoliées ») complété l'hiver après la première coupe pour lutter contre les nouvelles levées (faible dose de désherbant total après une baisse des températures et les premières gelées).
- Aucun fongicide
- Un insecticide occasionnel
- Labour après luzerne dans le cas de contaminations significatives l'année en cours par les pathogènes aériens se maintenant sur les résidus ou à la surface du sol en particulier divers ascochytes et le sclérotinia (dissémination de l'inoculum sur les parcelles voisines).
- Respect d'un délai minimum de 5 ans, voire de 6 à 8 ans entre deux cultures de luzerne sur la même parcelle, si le parasitisme est intense voire 10 ans si le sol est infesté de nématodes.

Dans des systèmes visant à réduire l'utilisation de pesticide, des adaptations permettent de réduire encore l'usage déjà limité dans les systèmes actuels. La suppression des antigraminées est possible, associée à l'avancement de la date de la première coupe avant la formation des graines des graminées au printemps.

**PERFORMANCES DES CULTURES AU NIVEAU INTÉGRÉ ET JUSTIFICATIONS
PAR RAPPORT AUX PRATIQUES MISES EN ŒUVRE**

Indicateurs de performances	TRITICALE		FEVEROLE DE PRINTEMPS		CHANVRE		SORGHO		LUZERNE		LIN OLEAGINEUX	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
Rendement (q/ha)	62	- 5%/ Blé tendre	47	Moyenne nationale 2008 (UNIP)	6 à 10 t	Réf Bourgogne Franche Comté Eure. Bon précédent à blé	55,0		11 à 13 t		19	
IFT _{total}	1,53		3,05	Effet SdC sur le salissement, plafonnement du fongicide	0		0,6		0,6/an		2,15	
IFT _{herbicides}	0,9	Plus couvrant que le blé. Antigraminées très rare. Gestion des dicots de la rotation. Hersage.	0,8	Antidicot. prélevée sur la 1/2 des surfaces (pas de rattrapage antidicot. en post) + Antigram. rattrapage post 1 an sur 3 et mécanique seul sur le reste (houe + binage)	0	Plante très agressive. Etouffement (si semis sur sol réchauffé)	0,6	Binage + post	0,9 sur 3 ans = 0,3	Desh. Chim. à l'implantation. Rien en prélevée Basagran 0.4 /dicots implantation et stratos fréquence 1/3 + rattrapage mi dose 1année sur 3 en graminées	0,9	1 Désherbage chimique + désherbage mécanique
IFT _{fongicides}	0,33	1 traitement mi-dose 2 ans sur 3 (choix variétal)	0,75	1 passage mi dose syst. + 1 passage plus précoce 1 an sur 2 (Trait de la rouille sur observé et très rarement de l'antracnose)	0	Pas de maladies	0,0	0	0		0,75	1 fongi autonome (kabatiélose) et un mi-dose au printemps (septo)

**PERFORMANCES DES CULTURES AU NIVEAU INTÉGRÉ ET JUSTIFICATIONS
PAR RAPPORT AUX PRATIQUES MISES EN ŒUVRE**

Indicateurs de performances	TRITICALE		FEVEROLE DE PRINTEMPS		CHANVRE		SORGHO		LUZERNE		LIN OLEAGINEUX	
	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur	Valeur de l'indicateur	Justifications de la valeur
IFT _{insecticides}	0,2	1 traitement 1 an sur 5	1,5	Sitones, thrips : im-passe bruches avec OAD (climat) Pucerons noirs : lorsque non régulation et dépasse-ment seuil 20% plantes avec man-chons de pu-cerons	0	Pas de ravageurs	0,0		0,3	Intervention si sitones (1 an sur 3, mais risque diminue avec chute du pois)	0,5	1 traitement 1 an sur 2
IFT _{autre}	0,1	Zéro régulateur (variétés peu sensible à la verse). Traitement bord de champs si limaces	0		0		0					
Nombre passages	Labour : 0,5 Travail superficiel : 3,3 Pulvérisation : 1,7 Engrais minéral : 2 (125 U) Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 1	Idem blé tendre 1 herse	Labour : 0,9 Travail superficiel : 3,7 Pulvérisation : 3,7 Engrais minéral : 0 Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 1,5	Herse et/ou binage	Labour : 1 Travail superficiel : 1 Pulvérisation : 0 Engrais minéral : 2 (90 U) Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 0	Labour : 0,6 Travail superficiel : 2,5 Pulvérisation : 0,7 Engrais minéral : 0,9 (100U) Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 2		Labour : 0,5 Travail superficiel : 2 Pulvérisation : 0,5 Engrais minéral : 0 Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 1 à 2 et 3 à 4 fauches	Herse étrille sur luzerne jeune	Labour : Travail superficiel : 2 à 3 Pulvérisation : 2 Engrais minéral : 2 (80 U) Engrais organique : 0 Désherbage mécanique : 1	1 herse	

Sources : ECOPHYTO R&D - Zone France

Maquette réalisée par le ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche,
de la ruralité et de l'aménagement du territoire
DICOM/Studio graphique
Crédit photo couverture : Pascal Xicluna

Février 2011