



RECUEIL ET ANALYSE CRITIQUE DES REGLES DE DECISION POUR LA PROTECTION DES CULTURES



Octobre 2012

Agathe HENRY¹, Anne-Laure TOUPET¹, Violaine DEYTIEUX¹ et Raymond REAU²

¹ INRA, UE 115 Domaine d'Epoisses, F-21110 Bretenière

² INRA, UMR 211 Agronomie INRA/AgroParisTech, BP 1, F-78850 Thiverval Grignon

Avertissement

Ce document et les informations qu'il contient n'ont pas vocation à être directement utilisés pour le conseil agricole. Les Règles de Décision (RdD) et Outils d'aide à la Décision (OAD) présentés dans cette étude ont été recueillis pour réaliser un diagnostic de la disponibilité en RdD et en OAD. Ce recueil n'est pas exhaustif.

Ce document n'engage que ses auteurs. Les personnes citées ont été consultées lors d'entretiens individuels ou d'ateliers de travail. Le contenu de ce document final reste à la seule responsabilité de ses auteurs.

TABLE DES MATIERES

<i>Avertissement</i>	3
TABLE DES MATIERES	5
TABLE DES FIGURES	9
TABLE DES TABLEAUX	11
INTRODUCTION	21
I. LES CONCEPTS ET LEURS APPLICATIONS	23
I.1 Les concepts de la protection des cultures	23
I.2 La règle de décision	24
I.3 Les outils d'aide à la décision et outils de diagnostic	26
II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE	27
II.1 Périmètre de l'étude	27
II.2 Méthodologie du recueil	29
II.2.1 Sources d'information et étapes du recueil	29
II.2.2 Formalisme de règles de décision retenu pour le recueil et son analyse critique	31
II.3 Méthodologie de description et d'analyse des règles de décision recueillies	32
II.3.1 Règle de décision élémentaire, règle de décision complexe, et règle de décision cadre	32
II.3.2 Axes d'analyse des règles de décision recueillies	35
II.4 Méthodologie d'analyse de la pertinence des RdD disponibles selon leurs critères de décision	36
II.5 Méthodologie d'analyse des outils d'aide à la décision recueillis	37
II.6 Méthodologie d'élaboration des propositions de pistes de travail	37
II.7 Discussion sur la généralité des propositions élaborées à partir de quelques cas d'études	38
III. RECUEIL ET ANALYSE DES REGLES DE DECISION ET OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR LES GRANDES CULTURES	39
III.1 Présentation générale du recueil des règles de décision pour les grandes cultures	39
III.1.1 Présentation du recueil : des règles de décision nombreuses et inégalement réparties entre les différentes cultures	39
III.1.2 Présentation du recueil : des règles de décision très peu formalisées	40
III.1.3 Présentation du recueil : comparaison entre la disponibilité en règles de décision pour la lutte chimique et pour la mise en œuvre de techniques alternatives	41
III.2 Présentation et analyse des règles de décision recueillies, par culture et par bioagresseur	43
III.2.1 Analyse des règles de décision recueillies pour la lutte chimique contre les maladies des céréales à pailles	43
III.2.2 Analyse des règles de décision pour la lutte chimique contre les ravageurs des céréales à pailles	51
Conclusion partielle pour les céréales à pailles	60
III.2.3 Analyse des règles de décision recueillies pour la lutte chimique contre les maladies et les ravageurs des oléagineux : colza, tournesol et lin	62
Conclusion partielle pour les oléagineux	77
III.2.4 Analyse du recueil des règles de décision pour les autres grandes cultures étudiées : betterave, maïs, féverole	79
Conclusion partielle pour les cultures de betterave, maïs et féverole	95

III.2.5 Les règles de décision de lutte chimique pour la gestion des adventices en grandes cultures	96
III.3 Limites dans l'interprétation du nombre de règles de décision recueillies	100
III.4 Présentation et analyse des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic recueillis en grandes cultures	100
III.4.1 Les outils d'aide à la décision	103
III.4.2 Les outils de diagnostic	107
Conclusions partielles sur les outils en Grandes Cultures	107
CONCLUSION en GRANDES CULTURES	108
IV. RECUEIL ET ANALYSE DES REGLES DE DECISION ET OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR LA VITICULTURE	111
IV.1 Présentation et analyse des règles de décision recueillies pour la vigne	111
IV.1.1 Les règles de décision manquantes pour décider de l'opportunité de lutte chimique (à l'implantation et en culture) contre les maladies et les ravageurs de la vigne	117
IV.1.2 Des règles de décision dont la solution est imprécise	117
IV.1.3 Des règles de décision contradictoires	118
IV.1.4 Les règles de décision claires, cohérentes, et admises	119
IV.1.5 Analyse de la performance des règles de décision pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires	120
Conclusion partielle pour la viticulture	123
IV.2 Présentation et analyse des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic recueillis pour la vigne	124
CONCLUSION en VITICULTURE	127
V. RECUEIL ET ANALYSE DES REGLES DE DECISION ET OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR L'ARBORICULTURE FRUITIERE	129
V.1 Présentation et analyse des règles de décision recueillies pour l'arboriculture fruitière	129
V.1.1 Des règles de décision dont la solution est imprécise et des règles de décision partielles	132
V.1.2 Des règles de décision contradictoires	133
V.1.3 Analyse de la performance des règles de décision pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires	133
V.2 Des bioagresseurs émergents	136
V.3 Présentation et analyse des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic recueillis pour les vergers de pommier	136
CONCLUSION en ARBORICULTURE FRUITIERE	139
VI. RECUEIL ET ANALYSE DES REGLES DE DECISION ET OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR LES CULTURES LEGUMIERES	143
VI.1 Absence de données sur l'IFT en cultures légumières	143
VI.2 Présentation et analyse des règles de décision recueillies pour les cultures légumières	144
VI.2.1 Les règles de décision manquantes pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les bioagresseurs des légumes	151
VI.2.2 Des règles de décision dont la solution est imprécise	152
VI.2.3 Des règles de décision contradictoires	152
VI.2.4 Les règles de décision claires, cohérentes, et admises	154
VI.2.5 Analyse de la performance des règles de décision pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires	155
VI.3 Présentation et analyse des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic recueillis pour les cultures légumières	159
CONCLUSION en CULTURES LEGUMIERES	163

VII. LIMITES DE L'ETUDE	165
VIII. DISCUSSION DE LA GENERICITE DES RESULTATS	167
VIII.1 Catégories de critères de décision mobilisés pour caractériser les couples culture-bioagresseur	167
VIII.2 Les types identifiés en grandes cultures	168
VIII.3 Typologie en cultures pérennes	173
Conclusion sur la généricité des résultats	175
IX. CONCLUSIONS DE L'ETUDE	177
BIBLIOGRAPHIE	183
GLOSSAIRE	207
LISTE DES ABREVIATIONS	211
ANNEXES	213

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Organisation des différents modules du réseau DEPHY (Démonstration, expérimentation et production de références sur les systèmes économes en phytosanitaires) d'Ecophyto	21
Figure 2 : Caractérisation des résultats attendus pour la gestion des bioagresseurs, en fonction du degré de tolérance de l'agriculteur (méthode adoptée dans le cadre du réseau Ferme Ecophyto 2010 (Petit <i>et al.</i> , 2012))	23
Figure 3 : Représentation schématique de la méthode de l'étude	30
Figure 4 : Représentation schématique d'une règle de décision dans son système de culture	32
Figure 5 : Représentation schématique d'une règle cadre, pour un objet de décision donné..	34
Figure 6 : Exemple d'une règle cadre, pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre la cécidomyies en blé tendre d'hiver	34
Figure 7 : Liste des bioagresseurs du pommier non étudiés et pour lesquels il existe des produits chimiques homologués (d'après ACTA, 2012)	131
Figure 8 : Liste des bioagresseurs principaux des légumes étudiés pour lesquels il existe des produits chimiques homologués (d'après INRA, 2009d ; et ACTA, 2012)	146
Figure 9 : Représentation schématique d'une règle cadre, pour un objet de décision donné	227
Figure 10 : Exemple d'une règle cadre, pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre la cécidomyies en blé tendre d'hiver	227
Figure 11 : Exemple de l'estimation du risque tavelure par modélisation en Corse (FREDON Corse, 2008) : courbes de Mills (non modifiées par Lefeuvre)	400

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre de règles de décision d'opportunité d'intervention chimique (traitement de semences et lutte chimique en culture) recueillies par culture pour les grandes cultures	39
Tableau 2 : Premiers éléments sur le niveau de formalisation des règles de décision recueillies pour les grandes cultures	41
Tableau 3 : Nombre de règles de décision recueillies pour les céréales à pailles en fonction des modes de gestion de la protection des cultures	42
Tableau 4 : Premiers éléments sur le niveau de formalisation des règles de décision recueillies pour les céréales à pailles : comparaison avec les règles de décision pour la mise en œuvre de techniques alternatives	43
Tableau 5 : Les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du BLE TENDRE D'HIVER : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	44
Tableau 6 : Nombre de règles de décision (et de règles de décision cadre correspondantes) recueillies par maladie pour les cultures de blé d'hiver (blé tendre et blé dur), d'orge de printemps, d'orge d'hiver, de triticale et d'avoine (de printemps et d'hiver). Les maladies sont citées par ordre d'importance pour les blés.	45
Tableau 7 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre la septoriose en blé tendre d'hiver	48
Tableau 8 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du BLE TENDRE D'HIVER : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	52
Tableau 9 : Nombre de règles de décision (et règles de décision cadre correspondantes) recueillies par ravageur pour les cultures de blés d'hiver (blé tendre et blé dur), d'orge de printemps, d'orge d'hiver, de triticale et d'avoines (de printemps et d'hiver).	53
Tableau 10 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre les limaces en blé tendre d'hiver	55
Tableau 11 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du COLZA D'HIVER : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	63
Tableau 12 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le COLZA D'HIVER, par maladie, et outils (outils d'aide à la décision ou outils de diagnostic) disponibles pour la lutte chimique	64
Tableau 13 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le COLZA D'HIVER, par ravageur, et outils (outils d'aide à la décision ou outils de diagnostic) disponibles pour la lutte chimique	64
Tableau 14 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du COLZA D'HIVER : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	65
Tableau 15 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du TOURNESOL : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	66
Tableau 16 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du TOURNESOL : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	66

Tableau 17 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le TOURNESOL, par maladie, et outils (outils d'aide à la décision ou outils de diagnostic) disponibles pour la lutte chimique	67
Tableau 18 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le TOURNESOL, par ravageur, et outils (outils d'aide à la décision ou outils de diagnostic) disponibles pour la lutte chimique	67
Tableau 19 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du LIN: disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	68
Tableau 20 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du LIN : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	68
Tableau 21 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le LIN, par maladie, pour la lutte chimique	69
Tableau 22 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le LIN, par ravageur, et disponibilité d'outils (OAD et outils de diagnostic) pour la lutte chimique	69
Tableau 23 : Règles de décision cadre synthétisées à partir des RdD recueillies, pour l'opportunité de la lutte chimique contre le charançon de la tige dans le colza	74
Tableau 24 : les règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les maladies de la BETTERAVE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	80
Tableau 25 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour la culture de BETTERAVE, par maladie pour la lutte chimique.....	80
Tableau 26 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs de la BETTERAVE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	81
Tableau 27 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour la culture de BETTERAVE, par ravageur, pour la lutte chimique	82
Tableau 28 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du MAÏS : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	83
Tableau 29 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du MAÏS : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	84
Tableau 30 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les cultures de MAÏS, par maladie, pour la lutte chimique.....	85
Tableau 31 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les cultures de MAÏS, par ravageur, pour la lutte chimique.....	85
Tableau 32 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les maladies de la FEVEROLE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	86
Tableau 33 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les cultures de FEVEROLE, par maladie, pour la lutte chimique	86
Tableau 34 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs de la FEVEROLE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	87

Tableau 35 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les cultures de FEVEROLE, par ravageur, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique	87
Tableau 36 : RdD cadre synthétisées pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les pucerons <i>Rhopalosiphum</i> du maïs.....	89
Tableau 37 : Présentation succincte des 3 règles de décision cadre d'opportunité d'intervention fongicide contre les maladies du feuillage de la betterave.....	94
Tableau 38 : nombre de règles de décision d'opportunité de désherbage chimique recueillies par culture et type d'adventices.....	96
Tableau 39 : règles de décision recueillies d'opportunité de désherbage chimique contre toutes les adventices en grandes cultures	97
Tableau 40 : Nombre d'OAD et d'outils de diagnostic génériques recueillis pour la lutte chimique, par bioagresseur	101
Tableau 41 : Nombre d'OAD et d'outils de diagnostic recueillis par bioagresseur pour la lutte chimique dans les cultures de blé	101
Tableau 42 : Nombre d'OAD et d'outils de diagnostic recueillis pour les cultures de colza, tournesol, lin, betterave, maïs et féverole, par bioagresseur.....	102
Tableau 43 : Outils de diagnostic mobilisés pour la lutte chimique recueillis dans le cadre de cette étude.....	106
Tableau 44 : les règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les maladies de la VIGNE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	112
Tableau 45 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour la VIGNE, par maladie, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique	113
Tableau 46 : Les règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs de la VIGNE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	114
Tableau 47 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour la VIGNE, par ravageur, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique	115
Tableau 48 : Les règles de décision d'opportunité d'intervention herbicide en VIGNE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires	116
Tableau 49 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour l'utilisation d'herbicide en VIGNE, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique.....	116
Tableau 50 : RdD cadre de déclenchement de la protection fongique contre l'oïdium.....	119
Tableau 51 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour la vigne.....	125
Tableau 52 : Outils de diagnostics mobilisés pour la lutte chimique dans la vigne, recueillis dans le cadre de cette étude	125
Tableau 53 : Répartition des OAD et des outils de diagnostic recueillis pour la vigne, par bioagresseur.....	126
Tableau 54 : Les règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les principaux bioagresseurs des vergers de POMMIERS : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires.....	130

Tableau 55 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les principaux bioagresseurs des vergers de POMMIERS, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique.....	130
Tableau 56 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les vergers de pommiers.....	137
Tableau 57 : Répartition des OAD recueillis pour les vergers de pommiers, par bioagresseur.....	137
Tableau 58 : Les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les principaux bioagresseurs des légumes de plein champ : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires.....	147
Tableau 59 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les principaux bioagresseurs des légumes sous abri : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires.....	148
Tableau 60 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les principaux bioagresseurs des légumes de plein champ, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique.....	149
Tableau 61 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les principaux bioagresseurs des légumes sous-abri, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique.....	150
Tableau 62 : Règles de décision contradictoires recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention insecticide contre <i>Tuta absoluta</i> , en tomate sous-abri froid.....	153
Tableau 63 : Répartition des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic par couples culture bioagresseur pour les cultures légumières.....	159
Tableau 64 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les cultures légumières (Nr : non renseigné).....	160
Tableau 65 : Outils de diagnostic mobilisés pour la lutte chimique dans les cultures légumières, recueillis dans le cadre de cette étude.....	162
Tableau 66 : Critères de décision les plus pertinents à mobiliser dans les règles de décision d'opportunité de lutte chimique en grandes cultures en fonction des caractéristiques des types de couple culture-bioagresseur en grandes cultures. <i>Les différents couples étudiés et leur répartition selon cette typologie sont présentés en Tableau 67</i>	169
Tableau 67 : Pistes de travail identifiées regroupées par type de couples culture - bioagresseur pour les grandes cultures. En rouge, les couples pour lesquels les besoins en travaux sur les règles de décision sont jugés prioritaires.....	171
Tableau 68 : Pistes de travail identifiées regroupées par type de couples culture - bioagresseur pour les cultures pérennes. En rouge, les couples pour lesquels les besoins en travaux sur les règles de décision sont jugés prioritaires.....	174
Tableau 69 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture contre la septoriose pour les céréales à pailles.....	234
Tableau 70 : RdD cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre la septoriose, en triticales.....	236
Tableau 71 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre les fusarioses pour les céréales à pailles.....	238
Tableau 72 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre l'helminthosporiose et la rhynchosporiose à la parcelle pour les céréales à pailles.....	242
Tableau 73 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium pour les blés et pour l'orge de printemps.....	244

Tableau 74 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre le piétin échaudage et le piétin verse	246
Tableau 75 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre les rouilles à la parcelle.....	248
Tableau 76 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de traitement de semences des céréales à pailles contre les pathogènes.....	250
Tableau 77 : Règles de décision cadre pour l'opportunité d'intervention fongicide dans les céréales à pailles contre les autres pathogènes	252
Tableau 78 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles, contre les limaces, à la parcelle	254
Tableau 79 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre les pucerons à l'échelle de la parcelle	256
Tableau 80 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre les cicadelles	258
Tableau 81 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre les cécidomyies du blé	260
Tableau 82 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture dans les céréales à pailles contre maladies et ravageurs à faibles enjeux	262
Tableau 83 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de traitement de semences des céréales à pailles contre les ravageurs.....	264
Tableau 84 : Règles de décision cadre de lutte chimique contre le sclérotinia du colza.....	268
Tableau 85 : Règles de décision cadre pour la lutte chimique contre l'oïdium et les autres maladies du colza :.....	270
Tableau 86 : Règles cadre d'opportunité de lutte chimique contre le phoma du colza.....	272
Tableau 87 Règle de décision de lutte chimique contre l'alternaria du colza	274
Tableau 88 Règle de décision de lutte chimique contre la cylindrosporiose du colza.....	274
Tableau 89 : Règle de décision d'opportunité de lutte chimique contre les limaces du colza	276
Tableau 90 : Règles de décision cadre de lutte chimique contre les méligèthes du colza.....	278
Tableau 91 : Règles de décision cadre de lutte chimique contre les charançons et du bourgeon terminal et de la tige du colza	280
Tableau 92 : Règles de décision cadre d'opportunité de lutte chimique (traitement de semences et lutte chimique en culture) contre les altises du colza	282
Tableau 93 : Règles de décision cadre d'opportunité de lutte chimique contre les pucerons du colza.....	286
Tableau 94 : Règles de décision cadre d'opportunité de lutte chimique (traitement de semences et en culture) contre les autres ravageurs du colza : tenthrède de la rave et charançon des siliques.....	288
Tableau 95 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de traitements de semences contre les maladies du tournesol.....	292
Tableau 96 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture contre les maladies du tournesol.....	294
Tableau 97 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture contre les ravageurs du sol du tournesol	296
Tableau 98 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture contre les pucerons du tournesol	296

Tableau 99 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de traitement de semences et de lutte chimique en culture contre les maladies du lin.....	300
Tableau 100 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre les ravageurs du lin.....	302
Tableau 101 : Règles de décision cadre d'opportunité de lutte chimique en culture contre les maladies de la betterave	306
Tableau 102 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre les ravageurs de la betterave.....	308
Tableau 103 : Nombre de traitements insecticides moyen pour les cultures de betterave en France par année et en fonction du type de traitement de semences (<i>source : ITB d'après l'enquête SITE</i>).....	309
Tableau 104 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre les maladies du maïs.....	312
Tableau 105 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de traitement de semences contre les ravageurs du maïs	314
Tableau 106 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de traitement en culture contre les limaces du maïs.....	316
Tableau 107 : Règles de décision cadre pour l'opportunité d'intervention chimique en culture contre les pyrales, chrysomèles, cicadelles, scutigérelles, sésamies et noctuelles terricoles du maïs	318
Tableau 108 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique en culture contre les pucerons du maïs.....	320
Tableau 109 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique (en culture et semences) contre les maladies de la féverole	324
Tableau 110 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les sitones et les bruches de la féverole.....	326
Tableau 111 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les autres ravageurs de la féverole : pucerons, thrips et limaces	328
Tableau 112 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique : toutes cultures et grandes cultures.....	337
Tableau 113 : Présentation des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les maladies des céréales à pailles	338
Tableau 114 : Présentation des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les ravageurs et les adventices des céréales à pailles.....	339
Tableau 115 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les autres cultures.....	340
Tableau 116 : Règles de décision cadre de positionnement de la 1 ^{ère} intervention chimique contre le mildiou de la vigne	348
Tableau 117 : Règles de décision cadre recueillie pour l'opportunité et le positionnement des interventions chimiques contre le mildiou de la vigne, de la 1 ^{ère} intervention à fermeture de la grappe.....	350
Tableau 118 : Règles de décision cadre recueillie pour l'opportunité des interventions chimiques contre le mildiou de la vigne après la fermeture de la grappe.....	352
Tableau 119 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium.....	354
Tableau 120 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique commune mildiou et oïdium	357

Tableau 121 : Règles de décision de choix entre différentes stratégies fongicides à appliquer durant une campagne pour lutter contre le botrytis.....	360
Tableau 122 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de traitement contre l'excoriose de la vigne.	364
Tableau 123 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique à la parcelle contre le black rot de la vigne	366
Tableau 124 : RdD cadre recueillie pour l'opportunité d'intervention chimique contre le rougeot parasitaire ou brenner.....	370
Tableau 125 : RdD cadres recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention chimique pour maîtriser la nécrose bactérienne.....	372
Tableau 126 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les cicadelles vectrices de la flavescence dorée de la vigne (<i>Scaphoideus titanus</i>)	374
Tableau 127 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention contre la 1 ^{ère} génération de tordeuses de la vigne	376
Tableau 128 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention à la parcelle contre la 2 ^{ème} et la 3 ^{ème} génération de tordeuses de la vigne	378
Tableau 129 : Règles de décision cadre pour l'opportunité d'intervention acaricide, contre les acariens rouges (<i>Panonychus ulmi</i>) et jaunes (<i>Eotetranychus carpini</i> ou <i>Tetranychus urticae</i>). 380	
Tableau 130 : Règles de décision cadre pour l'opportunité d'intervention chimique, à l'échelle de la parcelle, contre les phytoptes, acariens agents d'acariose (<i>Calepitrin vitis</i>) et contre les acariens agents de l'Erinose (<i>Colomerus vitis</i>).....	382
Tableau 131 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre la cicadelle verte de la vigne à la parcelle.....	384
Tableau 132 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité de lutte chimique contre la cochenille de la vigne.....	384
Tableau 133 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité de lutte chimique contre la cicadelle blanche (<i>Metcalfa pruinosa</i>) de la vigne	384
Tableau 134 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité de lutte chimique contre les thrips de la vigne	384
Tableau 135 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention insecticide contre les pyrales de la vigne	386
Tableau 136 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les mange bourgeons (noctuelles terricoles et boarmies).....	386
Tableau 137 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les nématodes, vecteurs de court noué.....	388
Tableau 138 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité de lutte chimique contre les escargots dans la vigne	388
Tableau 139 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention herbicide dans la vigne à l'échelle de la parcelle.....	390
Tableau 140 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions chimiques contre les contaminations primaires de la tavelure du pommier – Partie 1 (en gras sont mises en évidence les nuances entre ces différentes règles de décision)	398
Tableau 141 : Règles de décision cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre les contaminations primaires de la tavelure du pommier –Partie 2-, avec les méthodes de Mills et d'Olivier.....	401

Tableau 142 : Tableau Olivier (1986) modifié par Lefeuvre (1995) : choix d'une courbe de Mills comme seuil d'intervention ; détermination du niveau de risque tavelure à partir duquel intervenir (appelé seuil) : angers, léger, moyen ou grave. (X : indéfini).....	401
Tableau 143 : Tableau Olivier (1986) modifié par Lefeuvre (1995) adapté aux vergers cidricoles (Pouvreau <i>et al.</i> , 1996 cité dans Benoît <i>et al.</i> , 2009).....	401
Tableau 144 : Règles de décision cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre les contaminations secondaires de la tavelure du pommier	401
Tableau 145 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium du pommier.....	404
Tableau 146 : Grille de décision d'intervention fongicide contre les contaminations secondaires d'oïdium (d'après Navarro et Géa, 2008).....	406
Tableau 147 : Exemples de quelques règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique commune des pathogènes du pommier.....	407
Tableau 148 : Règles de décision cadre recueillies pour les carpocapses du pommier – Partie 1 : toutes générations confondues (en dehors des règles issues des essais BioREco).....	410
Tableau 149 : Règles de décision cadre recueillies pour les carpocapses du pommier – Partie 2 : RdD spécifiques à la 1 ^{ère} et à la 2 ^{ème} génération (en dehors des règles issues des essais BioREco).....	412
Tableau 150 : Exemple de la formalisation de la protection chimique contre le carpocapse du pommier sous forme de règles de décision cadre, dans une expérimentation système, l'essai BioREco, à l'INRA de Gotheron, Drôme, dans le protocole expérimental mis en place en 2011.	414
Tableau 151 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention insecticide, à l'échelle de la parcelle, contre les pucerons cendrés.....	416
Tableau 152 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique, à l'échelle de la parcelle, contre les pucerons lanigères.....	416
Tableau 153 : règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention insecticide contre l'ensemble des pucerons du pommier (puceron lanigère, puceron cendré, puceron vert migrant, puceron vert du pommier et puceron des galles rouges) et contre les autres pucerons (pucerons verts migrants et pucerons verts non migrants).....	418
Tableau 154 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions chimiques contre l'alternaria en culture de carotte de plein champ.....	428
Tableau 155 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions chimiques contre les autres maladies en culture de carotte de plein champ.....	428
Tableau 156 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions insecticides contre les mouches de la carotte en culture de carotte de plein champ <i>Ces RdD cadre n'ont pas d'objectif énoncé.</i>	431
Tableau 157 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions insecticides contre les pucerons en culture de carotte de plein champ.....	434
Tableau 158 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité des interventions chimiques contre les nématodes de la carotte en culture de carotte de plein champ.....	434
Tableau 159 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les adventices en carotte de plein champ.....	436
Tableau 160 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité des interventions chimiques contre la rouille en culture de poireau de plein champ.....	442
Tableau 161 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité des interventions chimiques contre le mildiou en culture de poireau de plein champ.....	442

Tableau 162 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions insecticides contre les thrips en culture de poireau de plein champ.	445
Tableau 163 : Règles de décision cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre les maladies principales des cultures de tomate sous abri.....	452
Tableau 164 : Règle de décision cadre recueillie pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre les bioagresseurs telluriques des cultures de tomate sous abri	452
Tableau 165 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les aleurodes en tomate sous abri.....	457
Tableau 166 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention insecticide contre <i>Tuta absoluta</i> en tomate sous abri à l'échelle de la parcelle.....	460
Tableau 167 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention contre les noctuelles en tomate sous abri.....	462
Tableau 168 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention acaricide contre les acariens en tomate sous abri.....	462
Tableau 169 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les pucerons en tomate sous abri	465
Tableau 170 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les thrips en tomate sous abri.....	465
Tableau 171 : Règle de décision cadre recueillie pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre les maladies principales des cultures de laitue sous abri.....	472
Tableau 172 : Règles de décision cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention insecticide contre les pucerons des cultures de laitue sous abri.....	472
Tableau 173 : Règle de décision cadre recueillie pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre le cortège des bioagresseurs telluriques des cultures de laitue sous abri.....	472
Tableau 174 : Règle de décision cadre recueillie pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre les bioagresseurs des cultures de melon sous abri	478
Tableau 175 : Premier type identifié en grandes cultures : les bioagresseurs polycycliques pour lesquels on peut intervenir après les dégâts	484
Tableau 176 : deuxième type identifié en grandes cultures : les bioagresseurs monocycliques pour lesquels il est préférable d'intervenir avant les dégâts.....	484
Tableau 177 : troisième type identifié en grandes cultures : les bioagresseurs polycycliques pour lesquels il est préférable d'intervenir avant les dégâts.....	485
Tableau 178 : quatrième type identifié en grandes cultures les bioagresseurs monocycliques pour lesquels il est préférable d'intervenir avant les dégâts.....	485
Tableau 179 : couples cultures-bioagresseur n'entrant pas dans les types identifiés	486
Tableau 180 : premier type identifié en cultures pérennes : les ravageurs disposant d'auxiliaires pour leur régulation biologique et pour lesquels il est possible d'intervenir chimiquement une fois qu'ils sont présents dans la parcelle	488
Tableau 181 : deuxième type identifié en cultures pérennes : les ravageurs ne disposant d'auxiliaires permettant leur régulation biologique (seuls deux cas d'étude).....	488
Tableau 182 : troisième type identifié en cultures pérennes : les maladies polycycliques présentes et nuisibles pendant une grande partie de la campagne	489
Tableau 183 : quatrième type identifié en cultures pérennes : maladies monocycliques inféodées à la parcelle et pour lesquelles il faut intervenir avant les dégâts.....	489
Tableau 184 : cinquième type identifié en cultures pérennes : maladies monocycliques pour lesquelles on peut intervenir après les dégâts OU maladies gérées par des interventions ciblant d'autres maladies.....	490

INTRODUCTION

Initié suite au Grenelle de l'environnement, le plan Ecophyto 2018 vise la réduction de l'usage de pesticides de 50%, si possible, d'ici 2018. Ce plan d'action national est structuré en différentes actions, regroupées en axes. L'action 14, de l'axe 2 « Diffuser les systèmes agricoles économes et les bonnes pratiques », vise à mutualiser des données de références sur les systèmes de culture économes en produits phytosanitaires au sein d'un réseau national couvrant l'ensemble des filières de production, en associant les différents partenaires du réseau et en valorisant le rôle des fermes appartenant à ce réseau. La préfiguration de ce réseau, dénommé DEPHY a fait l'objet d'un volet spécifique de l'étude Ecophyto R&D et se structure autour de cinq modules (Figure 1).

L'objectif du module DECI (INRA, 2009e) est de « favoriser la mise au point d'itinéraires techniques, de règles de décision (RdD), d'outils d'aide à la décision, ou de modes de pilotage d'une technique ou d'une stratégie alternative permettant de réduire de façon très significative l'usage des pesticides, tout en maîtrisant un (ou un ensemble de) bioagresseur(s) majeur(s) ».

Les outils d'aide à la décision ne sont pas suffisants pour mettre au point et gérer des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Ils restent cependant essentiels pour adapter les interventions culturales aux sols des parcelles et au climat des années, comme aux objectifs et résultats attendus des agriculteurs, et ils contribuent à l'amélioration de l'efficacité des produits phytosanitaires.

Pour identifier et prioriser les travaux de recherche et d'expérimentation à encourager, une étude de préfiguration du dispositif DECI a été menée, afin de (i) réaliser un inventaire des règles de décision et des outils d'aide à la décision disponibles pour la gestion de la santé des plantes, et notamment ceux relatifs à l'opportunité d'interventions chimiques, et (ii) de réaliser l'analyse de cet existant et proposer des pistes de travail pour orienter les futurs appels à projets de DECI.

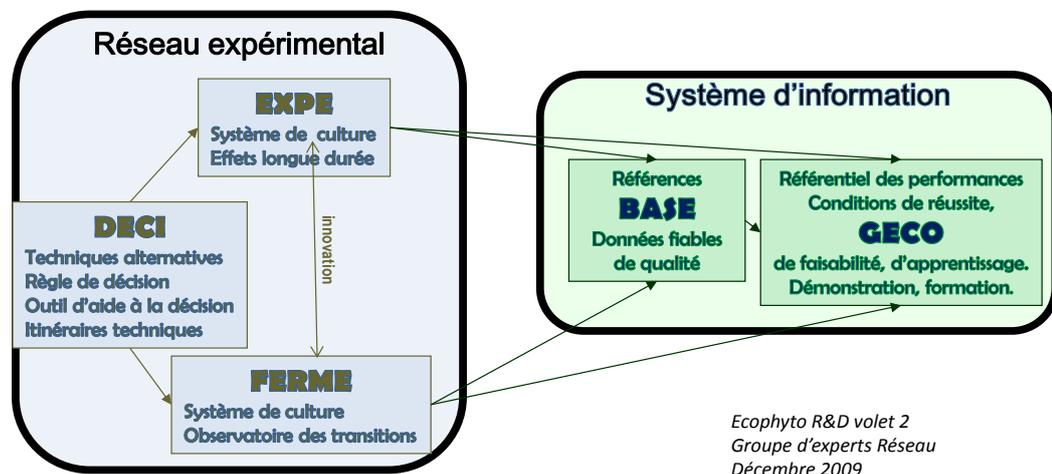


Figure 1 : Organisation des différents modules du réseau DEPHY (Démonstration, expérimentation et production de références sur les systèmes économes en phytosanitaires) d'Ecophyto

Après avoir rappelé quelques concepts de la protection des plantes et de la décision en agriculture, mobilisés dans le cadre de l'étude de préfiguration du dispositif DECI, nous développerons la méthodologie utilisée pour conduire cette étude. Nous présenterons ensuite les résultats de l'étude selon deux grands axes : 1. la description et l'analyse des règles de décision et des outils d'aide à la décision aujourd'hui disponibles ; 2. l'identification des voies d'amélioration des

RdD disponibles. Puis nous proposerons des pistes de travail à encourager pour mettre au point et développer des RdD et OAD permettant de compléter l'existant en vue de l'atteinte des objectifs d'Ecophyto 2018 de réduction de 50% de l'utilisation des pesticides d'ici 2018. Enfin nous discuterons des limites de cette étude et de la généralité des conclusions formulées dans ce rapport.

I. LES CONCEPTS ET LEURS APPLICATIONS

Dans la conduite de cette étude, nous mobiliserons différents concepts de la protection des cultures, et de la décision en agriculture.

I.1 Les concepts de la protection des cultures

La présence de bioagresseurs dans une parcelle agricole se traduit par différents effets selon Zadoks (1985 et 1993) et Aubertot *et al.* (2005a), cités par Attoumani-Ronceux *et al.* (2011) :

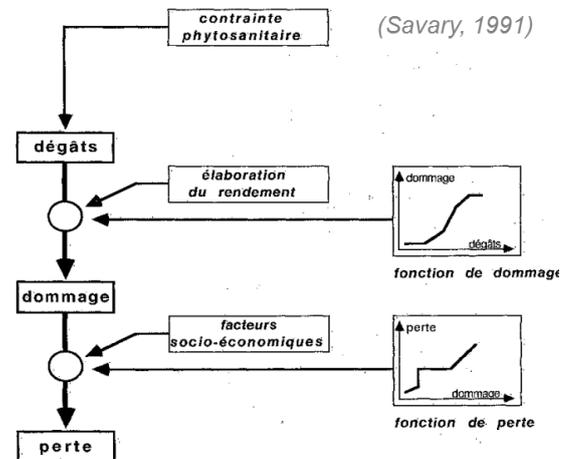
- **Dégât visuel** : « Toute déviation visible ou mesurable par rapport à une plante saine (symptôme) causée par la présence d'un bioagresseur sur une culture (jaunissement, nécroses,...) » ;
- **Dommage de récolte** : « Perte de récolte (réductions du rendement en quantité et/ou qualité) due à l'attaque d'un bioagresseur sur une culture » ;
- **Perte économique** : « 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. »

Suivant les effets des bioagresseurs que l'agriculteur veut éviter, et ceux qu'il ne juge pas problématiques, on peut finaliser les stratégies de protection des cultures selon les résultats attendus en termes de maîtrise des bioagresseurs et de tolérance aux dégâts, aux dommages ou aux pertes économiques occasionnés par ces bioagresseurs, comme l'illustre la Figure 2.

Caractériser les résultats attendus de la gestion des bioagresseurs

Les techniques de protection des cultures ne sont pas mobilisées indépendamment les unes des autres mais de manière coordonnée en combinaison dans un objectif précis (Lucas, 2007; Chantre, 2011)

Appellation du degré de tolérance	Résultats attendus	Ce qu'on optimise	Ce qu'on minimise
Pe : pertes économiques	Certaines pertes sont acceptées	Pertes économiques (résultat économique)	Autre
Do : dommages de récolte	Certains dommages sont acceptés, aucune perte exigée	Dommages de récolte (résultat technique)	Pertes économiques
Dé : dégâts visuels	Certains dégâts sont acceptés, aucun dommage exigé	Dégâts visuels (résultat agronomique)	Dommages de récolte
Te	Aucun dégât exigé	autre	Dégâts visuels



Une diversité d'objectifs dans la gestion des bioagresseurs caractérisés par les effets du bioagresseurs que l'on veut minimiser en priorité, et ceux que l'on cherche plutôt à optimiser, ce que l'on peut traduire par des degrés d'exigence ou de tolérance.

(Zadoks, 1985)

Figure 2 : Caractérisation des résultats attendus pour la gestion des bioagresseurs, en fonction du degré de tolérance de l'agriculteur (méthode adoptée dans le cadre du réseau Ferme Ecophyto 2010 (Petit *et al.*, 2012))

Les techniques de gestion de la santé des plantes ne se limitent pas à la lutte chimique. En effet, une large gamme de techniques mobilisables pour la gestion des bioagresseurs est aujourd'hui disponible. Ces techniques peuvent être classées en différentes catégories, selon leur mode d'action :

- **Lutte chimique** : utilisation de « produits phytopharmaceutiques de nature chimique pour combattre les organismes nuisibles » (ACTA, 2011). Les produits utilisés en lutte biologique (auxiliaires, préparations fongiques, médiateurs chimiques, ...) sont exclus de cette catégorie ;
- **Lutte biologique** : utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dommages causés par des bioagresseurs. (OILB-SROP, 1973 cité dans Attoumani-Ronceux *et al.*, 2011). Nous incluons dans la lutte biologique l'utilisation de produits phytosanitaires qui font appel à des organismes vivants (par exemple les trichogrammes) ;
- **Lutte physique** : utilisation de « moyens mécaniques, thermiques, électro magnétiques, ou pneumatiques pour le contrôle des bioagresseurs » (Aubertot *et al.*, 2005a) ;
- **Contrôle génétique** : utilisation « des plantes sélectionnées pour leur résistance, leur tolérance ou leurs caractéristiques physiologiques pour maîtriser les bioagresseurs » (Attoumani-Ronceux *et al.*, 2011) ;
- **Contrôle cultural** : tout moyen de contrôle autre que la lutte chimique, la lutte biologique, la lutte physique et le contrôle génétique. Le contrôle cultural est une adaptation « du système de culture afin de limiter les dommages dus aux bioagresseurs ». Il mobilise des techniques agronomiques. (Zadoks, 1993, Aubertot *et al.*, 2005a, cité dans Attoumani-Ronceux *et al.*, 2011)

Devant les problèmes soulevés par la forte dépendance de l'agriculture vis-à-vis de la lutte chimique (Aubertot *et al.*, 2005a), différents auteurs se sont attachés à rechercher une maîtrise des bioagresseurs ayant peu ou pas recours aux produits phytosanitaires. Ainsi, trois grands types de stratégie de réduction des intrants ont été identifiés (d'après Hill et MacRae, 1995):

- L'**efficience** : il s'agit d'optimiser des moyens mis en oeuvre pour parvenir à un objectif. Elle se mesure sous la forme d'un ratio entre les résultats obtenus et les ressources utilisées ; par exemple entre un résultat de rendement et une ressource exprimée en quantité de pesticides. Cette stratégie consiste à améliorer l'efficience des pesticides en raisonnant l'opportunité des traitements phytosanitaires, et/ou en adaptant les produits, les quantités ou les doses appliquées (conditions d'application, choix des produits, technique de pulvérisation, ...);
- La **substitution** : cette stratégie consiste à substituer l'utilisation d'un produit de lutte chimique par une autre méthode de lutte dite alternative (physique, biologique, ou de contrôle génétique ou cultural) ayant une efficacité assez proche. Il peut s'agir, par exemple, de remplacer un herbicide par un désherbage mécanique ;
- La **reconception** : il s'agit de recombinaison des techniques de protection des cultures disponibles afin de maîtriser les bioagresseurs durablement dans les systèmes de culture économes en pesticides.

I.2 La règle de décision

La notion d'itinéraire technique, « combinaison logique et ordonnée des techniques mises en oeuvre sur une parcelle en vue d'obtenir une production » (Sebillotte, 1978) permet de rendre compte des interventions réalisées par les agriculteurs sur leur parcelle, et des liens logiques entre ces différentes interventions. Pour transmettre un système de culture à un autre agriculteur dont le contexte et les

objectifs différents, ou le mobiliser une autre année en tenant compte des aléas, il faut comprendre comment un agriculteur décide et adapte des techniques pour répondre à ses objectifs.

En ce sens, Papy (1998) distingue « pratiques » et « techniques ». Selon lui, les techniques sont « indépendantes des agriculteurs et ont un contenu théorique ». Le dictionnaire Robert, définit la technique comme un « ensemble de procédés méthodiques, fondés sur des connaissances scientifiques, employés à la production ». Au contraire, les pratiques, rendent compte des « manières de faire des agriculteurs », des opérations concrètes mises en œuvre (Papy, 1998). Les techniques se caractérisent indépendamment des agriculteurs et ont un contenu théorique, tandis que les pratiques résultent de l'adaptation par un agriculteur de ces techniques à son système et à ses objectifs et résultent donc d'une décision (Milleville, 1987). Ainsi, une technique produira des pratiques plus ou moins nombreuses et diversifiées. Pour comprendre ce passage de technique à pratique, on peut rechercher l'ensemble des solutions qui s'offrent à un agriculteur à un instant t , et les raisons qui le poussent à en choisir une. C'est ainsi que la décision a été modélisée sous forme de règles de décision (Sebillotte et Soler, 1990 in Papy 1998).

Les règles de décision peuvent donc être définies comme le lien logique entre une technique et les différentes pratiques qu'elle peut générer pour obtenir un résultat, dans un contexte donné. L'utilisation des règles de décision permet donc de s'adapter aux variations du contexte, ce qui est un gage de transmission. La règle de décision est donc un outil (i) de l'agriculteur, praticien, qui adapte ses pratiques chaque année à son système de culture en fonction de l'évolution de celui-ci ; (ii) du conseiller, qui propose un conseil générique, adaptable, et modulable, garantie d'une appropriation par les agriculteurs ; (iii) de l'expérimentateur, pour la transmission de ses résultats et la déclinaison des techniques issues de la recherche en pratiques opérationnelles, dans une diversité de systèmes. Elle constitue ainsi un continuum entre agriculture, conseil et recherche.

D'une manière générale, la règle de décision est donc plus facilement transmissible et opérationnelle que la technique. En particulier, concernant la protection des cultures, l'expression des pratiques sous forme de règle de décision permet :

- de rendre compte des interactions entre les différentes techniques mises en œuvre dans le système de culture ;
- d'adapter les techniques à la situation particulière de chaque système de culture, et à son évolution, ou tout au moins de suggérer la possibilité d'une adaptation.

C'est ainsi qu'en s'appuyant sur le concept de modèle d'action pour l'agriculteur (Sebillotte, 1990 ; Sebillotte et Soler 1988, 1990), les processus de décision des agriculteurs ont été étudiés et formalisés. La règle de décision peut se définir pour un agriculteur comme une « règle opérationnelle permettant d'adapter ses décisions d'interventions au champ en fonction de l'état de la parcelle cultivée » (Sebillotte, 1990 ; Sebillotte et Soler 1988, 1990; Meynard *et al.*, 1996), ou encore, de manière plus générique comme « la relation entre le contexte et la décision adaptée aux objectifs et aux contraintes d'un agriculteur » (Sebillotte et Soler, 1990 cité dans Reau *et al.*, 1996). Il s'agit, pour un contexte donné, du lien logique entre des objectifs et les actions à mettre en œuvre dans chacune des situations que l'on peut rencontrer dans ce contexte. Ces travaux ont permis de dégager un formalisme opérationnel qui permet d'étudier ces règles de décision. La règle de décision est ainsi formalisée en 3 parties (Collectif ACTA, AGPM, CETIOM, ITCF, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 1995 ; Meynard *et al.*, 1996 ; Reau *et al.*, 1996) :

- Une (ou des) fonction(s) (« Pour quoi faire ? ») en relation avec les objectifs et les contraintes ;
- Une solution (« Comment faire ? ») qui regroupe les relations contexte-action. C'est une succession de « si... alors ; sinon ...alors » ;

- Un (ou des) critère(s) d'évaluation qui permet(tent) de vérifier si la fonction a été remplie *a posteriori*.

Cette définition a été adoptée pour différents types d'interventions culturales, et en particulier pour la protection chimique. Ainsi, par exemple, Clerjeau (2004, cité dans Léger 2008) a défini la règle de décision comme « la formalisation explicite [et argumentée] d'une démarche et de choix s'appuyant sur des indicateurs précis conduisant à une décision de traitement dans le but d'atteindre un objectif fixé ».

I.3 Les outils d'aide à la décision et outils de diagnostic

Un outil est composé (i) « d'un support matériel qui peut être un logiciel, une réglette, un analyseur, un kit de détection de maladies ou un piège à insectes, (ii) de procédures, formalisées dans des modes d'emploi, de recueil des informations ou des échantillons de plantes ou de sol qui alimentent le logiciel, le kit, (iii) de règles d'interprétation du résultat de la mesure et d'agrégation des informations » (Cerf et Meynard 2006).

Dans cette étude, nous considérons ainsi qu'un outil d'aide à la décision se compose d'une ou plusieurs règles de décision et d'un support matériel. Le support matériel englobe généralement l'intégralité de(s) règle(s) de décision ; mais par extension, dans cette étude, nous avons également considéré comme OAD tout outil associé à une ou des règles de décision et permettant d'appuyer leur mise en œuvre en aidant au renseignement d'un ou de plusieurs critères de décision. Nous appelons donc outil d'aide à la décision (OAD) tout outil qui intègre au moins une règle de décision clairement explicitée et qui est utilisable directement par les agriculteurs ou leurs conseillers pour prendre une décision opérationnelle d'intervention au champ ou faire une préconisation de conduite du système de culture.

Cette définition d'OAD exclut les **outils de diagnostic** permettant soit de diagnostiquer un état des pressions biotiques ou du milieu favorisant le développement d'une épidémie, soit de prévoir le développement d'un bioagresseur, et qui ne contiennent pas de RdD clairement énoncée permettant d'expliciter le lien entre le diagnostic qu'ils proposent et la décision à prendre. S'ils sont mobilisés explicitement dans des RdD en renseignant un critère de décision, nous les classerons dans les OAD, mais s'ils contribuent de manière plus large à une prise de décision, sans être associés directement à une RdD, nous les classerons dans les outils de diagnostic.

Différents types d'outils sont identifiés pour la lutte chimique :

- Outils pour mesurer une pression biotique locale : pièges...
- Outil de diagnostic d'un risque parcellaire du développement du bioagresseur en fonction du contexte et du système de culture : grilles de risque...
- Outils de diagnostic et de pronostic basés sur des modèles épidémiologiques pour estimer ou prévoir une pression biotique en fonction de conditions météorologiques favorables ou défavorables au bioagresseur : TOP, PRESEPT...

II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Afin d'identifier les pistes de travail à encourager dans le cadre du dispositif DECI en matière d'élaboration de RdD et d'OAD pour décider d'une opportunité d'intervention chimique dans des systèmes économes en intrants, nous avons cherché à répondre aux questions suivantes :

- **Quels sont les couples culture/bioagresseur pour lesquels nous ne disposons pas de RdD permettant de décider de l'opportunité d'une intervention chimique ?** Pour ces couples, le manque de RdD conduit-il à des interventions chimiques systématiques qui se révèlent parfois superflues, ou s'explique-t-il par un faible enjeu à maîtriser ce bioagresseur, ou par l'absence de lutte chimique ?
- **Pour chaque couple culture/bioagresseur disposant de RdD de lutte chimique, quelle est la qualité de ces RdD ?** Quel est leur domaine de validité ? Sont-elles valides dans tous les types de systèmes de culture et dans toutes les situations pédoclimatiques ? Permettent-elles de contribuer à l'objectif de réduction de l'utilisation des pesticides du plan Ecophyto 2018 ?
- **Quels sont les couples culture/bioagresseur pour lesquels les RdD existantes ne sont pas utilisées ?** Pour quelles raisons ?
- **En fonction des insuffisances identifiées, quels travaux prioriser pour mettre au point de nouvelles RdD ou améliorer l'existant ?**

Pour ce recueil des RdD et OAD aujourd'hui disponibles pour la gestion de la protection des plantes, et étant donnée la multitude des couples culture/bioagresseur potentiels, nous avons restreint le champ d'investigation. Nous présenterons donc tout d'abord le périmètre d'étude considéré, puis la méthodologie utilisée pour le recueil et pour son analyse critique, démarche illustrée par la Figure 3.

II.1 Périmètre de l'étude

Pour cette étude, nous nous plaçons à l'échelle **pluriannuelle du système de culture**, c'est-à-dire que nous nous intéressons aux décisions relatives aux interventions faisant partie du système de culture (succession de cultures et itinéraires techniques des cultures) et que nous excluons les règles de décision relatives à la gestion du système de production ou de l'exploitation : les règles d'arbitrage entre différentes interventions et les décisions qui concernent l'ensemble de l'exploitation, la gestion du matériel, le temps de travail... Toutefois, nous constaterons dans le recueil, que la majorité des règles de décision s'appliquent à l'échelle de l'itinéraire technique, et ce, en particulier pour la lutte chimique contre les maladies et les ravageurs.

Etant donné que les dispositifs FERMEcophyto et EXPEcophyto visent à tester et à étudier des stratégies pluriannuelles économes en produits phytosanitaires, nous avons ciblé cette étude sur les décisions tactiques relatives à l'utilisation des pesticides. Ainsi, nous avons décidé d'axer prioritairement l'analyse sur les **RdD et OAD permettant de juger de l'opportunité d'une intervention chimique ou de la date de déclenchement d'une protection chimique aussi bien dans des systèmes de culture courants que dans des systèmes de culture innovants**. Nous n'avons recueilli que ces RdD et OAD pour l'ensemble des cultures étudiées. Toutefois, afin de valider le formalisme et la méthodologie utilisés, nous avons réalisé un travail exploratoire en céréales à pailles en recueillant l'ensemble des RdD et OAD relatifs à la protection des cultures, aussi bien pour la lutte chimique, que pour les techniques alternatives. Nous avons concentré notre analyse sur les RdD et OAD potentiellement les plus à même de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires, c'est-à-dire ceux pour décider de l'opportunité de traitement chimique (traitement de semences et traitement

phytosanitaire en culture), en excluant les RdD concernant le choix des produits, les modalités d'application...

Afin d'obtenir un panorama des RdD et OAD disponibles dans les différentes filières, nous avons étudié les RdD et OAD d'un échantillon de cultures dans chaque grande filière de production. Tout d'abord en **grandes cultures**, nous avons travaillé sur les cultures identifiées dans l'étude Ecophyto R&D en portant une attention particulière au blé tendre, qui représente 42 % des surfaces recevant des produits phytosanitaires en 2006 (Agreste, 2006). Nous avons aussi étudié d'autres cultures plus marginales mais non négligeables dans certaines régions, pour vérifier l'hypothèse que les agriculteurs disposent de moins d'éléments pour décider de leurs interventions de lutte chimique pour ces cultures.

Pour les **cultures pérennes**, nous avons travaillé sur la vigne (à destination de la production de vin), seule culture de sa filière, et sur le pommier, culture majoritaire pour l'arboriculture fruitière.

Enfin, pour les **cultures légumières**, nous avons choisi avec l'aide d'experts de ces cultures des cas d'étude de cultures sous-abri froid et de plein champ, consommatrices en produits phytosanitaires et occupant une surface relativement importante en France.

Les cultures retenues pour l'étude sont donc :

- **Grandes cultures** : céréales à paille, colza d'hiver, maïs, betterave, féverole, lin, tournesol ;
- **Cultures pérennes** : vigne, pommier ;
- **Cultures légumières** : laitue sous-abri froid, tomate sous-abri froid, melon sous abris froid, carotte de plein champ, poireau de plein champ.

Pour chacune de ces cultures, les couples culture/bioagresseur sont ensuite recensés, soit à dire d'experts, soit à partir de ressources bibliographiques, notamment :

- Aubertot J.N *et al.*, 2005b ;
- Délos, 2009 pour les grandes cultures ;
- INRA, 2009a, INRA, 2009b, INRA, 2009c, INRA, 2009d, INRA 2009e ;
- ACTA 2012.

En fonction des données disponibles, ces couples culture/bioagresseur sont hiérarchisés selon un enjeu phytosanitaire : quels couples font aujourd'hui l'objet des plus importantes utilisations de pesticides ? Pour quels couples les bioagresseurs peuvent être responsables de pertes économiques importantes ? Cet enjeu phytosanitaire a été défini en considérant trois variables : la probabilité du risque d'épidémie du bioagresseur, sa magnitude, et l'IFT (Annexe I). Cette probabilité et cette magnitude correspondent à l'occurrence et à la gravité des attaques potentielles, le risque d'épidémie correspondant à un risque de dommages que peut causer le bioagresseur. Ces notions sont issues de l'épidémiologie et utilisées dans la littérature de la protection des cultures (INRA, 2009a ; Aubertot *et al.*, 2005b). Ces variables sont qualitatives et évaluées à partir des données disponibles dans la littérature (INRA, 2009a ; Aubertot *et al.*, 2005a ; Délos, 2009) et des entretiens réalisés ; l'IFT est une valeur moyenne française recueillie dans la littérature (INRA, 2009a,b,c et d ; Aubertot *et al.*, 2005b). Ces trois variables sont ensuite agrégées pour estimer un enjeu phytosanitaire pour le couple culture/bioagresseur considéré. La méthodologie détaillée de l'évaluation de l'enjeu phytosanitaire est décrite en Annexe I.

Pour les filières Grandes Cultures et Vigne, l'ensemble du cortège des bioagresseurs a été couvert pour les cultures étudiées et un enjeu phytosanitaire a pu être estimé pour chacun d'eux.

Pour le pommier, seuls les couples culture/bioagresseur à fort enjeu en termes de contribution à l'utilisation des produits phytosanitaires d'après l'étude Ecophyto R&D ont été étudiés. L'enjeu phytosanitaire de ces couples a été estimé sur la base des données d'IFT disponibles dans la littérature (INRA, 2009 a,b,c et d) et sur une évaluation à dire d'experts de la probabilité et de la magnitude des bioagresseurs concernés.

Pour les cultures légumières, seuls les couples culture/bioagresseur définis à dire d'experts (acterus de la filière) comme à forts enjeux en termes de contribution à l'utilisation des produits phytosanitaires ont été intégrés dans l'étude. L'enjeu phytosanitaire n'a pu être évalué pour ces cultures, faute de données d'IFT disponibles.

Dans l'analyse, nous nous sommes focalisés sur les OAD au sens strict du terme, tel que défini précédemment. Cependant, nous nous sommes également intéressés aux outils de diagnostic pour en étudier les atouts et les limites pour la prise de décision en protection des cultures.

II.2 Méthodologie du recueil

II.2.1 Sources d'information et étapes du recueil

Pour chaque couple culture/bioagresseur retenu, nous avons recueilli les règles de décision et outils d'aide à la décision de la littérature du conseil agricole : brochures techniques, BSV¹, sites internet... Par conseil, nous entendons principalement les instituts techniques (Arvalis-Institut du végétal, Céliom, UNIP, ...) et les chambres d'agriculture, mais nous avons également considéré les documents diffusés par d'autres organismes proposant des conseils ou des suivis et des outils d'aide à la décision (coopératives, industries phytosanitaires ...). Nous nous sommes efforcés de regrouper les RdD recueillies en les confrontant entre elles.

Dans un premier temps, ce recueil a été discuté soit lors d'entretiens individuels auprès de conseillers de chambre d'agriculture et d'ingénieurs d'instituts techniques ou de l'INRA travaillant dans différentes régions productrices des cultures concernées. (cf. Annexe II et Annexe III), soit lors d'ateliers de travail (Annexe VI). Ces entretiens permettent de (i) confirmer ou infirmer les premiers éléments retenus, et (ii) de compléter le recueil par des RdD non encore diffusées mais en cours des tes ou d'apprentissage ou repérées chez quelques agriculteurs innovants. Nous avons ainsi obtenu **un recueil validé des RdD et OAD par couple culture/bioagresseur** qui représente une certaine diversité de ce qui existe en France aujourd'hui, sans pour autant prétendre être exhaustif.

De plus, afin de pouvoir juger de la validité, et de la qualité des RdD et OAD, nous avons étudié la littérature scientifique relative à certaines RdD et à certains OAD. Cependant, il est important de mentionner que les RdD et OAD n'ont pas tous fait l'objet de publications, et les éléments permettant de juger de leur validité restent donc limités. Pour pouvoir discuter de la pertinence des RdD et OAD recueillis vis-à-vis d'un objectif de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, des informations qualitatives relatives aux pratiques régionales réelles des agriculteurs auprès desquels ces RdD et OAD sont diffusés ont été collectées lors des entretiens individuels avec les conseillers et ingénieurs du développement, ou lors des ateliers.

¹ Bulletin de Santé du Végétal

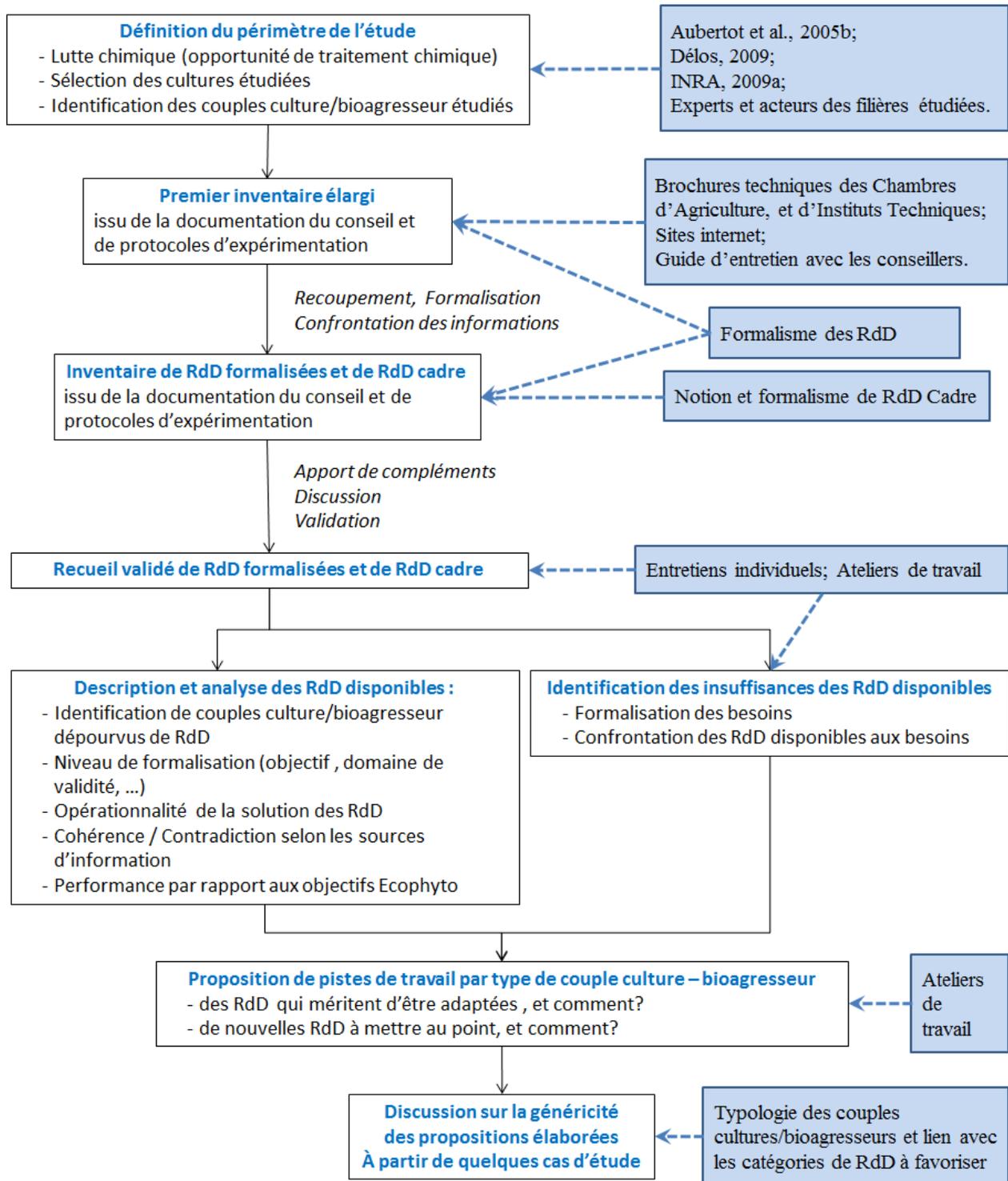


Figure 3 : Représentation schématique de la méthode de l'étude

II.2.2 Formalisme de règles de décision retenu pour le recueil et son analyse critique

Afin d'assurer l'homogénéité des informations recueillies et d'en faciliter l'analyse, nous avons utilisé un formalisme commun d'écriture des règles de décision. Ce formalisme est issu des travaux des années 90 (Collectif ACTA, AGPM, CETIOM, ITCF, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 1995 ; Meynard *et al.*, 1996 ; Reau *et al.*, 1996) et a été enrichi, explicité et étoffé lors d'un séminaire de travail multi-partenarial organisé dans le cadre de cette étude. La Figure 4 présente ce formalisme de manière schématique.

Le formalisme retenu est le suivant :

- **Culture(s) concernée(s)**
- **Bioagresseur (s) concerné(s)**
- **Objet de la décision** : ce sur quoi porte la décision
- **Domaine de validité de la RdD** : les éléments caractéristiques du système de culture pour lesquels la RdD a été validée
 - **Contexte** : pédoclimatique, pressions biotiques
 - **Bornes temporelles**
 - **Caractéristiques du SdC** : objectifs, enjeux, stratégies, éventuellement succession culturale
 - **Techniques et RdD à combiner** pour pouvoir mettre en œuvre cette RdD
- **Domaine d'utilisation de la RdD** : éléments caractéristiques du système de culture pour lesquels la RdD est utilisée (surtout quand le domaine de validité de la RdD ne peut pas être renseigné, ou encore lorsque la RdD est utilisée et diffusée dans des situations extérieures au domaine de validité)
- **Objectifs de la RdD**
- **Résultats attendus et critères d'évaluation de la RdD**
- **Solution** :
 - **Enoncé** (exemple : si [critère], alors [option1], sinon, alors [option2]) ; les options sont donc les différentes sorties possibles de la RdD : modalité d'un acte technique, absence d'intervention...
 - **Critères de décision** (éléments qui vont guider le choix d'une option)
 - Type d'observation/ Utilisation d'outil pour renseigner le critère de décision/ coût d'acquisition de l'information :
 - **Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus** (sur l'état de la culture, et sur les futures techniques qui pourraient être mobilisées).
La fréquence d'itération des différentes options est la fréquence à laquelle chacune des options (modalité d'une intervention, absence d'intervention...) sera mise en œuvre suite à l'application de la règle de décision. Cette information est recueillie, lorsqu'elle est disponible.
Les effets attendus sont les retombées prévisibles d'une option de la RdD sur le système de culture, et qui ne font pas partie de l'objectif de la RdD. Ils peuvent aussi bien être positifs que négatifs.
- **Sources et références**

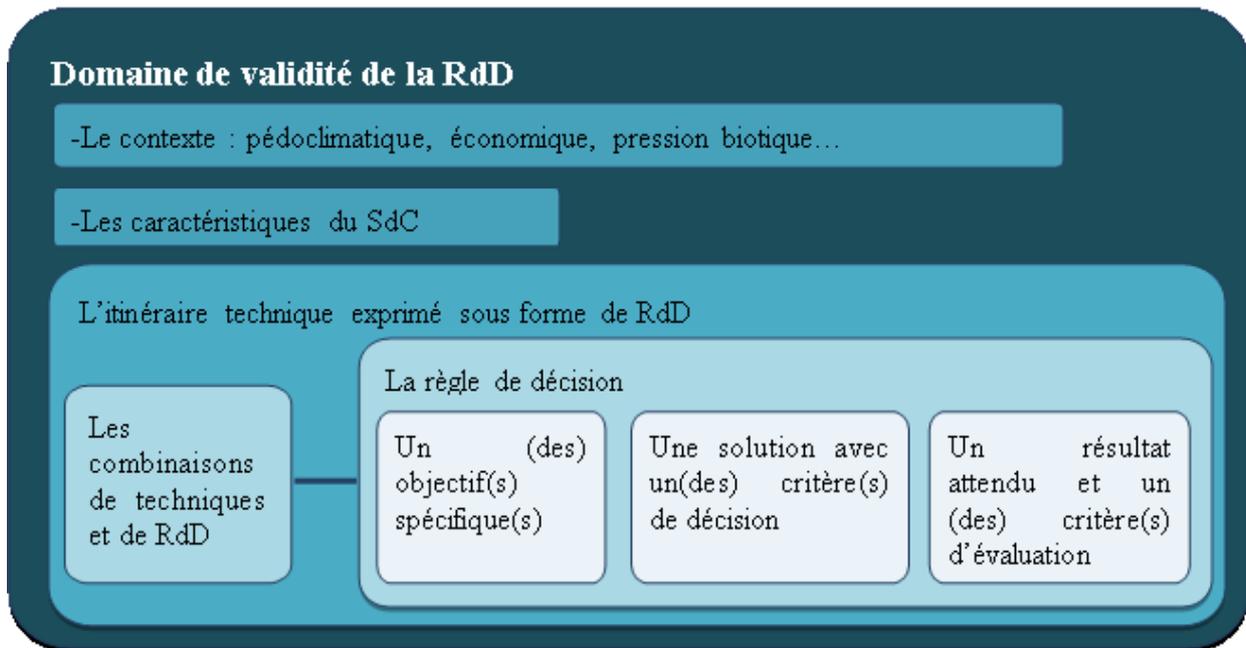


Figure 4 : Représentation schématique d'une règle de décision dans son système de culture

Dans la pratique, les RdD diffusées dans le conseil peuvent être beaucoup moins complètes et formalisées, tout en étant très nombreuses. Cela rend leur recueil très complexe. Cependant, l'absence d'information étant une information en soi, nous utilisons ce formalisme pour le recueil et pour l'analyse, mettant ainsi en évidence les lacunes des différentes RdD recueillies, les contradictions entre différentes RdD, et les imprécisions qui pourraient être source d'une utilisation inadéquate ou perfectible.

II.3 Méthodologie de description et d'analyse des règles de décision recueillies

II.3.1 Règle de décision élémentaire, règle de décision complexe, et règle de décision cadre

La diversité des contextes rencontrés peut générer une multitude de règles de décision élémentaires, pour une même décision. Dans ce cas, comment les recueillir et rendre compte d'un panorama de règles de décision disponibles ? Comment identifier l'ensemble des situations pour lesquelles on dispose de RdD pour décider ? Comment identifier les situations ou les décisions pour lesquelles on manque d'information ?

La complexité de la question tient notamment aux modalités de conception des règles de décision : choix du modèle sous-jacent, origines du paramétrage et modalités de validation de la règle de décision.

Quand on dispose d'un modèle utile pour l'aide à la décision, on peut estimer que l'idéal est d'organiser le paramétrage de ce modèle de telle sorte que la règle de décision puisse être adaptée à une large gamme de situations, et notamment à un territoire vaste. Cette démarche de conception centralisée aboutit à des règles de décision que nous appelons complexes dans la mesure où elles sont paramétrées pour prendre des décisions dans une large gamme de situations.

Dans les faits, la conception de règles de décision est souvent moins centralisée, ce qui permet de démultiplier l'activité mais ce qui empêche parfois d'assurer la cohérence entre règles de décision d'origines différentes. Dans ces conditions, plusieurs règles de décision peuvent être construites avec

le même modèle et sur la base des mêmes critères de décision, mais avec des seuils et/ou des solutions qui sont adaptés par leur auteur, suivant les spécificités locales et aussi suivant les résultats attendus. Ce mode de conception peut aboutir à des règles de décision basées sur le même principe mais aboutissant à des recommandations différentes dans certaines situations. Afin d'identifier ces situations et ces règles de décision, et d'apprécier la complémentarité ou les contradictions entre les différentes RdD recueillies dans le conseil, nous avons mobilisé la notion de RdD cadre, que nous avons différenciée de la RdD élémentaire, et de la RdD complexe, toutes trois définies comme suit et illustrées en Annexe IV :

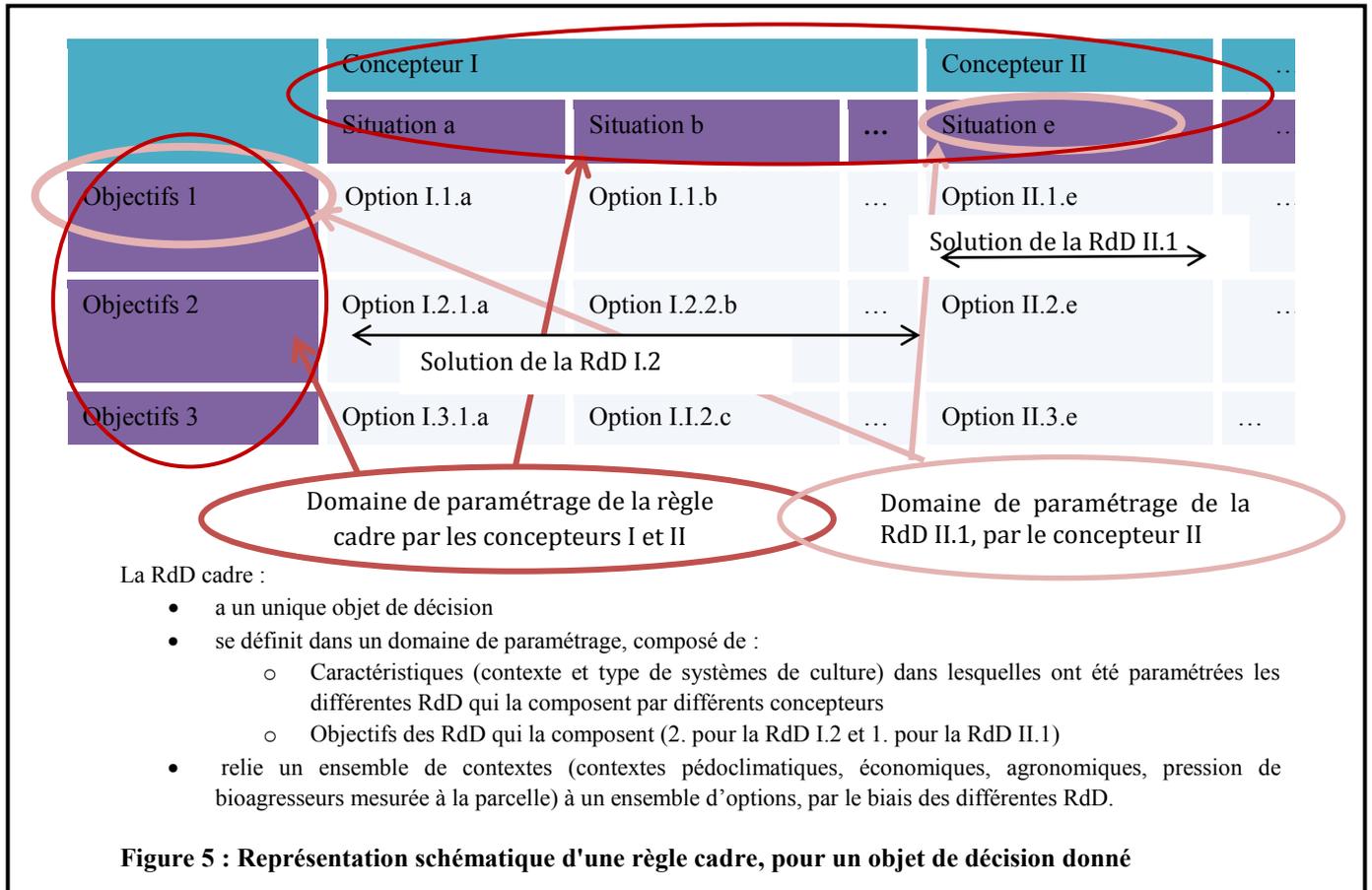
- **règles de décision élémentaires**, les RdD paramétrées pour des échelles peu étendues (au domaine de validité étroit), et dont les critères de décision sont des observations, des mesures ou des estimations réalisées au moment ou peu avant de prendre la décision ;
- **règle de décision cadre**, un regroupement de règles de décision élémentaires conçues sur des modèles de base et des critères de décision identiques, mais dont le paramétrage a été réalisé sur des bases particulières, non cohérentes avec les autres RdD existantes. Une RdD cadre est ainsi définie par son modèle et les critères de décision associés ;
- **règles de décision complexes** : règle de décision élaborée selon une méthode de conception centralisée et dont les critères de décision permettent de couvrir une large gamme de situations.

Ainsi, lorsque pour deux contextes différents (pédoclimatiques, autres techniques ou décisions prises en amont,...) nous recueillions deux solutions différentes, nous avons distingués deux RdD élémentaires différentes, chacune définie et utilisée dans son contexte. Par contre, quand deux règles étaient absolument identiques, mais recueillies dans deux contextes différents, nous les regroupons en une seule RdD élémentaire utilisée dans ces deux contextes indiqués dans le domaine d'utilisation ou de validité.

Si, pour un objet de décision donné, deux RdD élémentaires ont le même formalisme de solution, avec les mêmes critères de décision, mais des solutions qui diffèrent (par les seuils des critères de décision, par les options) ou des bornes temporelles qui diffèrent, et que ces différences sont explicitement reliées à des contextes ou à des objectifs différents, nous avons distingué trois cas de figures, illustrés en Annexe VII :

- plusieurs RdD élémentaires conçues par un même concepteur et ayant le même objectif sont identifiées comme des déclinaisons d'une RdD complexe,
- plusieurs RdD élémentaires dont on ne connaît pas les origines de conception et qui ont le même objectif sont synthétisées en une RdD cadre (Figure 5 et Figure 6)
- plusieurs RdD élémentaires aux objectifs différents sont synthétisées en une RdD cadre

Lors du recueil, nous n'avons eu que très rarement accès à la manière dont les RdD ont été conçues et à l'identification de leurs concepteurs. Ainsi, il a été très difficile de savoir si plusieurs RdD élémentaires peuvent constituer une RdD complexe ou non. **Dans un souci d'homogénéité dans la manière de recueillir et d'analyser ces RdD élémentaires, nous avons donc choisi de considérer toutes les RdD élémentaires (y compris les composantes des RdD complexes) comme des RdD distinctes, et d'élaborer à partir de ces RdD élémentaires des RdD cadre.**



RdD d'opportunité de lutte chimique contre la cécidomyie en blé tendre d'hiver	Concepteur I pour : Bourgogne		Concepteur II pour Picardie		
		Pas de captures de cécidomyies Ou $T < 15^{\circ}\text{C}$ Ou pas d'observation de cécidomyies en position de ponte le soir sur les épis	Captures de cécidomyies $T > 15^{\circ}\text{C}$ Et cécidomyies en position de ponte le soir sur les épis	Pas de captures de cécidomyies Ou $T < 12^{\circ}\text{C}$ Ou pas d'observation de cécidomyies en position de ponte le soir sur les épis	Captures de cécidomyies $T > 12^{\circ}\text{C}$ Et cécidomyies en position de ponte le soir sur les épis
Objectifs : renseignés	non	Impasse	Intervention insecticide	Impasse	Intervention insecticide

- Domaine d'utilisation de la RdD cadre :
 - Bornes temporelles : De début épiaison à floraison
 - Type de SdC : Tous types de systèmes de culture et toutes techniques mises en œuvre

Figure 6 : Exemple d'une règle cadre, pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre la cécidomyie en blé tendre d'hiver

Lorsqu'il était possible d'élaborer ces règles cadre, nous n'avons alors pas recueilli toutes les solutions des règles élémentaires correspondantes, mais nous nous sommes attachés à identifier :

- le **domaine de paramétrage** de la règle cadre qui englobe l'ensemble des contextes et des objectifs des SdC dans lesquels cette règle cadre est déclinée ou peut être déclinée en RdD
- les **clés de déclinaison de cette règle cadre en RdD** (les éléments pour décliner la règle cadre, et les méthodes pour le faire)
- des **RdD et solutions déclinées de manière non exhaustive**, afin de donner des repères, dans un ou plusieurs contextes de production, et pour un ou plusieurs objectifs.

II.3.2 Axes d'analyse des règles de décision recueillies

Une première analyse consiste à examiner le recueil des RdD, pour déterminer les **couples culture/bioagresseur sujets à la lutte chimique pour lesquels il n'existe pas de RdD**.

Ces couples sont ensuite triés, afin de conserver les couples pour lesquels les agriculteurs réalisent des interventions chimiques systématiques, dont certaines peuvent se révéler superflues *a posteriori* et ceux pour lesquels les agriculteurs raisonnent les interventions chaque année, sans que les règles de décision ne soient formalisées et disponibles dans le conseil. On met ainsi en évidence les couples culture/bioagresseur pour lesquels il existe **un besoin en RdD**.

Une fois ce premier besoin identifié, nous avons étudié plus précisément les RdD existantes susceptibles de permettre de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour cela, nous avons retenu les RdD dont l'objet de décision est :

- L'opportunité d'intervention chimique ;
- La date de déclenchement d'une intervention chimique, lorsque celle-ci influe sur le nombre de traitements (notamment le déclenchement d'un programme phytosanitaire qui couvre une période spécifique et qui est défini par une succession de traitements, ainsi que la durée des intervalles entre ces traitements).

Nous avons dans un premier temps utilisé le formalisme présenté ci-dessus pour analyser les RdD existantes, et **juger de leur degré de formalisation** à travers plusieurs interrogations :

- Quels sont les éléments pris en compte dans la RdD et les informations disponibles ?
- Les domaines de validité et/ou d'utilisation de la RdD sont-ils connus ?
- Avec les informations disponibles, parvient-on à regrouper les RdD recueillies au sein d'une même RdD cadre ? Si oui, quel est le domaine de paramétrage de la RdD cadre ainsi définie ? Ses objectifs et résultats attendus sont-ils bien explicités ?

Cette démarche permet (i) **d'identifier les RdD incomplètes**, à mieux formaliser pour leur diffusion, et (ii) de **mettre en évidence les situations** (ensembles de contextes et d'objectifs) **pour lesquelles il n'y a pas de RdD adaptée**.

Nous avons ensuite analysé de manière plus approfondie les solutions des RdD afin de pouvoir juger de leur précision, c'est-à-dire d'**analyser si la solution telle qu'explicitée dans le conseil était applicable sans difficulté et pouvait réellement permettre d'aboutir à une décision opérationnelle** :

- Les critères de décision sont-ils tous définis ? Les variables à renseigner sont-elles toutes explicitées ?
- La manière de renseigner les critères de décision (source d'information à mobiliser, méthode d'échantillonnage à utiliser, délai de retour à l'observation de la parcelle...) est-elle bien explicitée ?
- Les différentes options sont-elles applicables, c'est-à-dire l'action à mettre en œuvre à l'issue de la décision est-elle clairement décrite ?

L'identification de RdD aux solutions peu précises nous permet d'identifier des voies d'amélioration et des pistes de travail.

Puis, nous avons analysé la **cohérence des RdD disponibles pour un même objet de décision** :

- Quel(s) de critère(s) de décision mobilisent-elles ?
- Existe-t-il, pour un même domaine d'utilisation, plusieurs RdD différentes ayant des objectifs et résultats attendus identiques ?

Nous avons ainsi identifié des situations pour lesquelles il nous a été impossible d'expliquer les différences entre RdD ayant un même objet de décision, et de les rendre compatibles entre elles. Dans ces situations, il est impossible de savoir quelle RdD mobiliser. **L'identification des situations pour lesquelles il existe différentes RdD contradictoires met en évidence un besoin en RdD, au même titre que l'absence de RdD.**

Enfin, sur les **RdD recueillies, précises, et cohérentes**, nous avons tenté d'apporter des éléments de réponse à différentes questions relatives à leur **performance par rapport aux objectifs Ecophyto** : la mise en œuvre de cette RdD permet-elle de contribuer à la diminution de l'utilisation de pesticides ? Pour cela, lors des entretiens individuels ou des ateliers de travail, nous avons discuté la pertinence réelle vis-à-vis des besoins des agriculteurs d'une part (faisabilité de la RdD, coût d'acquisition de l'information, confrontation aux pratiques des agriculteurs), et d'autre part la fréquence d'itération des différentes options de la solution. Cela nous a permis d'évaluer (i) le degré d'utilisation de cette RdD dans une optique de réduction de l'utilisation des pesticides : est-ce que tous les agriculteurs appliquent déjà cette règle ou uniquement certains d'entre eux, que font les autres en pratique... ; et (ii) si cette RdD permet réellement une réduction de l'utilisation des pesticides (Une RdD d'opportunité d'intervention chimique conduit-elle à des traitements systématiques, fréquents, rares... ?).

II.4 Méthodologie d'analyse de la pertinence des RdD disponibles selon leurs critères de décision

Pour compléter cette analyse des RdD disponibles réalisée de manière théorique à partir des informations diffusées dans la documentation technique, nous avons cherché à identifier les insuffisances des RdD disponibles du point de vue des critères de décision mobilisés et de leur pertinence pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, au regard des connaissances disponibles sur les bioagresseurs et les cultures.

Pour cela, en atelier de travail, nous avons conduit **une réflexion sur les critères de décision les plus pertinents à mobiliser dans des RdD d'opportunité de lutte chimique pour un sous-échantillon de couples culture/bioagresseur** (Annexe VI) : sur quel(s) critère(s) de décision devrait idéalement être fondée une RdD pour juger de l'opportunité d'une intervention chimique pour un couple culture/bioagresseur ? Cette réflexion théorique nous a permis de formaliser les besoins en RdD et également, via les argumentaires des participants aux ateliers, d'identifier certaines pistes de travail.

Parallèlement, les RdD aujourd'hui disponibles ont également été classées en fonction des critères de décision qu'elles combinent ; ce qui a permis de confronter l'existant à ce qui serait souhaitable et ainsi d'identifier des insuffisances des RdD aujourd'hui disponibles du point de vue de leurs critères de décision. Certaines pistes de travail pour faire évoluer les RdD existantes vers les RdD identifiées comme plus pertinentes ont été proposées lors des discussions en atelier.

II.5 Méthodologie d'analyse des outils d'aide à la décision recueillis

D'une manière générale, tout outil utilisé dans le cadre du conseil et relatif à une RdD a été recueilli ainsi que les OAD intégrant des RdD diffusées. Si les informations relatives à leur fonctionnement sont accessibles, une analyse critique de ces OAD a été réalisée, notamment concernant :

- Leur disponibilité, par couple culture/bioagresseur et par type de SdC ;
- Leur transparence, évaluée par l'accès aux RdD qu'ils mobilisent, et à leur paramétrage ;
- Leur explicitation, évaluée par le degré de formalisation des RdD qu'ils mobilisent (notamment leurs objectifs, les contextes et types de SdC dans lesquels ces RdD sont validées) ;
- La prise en compte, dans ces OAD, des interactions entre différentes techniques, RdD et éléments de contexte.

Pour les outils de diagnostic, nous nous sommes également intéressés à la façon dont ils ont été construits et sont utilisés : par qui sont-ils mobilisés, et comment ? Peuvent-ils être valorisés par la mise au point d'une RdD associée ?

II.6 Méthodologie d'élaboration des propositions de pistes de travail

Le début de l'étude a été consacré à un travail d'analyse des règles de décision sur différents aspects : identification de couples culture/bioagresseur dépourvus de RdD, niveau de formalisation, opérationnalité de la solution des RdD, cohérence des RdD selon les sources d'information, performance par rapport aux objectifs Ecophyto, pertinence des critères de décision mobilisés.

Ces différents éléments d'analyse ont ensuite **été intégrés et synthétisés pour disposer d'une vision globale des RdD aujourd'hui disponibles afin d'élaborer et de hiérarchiser des pistes de travail**. Par exemple, comment faire évoluer des RdD jugées claires et précises mais qui ne sont pas totalement satisfaisantes du point de vue des critères de décision mobilisés ? Comment améliorer des RdD jugées comme très pertinentes du point de vue des critères de décision mobilisés pour qu'elles intègrent une plus large diversité de situations de production et d'objectifs des agriculteurs et qu'elles soient plus opérationnelles ?

Ce travail de synthèse et d'intégration d'éléments d'analyse nous a permis d'identifier les lacunes des RdD aujourd'hui disponibles. Ce bilan a été discuté lors des ateliers et des propositions de pistes de travail à encourager pour combler ces lacunes y ont été élaborées. Les pistes de travail retenues concernent des travaux de conception et de test de RdD au sens strict ; les connaissances aujourd'hui disponibles étant jugées satisfaisantes. Cependant dans certains cas, des travaux de recherche pour progresser sur la connaissance des bioagresseurs, leur dynamique de développement et leurs interactions avec l'environnement et les pratiques seront également nécessaires pour la mise au point de nouvelles règles de décision ou de nouveaux outils d'aide à la décision.

II.7 Discussion sur la généralité des propositions élaborées à partir de quelques cas d'études

Dans cette étude, tous les couples culture/bioagresseur existants n'ont pas pu être étudiés. Cependant, dans le cadre du plan Ecophyto 2018 et des actions qui pourraient être engagées, il semble intéressant de discuter de la généralité des propositions élaborées dans cette étude à partir de quelques cas d'étude : les propositions élaborées peuvent-elles s'appliquer à des couples culture/bioagresseur non étudiés ?

Pour cela, nous avons cherché à élaborer une typologie de couples cultures/bioagresseur en fonction des critères de décision les plus pertinents à mobiliser dans les rdD relatives à l'opportunité d'une intervention chimique. Par pertinence des critères de décision nous entendons leur capacité à (i) décider de l'opportunité d'une intervention chimique, et (ii) limiter l'utilisation des produits phytosanitaires.

Sur la base des travaux conduits en atelier, nous avons regroupé et classé les couples culture/bioagresseur étudiés par combinaison de critères de décision les plus pertinents à mobiliser, dans l'absolu : il s'agit d'identifier les critères de décision qui seraient nécessaires à mobiliser pour la mise au point de règles de décision sans contrainte pour la réalisation des observations et l'acquisition d'information, ni de connaissances disponibles. Nous avons ensuite cherché à identifier les caractéristiques des cultures et des bioagresseurs communes aux couples d'une même classe et qui expliqueraient qu'il est plus pertinent de mobiliser tel critère de décision plutôt qu'un autre (cycle du bioagresseur, persistance du bioagresseur dans la parcelle, moment de la décision et type de lutte chimique disponible, ...).

La structuration d'une telle typologie permet d'envisager de (i) proposer des pistes de travail pour l'ensemble des couples culture-bioagresseur ayant des caractéristiques communes, (ii) identifier, au sein d'un même type, les travaux conduits pour la mise au point de RdD sur un couple bien pourvu en RdD et qui pourraient être mobilisés pour la mise au point de RdD pour des couples moins bien pourvus en RdD, (iii) de discuter de la généralité des conclusions de l'étude.

III. RECUEIL ET ANALYSE DES REGLES DE DECISION ET OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR LES GRANDES CULTURES

Nous présentons tout d'abord le recueil global, puis nous analyserons les RdD recueillies par culture et par grandes catégories de bioagresseurs. Nous développerons ensuite l'analyse des RdD de quelques couples culture/bioagresseurs principaux, à enjeux importants en termes d'utilisation de produits phytosanitaires, puis nous citerons les autres couples culture/bioagresseur pour lesquels le recueil de RdD conduit au même type de conclusion. Pour les autres couples, se reporter aux annexes (cf. Annexe VII, Annexe VIII, Annexe IX, Annexe X).

III.1 Présentation générale du recueil des règles de décision pour les grandes cultures

III.1.1 Présentation du recueil : des règles de décision nombreuses et inégalement réparties entre les différentes cultures

Le Tableau 1 présente la répartition des RdD recueillies en grandes cultures, par culture, pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les bioagresseurs. Au total, nous avons recueilli 441 règles de décision, dont 168 pour les céréales à pailles, 73 pour le colza d'hiver, 23 pour le tournesol, 24 pour le lin, 43 pour la betterave, 51 pour le maïs et 33 pour la féverole. Les règles de décision existantes sont donc nombreuses mais inégalement réparties entre les cultures.

Tableau 1 : Nombre de règles de décision d'opportunité d'intervention chimique (traitement de semences et lutte chimique en culture) recueillies par culture pour les grandes cultures

		Nombre de RdD d'opportunité de lutte chimique recueillies
Céréales à pailles	Seigle	10
	Orge de printemps	33
	Triticale	45
	Orge d'hiver	66
	Blé tendre d'hiver	123
	Nombre total de RdD recueillies en céréales à pailles*	168
Oléagineux	Colza d'hiver	73
	Tournesol	23
	Lin	24
Betterave		43
Maïs		51
Protéagineux	Féverole	33
Autres (quelques RdD pour la moutarde, le lupin, le pois, la pomme de terre)		23
RdD toutes cultures		3
Nombre total de RdD recueillies		441

* les RdD recueillies sont parfois génériques (toutes céréales ou toutes céréales à pailles) et s'appliquent donc à plusieurs cultures différentes. Le nombre total de RdD est donc inférieur à la somme des RdD pour chaque culture

Si l'on compare les RdD disponibles par culture en céréales à pailles, on note une répartition très inégale. Le blé tendre d'hiver est la culture pour laquelle la disponibilité en RdD est la plus grande

(123 RdD ont été recueillies), tandis que la disponibilité en RdD pour des cultures plus marginales, comme le seigle, ou l'orge de printemps est plus faible. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces cultures sont cultivées de manière plus marginale en France (Bureau des Statistiques sur les Productions et les Comptabilités Agricoles, 2011) et font par conséquent l'objet de moins de travaux de recherche ou de développement. De plus, ces cultures sont le plus souvent cultivées dans des systèmes de culture en polyculture élevage ou dans des systèmes de culture dont les successions culturales sont assez longues et diversifiées, pour lesquels il existe des objectifs de réduction de l'utilisation des intrants. La lutte chimique, dans ces systèmes, présente donc moins d'enjeux.

Cette disparité de répartition des règles de décision peut provenir d'une disparité de disponibilité de ces RdD, elle-même pouvant s'expliquer par le fait que les cultures présentent des caractéristiques différentes (par exemple la rusticité), ou encore par des surfaces cultivées plus ou moins importantes et donc par des différences de moyens investis dans la recherche. Elle peut également provenir d'une disparité entre les cultures dans les documents analysés et les sources d'information.

III.1.2 Présentation du recueil : des règles de décision très peu formalisées

Comme nous l'avons vu, une règle de décision formalisée devrait préciser son domaine de validité (les éléments du contexte et du type de système de culture, y compris les techniques culturales clés des systèmes de culture, le cas échéant) et ses objectifs, associés à des résultats attendus.

Le Tableau 2 permet une première analyse du niveau de formalisation des RdD disponibles. Il présente le nombre de RdD pour lesquelles un ou plusieurs éléments du formalisme utilisé pour le recueil sont renseignés : éléments de contexte, éléments d'objectif, éléments de système de culture, et tous les éléments simultanément. On constate que le nombre de RdD formalisées est très faible (24 sur 441 RdD recueillies). De plus, si l'on sélectionne les RdD ayant au moins un élément d'objectif, on constate qu'il y en a seulement 75 pour 441 RdD. Il faut toutefois noter que cela dépend des sources d'information du recueil. Par exemple, pour la betterave, nous avons eu l'appui de l'équipe « Gestion des bioagresseurs » de l'Institut Technique de la Betterave pour recueillir et formaliser les RdD. Cela explique qu'elles soient mieux formalisées pour cette culture.

Ces résultats révèlent que les règles de décision restent assez peu explicites ; ce qui peut conduire à les mettre en œuvre au-delà de leur domaine de validité, celui-ci étant méconnu.

Tableau 2 : Premiers éléments sur le niveau de formalisation des règles de décision recueillies pour les grandes cultures

Éléments (même partiels) de formalisation des RdD	Céréales à pailles	Colza	Tournesol	Betterave	Maïs	Féverole	Toutes cultures	Autres	Total
Total des RdD recueillies	168	73	23	43	51	33	3	47	441
Nombre de RdD précisant au moins un élément de <u>contexte, même implicitement</u> (exemple : RdD diffusée en Bourgogne : contexte=Bourgogne)	82	26	7	21	27	8	2	16	189
Nombre de RdD prenant en compte <u>formellement le contexte</u> pour la décision	29	8	7	21	3	3	0	16	87
Nombre de RdD prenant en compte <u>d'autres techniques</u> du SdC	59	14	10	23	5	3	0	2	116
Nombre de RdD avec au moins <u>un élément d'objectif(s)</u>	8	8	1	33	10	9	3	3	75
Nombre de RdD combinant à la fois un élément, même partiel, <u>de contexte, d'objectifs, et de techniques</u> du SdC	2	0	0	20	0	0	2	0	24

III.1.3 Présentation du recueil : comparaison entre la disponibilité en règles de décision pour la lutte chimique et pour la mise en œuvre de techniques alternatives

Dans un premier temps, pour l'étude des céréales à pailles uniquement, nous avons recueilli les RdD pour la mise en œuvre de techniques alternatives à la lutte chimique. Ainsi, nous pouvons comparer la disponibilité entre ces différentes RdD, pour les céréales à pailles. Le Tableau 3 présente le nombre total de RdD recueillies pour les céréales à pailles et leur répartition entre RdD d'opportunité de lutte chimique (traitement de semence et applications en culture) et RdD pour la mise en œuvre de techniques alternatives recueillies, pour les cultures de seigle, orge de printemps, triticale, orge d'hiver et blé tendre d'hiver. Alors que la lutte chimique ne constitue qu'un des cinq modes de gestion des bioagresseurs, les RdD d'opportunité de lutte chimique qui ont été recueillies sont plus nombreuses que celles disponibles pour la mise en œuvre de techniques alternatives (respectivement 168 et 127).

Tableau 3 : Nombre de règles de décision recueillies pour les céréales à pailles en fonction des modes de gestion de la protection des cultures

	Total	RdD d'opportunité de lutte chimique	RdD pour la mise en œuvre de techniques alternatives
Seigle	23	10	13
Orge de printemps	45	33	13
Triticale	64	45	16
Orge d'hiver	103	66	37
Blé tendre d'hiver	219	123	96
Nombre total de RdD recueillies pour les céréales à pailles*	295	168	127

* les RdD recueillies sont parfois génériques (toutes céréales ou toutes céréales à pailles) et s'appliquent donc à plusieurs cultures différentes. Le nombre total de RdD est donc inférieur à la somme des RdD pour chaque culture

Cette disparité peut également être observée à l'échelle de chaque culture en ce qui concerne l'orge de printemps, le triticale, l'orge d'hiver et le blé tendre d'hiver. Pour le seigle, au contraire, les RdD pour la mise en œuvre de techniques alternatives recueillies sont plus nombreuses que celles concernant l'opportunité de lutte chimique. Ceci s'explique probablement par le fait que cette culture rustique est souvent cultivée du fait de sa rusticité dans des systèmes de culture intégrés, pour diversifier et allonger les successions culturales et réduire l'utilisation des intrants.

Cette disparité de la répartition des RdD montre que la mise au point de RdD s'est concentrée sur le mode de protection des cultures privilégié jusqu'à maintenant, à savoir la lutte chimique.

Le Tableau 4 présente le nombre de RdD pour lesquelles un ou plusieurs éléments du formalisme utilisé sont renseignés, pour les céréales à pailles, par mode de gestion de la protection des cultures (lutte chimique vs techniques alternatives). On constate que le degré de formalisation des RdD est très hétéroclite. Les RdD permettant de décider et de mettre en œuvre des techniques alternatives aux produits phytosanitaires sont généralement mieux formalisées tant par la prise en compte du contexte (58 RdD sur 127 contre 29 sur 168 en lutte chimique) que des objectifs (70 RdD de mise en œuvre de techniques alternatives sur 127 contre 8 sur 168 en lutte chimique). Pour finir, les RdD d'opportunité d'intervention en lutte chimique qui présentent un formalisme un peu plus complet, avec à la fois un élément de contexte, un élément d'objectif, et un élément concernant les techniques mises en œuvre dans le SdC, sont très rares : 2 sur 168 RdD d'opportunité de lutte chimique. On peut noter que les RdD pour la mise en œuvre de mesures alternatives sont généralement mieux formalisées, avec 33 RdD qui ont un formalisme plus complet, sur un total de 127 RdD.

Tableau 4 : Premiers éléments sur le niveau de formalisation des règles de décision recueillies pour les céréales à pailles : comparaison avec les règles de décision pour la mise en œuvre de techniques alternatives

	Eléments (même partiels) de formalisation des RdD	Total	RdD d'opportunité d'intervention en lutte chimique	RdD pour la mise en œuvre de techniques alternatives
	Total des RdD recueillies	294	168	127
Toutes céréales à paille confondues	Nombre de RdD précisant au moins un élément de <u>contexte, même implicitement</u> (exemple : RdD diffusée en Bourgogne : contexte=Bourgogne)	187	82	105
	Nombre de RdD prenant en compte formellement le contexte pour la décision	87	29	58
	Nombre de RdD prenant en compte d'autres <u>techniques du SdC</u>	104	59	45
	Nombre de RdD avec au moins un <u>élément d'objectif(s)</u>	78	8	70
	Nombre de RdD combinant à la fois <u>un élément, même partiel, de contexte, d'objectifs, et de techniques du SdC</u>	35	2	33

* les RdD recueillies n'ont parfois aucun élément de formalisation renseigné, et parfois plusieurs. Le nombre total de RdD disponibles n'est donc pas la somme du nombre de RdD par élément de formalisme retenu.

III.2 Présentation et analyse des règles de décision recueillies, par culture et par bioagresseur

Pour chaque culture, nous identifions les couples culture –bioagresseur pour lesquels il n'existe pas de RdD et qui semblent problématiques dans l'optique de réduire l'utilisation de pesticides. Puis, en nous appuyant sur des tableaux présentant le nombre de RdD d'opportunité de lutte chimique disponibles par couple culture/bioagresseur, pour chaque grande culture étudiée, nous développerons l'analyse de certains couples culture-bioagresseur pour lesquels il existe une ou plusieurs RdD. Pour les autres couples culture-bioagresseur, le lecteur peut consulter les annexes aux annexes (cf. Annexe VII, Annexe VIII, Annexe IX, Annexe X).

III.2.1 Analyse des règles de décision recueillies pour la lutte chimique contre les maladies des céréales à pailles

La description des RdD disponibles par couple culture-maladie, et la performance des RdD cadre pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, sont présentées Tableau 5, pour le blé tendre d'hiver. La répartition des RdD recueillies en fonction des couples culture-maladie est présentée dans le Tableau 6, pour les cultures de blés d'hiver, d'orge de printemps, d'orge d'hiver, de triticale et d'avoines.

Tableau 5 : Les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du BLE TENDRE D'HIVER : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

BLE TENDRE D'HIVER/MALADIE	Risque du bioagresseur		IFT <=1.6 ²	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées				
	Probabilité	Magnitude				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents	
Septoriose	Fort ²	Fort ²	Moyen ³	Fort	Oui, à effets partiels	13 ⁴	13	0	12	0	9	0	0	0	
Septoriose (semences)	Fort ²	Fort ²		Fort	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Fusarioses des épis	Moyen ²	Fort+ ²		Moyen	Oui	5	5	5	5	5	3	3	3	0	
Fusarioses (semences)	Fort ⁵	Moyen ⁵		Moyen	Non	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.	
Helminthosporioses	Faible ⁵	Moyen ⁵		Moyen	Oui, à effets partiels	2	2	2	2	2	2	2	0	0	
Oïdium	Fort ²	Moyen ²		Moyen	Oui, à effets partiels	11	11	0	11	0	6	6	0	1	
Carie commune (semences)	Faible à moyen ⁵	Fort ⁵	s.o.	Moyen	Oui, à effets partiels	2	0	s.o.	s.o.	s.o.	(2)	s.o.	s.o.	s.o.	
Charbon nu (semences)	Faible ⁵	Moyen ⁵	s.o.	Moyen	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	
Piétin verse	Moyen ²	Fort ²	Moyen ³	Moyen	Oui	8	8	8	8	8	1	1	1	0	
Piétin échaudage	Moyen ²	Fort ²	s.o.	Moyen	Oui	2	2	2	2	2	1	0	1	0	
Rouille jaune	Moyen ²	Fort ²	Moyen ³	Moyen	Oui, à effets partiels	6	6	6	6	6	4	4	0	0	
Rouille brune	Fort ²	Fort ²		Fort	Oui, à effets partiels	7	7	7	7	7	4	4	0	0	
Ergot	Faible ²	Fort ²	s.o.	s.o.	Nd	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

² D'après Inra, 2009a

³ Pour les programmes fongicides globaux, prenant en compte un cortège de maladies, d'après les entretiens réalisés

⁴ 2 Rdd (une Rdd cadre) ont été recueillies pour le blé dur d'hiver (cf. Annexe VII, p215et Tableau 69)

⁵ D'après Délos, 2009

Tableau 6 : Nombre de règles de décision (et de règles de décision cadre correspondantes) recueillies par maladie pour les cultures de blé d'hiver (blé tendre et blé dur), d'orge de printemps, d'orge d'hiver, de triticales et d'avoines (de printemps et d'hiver). Les maladies sont citées par ordre d'importance pour les blés.

Maladie ordre décroissant d'importance	RdD d'opportunité de lutte chimique en culture										RdD d'opportunité de traitement de semence									
	Blés d'hiver		Orge de printemps		Orge d'hiver		Triticales		Avoines		Blés d'hiver		Orge de printemps		Orge d'hiver		Triticales		Avoines	
	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre
Toutes maladies	5	5	1	1																
Septoriose	15	10					2	2	Extrapolation RdD blé	0	0					0	0			
Fusarioses	5	3	1	(1) Imprécis	1	(1) Imprécis	1	(1) Imprécis	Nd	1	(1) Imprécis	1	(1) Imprécis	1	(1) Imprécis	1	(1) Imprécis		Nd	
Helminthosporiose	2	2	3	1	5	2						0	0	0	0					
Rhynchosporiose			4	2	7	3														
Oïdium	11	6	3	3	3	3	1	1	nd											
Carie commune										2	(2) Imprécis									
Charbon nu										0	0	1	(1) Imprécis	1	(1) Imprécis			0	0	
Piétin verse	8	1	0	0	0	0	0	0	nd										Nd	
Piétin échaudage										2	1	1	(1) Imprécis	1	(1) Imprécis	1	(1) Imprécis			
Rouille brune	7	4					1	1												
Rouille jaune	6	4	Nd		Nd		4	3												
Rouille naine			1	1	1	1														
Rouille couronnée									1	1										
Ergot																				
Charbon couvert												0	0	0	0			0	0	
Ramulariose			0	0	0	0														
Grillures (hors ramularia)			Nd		Nd							Nd		Nd						
TOTAL	59	35	13	8 (+1)	17	9 (+1)	9	7 (+1)	1	1	5	1 (+3)	3	(3)	3	(3)	2	(2)	0	0

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Nd Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

Dans le Tableau 6 sont indiqués :

- En rouge, les couples culture-bioagresseur à enjeux pour lesquels nous n'avons pas recueilli de RdD,
- En orange, les couples culture-bioagresseur pour lesquels nous avons recueilli soit des RdD imprécises, c'est-à-dire dont la solution est partielle, incomplète ou peu claire, soit plusieurs RdD contradictoires, c'est-à-dire qui proposent des solutions différentes pour une même situation, sans donner d'élément pour choisir parmi ces RdD,
- En vert, les couples culture-bioagresseur pour lesquels il existe une ou plusieurs RdD claires et cohérentes (non contradictoires),
- En blanc, les couples culture-bioagresseur pour lesquels il n'y a pas de lutte chimique autorisée,
- En bleu, les couples culture-bioagresseur pour lesquels la lutte chimique est autorisée mais rarement mise en œuvre.

D'une manière générale, on peut constater que la répartition des RdD recueillies est très disparate (blé d'hiver/ oïdium : 11 ; orge de printemps/ helminthosporiose : 3).

Nous allons nous intéresser dans un premier temps aux couples culture/maladie pour lesquels il n'existe pas de RdD d'opportunité de lutte chimique (et ceux pour lesquels ces RdD sont incomplètes), puis nous analyserons les RdD existantes.

III.2.1.1 Des règles de décision manquantes par couple culture / maladie

Nous constatons tout d'abord, qu'en dehors du piétin échaudage du blé, il existe peu de **RdD d'opportunité de traitement de semences** pour des maladies à enjeux comme (Tableau 6) :

- En **blé** : pour la **septoriose** et le **charbon nu**, aucune RdD n'a été identifiée ; pour la fusariose et la carie commune, des RdD très partielles sont diffusées, c'est-à-dire qu'il est recommandé de prendre en compte des facteurs de risque pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences, sans que ces facteurs de risque ne soient explicités, ni qu'il n'y ait de relation entre ces facteurs de risque et la décision à prendre ;
- En **orge** : pour l'**helminthosporiose** et le **charbon couvert**, aucune RdD n'a été identifiée ; tout comme pour le blé, il existe des éléments pour guider la décision concernant le charbon nu et la fusariose sans que ceux-ci ne soient réellement formalisés en règles de décision ;
- En **triticale** : pour la **septoriose** et la **fusariose**, aucune RdD n'a été identifiée.

D'après les entretiens réalisés auprès des conseillers, les cas où les traitements de semences contre les maladies sont raisonnés sont rares et il n'a pas été répertorié de règle de décision dans le cadre de cette étude. Un risque global ou régional est pris en compte et conduit à des traitements de semences systématiques. Ces traitements phytosanitaires sont parfois mal connus et ne font pas partie du conseil, mais constituent une opération préalable à la conduite de la culture ; les semences sont souvent achetées déjà traitées contre ces bioagresseurs. La question qui se pose, est de savoir si ce ou ces traitements de semences sont tous justifiés, et s'il est possible de les raisonner en fonction d'un risque parcellaire. Comment évaluer ce risque parcellaire d'attaque de pathogènes et décider de l'opportunité de ces traitements de semences ? Des ébauches de règles de décision, avec des critères de décision d'estimation du risque à des échelles plus précises, selon différents contextes et objectifs existent. Mais la manière de les mobiliser pour réaliser un diagnostic précis et aboutir à la prise de décision correspondante n'est pas formalisée. Par exemple, on sait qu'avec des rotations courtes et un précédent maïs, le risque de fonte des semis due à la fusariose sur céréales est plus important, et qu'en cas de risque fusariose sur céréales, il est recommandé de réaliser un traitement de semences ; cependant, on ne sait pas exactement dans quels cas réaliser ce traitement de semences.

Enfin, il n'y a pas de produit homologué pour lutter contre le piétin échaudage en culture. C'est pourquoi dans les SdC où se succèdent plusieurs céréales, la RdD d'opportunité de traitement de semences est d'autant plus importante : il s'agit de réaliser un traitement de semences un an sur deux c'est-à-dire systématiquement, dans la limites des autorisations réglementaires. Il est toutefois important de signaler que dans tous les SdC où ne se succèdent pas deux céréales, une telle RdD n'est pas mobilisée.

Pour décider de l'opportunité d'une intervention fongicide en culture, les céréales à pailles disposent de nombreuses RdD pour presque toutes les maladies.

Cependant, on note quelques exceptions : il n'existe pas de réelle **RdD d'opportunité de lutte chimique en culture contre la fusariose, pour les cultures autres que le blé d'hiver**. Cette maladie cause moins de dommages sur ces cultures par rapport au blé tendre d'hiver, mais comment décider de l'opportunité d'une intervention fongicide ?

Pour **l'orge**, nous n'avons pas non plus relevé de RdD d'opportunité d'intervention fongicide en culture, ni de techniques alternatives à mettre en œuvre pour contrôler ou **lutter contre la ramulariose**.

Ainsi, nous pouvons constater qu'il existe de nombreuses RdD d'opportunité de lutte chimique contre les maladies des céréales, en particulier pour la lutte chimique en culture des blés d'hiver (59 ont été recueillies). Nous allons développer les RdD recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre la septoriose, l'helminthosporiose, la rhynchosporiose (et autres maladies foliaires sur orge) et les rouilles, en analysant la cohérence des RdD disponibles, leur niveau de formalisation, et leur performance dans la réduction de l'utilisation des pesticides.

III.2.1.2 Des règles de décision contradictoires et supplantées par des programmes fongicides annuels décidés à l'avance : cas de la septoriose

La septoriose est l'une des maladies les plus nuisibles sur les cultures de blé tendre d'hiver. Il existe de multiples RdD d'opportunité d'intervention fongicide pour lutter contre cette maladie pour toutes les céréales. Le Tableau 7 présente les 13 RdD recueillies pour le blé tendre d'hiver, regroupées en 9 RdD cadre.

Tableau 7 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre la septoriose en blé tendre d'hiver

Bornes temporelles	Solution	Critère de décision /Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Sources	Nb RdD ⁶
Stade 2 nœuds à fin montaison	Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	20% des 3 dernières feuilles avec des symptômes	Observation au champ	SdCI : Présence sur F3 définitive et épisodes pluvieux contaminants (+ 1 RdD)	Délos, 2009 ; RMT SdCi Arvalis, 2007 ; Arvalis <i>et al.</i> , 2011j ; CA Picardie <i>et al.</i> , 2006	1
		50% des 3 dernières feuilles avec des symptômes	Observation au champ			1
		50% des 3 ^{èmes} feuilles touchées (> 5% de la surface nécrosée)	Suivre les recommandations de Presept (entrées : météo, données pédoclimatiques, pression biotique) pour les observations			1
		Présence sur F3 définitive au stade 51 ou F1 et F2 définitive				1
		20% des F4 définitives touchées par la septoriose	Prélever 20 plantes disséminées dans la parcelle et garder le maître brin			1
Stade dernière feuille étalée (DFE)	Intervenir en cas de risque météorologique, sinon impasse	Risque météorologique (cf. déclinaisons) et réserve utile du sol (cf. déclinaisons)		<i>Recueillie en Côte d'Or</i> Sols moyens à profonds : intervention au plus tard à 2ème feuille étalée Sols superficiels et pluviométrie des jours passés >10mm , intervenir à DFE en modulant les doses suivant l'état de la parcelle Sols plus superficiels et pluviométrie des jours passés < 10 mm , n'intervenir qu'en cas de pression avérée, sinon impasse	Dijon céréales, 2011d et e ; CA Côtes d'Or, 2011f	4
Campagne	Suivre les recommandations du modèle Presept à 1/2 doses		Modèle Presept (entrées : météo, données pédoclimatiques, pression biotique)	<i>Recueillie dans la Nièvre</i>	CA Nièvre, 2007	1
Stade 2 nœuds à fin gonflement	Si Presept n'indique pas de risque : • si pas de taches sur F3 alors assurer la protection jusqu'à (grain laiteux-10j.), • Sinon, si on constate des taches sur F3; ou si Presept indique un risque et le seuil d'intervention n'est pas atteint, alors assurer la protection jusqu'au grain laiteux Sinon, si Presept indique un risque. • et si seuil atteint avant DF, assurer la protection jusqu'à DF • sinon, si le seuil est atteint à DF : o si pas risque fusariose alors assurer la protection jusqu'à fin gonflement o sinon, si risque fusariose alors assurer la protection jusqu'à début floraison	Risque climatique Observation de symptômes Risque de fusariose	Presept (entrées : météo, données pédoclimatiques, pression biotique) Grille de risque fusariose (contexte pédologique et techniques mises en œuvre)	RdD recueillie pour la Picardie, pour des variétés non tolérantes Pour variété tolérante : Si Presept indique un risque, et si le seuil est atteint avant la dernière feuille (DF) : • Si pas de nouvelles sorties de taches prévues (Presept), attendre la sortie DF • Sinon, si sorties de nouvelles taches prévues assurer la protection jusqu'à DF	F. Dumoulin, CA Picardie, -groupe de travail atelier RdD en grandes cultures	2
Campagne	Si observation de symptômes, alors intervention. Sinon, si le seuil n'est pas atteint, mais si potentiellement il y a une incubation, consulter un modèle épidémiologique pour estimer le risque. Si risque fort, intervenir, si très faible, impasse. Si risque moyen, mesurer le stock d'inoculum à l'aide du kit Elisa pour estimer la contamination.	Observations de symptômes Modèles épidémiologiques Inoculum	Modèles épidémiologiques (entrées : météo, données pédoclimatiques, pression biotique) Kit Elisa		M. Délos -groupe de travail atelier RdD en grandes cultures	1

Pas d'objectif recueilli pour ces RdD.

⁶ Nombre de RdD ayant servi à synthétiser la RdD cadre

Ces RdD sont peu formalisées. Elles n'ont pas d'objectif explicitement énoncé, même si on peut imaginer qu'elles sont généralement issues de seuils de nuisibilité économique (primaire, sur la culture de la campagne en cours, ou secondaire, sur les cultures des campagnes suivantes, à travers, par exemple la contamination à long terme de la parcelle...). Elles n'ont que rarement un élément de domaine de validité, et les options proposées dans leurs solutions ne sont pas complètes (quel délai avant le retour à l'observation ? Délai avant une deuxième intervention ?). Les solutions de ces RdD ne mentionnent jamais l'option « sinon, faire une impasse ». Nous l'avons ajoutée, la supposant implicite, mais l'absence de cette partie de la solution peut provoquer une incertitude dans le cas où les seuils ne sont pas atteints. **Ces seuils d'intervention sont multiples** (CA Picardie *et al.*, 2006 ; Arvalis *et al.*, 2011j), et **les critères de décision sont très variables** mais semblent pertinents : conditions météorologiques pour estimer le développement de la maladie (Dijon céréales, 2011d ; Dijon céréales 2011e), résistance variétale pour évaluer la nuisibilité de la maladie en fonction de son évolution sur la variété (Arvalis, 2011 ; CA Lorraine 2011), type de sol (pour évaluer la nuisibilité de la maladie en fonction du potentiel de rendement)... **Ils sont très rarement, ou jamais pris tous en compte dans les règles de décision proposées.** Pour évaluer le risque plusieurs mesures peuvent être faites : mesures des symptômes à la parcelle, simulation de l'évolution de la maladie via des outils de modélisation (Presept, Septo lis) fondés sur des modèles agro-climatiques. Dans les cas de mesures de symptômes, la méthode d'échantillonnage des plantes sur lesquelles l'observation est faite n'est que rarement précisée (se reporter à l'Annexe VII., Tableau 69, p. 234.).

D'après les entretiens réalisés, en pratique, le nombre d'interventions se décide en amont de la campagne, et en fonction de la nuisibilité économique des maladies (qui dépend des potentiels de rendement, donc entre autres du type de sol et de la variété cultivée, et des prix de vente de la culture et d'achat des fongicides), et du niveau de tolérance de l'agriculteur aux dégâts, dommages, pertes, qui dépend lui-même des objectifs de l'agriculteur pour son système de culture. C'est autour de la septoriose que se dessinent les stratégies fongicides.

Ce nombre de traitements varie généralement d'un à deux durant la campagne. Une fois ce nombre de traitements décidé, il s'agira de les positionner, en fonction de l'apparition des symptômes des maladies, soit :

- le premier au stade 2 nœuds (en protection raisonnée seulement) ;
- le deuxième au stade dernière feuille étalée.

Le positionnement exact de ces interventions est déterminé en fonction des seuils de déclenchement recueillis dans les RdD, et le choix des produits dépendra des pressions de chaque maladie, mesurées et évaluées par rapport aux seuils des RdD, par rapport au climat et par rapport aux recommandations annuelles des BSV et des conseillers techniques. Outre la septoriose, les maladies observées et gérées par ces programmes sont l'oïdium et les rouilles. La fusariose sera quant à elle gérée selon les observations par l'ajout d'un produit ou d'une matière active lors d'un des traitements.

Ainsi, pour la septoriose, il existe un grand nombre de règles de décision disponibles dans la littérature. Toutefois, ces RdD ont des solutions différentes, et les conditions dans lesquelles mobiliser chaque RdD ne sont pas mentionnées : pour une même situation, on peut donc aboutir à différentes options suivant les RdD qu'on choisit d'appliquer. Il serait intéressant soit de les harmoniser, soit de mieux les formaliser afin de transformer ces contradictions en diversité de domaines de validité. Enfin, l'intégration des autres maladies dans la décision d'opportunité d'intervention fongicide contribuerait à une meilleure mobilisation de ces RdD par les agriculteurs, qui raisonnent en fonction du cortège des maladies foliaires du blé, et non pas bioagresseur par bioagresseur.

III.2.1.3 Des règles de décision supplantées par des programmes fongicides annuels toutes maladies décidés à l'avance : cas de l'helminthosporiose et la rhynchosporiose de l'orge

L'helminthosporiose et la rhynchosporiose sont deux maladies clés des programmes fongicides de l'orge. Pour l'orge d'hiver, la RdD d'opportunité d'intervention fongicide contre l'helminthosporiose et la rhynchosporiose (Chambre d'agriculture de Bourgogne 2008a; Chambre d'agriculture de Bourgogne, 2009a ; Arvalis, 2009a ; RMT SdCI), est une RdD de déclenchement d'un programme fongicide décidé à l'avance, à base d'un ou de deux traitements fongicides, en fonction des régions et des résistances des variétés semées et des débouchés de commercialisation. Certaines années, pour les programmes comportant deux traitements, un traitement est évité, dans des conditions météorologiques particulières (années sèches).

En orge de printemps (Chambre d'agriculture de Bourgogne, 2007), en général, un traitement fongicide est décidé à l'avance au stade dernière feuille, et un premier traitement peut être ajouté les années à forte pression de maladie, début montaison, en cas d'apparition précoce d'oïdium ou de rhynchosporiose, mobilisant ainsi les RdD d'opportunité d'intervention fongicide pour lutter contre l'oïdium ou la rhynchosporiose.

Notons que pour les cultures de blé, il existe une RdD d'opportunité d'intervention fongicide contre l'helminthosporiose (Tableau 6), mais d'après les entretiens avec les conseillers, elle est rarement mobilisée, car les interventions fongicides contre la septoriose maîtrisent également l'helminthosporiose.

III.2.1.4 Des règles de décision cohérentes mais dont les critères de décision manquent encore d'explicitation : cas de la rouille

Comme le montre le Tableau 6, il existe des RdD d'opportunité d'intervention fongicide spécifique, pour la rouille naine de l'orge, pour la rouille couronnée de l'avoine et pour la rouille dispersée du triticale (Délors, 2009.). Les rouilles peuvent faire l'objet d'interventions spécifiques, ou intégrées dans les programmes fongicides globaux raisonnés et déterminés à l'avance.

Les RdD d'opportunité d'intervention fongicide contre la **rouille brune** en blés s'appuient sur des critères de fréquence des symptômes, observés à la parcelle. Il existe deux seuils principaux différents en fonction des auteurs. Selon Arvalis (Arvalis *et al.*, 2011e ; Arvalis, 2009a), l'intervention doit être déclenchée dès l'apparition de pustules sur l'une des 3 dernières feuilles visibles ou sur la F3 (donc dès le 1^{er} symptôme dans la parcelle), en fonction de la sensibilité variétale. Le SRAL propose une observation de la troisième feuille sur la base d'un seuil d'intervention de 50% des feuilles touchées. En « protection intégrée » (objectif implicite de tolérance des dégâts et d'évitement des pertes économiques dues à la maladie), ce critère est complété par la prise en compte de la météo, pour augmenter la fréquence des impasses, dans le cas où la météo n'est pas favorable au pathogène. (RMT SdCI). Dans tous les cas, l'échantillonnage pour réaliser cette observation n'est pas précisé.

Pour la **rouille brune**, il y a donc une certaine cohérence entre les différentes règles de décision. Ces RdD peuvent avoir des seuils différents concernant l'observation des symptômes, mais ils s'expliquent par l'association de ces seuils pour le critère de décision relatif à l'observation des dégâts à d'autres critères de décision : la variété (Arvalis *et al.*, 2011e, Arvalis, 2009a) et la météo dans certains types de systèmes de culture (RMT SdCI). Les critères de décision pourraient être mieux explicités.

Pour la **rouille jaune**, le critère de décision le plus utilisé dans les RdD diffusées concerne les pustules dans la parcelle au stade 1 nœud (Arvalis, 2009a ; CA Picardie *et al.*, 2006). Cette RdD cadre se décline en plusieurs solutions, suivant la mise en place ou non de techniques prophylactiques. Dans la plupart des RdD, le seuil d'intervention est l'apparition de ces pustules, mais dans le cas où un mélange de variétés aux résistances différentes a été semé, le seuil d'intervention devient la présence de foyer évolutif. Ainsi, si le foyer reste circonscrit à une tache dans la parcelle, une intervention est évitée (RMT SdCI, document interne). Une autre règle, pour les variétés sensibles, ne faisant pas appel à l'observation et conduisant vraisemblablement à des traitements plus nombreux s'appuie sur un critère unique de risque météorologique (Délors, 2009).

En pratique ces règles sont très peu mobilisées. Les traitements fongicides des programmes décidés à l'avance permettent la gestion des rouilles. Les seuls cas où ces RdD sont mobilisées sont les années exceptionnellement sèches, où le programme fongicide n'est pas déclenché par l'apparition de symptômes de septoriose. Ces années-là, les RdD d'opportunité d'intervention contre les rouilles sont alors mobilisées pour déclencher les programmes fongicides.

III.2.2 Analyse des règles de décision pour la lutte chimique contre les ravageurs des céréales à pailles

La description des RdD disponibles par couple culture-ravageur, et la performance des RdD cadre pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, sont présentées Tableau 8, pour le blé tendre d'hiver. La répartition des RdD recueillies en fonction des couples culture-ravageur est présentée dans le Tableau 9.

Dans le Tableau 9 sont indiqués :

- En rouge, les couples culture-bioagresseur à enjeux pour lesquels nous n'avons pas recueilli de RdD,
- En orange, les couples culture-bioagresseur pour lesquels nous avons recueilli soit des RdD imprécises, c'est-à-dire dont la solution est partielle, incomplète ou peu claire, soit plusieurs RdD contradictoires, c'est-à-dire qui proposent des solutions différentes pour une même situation, sans donner d'élément pour choisir parmi ces RdD,
- En vert, les couples culture-bioagresseur pour lesquels il existe une ou plusieurs RdD claires et cohérentes (non contradictoires),
- En blanc, les couples culture-bioagresseur pour lesquels il n'y a pas de lutte chimique autorisée,
- En bleu, les couples culture-bioagresseur pour lesquels la lutte chimique est possible mais rarement mise en œuvre.

D'une manière générale, on peut constater que la répartition des RdD est ici aussi très disparate. Toutefois, il faut manier ces nombres avec la même prudence que pour les RdD des maladies des céréales à pailles.

Tableau 8 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du BLE TENDRE D'HIVER : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

	Risque du bioagresseur		IFT	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	RdD d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des RdD cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de RdD	RdD à solution claire	RdD cohérentes	RdD admises	RdD à solution claire, cohérentes, et admises	Nb RdD cadre	RdD cadre pouvant éviter des traitements	RdD cadre appliquées	RdD cadre regroupant des RdD aux objectifs différents
Limaces	Moyen ⁷	Moyen ⁸	<=0.7	Moyen	Oui, effets partiels	7	7	0	7	0	7	7	0	0
Taupins	Moyen ⁷	Faible ⁷	s.o.	Faible	Non	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Pucerons d'automne	Fort ⁸	Fort ⁸	<=0.3	Moyen	Oui	8	8	8	8	8	4	4	4	0
Cicadelles	Moyen ⁸	Fort ⁸	<=0.3	Moyen	Oui	4	4	4	4	4	2	2	2	0
Pucerons d'automne et cicadelles (semences)	Fort ⁸	Fort ⁸	s.o.	Moyen	Oui	4	3	3	3	3	1 (+1)	1	1	0
Pucerons des épis	Moyen ⁸	Moyen ⁸	<=0.3	Faible	Oui, effets partiels	3	3	3	3	3	1	1	1	1
Cécidomyies	Moyen ⁷	Fort ⁷	<=0.3	Moyen	Non	7	7	0	7	0	5	0	5	0
Larve de criocères	Moyen ⁷	Faible ⁷	Négligeable ⁹	Faible	Non	2	2	0	2	0	2	0	0	0
Tordeuse des céréales	Faible ⁷	Faible ⁷	Négligeable ⁹	Faible	Non	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Zabre	Faible ⁷	Moyen ⁷	Négligeable ⁹	Faible	Non	2	2	2	2	2	2	0	0	0
Zabre (semences)	Faible ⁷	Moyen ⁷	s.o.	Faible	Non	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Mineuse	Moyen ⁷	Faible ⁷	Négligeable ⁹	Faible	Non	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Mouche grise	Faible ⁷	Moyen ⁷	s.o.	Faible	Oui	3	1	1	1	1	1 (+2)	1	Nd	0
Punaises pentatomides	Faible ⁷	Fort ⁷	s.o.	Faible	Non	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Aiguillonier, Cèphe	Faible ⁷	Fort ⁷	s.o.	Faible	Non	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Tenthrede	Faible ⁷	Fort ⁷	s.o.	Faible	Non	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Mouche des semis, oscinies	Moyen ⁷	Moyen ⁷	s.o.	Faible	Non	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Mouche jaune	Faible ⁷	Moyen ⁷	s.o.	Faible	Non	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « RdD cadre » correspondant aux RdD imprécises

⁷ D'après Inra, 2009a

⁸ D'après Délos, 2009

⁹ D'après les entretiens réalisés

Tableau 9 : Nombre de règles de décision (et règles de décision cadre correspondantes) recueillies par ravageur pour les cultures de blés d'hiver (blé tendre et blé dur), d'orge de printemps, d'orge d'hiver, de triticale et d'avoines (de printemps et d'hiver).

Ravageur (par ordre décroissant d'importance)	RdD d'opportunité de lutte chimique en culture										RdD d'opportunité de traitement de semence									
	Blés d'hiver		Orge de printemps		Orge d'hiver		Triticale		Avoine		Blés d'hiver		Orge de printemps		Orge d'hiver		Triticale		Avoine	
	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre
Limaces	7	7	6	6	7	7	7	7	6	6										
Taupins											1	(1)	1	(1)	1	(1)	1	(1)	1	(1)
Pucerons d'automne	8	4	0	0	8	4	2	2	1	1	2	1	0	0	2	1	2	1	2	1
Cicadelles	4	2	0	0	4	2	Nd		Nd		2	(1)	0	0	0	0				
Pucerons des épis	3	1	1	1	1	1	1	1		Nd										Nd
Cécidomyies	7	5	0	0	2	2	1	1	0	0										
Larve de criocères	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2										
Tordeuse des céréales	1	1	1	1	Nd		Nd		Nd											
Zabre	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mineuse	1	1	2	2	Nd		Nd		Nd											
Mouche grise											3	1 (+2)	1	1	1	1	1	1		Nd
Punaises pentatomides																				
Aiguillonier des céréales, Cèphe																				
Tenthrede																				
Mouche des semis																				
Oscinies																				
Mouche jaune																				
TOTAL	35	25	14	14	26	20	15	15	11	11	9	3 (+4)	3	2 (+1)	5	3 (+1)	4	3 (+1)	4	2 (+1)

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Nd Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

Nous allons présenter les couples culture-ravageur pour lesquels il y a un manque de RdD, puis nous analyserons les disponibilités en RdD pour la lutte chimique contre les limaces, la cécidomyie orange du blé, les pucerons d'automne, et les pucerons des épis, à titre d'exemples (pour les autres bioagresseurs, se référer à l'Annexe VII).

III.2.2.1 Des règles de décision manquantes par couple culture / ravageur

Nous avons recueilli des RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre la totalité des ravageurs des céréales à pailles, à une exception près.

Pour lutter contre les **taupins**, il n'y a pas de traitement en culture possible, ni de RdD d'opportunité de lutte chimique. Ainsi le seul recours est le traitement de semences. La RdD d'opportunité de traitement de semences préconise de réaliser un traitement de semences en cas de risque d'attaque de taupins, et donne des facteurs de risque ; cependant il n'y a pas de mesure précise, de seuil, ni de lien logique entre les différents facteurs, leur combinaison, et leur intensité (Délors, 2009 ; Chambre d'agriculture de l'Allier, 2011). Cette RdD est très imprécise, dans le sens où elle ne clarifie pas la manière de combiner, hiérarchiser, et quantifier les critères de décision.

III.2.2.2 Limaces : des règles de décision nombreuses et contradictoires

Les règles de décision d'opportunité de lutte chimique contre les limaces sont très nombreuses. Sept ont été recueillies pour le blé d'hiver, mais il en existe davantage. Cependant, comme le montrent les RdD cadre recueillies dans le Tableau 10, elles sont toutes très peu formalisées (identiques pour toutes les céréales à pailles, absence d'objectif et de résultats attendus exprimés en termes de niveau de tolérance aux dégâts, dommages et pertes, absence de prise en compte d'éléments de contexte, de combinaisons de techniques...) et contradictoires.

Tableau 10 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre les limaces en blé tendre d'hiver.

Echelle temporelle	Objectif	Solution	Critère de décision/seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Pré semis		Si le seuil est atteint, réaliser une intervention chimique au semis, et une autre intervention si pluviométrie importante; sinon, impasse	Météo Limaces piégées Dégâts observés Seuils : si le temps et humide et la température entre 9°C et 16 °C : apparition des 1 ^{ères} limaces Sinon : dès 1 ^{ers} dégâts	Piège alimentaire + piège refuge Observation : à chercher sous mottes de terre ou sous les pierres	Facteurs de risque: Parcelles en SCV	Délos, 2009	1
	éviter les dégâts(?) de limaces	Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Météo Limaces piégées 1 limace par piège en moyenne et temps doux et humide	Pose de 5 pièges par parcelle Piège alimentaire + piège refuge : tuiles+appâts		Seuil maestria RMT SdCI	1
Avant semis ou au semis		Si seuil1, attendre, et si dégâts en culture, alors traitement Si seuil 2, alors traitement 15 jours avant le semis ou en post semis pré levée Si seuil 3 traitement 15 jours avant semis+ traitement en post levée+ techniques alternatives Sinon impasse	Limaces piégées <u>Seuil 1</u> : 1 à 20 limaces / m ² <u>Seuil 2</u> : 20 à 50 limaces / m ² <u>Seuil 3</u> : plus de 50 limaces par m ² Facteur de risque : Parcelle ayant déjà subi des attaques	Piège alimentaire + piège refuge : Piège mis au point par l'INRA de 50x50cm et fourni par Bayer (cf. annexes p.255) 4 pièges par parcelle pour évaluer le nombre de limaces / m ²	<u>Facteurs de risque</u> : Parcelles ayant supporté un couvert ou proches de friches ou de bois ; Travail superficiel sans labour ponctuel et tardif ; Rotations courtes ; Précédent colza ou blé ; Semis tardif ; Faible densité de semis et lit de semences mal refermé	Arvalis, 2009b	1
Avant semis ou au semis		Si seuil1, attendre, et si dégâts en culture, alors traitement Si seuil 2, alors traitement 15 jours avant le semis ou au semis Si seuil 3 traitement 15 jours avant semis et au semis Sinon impasse	Limaces piégées <u>Seuil 1</u> : Moins de 5 limaces / m ² <u>Seuil 2</u> : 5 à 15 limaces / m ² <u>Seuil 3</u> : plus de 50 limaces /m ²	Piège alimentaire + piège refuge : Piège mis au point par l'INRA de 50x50cm et fourni par Bayer (cf. annexes p.: 255) 3 pièges /parcelle pour le nombre de limaces / m ²		CA Yonne, 2007	1
		Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	Météo Limaces piégées 5 à 6 limaces/m ² OU 5 à 6 limace par parcelle et temps doux et humides			Bayercrop science[2]	1
jusqu'au stade 2-3 feuilles		Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Dégâts observés : dès dégâts visibles	Observation au champ	plus de 10 jours après une intervention chimique précédente (persistance)	Seuil maestria RMT SdCI	1
De la levée jusqu'au stade 2-3 feuilles		Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	Limaces piégées Dégâts observés 5à 6 limaces /m ² et dégâts observés ou 15 à 20 limaces / m ²	Piégeage : cf. annexe p.255	Surtout parcelles argileuses, motteuses ou avec des résidus de culture abondants	Arvalis et al., 2011a	1

Il s'agit essentiellement de RdD pour décider d'une intervention chimique au semis, qui s'appuient sur un critère de décision d'observation du nombre de limaces piégées pendant l'interculture. La technique de piégeage est très explicite. La formulation de la solution de ces RdD est la même : si on piège [] limaces en interculture avant un semis de céréales, alors réaliser une intervention molluscicide, sinon faire une impasse. Mais leurs seuils sont différents, sans qu'on puisse en identifier la raison. Il peut parfois y avoir une prise en compte de la météo. Ainsi, pour un même contexte et une

même observation, suivant la RdD mobilisée, on aboutit à une décision différente, sans que les objectifs de ces RdD ne soient explicités. Des exemples de ces seuils ont été recueillis et sont présentés Tableau 10.

Il existe une grille d'évaluation du risque d'infestation de limaces développée par de Sangosse et l'ACTA, qui permet de donner une note de risque par parcelle, en fonction des techniques culturales mises en œuvre, et qui prend en compte certaines interactions entre ces techniques. Cette grille permet d'estimer un risque, mais ne donne pas de préconisations et n'est pas associée à une RdD.

D'après les entretiens avec les conseillers, les agriculteurs décident des interventions anti-limaces en fonction non pas de seuils de nuisibilité économique validés et adoptés, mais de leur tolérance au risque, et de leur appréhension face à ce bioagresseur. Celle-ci dépend de facteurs subjectifs mais aussi de l'historique des dommages de récolte causés par les limaces dans l'exploitation.

Ainsi, pour décider de l'opportunité d'intervention contre les limaces, nous avons recueilli un grand nombre de règles de décision, construites plus ou moins sur le même modèle (mêmes critères de décision) mais avec des seuils différents. Les conditions dans lesquelles mobiliser chacun de ces seuils ne sont pas précisées dans ces règles de décision. Un travail semble nécessaire, soit pour harmoniser les solutions de ces RdD, soit pour les relier à des éléments de contexte, de pratiques culturales, ou à des objectifs, afin d'en expliquer la diversité.

III.2.2.3 Cécidomyies orange du blé : des règles de décision contradictoires, et difficiles à appliquer

Les cécidomyies sont des ravageurs redevenus problématiques depuis seulement quelques campagnes, mais elles peuvent occasionner des pertes de récoltes très importantes et/ou des interventions chimiques très nombreuses, de manière ponctuelle et localisée. Les RdD pour décider de l'opportunité d'une intervention chimique contre la cécidomyie du blé sont assez nombreuses (7 ont été recueillies), et se contredisent. Des exemples sont présentés Exemple 1.

Exemple 1 : Deux RdD différentes pour l'opportunité de la lutte chimique en culture contre la cécidomyie orange du blé

Objet de la décision : Opportunité d'intervention insecticide

Domaine de validité de la RdD :

- *Contexte pédoclimatique* : non renseigné, mais RdD parfois régionalisées
- *Caractéristiques du SdC* : la plupart des SdC, hors agriculture biologique
- *Bornes temporelles* : stade épiaison à floraison

Objectifs de la RdD : non renseigné

Résultats attendus et critères d'évaluation de la RdD : non renseigné (pas de perte de rendement ? Pas de perte économique ?)

Solution :

- *Énoncé* : Si le seuil est atteint, alors réaliser une intervention insecticide, sinon impasse
- *Critères de décision* : observation des cécidomyies piégées dans la cuvette jaune à la parcelle, météo et cécidomyies en position de ponte dans la culture. Les observations doivent être réalisées quotidiennement, et le traitement renouvelé si nécessaire (la rémanence des produits étant de deux jours, un traitement peut être renouvelé deux jours après (BayerCropScience, Urvoy 2005)).
 - RdD1 (Arvalis *et al.*, 2011f ; Omnès, 2010) : piéger les cécidomyies au niveau de la parcelle. Lorsqu'on atteint un seuil de 10 cécidomyies piégées dans la parcelle en 24h, on déclenche une observation à la parcelle, le soir. Si on observe sur les épis, des cécidomyies en position de ponte, on déclenche une intervention insecticide.
 - RdD2 (Arvalis, 2009a ; CA Picardie *et al.*, 2006 ; Urvoy, 2005) : seuil plus bas mais qui prend en compte des facteurs plus nombreux : il n'y a pas de seuil quantitatif de capture de cécidomyies. Dès qu'une cécidomyie est capturée dans la cuvette jaune de la parcelle, et si la température est supérieure à un certain seuil (différent en fonction des auteurs et des régions), et qu'il n'y a pas de vent le soir (<7km/h), on déclenche les observations à la parcelle. Ensuite de la même façon que pour l'autre règle de décision, si on observe des adultes en position de ponte dans la parcelle, on déclenche une intervention insecticide.
- *Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus* : intervention insecticide assez fréquente, en fonction de la sensibilité des agriculteurs ; certaines années et dans certaines régions, il peut y avoir jusqu'à 4 interventions.

La première RdD a un seuil plus élevé, qui tolère plus de présence de cécidomyies, mais est plus contraignante (pas de prise en compte de la météo pour décider de l'observation ni du traitement). Si les observations sont mal faites ou ne sont pas faites, un traitement pourra avoir lieu alors que les conditions météorologiques empêcheraient la ponte de la cécidomyie dans les épis, seule source de dommages.

En pratique, d'après les entretiens avec les conseillers, il est important de noter que ces deux RdD ne sont pas toujours appliquées de cette manière par les agriculteurs, et ce pour diverses raisons :

- Les observations le soir, à la tombée de la nuit, sont contraignantes et difficiles ;
- Les agriculteurs ne disposent pas tous de cuvettes jaunes.

Les agriculteurs déclenchent généralement le traitement en fonction des pièges des cuvettes jaunes faits dans d'autres parcelles ou diffusés par le conseil, ou décident en fonction des observations de voisins, ou de conseillers.

Les cécidomyies sont des bioagresseurs ré-émergeants. Ainsi les RdD disponibles pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre ce bioagresseur ont fait l'objet de moins de travaux que d'autres ravageurs. Elles sont beaucoup moins consensuelles, et cela explique les différences selon les différents auteurs. Les RdD aujourd'hui disponibles présentent deux limites majeures : elles demandent des observations très contraignantes (observation le soir, à renouveler chaque jour où les conditions sont réunies), ce qui limite leur opérationnalité chez les agriculteurs, et semblent n'être pas les plus pertinentes. Ceci s'explique en partie par un manque de connaissances sur les relations entre la présence de cécidomyies en position de ponte sur les épis de blé et les pontes, et les relations entre les pontes et les dommages à la récolte.

Les RdD d'opportunité de lutte chimique contre les cécidomyies du blé devraient sans doute prendre en compte d'autres critères de décision, mais ce bioagresseur est assez mal connu à l'heure actuelle, et les critères qui permettraient d'ajuster le nombre d'intervention à la baisse ne sont pas identifiés.

III.2.2.4 Pucerons d'automne : des règles de décision claires et cohérentes, mais qui ne permettent pas de diminuer l'utilisation de pesticides

Contre les pucerons il existe des RdD permettant de décider à la fois de l'opportunité d'intervention chimique en culture, et à la fois de l'opportunité d'un traitement de semences.

Certaines règles sont très détaillées. Par exemple, à la Chambre d'agriculture de l'Yonne (2010), on propose des seuils de déclenchement adaptés au stade du blé : au stade 1 feuille, 5% des pieds sont porteurs de pucerons ou 10% au stade 2 feuilles, ou 20% au stade 3 feuilles.

Cependant, pour les dates de semis normales, cette RdD semble plus adaptée pour positionner la date d'application que pour juger de l'opportunité du traitement, et de fait elle ne permet pas de diminuer réellement l'usage des produits phytosanitaires. En effet, les pucerons étant généralement abondants, les années où le seuil n'est pas atteint dans les systèmes de culture à semis précoce sont extrêmement rares.

Par contre, dans le cas d'un semis tardif, cette règle de décision permet d'éviter d'appliquer des aphicides, quand le climat n'est plus favorable aux pucerons.

Exemple 2 : RdD d'opportunité d'intervention chimique en culture contre les pucerons d'automne du blé tendre d'hiver

Objet de la décision : Opportunité d'intervention insecticide

Domaine de validité de la RdD :

- *Contexte pédoclimatique* : non renseigné
- *Caractéristiques du SdC* : la plupart des SdC, hors agriculture biologique, à date de semis classique et sans traitement de semences
- *Bornes temporelles* : dès la levée, jusqu'à fin octobre ou début novembre

Objectifs de la RdD : non renseigné

Résultats attendus et critères d'évaluation de la RdD : non renseigné (pas de perte de rendement ? Pas de perte économique ?)

Solution :

- *Énoncé* :
 - o Arvalis *et al.*, 2011a ; Arvalis, 2009b : observation directe au champ : Si 10% des pieds sont porteurs de pucerons ou si les pucerons sont présents sur la parcelle soit 10 jours consécutifs, soit plusieurs semaines en cumulé, alors réaliser une intervention insecticide, sinon faire l'impasse.
- *Critères de décision* : nombre de plantes porteuses de pucerons ; pour ces observations au champ, l'échantillonnage n'est pas précisé.
- *Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus* : dans le domaine de validité de la RdD c'est-à-dire en semis précoce ou classique, et sans traitement de semences, il y a généralement un traitement insecticide à l'automne, qui vise principalement les pucerons ou les cicadelles, et qui a un effet sur ces deux insectes. Parfois ce traitement est déclenché par des observations, mais étant donné sa fréquence il peut aussi être déclenché soit par la décision d'une intervention de désherbage et être fait simultanément pour des raisons d'organisation du travail, soit par des conditions météorologiques favorables.

III.2.2.5 Pucerons des épis : des règles de décision génériques, mais peu adaptées à la diversité des situations

Les pucerons des épis disposent de 3 RdD uniques d'opportunité d'intervention insecticide en culture, et conseillées dans tous les contextes : deux pour les systèmes de culture en « protection raisonnée » avec une légère variante, l'autre pour les SdC en « protection intégrée ». On peut donc les regrouper en une RdD cadre. Cette RdD cadre, comme les autres, n'a pas d'objectif formulé. Elle propose des solutions pour deux types de systèmes de culture : les « systèmes de culture raisonnés » et les « systèmes de culture intégrés ».

- « Raisonné » : Si un épi sur deux est porteur d'au moins un puceron, alors réaliser une seule intervention insecticide, sinon impasse. (Variante : si un épi sur 2 touché par au moins un puceron) ;
- « Intégré » (*hypothèse d'un objectif implicite : favoriser les régulations biologiques*) : Si un épi sur deux est porteur d'au moins un puceron et qu'il n'y a pas d'auxiliaire, alors réaliser une seule intervention insecticide, sinon impasse.

La RdD en système « raisonné » conduit à une intervention insecticide assez rare (environ 1 an sur 5 à 1 an sur 10), mais qui détruit la faune auxiliaire et peut ainsi avoir un impact sur les dynamiques

des insectes ravageurs, en diminuant leur prédation et favorisant leur prolifération, pendant plusieurs années. Ainsi, une intervention a un coût économique à plus long terme.

On peut donc constater que cette RdD d'opportunité de lutte chimique a été adaptée avec l'ajout d'un critère de décision : la présence d'auxiliaire. Aujourd'hui ce critère est peu défini : il n'y a pas de seuil de présence d'auxiliaire, ni d'observation de leurs effets. De plus, les conditions de réussite des régulations biologiques ne sont pas très bien connues : combien de temps peut-on tolérer des pucerons, afin de favoriser la prédation naturelle, avant d'intervenir ? Y a-t-il un ratio auxiliaires/pucerons qui permettent de présumer de l'efficacité des auxiliaires ? Ce critère de décision, récent, mériterait d'être mieux défini.

De plus, cette RdD est appliquée dans tous les contextes, et ne dépend d'aucune autre intervention réalisée dans la culture. Elle n'est jamais adaptée à des contextes de prix différents, à des types de sols ou à des climats différents, à des potentiels de rendement différents, et n'est déclinée qu'en fonction de deux types d'objectifs, qui ne sont pas énoncés explicitement. Elle mériterait plus de déclinaisons et d'adaptations à la diversité des situations que l'on peut rencontrer.

Conclusion partielle pour les céréales à pailles

Pour décider de l'opportunité de la lutte chimique en culture contre les bioagresseurs des céréales à pailles les RdD sont nombreuses.

Pour une grande partie des **maladies des céréales** (cf. Annexe XVI), ces RdD mobilisent globalement les critères de décision identifiés comme les plus pertinents pour prendre la décision d'opportunité d'intervention chimique :

- Pour la **septoriose du blé**, ainsi que pour l'**helminthosporiose** et la **rhynchosporiose de l'orge**, les RdD existantes mobilisent la plupart des critères de décision les plus pertinents à l'exception de l'état végétatif qui est assez peu pris en compte ;
- Pour la **rouille brune** et la **rouille jaune**, les RdD mobilisent les critères de décision les plus pertinents ;
- Pour la **fusariose**, le critère de décision le plus pertinent (inoculum à la parcelle) n'est pas pris en compte, mais est approché à travers l'historique des pratiques et l'historique du bioagresseur à la parcelle ;
- Pour le **piétin verse**, les RdD mobilisent les critères de décision les plus pertinents, à l'exception de l'état végétatif (la densité de peuplement), qui est estimé à partir de l'historique des pratiques (la densité de semis) et de l'inoculum, lui-même estimé d'après l'historique des pratiques (précédent et antécédent culturaux) ;

Par contre, pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre **l'oïdium dans les céréales à pailles**, si les critères de décision déjà mobilisés dans les RdD existantes sont pertinents (observation des dégâts et sensibilité variétale), les RdD pourraient être encore améliorées en prenant en compte les données météorologiques, l'état végétatif, et la mesure d'un inoculum parcellaire.

La plupart de ces règles de décision d'opportunité de lutte chimique en culture sont claires et cohérentes, à l'exception de la **septoriose** et de l'**oïdium**, maladies pour lesquelles les RdD d'opportunité de lutte chimique sont nombreuses et contradictoires. Un travail pourrait être mené afin de lever ces contradictions : il faudrait identifier si ces RdD sont réellement incompatibles, ou si toutes sont pertinentes, chacune méritant d'être mobilisée dans un contexte (contexte pédoclimatique, type de système de culture, ...) ou selon des contraintes différentes (coût de l'observation pour renseigner les critères de décision). Ainsi, si ces contradictions peuvent être expliquées par des conditions d'utilisation différentes, un travail d'explicitation doit être mené, afin de lever les

contradictions actuelles et ainsi valoriser cette diversité de règles permettant une adaptation à différentes situations. Dans le cas contraire, un travail d'harmonisation pourrait améliorer ces RdD.

D'autre part, les décisions d'intervention fongicide en culture se prennent, dans la pratique, davantage en fonction d'un cortège de maladies qu'en fonction d'une seule maladie. Ainsi, les RdD proposées aux agriculteurs pourraient cibler la gestion d'un cortège de maladies, plutôt que la gestion de chaque bioagresseur un à un.

Dans la majorité des cas, contrairement aux maladies, les critères de décision mobilisés dans les RdD d'opportunité de lutte chimique contre les **ravageurs** semblent plus éloignés des critères de décision identifiés comme les plus pertinents. En effet, par rapport à l'échantillon étudié (cf. Annexe XVI), on peut constater que :

- Si les auxiliaires semblent essentiels pour décider d'une opportunité de lutte chimique pour la **plupart des ravageurs** (limaces, cécidomyies), ils sont rarement pris en compte, et lorsqu'ils le sont, comme par exemple pour les pucerons des épis, c'est de manière assez peu précise. Toutefois, les connaissances nécessaires à la prise en compte de la présence d'auxiliaires dans les décisions d'opportunité d'intervention chimique ne sont pas disponibles à l'heure actuelle ;
- Pour les **pucerons d'automne**, les RdD existantes mobilisent un des critères de décision les plus pertinents, la présence du bioagresseur dans la parcelle, mais elles pourraient être améliorées en prenant en compte les critères météorologiques et l'historique des pratiques ;
- Pour les **limaces**, les RdD mobilisent les critères de décision les plus pertinents. Toutefois, nous avons vu que les seuils de ces RdD sont multiples ce qui n'est pas justifié formellement par des contextes, ou des objectifs différents. Un travail d'harmonisation et/ou d'explicitation pourrait être mené ;
- Pour les **pucerons de printemps**, la prise en compte des auxiliaires peut être mieux explicitée. De plus, l'adaptation de la RdD à des contextes et des objectifs différents pourrait améliorer la RdD existante.
- Pour les **cécidomyies**, les catégories des critères de décision mobilisés (présence des cécidomyies en position de ponte) sont insuffisantes. A l'heure actuelle, la prévision des dégâts et des dommages de récolte à partir d'observations dans la parcelle n'est pas fiable. Nous n'avons pas réussi à identifier les critères à mobiliser, les connaissances pour le faire n'étant pas assez développées. La présence des auxiliaires dans la parcelle pourrait aussi être un critère de décision intéressant, mais les connaissances sur ce point sont aussi à acquérir.

Enfin, de manière plus générale, ces RdD ont été conçues, pour beaucoup, dans des systèmes de culture conçus majoritairement selon des stratégies d'efficience. Pour leur mobilisation dans des systèmes de cultures mettant en œuvre, en partie, des techniques de substitution à la lutte chimique, comme la résistance variétale, ou des combinaisons de techniques prophylactiques (systèmes de culture reconçus), des critères de décision ont été ajoutés à certaines règles de décision (Lutte chimique contre les rouilles et la septoriose prenant en compte la sensibilité variétale, opportunité d'intervention insecticide en culture contre les pucerons des épis prenant en compte la présence d'auxiliaires, traitement de semences contre les insectes d'automne prenant en compte la date de semis). Cela reste assez anecdotique et partiel, et certaines RdD pourraient être testées et/ou améliorées, pour proposer des solutions différentes adaptées à ces systèmes de culture différents.

III.2.3 Analyse des règles de décision recueillies pour la lutte chimique contre les maladies et les ravageurs des oléagineux : colza, tournesol et lin

Pour lutter contre les maladies des oléagineux, nous avons recueilli 47 règles de décision d'opportunité de lutte chimique, dont 20 concernent le colza d'hiver. Pour lutter contre les ravageurs, nous en avons recueilli 71, dont 51 pour le colza d'hiver.

La description des RdD disponibles par couple culture/bioagresseur, et la performance des RdD cadre pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, sont présentées en Tableau 11 et Tableau 14 pour les RdD concernant respectivement les maladies et les ravageurs du colza, en Tableau 15 et Tableau 16 pour les RdD concernant respectivement les maladies et les ravageurs du tournesol et en Tableau 19 et Tableau 20 pour les RdD concernant respectivement les maladies et les ravageurs du lin.

La répartition des RdD recueillies en fonction des couples culture-bioagresseur est présentée dans les Tableau 12 et Tableau 13 pour respectivement les maladies et les ravageurs du colza, Tableau 17 et Tableau 18 pour respectivement les maladies et ravageurs du tournesol, et Tableau 21 et Tableau 22 pour respectivement les maladies et ravageurs du lin.

Dans ces tableaux sont indiqués :

- En rouge, les couples culture-bioagresseur à enjeux pour lesquels nous n'avons pas recueilli de RdD,
- En orange, les couples culture-bioagresseur pour lesquels nous avons recueilli soit des RdD imprécises, c'est-à-dire dont la solution est partielle, incomplète ou peu claire, soit plusieurs RdD contradictoires, c'est-à-dire qui proposent des solutions différentes pour une même situation, sans donner d'élément pour choisir parmi ces RdD,
- En vert, les couples culture-bioagresseur pour lesquels il existe une ou plusieurs RdD claires et cohérentes (non contradictoires),
- En blanc, les couples culture-bioagresseur pour lesquels il n'y a pas de lutte chimique autorisée,
- En bleu, les couples culture-bioagresseur pour lesquels la lutte chimique est possible mais rarement mise en œuvre.

Nous allons dans un premier temps présenter les couples culture-bioagresseur pour lesquels il n'existe pas de RdD (en rouge dans les tableaux). Ensuite, nous analyserons les règles de décision recueillies en identifiant en premier lieu des RdD imprécises, des RdD contradictoires entre elles (cases en orange) puis des RdD contestées, et en second lieu des RdD claires cohérentes et admises (cases en vertes). Enfin, nous examinerons la performance des RdD recueillies dans une optique de réduction de l'utilisation des pesticides.

Tableau 11 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du COLZA D'HIVER : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

COLZA D'HIVER /MALADIES	Risque du bioagresseur		IFT ¹⁰	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Toutes maladies	s.o.	s.o.	1.1	s.o.	Oui, à effets partiels	2	2	2	2	2	1	1 (suivant contexte)	1	1
Sclérotinia	Moyen ¹¹	Fort ¹¹	Moyen ¹²	Moyen	Oui, à effets partiels	6	5	5	0	0	4 (+1)	0	0	1
Oïdium	Moyen ¹¹	Moyen ¹¹	Moyen ¹²	Moyen	Oui	5	5	5	5	5	2	0	0	0
Phoma	Moyen ¹¹	Fort ¹¹ (pour variétés sensibles)	Faible ¹²	Moyen	Oui, à effets partiels	5	5	5	5	5	2	2	0	1
Phoma (semences)	Moyen ¹¹	Fort ¹¹ (pour variétés sensibles)	s.o.	Moyen	Oui, à effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Cylindrosporiose	Faible ¹¹	Moyen ¹³	Faible ¹²	Faible	Oui, à effets partiels	1	1	1	1	1	1	1	Nd (rare)	0
Alternaria	Faible ¹³	Moyen ¹³	Faible ¹²	Faible	Oui, à effets partiels	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Alternaria (semences)	Faible ¹³	Moyen ¹³	s.o.	Faible	Oui, à effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Pseudocercosporiose	Faible ¹³	Moyen ¹³	Faible ¹²	Faible	Oui, à effets partiels	Nd	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

¹⁰Les IFT indiqués sont les IFT totaux correspondant à la famille de bioagresseurs (maladies), d'après INRA, 2009a

¹¹D'après INRA, 2009a

¹²D'après les entretiens

¹³D'après Délors, 2009

Tableau 12 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le COLZA D'HIVER, par maladie, et outils (outils d'aide à la décision ou outils de diagnostic) disponibles pour la lutte chimique

COLZA D'HIVER/MALADIE	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences		OAD
		Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	
Toutes maladies	1.1	2	1			
Sclérotinia	Moyen	6	5			Kit pétale du Cetiom
Oïdium	Moyen	5	2			
Phoma	Faible	5	2	0	0	
Cylindrosporiose	Faible	1	1			
Alternaria	Faible	1	1	0	0	
Pseudocercosporiose	Faible	0	0			
TOTAL Maladies	1.1	20	12	0	0	

Légende : () nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Nd Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

Tableau 13 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le COLZA D'HIVER, par ravageur, et outils (outils d'aide à la décision ou outils de diagnostic) disponibles pour la lutte chimique

COLZA D'HIVER/ RAVAGEUR	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences		Outil d'évaluation du risque disponible
		Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	
Limaces	Faible <0.4	5	5			Grille de risque de Sangosse
Méligèthe	Fort <2.8	8	6			ProPlant du Cetiom
Charançon de la tige du colza	Fort <2.8	3	3			ProPlant du Cetiom
Charançon du bourgeon	Fort <2.8	3	2			
Petites altises	Faible	5	4	0	1 ¹⁴	
Grosses altises	Moyen	10	7	0	1 ¹⁴	
Pucerons cendrés	Faible	6	4	0	0	
Pucerons verts	Faible	2	2	0	0	
Tenthrede de la rave	Faible	5	4	0	0	
Charançon des siliques	Faible	4	2			ProPlant du Cetiom
Teigne	Faible	0	0			
Cécidomyie	Nul					
Charançon de la tige du chou	Faible					
Mouche du chou	Nul					
TOTAL Ravageurs	2.8	51	39	0	2	

Légende : () nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Nd Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

¹⁴ Il n'y a pas de RdD pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences dans un contexte donné, mais il existe une règle cadre pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences en fonction du type de système de culture

Tableau 14 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du COLZA D'HIVER : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

COLZA D'HIVER/RAVAGEUR	Risque du bioagresseur		IFT ¹⁵	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	RdD d'opportunité de lutte chimique recueillies				Performance des RdD cadre synthétisées				
	Probabilité	Nuisibilité				Nb de RdD	RdD à solution claire	RdD cohérentes	RdD admises	RdD à solution claire, cohérentes, et admises	Nb RdD cadre	RdD cadre pouvant éviter des traitements	RdD cadre appliquées	RdD cadre regroupant des RdD aux objectifs différents
Limaces	Moyen ¹¹	Fort ¹¹	<0.4 ¹¹	Moyen	Oui, effets partiels	5	5	0	Nd	0	5	5	0	0
Méligèthe	Moyen ¹¹	Moyen ¹¹	Fort ¹⁶ <2.8	Fort	Oui	8	8	8	Controversé	0	6	6	6 ¹⁷	2
Charançon de la tige du colza	Fort ¹³	Moyen à fort ¹⁸	Fort<2.8	Fort	Non	3	3	3	3 ¹⁹	3	3	0	1	0
Charançon du bourgeon	Moyen ¹¹	Moyen ¹¹	Fort<2.8	Fort	Non	3	3	3	3	3	2	0	2	1
Petites altises	Faible ¹³	Moyen ¹³	Faible	Faible	Nd	5	5	0	5	0	4	4	4	1
Petites altises (semences)			s.o.	Moyen	s.o.	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	1 ²⁰	1	1
Grosses altises	Moyen ¹¹	Moyen ¹¹	Moyen	Moyen	Nd	10	10	0	10	0	7	7	7	1
Grosses altises (semences)			s.o.	Moyen	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	1 ²⁰	1	1
Pucerons cendrés	Moyen ¹¹	Fort ¹¹ (à l'automne)	Faible	Moyen	Nd	6	6	4	6	4	4	4	4	1
Pucerons cendrés (semences)			s.o.	Moyen	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Pucerons verts	Moyen ¹¹	Fort ¹¹ (à l'automne)	Faible	Moyen	Nd	2	2	0	2	0	2	2	2	0
Pucerons verts (semences)			s.o.	Moyen	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Tenthredo de la rave	Faible	Moyen à fort ¹⁸	Faible	Faible	Nd	5	5	0	5	0	3	4	0	1
Tenthredo de la rave (semences)			s.o.	Moyen	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Charançon des siliques	Moyen ¹¹	Moyen à faible ¹³	Faible	Faible	Nd	4	4	0	4	0	2	2	Nd	1
Teigne	Nd	Nd	Faible	Faible	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Cécidomyie	Nd	Fort ²¹	Nul	Nul	Oui, effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Charançon de la tige du chou	Nd	Nul	Faible	Nul	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Mouche du chou	Faible	Moyen	Nul	Nul	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « RdD cadre » correspondant aux RdD imprécises

¹⁵ Les IFT indiqués sont les IFT totaux correspondant à la famille de bioagresseurs (insectes et autres), d'après INRA, 2009a

¹⁶ D'après les entretiens réalisés

¹⁷ Ces RdD sont appliquées de manière dégradée : l'observation et les seuils ne sont pas forcément respectés

¹⁸ Moyenne d'après INRA, 2009a et Délos, 2009, forte d'après les entretiens réalisés

¹⁹ Ces RdD n'ont pas été remises en cause ou discutées lors des entretiens téléphoniques. Toutefois deux d'entre elles sont réfutées par le cetiom : celle ayant comme critère de décision les piqûres, et celle ayant comme critère de décision la taille de la tige.

²⁰ Des interventions ou des impasses systématiques sont recommandées suivant les types de SdC. Il n'y a donc pas de RdD car pas d'adaptation annuelle, mais une règle cadre

²¹ Aubertot *et al.*, 2005b

Tableau 15 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du TOURNESOL : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

TOURNESOL/MALADIE	Risque du bioagresseur		IFT ²⁴	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Mildiou (semences)	Faible ²²	Fort ²²	s.o.	Moyen	Oui, à effets partiels	3	0	s.o.	s.o.	0	(3)	s.o.	s.o.	s.o.
Phoma	Fort ²²	Moyen ²²	<0.1	Moyen	Nd	4	4	4	4	4	1	0	0 (critère appliqué : potentiel de rendement)	0
Phomopsis	Moyen ²²	Moyen ²²	<0.1	Faible	O	5	5	5	5	5	2	0		0
Alternaria (semences)	Faible ²³	Faible ²³	s.o.	Moyen	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Botrytis (semences)	Faible ²³	Faible ²³	s.o.	Moyen	Nd	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Sclérotinia (semences)	Moyen ²²	Moyen ²²	s.o.	Moyen	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

Tableau 16 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du TOURNESOL : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

TOURNESOL / RAVAGEUR	Risque du bioagresseur		IFT ²⁴	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Corbeaux	Moyen ²³	Moyen ²³	<0.3	Faible	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Limaces	Moyen ²³	Fort ²³	<0.3	Moyen	Nd	4	3	0	3	0	3 (+1)	3	Nd	0
Taupins	Faible ²³	Fort ²³	<0.2	Faible	Nd	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	Nd	s.o.
Pucerons verts	Faible ²³	Faible ²³	<0.2	Faible	Nd	5	5	0	5	0	5	5	0	0

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

²² D'après INRA, 2009a

²³ D'après Délos, 2009

²⁴ Les IFT indiqués sont les IFT totaux correspondant à la famille de bioagresseurs (maladies, insectes et autres), d'après INRA, 2009a

Tableau 17 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le TOURNESOL, par maladie, et outils (outils d'aide à la décision ou outils de diagnostic) disponibles pour la lutte chimique

TOURNESOL/ MALADIE	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences		Outil d'évaluation du risque disponible
		Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	
Mildiou	<0.1			3 imprécises	(3)	
Phoma	<0.1	4	1			
Phomopsis	<0.1	5	2			Asphodel
Alternaria	<0.1			0	0	
Botrytis	<0.1			1 imprécise	(1)	
Sclérotinia				0	0	
TOTAL Maladies	0.1	9	3	4	(4)	

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

Tableau 18 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le TOURNESOL, par ravageur, et outils (outils d'aide à la décision ou outils de diagnostic) disponibles pour la lutte chimique

TOURNESOL/RAVAGEUR	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences		Outil d'évaluation du risque disponible
		Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	
Corbeaux	<0.3.			0	0	
Limaces	<0.3	4	3 (+1)			Grille de risque de Sangosse
Taupins	<0.2	1 imprécise	(1)			Grille de risque Arvalis
Pucerons verts	<0.2	5	5			
TOTAL Ravageurs	<0.5	10	8 (+2)	0	0	

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

Tableau 19 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du LIN: disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

LIN/ MALADIE	Risque du bioagresseur		IFT	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées				
	Probabilité	Magnitude				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents	
Toutes maladies	s.o.	s.o.	5 (IFT Total lin de printemps, d'après le site internet d'Arvalis, les culturales)	Nd	Nd	7	7	7	7	7	2	2	Nd	0	
Oïdium	Moyen ²⁵	Fort ²³			Nd	2	2	2	2	2	2	2	2	Nd	0
Phoma	Nd	Nd			Nd	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.	
Alternariose (semences)	Nd	Nd			Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	
Brunissure (<i>Kabatiella</i>)	Nd	Nd			Nd	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.	
Brunissure (semences)	Nd	Nd			Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	
Botrytis	Nd	Nd			Nd	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.	
Botrytis (semences)	Nd	Nd			Nd	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.	
Septoriose	Nd	Nd			Nd	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.	
Anthraxnose	Nd	Nd			Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	0	0	s.o.	s.o.	s.o.	

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

Tableau 20 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du LIN : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

LIN/ RAVAGEUR	Risque du bioagresseur		IFT	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Taupins	Nd	Nd	5 (total lin de printemps)	Nd	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Altise du lin	Nd	Nd		Nd	Nd	5	5	0	5	0	3	3	Nd	2
Thrips	Nd	Nd		Nd	Nd	5	5	5	5	5	1	1	Nd	1

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

²⁵ D'après Délos, 2009

Tableau 21 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le LIN, par maladie, pour la lutte chimique

LIN/MALADIE	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences	
	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre
Toutes maladies	7	2		
Oïdium	2	2		
Phoma	1 imprécise	(1)		
Alternariose			0	0
Brunissure (<i>Kabatiella</i>)	1 imprécise	(1)	0	0
Botrytis	1 imprécise	(1)	1 imprécise	(1)
Septoriose	1 imprécise	(1)		
Anthracnose			Nd	Nd
TOTAL Maladies	13	4 (+4)	1	1

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

Tableau 22 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour le LIN, par ravageur, et disponibilité d'outils (OAD et outils de diagnostic) pour la lutte chimique

LIN/RAVAGEUR	Opportunité de lutte chimique en culture		Outil d'évaluation du risque disponible
	Nb RdD	Nb RdD cadre	
Taupins	Nd	Nd	Grille de risque Arvalis
Altise du lin	5	3	
Thrips	5	1	
TOTAL Ravageurs	10	4	

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

III.2.3.1 Les règles de décision manquantes pour décider de l'opportunité de lutte chimique (traitements en culture et traitements de semences) contre les maladies et les ravageurs du colza, du tournesol et du lin

Pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture, nous avons recueilli des RdD pour la plupart des couples culture-bioagresseur, à l'exception de la lutte chimique **contre la pseudocercosporiose et contre les teignes sur le colza**, (Tableau 12, Tableau 13, Tableau 17, Tableau 18, Tableau 21 et Tableau 22). Toutefois, d'après les entretiens avec les conseillers, ces bioagresseurs ne semblent pas réellement préoccupants et le recours à la lutte chimique en culture contre ces bioagresseurs ne semble pas ou peu pratiqué.

Concernant les traitements de semences, nous pouvons tout d'abord constater qu'ils font rarement l'objet de règles de décision. Aucune RdD n'a été répertoriée pour les couples culture-bioagresseur suivants (en rouge et en bleu dans le tableau) :

- **Colza : insectes de début de cycle (altises, pucerons, tenthrèdes de la rave) et phoma et alternaria.** Or, d'après les entretiens réalisés, les traitements de semences insecticides semblent être assez fréquents et leur application être adaptée chaque année. Les traitements de semences fongicides semblent plus rares et présentent moins d'enjeux (Tableau 12 et Tableau 13).
- **Tournesol : alternaria et sclérotinia.** Ces maladies ne semblent pas réellement préoccupante pour le tournesol, et il semble que peu de traitements de semences soient réellement pratiqués ; et **corbeaux** (Tableau 17 et Tableau 18) ;
- **Lin : brunissure et alternaria** (Tableau 21 et Tableau 22).

Il semble intéressant de noter un cas particulier : les traitements de semences contre les grosses et petites altises du colza. Nous n'avons pas recueilli de règle de décision pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences. Cependant, nous avons repéré qu'un traitement de semences est systématiquement conseillé en « système de culture productif », tandis qu'une impasse systématique sur le traitement de semences est conseillée en « système de culture intégré ». Il serait intéressant de mieux formaliser ce lien entre type de système de culture et décision, en précisant notamment les objectifs de ces systèmes en termes de maîtrise des bioagresseurs, et les techniques mises en œuvre. Y a-t-il une plus grande tolérance de dégâts en système intégré ? Ou une plus grande acceptation d'un risque ? Ou alors la mise en œuvre de techniques alternatives à la lutte chimique permet-elle de réduire le risque dans un système et non dans l'autre ? En répondant à ces questions, il serait peut être possible de formaliser une RdD générique permettant d'adapter la décision de traitement de semences non seulement à ces différents objectifs et techniques mises en œuvre, mais aussi à différents contextes (pédoclimatique, pressions biotiques).

Ainsi, tout comme pour les céréales, les traitements de semences ne semblent pas faire l'objet de raisonnement de la lutte chimique.

III.2.3.2 Des règles de décision dont la solution est imprécise

Des RdD dont la solution est trop imprécise pour permettre de décider objectivement de l'opportunité d'intervention chimique en culture ont été identifiées. Pour les interventions en culture dans les oléagineux, il s'agit de :

- **Tournesol** : la RdD recueillie pour l'opportunité d'intervention chimique contre **les taupins** (cf. Annexe IX p. 297);
- **Lin** : les RdD recueillies pour l'opportunité de lutte chimique spécifique en culture contre **le phoma, la brunissure, le botrytis et la septoriose** (cf. Annexe X p. 301)

Enfin, tout comme pour les céréales, les RdD recueillies pour **l'opportunité de traitement de semences pour le tournesol (mildiou et botrytis, agent responsable de la fonte des semis) et pour le lin (botrytis)** sont très incomplètes (cf. Annexe IX p. 295 et Annexe X p. 301). Elles suggèrent de prendre en compte les « risques » parcellaires pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences, sans toutefois préciser exactement quels facteurs de risque prendre en compte, comment les mesurer et comment les hiérarchiser.

Ces RdD sont imprécises, dans le sens où elles ne clarifient pas la manière de combiner, hiérarchiser, et quantifier les critères de décision. Selon nous, ces RdD permettent d'avoir des indications sur les éléments à examiner et à diagnostiquer pour prendre la décision, mais ne sont pas des RdD abouties, dans le sens où la relation entre la situation et l'action n'est pas claire.

III.2.3.3 Des règles de décision contradictoires

De la même manière que pour les céréales, nous avons recueilli des RdD qui, pour un même objet de décision, proposent des solutions différentes, sans toutefois ni expliquer les raisons de ces différences, ni donner les éléments nécessaires pour choisir la RdD la mieux adaptée (son domaine de validité ou ses objectifs par exemple).

Il s'agit notamment des RdD d'opportunité de lutte chimique **contre les grosses altises et les petites altises sur colza** (cf. Annexe VIII, p. 283).

En effet, nous pouvons constater que les RdD cadre pour lutter contre les altises sont très nombreuses (10 RdD et 7 RdD cadre pour les grosses altises, et 5 RdD et 4 RdD cadre pour les petites altises). Certaines sont déclinées dans différents contextes (notamment en fonction de la réalisation ou non de traitements chimiques préventifs), et pour différents types de SdC (« productif » ou « intégré »). D'autres, la plupart, font partie des RdD qu'on appelle contradictoires, c'est-à-dire qu'elles donnent des seuils différents mais trop peu d'informations pour que l'on puisse déterminer quel seuil est le plus approprié à une situation ; on ne peut donc pas synthétiser ces RdD en RdD cadre. C'est pourquoi le nombre de RdD cadre reste très important, et assez proche du nombre de RdD recueillies. On notera l'importance de ces contradictions : un groupe de RdD se fonde plutôt sur un seuil d'intervention à 30% de pieds avec des morsures d'altises, tandis qu'un autre groupe de RdD fixe ce seuil d'intervention à 80% de pieds avec des morsures d'altises.

Les autres couples culture/bioagresseur pour lesquels nous avons recueilli des RdD contradictoires sont (cf. Tableau 13, Tableau 18, et Annexe VIII et Annexe IX) :

- **Pour le colza : les limaces** (5 RdD pour 5 RdD cadre), **les pucerons verts et pucerons cendrés** à l'automne (8 RdD pour 6 RdD cadre), **la tenthrède de la rave** (5 RdD pour 4 RdD cadre), **le charançon des siliques** (4 RdD pour 2 RdD cadre).
- Pour le **tournesol : les limaces** (4 RdD pour 4 RdD cadre), **les pucerons** (5 RdD pour 5 RdD cadre, qui sont mobilisables pour 2 stades culturaux différents).

Nous proposons deux hypothèses quant à l'origine de ces contradictions :

- Soit la base de connaissances mobilisée pour élaborer ces RdD est différente, et les seuils de nuisibilité qui en découlent le sont aussi ;
- Soit les objectifs de ces RdD sont différents. Il est d'ailleurs probable que ce soit le cas des RdD pour lutter contre les altises : les déclinaisons des RdD dans les systèmes de culture « productifs » et « intégrés » proviennent certainement d'objectifs différents, et notamment de niveaux de tolérance aux dégâts et dommages différents. Malheureusement ces objectifs ne sont pas clairement explicités.

III.2.3.4 Les règles de décision contestées

D'après les entretiens réalisés, certaines RdD sont jugées peu fiables. Nous allons développer la RdD cadre d'opportunité de lutte chimique en culture contre **le sclérotinia du colza** (cf. Annexe VIII p. 269).

Pour le sclérotinia du colza, nous avons recensé 6 règles de décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique, synthétisables en 5 règles cadre, qui s'appliquent à différents stades de la culture (cf. Annexe VIII.1 p. 269). L'un des critères de décision de ces RdD est la prise en compte des conditions météorologiques à la floraison, pour évaluer le risque de contamination des plantes par les pétales. En effet, des pétales contaminés ne causeront de dommages de récolte que dans le cas où cette contamination est transférée sur les feuilles des plantes, ce qui se produit dans des conditions humides. Malheureusement, ces conditions météorologiques sont difficiles à mesurer, et il est arrivé, certaines années, qu'en l'absence de pluie, des impasses soient décidées alors qu'une hygrométrie importante a permis cette contamination. D'après les entretiens réalisés auprès des conseillers, dans la pratique, ce manque de fiabilité s'est traduit par une dégradation de la solution de la règle de décision en : si un inoculum est présent, réaliser une intervention fongicide au stade chute des pétales, quelles que soient les conditions météorologiques. Suivant les régions, en analysant les parcelles témoins non traités, les conseillers de chambre d'agriculture estiment que la fréquence des interventions superflues varie de 1 an sur 2 à 4 ans sur 5. Les conditions météorologiques favorables aux contaminations étant mal identifiées et difficiles à mesurer, il semble actuellement difficile de les prendre en compte pour la décision. Le manque de fiabilité de cette RdD résulte ici de la difficulté à diagnostiquer la situation, au moment où l'intervention doit être réalisée.

Les RdD pour l'opportunité d'intervention chimique en **colza** contre les **méligèthes** sont aussi parfois remises en cause lors des entretiens réalisés, sur la base de l'expérience de certains agriculteurs qui réalisent des impasses (cf. Annexe VIII, p. 279).

Ces RdD sont donc contestées de deux manières différentes : (i) les RdD d'opportunité de lutte chimique contre le sclérotinia du colza ne réussissent pas à atteindre les objectifs de protection des cultures, ce qui conduit à une systématisation des interventions (ou pour certains agriculteurs, à des impasses) alors qu'*a posteriori*, peu sont jugées nécessaires, et (ii) les RdD d'opportunité de lutte chimique contre les méligèthes peuvent conduire à des interventions se révélant *a posteriori* inutiles ; certains agriculteurs réalisent des impasses plus fréquentes que celles engendrées par l'application de la RdD. Dans le cas du sclérotinia, cela s'explique par la difficulté de prévoir et d'évaluer les conditions climatiques (humidité ? pluie ?) ; dans le cas des méligèthes, les seuils de nuisibilité et les seuils d'intervention sont discutés.

III.2.3.5 Les règles de décision à solution claire, cohérentes, et admises

Des RdD qui ne se contredisent pas, dont les solutions sont claires et dont la fiabilité n'est pas remise en cause (même s'il peut rester des doutes ou des interrogations), sont disponibles pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture pour les couples culture-bioagresseur suivants (Tableau 12, Tableau 13, Tableau 17, Tableau 18, Tableau 21, Tableau 22) :

- En **colza** : l'**oïdium**, le **phoma**, la **cylindrosporiose**, l'**alternaria**, **toutes maladies confondues**, ainsi que pour les **mélégèthes**, les **charançons de la tige** et les **charançons du bourgeon terminal**
- En **tournesol** : le **phoma** et le **phomopsis** ;
- En **lin** : toutes maladies confondues, l'**oïdium**, les **altises** et les **thrips**.

III.2.3.6 Analyse de la performance des règles de décision pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires

Nous allons examiner la performance des RdD recueillies en vue de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour cela, nous examinerons uniquement les RdD contradictoires et les RdD cohérentes, et admises, à solution claire. Nous ne prendrons pas en compte les RdD imprécises, partielles ou peu fiables, en partant du principe que ces RdD ne peuvent pas être appliquées, et ne sont donc pas performantes pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Les Tableau 11, Tableau 14, Tableau 15, Tableau 16, Tableau 19 et Tableau 20 présentent les caractéristiques des RdD cadre permettant de juger de leur performance pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, par bioagresseur, pour les cultures de colza d'hiver, de tournesol et de lin.

Parmi les RdD recueillies, les entretiens nous ont permis de mettre en évidence certaines RdD dont la performance pour la réduction du nombre d'interventions peut être remise en cause :

- Des RdD qui conduisent systématiquement à une intervention chimique car elles ciblent des bioagresseurs très fréquents, et pour lesquels les conditions justifiant l'intervention sont toujours réunies ;
- Des RdD qui ne sont pas appliquées car leurs critères de décision sont fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets ;
- Des RdD dont la diversité ne répond pas à la diversité des objectifs des agriculteurs pour cette décision ;
- Des RdD pour des bioagresseurs qui peuvent être maîtrisés par d'autres modes de gestion que la seule lutte chimique, modes de gestion qui pourraient être préférés ;
- Des RdD pour des bioagresseurs peu problématiques car peu dommageables ;
- Des RdD pour des bioagresseurs peu problématiques car rarement présents.

III.2.3.6.1 Les règles de décision des bioagresseurs fréquents, qui conduisent à des interventions systématiques

Certaines RdD, généralement pour des bioagresseurs dont l'occurrence est très forte, conduisent à des interventions systématiques car les conditions justifiant l'intervention sont toujours remplies. Ces RdD ne permettent donc pas de réduire l'utilisation des pesticides.

En colza, l'opportunité de lutte chimique contre le charançon de la tige entre dans cette catégorie, même si le positionnement de cette intervention reste important pour limiter le nombre de traitements (Tableau 23).

Tableau 23 : Règles de décision cadre synthétisées à partir des RdD recueillies, pour l'opportunité de la lutte chimique contre le charançon de la tige dans le colza

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Contexte	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Source	Nb RdD synthétisées dans la RdD cadre
Entre apparition des premiers entre-nœuds et le stade E	Parcelle			Si conditions réunies, alors intervention, sinon impasse	Présence et tige inférieure à 20 cm	Cuvettes jaunes	Seuil maestria RMT SdCI	1
De reprise de végétation à E		Nièvre		Si seuil atteint, alors intervention insecticide 8 à 10 jours après, sinon impasse	Premières captures :	Cuvette jaune attention à distinguer le charançon de la tige du chou et le charançon de la tige du colza	CA Nièvre, 2010b	1
Jusque tige 20 cm		Température moyenne journalière et ensoleillement		Si seuil, traiter immédiatement	1 piqûre par plante	Signalées par AA	INRA 2009a	1

Parmi ces 3 RdD cadre, 2 sont très proches. Elles diffèrent par leurs bornes temporelles : l'une commence à l'apparition des premiers entre-nœuds, et se fonde sur un critère de décision supplémentaire sur le stade de développement de la culture au moment de l'observation (tige inférieure à 20 cm), tandis que l'autre commence à la reprise de la végétation, et ne tient pas compte du développement de la culture. La première (ayant comme critère de décision l'état végétatif) est plus ancienne et a été réfutée par le Cetiom.

Dans ces deux cas, la lutte chimique est déclenchée dès la présence de charançons de la tige dans la parcelle, lorsque les autres critères de décision sont également satisfaits. Le positionnement de cette intervention est très important, car si le pic de vol est bien ciblé, une seule intervention suffit. Par contre, si des conditions météorologiques inattendues provoquent un retard du pic de vol par rapport aux prévisions, ou si l'intervention est mal positionnée par rapport aux premières captures, un deuxième traitement se révélera nécessaire. Selon les conseillers, il y a généralement une intervention insecticide par an pour cibler ce bioagresseur.

Enfin, la troisième RdD cadre prend en compte non seulement la présence du ravageur dans la parcelle, mais aussi ses dégâts sur les plantes (piqûres). Cependant cette RdD, plus ancienne, semble peu diffusée, et nous n'avons pas trouvé de conseiller qui la recommande.

En **colza**, les RdD d'opportunité de lutte chimique contre **les charançons du bourgeon terminal** (cf. Annexe VIII p. 271 et p. 281) entrent aussi dans cette catégorie.

Suivant les régions, les charançons de la tige et du bourgeon terminal sont des ravageurs plus ou moins nuisibles d'après les conseillers. Les interventions chimiques, même en cas d'observations du ravageur, ne sont pas toujours justifiées *a posteriori*. Les conseillers souhaiteraient pouvoir orienter leurs conseils vers des impasses plus fréquentes pour l'un ou l'autre des charançons suivant les zones, ou une intervention à bon escient, mais les RdD actuellement disponibles ne le permettent pas.

Enfin, à l'automne, les interventions contre le charançon du bourgeon terminal sont aussi efficaces sur les grosses altises. **Il serait donc souhaitable d'évoluer vers des RdD d'opportunité de lutte chimique tenant compte de l'ensemble des ravageurs d'automne.**

III.2.3.6.2 Les règles de décision inappliquées, aux critères de décision fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets

En **colza**, les RdD d'opportunité de lutte chimique contre **la sclérotinia et l'oïdium** entrent dans cette catégorie. En effet, pour l'oïdium, la lutte chimique est décidée en pratique en même temps que la lutte chimique contre le sclérotinia du colza car les interventions chimiques réalisées ciblent les deux maladies. Or la lutte chimique contre le sclérotinia intervenant avant l'apparition de symptômes d'oïdium, la décision pour une intervention fongicide contre l'oïdium se base davantage sur des critères de prévision d'infestation (climat) que sur des observations. Ainsi les RdD aujourd'hui disponibles pour lutter contre l'oïdium ne sont pas réellement appliquées, car elles ne prennent pas en compte les différentes maladies concernées par cette décision. Les critères de décision ne sont pas assez complets par rapport aux besoins des agriculteurs. Ces RdD sont donc davantage utilisées pour décider du choix de produit à utiliser (ratio fongicide sclérotinia/fongicide oïdium) sur la base de prévisions climatiques.

Pour les couples culture/bioagresseur pour lesquels nous avons mis en évidence une multiplicité de RdD contradictoires pour décider de l'opportunité d'interventions chimiques en **colza** (cf. Annexe VIII p. 277 et p. 283) **contre les limaces, les petites altises, les grosses altises, et en tournesol** contre les **limaces** (cf. Annexe IX p. 297), nous constatons un même décalage entre les pratiques des agriculteurs, qui se fondent plus sur des « sensibilités » différentes à ces ravageurs, et les préconisations des RdD. Ces différences peuvent s'expliquer par des expériences de fortes pertes de récolte, ou par des expériences d'interventions inutiles, et par le fait que les RdD proposées sont contradictoires. L'agriculteur a donc un vaste choix, et se base sur son expérience pour décider.

Pour le **tournesol**, les RdD cadre recueillies pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le **phomopsis et le phoma** sont cohérentes (cf. Annexe IX, p. 295). Elles sont déclinées dans différentes situations en fonction de la variété et d'un risque régional, et s'appuient sur un critère de décision de pression annuelle locale, indiquée dans les BSV. Cependant, elles ne prennent pas en compte de critère relatif au potentiel de rendement. Or dans la pratique, d'après les entretiens réalisés, les agriculteurs prennent en compte leur potentiel de rendement pour évaluer l'intérêt économique de ces interventions, ainsi que la mise en œuvre éventuelle de techniques alternatives (date de semis par exemple) qui diminue l'impact de la maladie sur leur culture. Ainsi, dans la pratique, il semble y avoir plus d'impasses que celles recommandées par l'application des RdD. Ces RdD pourraient donc être améliorées et prendre ces critères en compte afin de permettre de réduire davantage l'utilisation des produits phytosanitaires.

Enfin, pour décider de l'opportunité d'une intervention fongicide à large spectre en culture, contre **toutes maladies confondues du lin**, nous avons recueilli 7 RdD correspondant à 2 RdD cadre (Tableau 21 et cf. Annexe X p. 301). Ces 2 RdD cadre sont partielles : chacune prend en compte un critère de décision différent : la météo pour l'une et le potentiel de rendement pour l'autre. Or ces deux critères ont ensemble une influence sur le développement des maladies sur la culture. Nous avons donc deux RdD cadre partielles, qui devraient être réunies en une RdD cadre unique prenant en compte ces deux critères.

III.2.3.6.3 La prise en compte des objectifs des agriculteurs dans les règles de décision

Nous avons vu que la plupart des RdD n'énoncent aucun objectif. Ces RdD sont donc utilisées pour tout objectif de maîtrise des bioagresseurs : dégâts, dommages, et pertes. Or ces niveaux de tolérances différents aux bioagresseurs devraient se traduire dans les solutions des RdD, au niveau des critères de décision, de leurs seuils, et des options. Telles qu'elles sont diffusées actuellement, il n'est pas possible de savoir à quel objectif correspond l'application d'une RdD. C'est une grande faiblesse des RdD actuellement diffusées.

Dans les RdD recueillies pour les cultures de colza, de tournesol, et de lin, peu de RdD cadre se déclinent pour différents types de systèmes de culture et pour différents types d'objectifs : 8 pour le **colza (pour le sclérotinia, l'oïdium, pour toutes maladies confondues, pour les méligèthes, les charançons du bourgeon terminal, les altises, les charançons des siliques et les pucerons cendrés et pucerons verts au printemps**, Annexe VIII p. 269, p. 271, p. 279, p. 281, p. 297), aucune pour le tournesol et 2 pour le **lin (pour les altises et les thrips** Annexe X p. 303). **Les RdD d'opportunité de lutte chimique contre les thrips du lin sont assez bien définies**. Nous n'avons pas pu identifier dans tous les cas si les déclinaisons de ces RdD cadre étaient dues à un état de la culture différent (mise en place de mesures prophylactiques par exemple) ou à des objectifs différents en termes de tolérance aux dégâts, aux dommages, ou aux pertes économiques.

III.2.3.6.4 Les règles de décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre des bioagresseurs pour lesquels des techniques alternatives efficaces sont disponibles

Certaines RdD ont été recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre des bioagresseurs pour lesquels des techniques alternatives efficaces existent pour éviter ou limiter les dommages de récolte. Pour les travaux concernant ces bioagresseurs, on peut donc considérer que la priorité est de travailler sur ces techniques alternatives, sur les modalités de leur mise en œuvre et de leur combinaison au sein des SdC, et sur leur adoption par les agriculteurs afin d'éviter le recours à la lutte chimique. Dans ce cas, les RdD d'opportunité de lutte chimique, utilisée en dernier recours, doivent bien évidemment pouvoir prendre en compte ces autres modes de gestion, que ce soit par l'observation de l'état du milieu résultant de leur mise en œuvre ou par d'autres critères de décision les concernant. C'est aujourd'hui rarement le cas.

Il s'agit, pour le **colza** (Tableau 11 et Tableau 14), de l'opportunité de la lutte chimique en culture contre le **phoma** (utilisation de variétés résistantes), contre les **méligèthes** (semis de 15% d'une variété plus précoce comme piège à méligèthes). Pour le phoma, les RdD d'opportunité d'intervention chimique ne sont pas appliquées dans le cas d'une variété résistante ; de plus, le choix de variétés résistantes est devenu très fréquent. Au contraire pour les méligèthes, la même RdD reste effective mais le seuil n'est presque jamais atteint car ce « piège à méligèthes » agit en diminuant la fréquence d'atteinte du seuil ; cette technique alternative est beaucoup moins fréquemment pratiquée que le choix de variété résistante au phoma.

Ainsi, ces techniques alternatives étant performantes pour diminuer la pression de ces bioagresseurs, et donc pour réduire l'utilisation des pesticides elles doivent être privilégiées à la lutte chimique, et des travaux sur les RdD de lutte chimique ne sont pas prioritaires par rapport à des mesures permettant une plus large adoption des techniques alternatives.

III.2.3.6.5 Les règles de décision concernant des bioagresseurs moins dommageables

Pour le **colza**, les insectes de fin de cycle provoquent généralement des dommages limités (cf. Annexe VIII p. 287 et p. 289) : **pucerons cendrés au printemps, charançon des siliques**. Cela est dû à la capacité de compensation de la culture. C'est pourquoi, pour ces insectes, il existe souvent des déclinaisons des RdD différentes pour des systèmes de culture en « protection intégrée » (paragraphe III.2.3.6.3). Nous supposons ici que les objectifs de protection des cultures sont différents, et que dans ces systèmes de culture plus de dégâts sont tolérés, étant données les capacités de compensation importantes de la culture. Toutefois, nous pouvons nous poser la question des RdD définies en « protection raisonnée » : quels sont les résultats attendus de ces RdD ? Ces interventions phytosanitaires sont-elles réellement nécessaires ?

III.2.3.6.6 Les règles de décision concernant des bioagresseurs moins fréquents

Il s'agit de RdD pour des bioagresseurs peu fréquents, et pour lesquels les dommages sont faibles ou dont l'intensité est discutée par les conseillers interrogés. Pour ces couples culture-bioagresseur, il existe des RdD qui peuvent ne pas être appliquées (Tableau 11 et Tableau 16). C'est le cas, pour le **colza**, de la **cylandrosporiose** et de l'**alternaria**, et pour le **tournesol**, des **pucerons**.

Enfin, pour des bioagresseurs qui peuvent provoquer de forts dommages mais qu'on rencontre rarement, les dispositifs actuellement en place semblent performants : observations des bioagresseurs à l'échelle régionale, alerte dans les BSV le cas échéant, puis observations à la parcelle et application de la RdD. Pour des bioagresseurs fortement dommageables mais rares, la précision des RdD (seuils, méthodes d'échantillonnage, objectifs...) est peut-être moins essentielle pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. En effet, même si on pouvait affiner ces RdD par rapport aux tolérances dégâts-dommages-perdes pour éviter, dans certains cas, quelques interventions déjà peu fréquentes, quel impact cela aurait-il réellement sur l'utilisation des pesticides à l'échelle française ? Nous avons identifié, en colza les RdD d'opportunité de lutte chimique contre **les pucerons (verts et cendrés) à l'automne, et la tenthrède de la rave**.

Conclusion partielle pour les oléagineux

Tout comme pour les céréales à pailles, nous avons recueilli un grand nombre de RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture pour les oléagineux. Les RdD de notre échantillon de travail sur les critères de décision mobilisent, pour la plupart, les critères les plus pertinents. D'une manière générale, les RdD pour décider de l'opportunité chimique contre les maladies en culture sont claires et cohérentes.

Pour le **colza**, les insectes représentent un enjeu majeur dans le cadre d'Ecophyto : l'IFT insecticide est de 2,8 en 2009 (INRA, 2009a). Ces RdD mériteraient donc d'être améliorées, dans la mesure où la grande majorité (RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les **limaces**, les **petites et grosses altises**, les **pucerons cendrés** et **pucerons verts**, les **charançons des siliques** et la **tenthrède de la rave**) sont contradictoires. Il faut donc, soit expliciter les raisons de cette diversité, soit réaliser un travail pour les harmoniser. Les RdD pour décider de l'opportunité d'intervention insecticide contre les **méligèthes du colza** pourraient bénéficier d'une nouvelle validation des seuils, dans différents contextes et en combinaison avec différentes techniques alternatives (prise en compte de l'état végétatif du

colza, utilisation de pièges à méligèthes...). Enfin, les *charançons du bourgeon de la tige* et du *bourgeon terminal* disposent de RdD qui ne mobilisent pas les critères de décision les plus pertinents. A l'heure actuelle, si on sait situer dans le temps les attaques de charançon du bourgeon terminal et de charançon de la tige, on ne sait pas quantifier leur importance. Il faudrait donc concevoir des RdD qui, en plus des observations de présence de charançon, prennent en compte l'historique du bioagresseur dans les parcelles voisines qui permet d'estimer un inoculum, et peut-être des données météorologiques, afin de quantifier les niveaux d'attaques.

Les maladies du colza représentent un IFT moins important. Il reste tout de même des marges d'amélioration importantes. Le *sclérotinia, qui fait l'objet d'un apport de fongicide relativement important* est la principale source de difficultés : les RdD existantes ont été fortement remises en cause suite au déroulement de certaines campagnes culturales où l'on a observé des dommages importants. Aujourd'hui, beaucoup d'agriculteurs réalisent au moins une intervention systématique contre le sclérotinia, alors que les contaminations sont relativement rares (fréquence : entre un an sur 5 et un an sur 10). Il y a là un réel enjeu pour la diminution de l'utilisation des produits sanitaires. Pourtant, les critères de décision mobilisés dans ces RdD sont, pour la plupart, les plus pertinents (cf. Annexe XVI). La difficulté se situe essentiellement au niveau du critère météorologique, qui est difficile à caractériser précisément. L'hygrométrie dans la parcelle pourrait être un bon critère de décision, mais à l'heure actuelle, les moyens pour le renseigner ne sont pas proposés. De plus, on pourrait ajouter la prise en compte de l'état végétatif dans cette décision : un colza clair ou déjà fragilisé sera plus sensible au sclérotinia. Les autres maladies du colza ne semblent pas représenter un enjeu très important : le *phoma* est essentiellement géré par résistance variétale, sans fongicide, la *cylindrosporiose*, l'*alternaria* et la *pseudocercosporiose* sont des maladies moins fréquentes.

Le *tournesol* est une plante moins consommatrice de pesticides, et les IFT sont très faibles. Toutefois, pour les RdD d'opportunité d'intervention fongicide, il semble exister un grand décalage entre les RdD que nous avons pu recueillir et la manière dont les décisions sont prises : le potentiel de rendement, élément essentiel pour les agriculteurs, ne figure ni comme critère de décision, ni dans les domaines de validité des déclinaisons de RdD cadre de notre recueil, à l'exception des RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le *phoma*. Il serait intéressant de formaliser cette relation entre le potentiel de rendement, les risques de dommages et de pertes de récolte, et donc les solutions à appliquer via les RdD d'opportunité d'intervention fongicide.

Les RdD d'opportunité de lutte chimique contre les ravageurs sont très peu nombreuses, et quand elles existent, elles sont imprécises. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette rareté :

- Le faible nombre d'interventions chimiques réalisées en culture de tournesol (IFT insectes : 0,2 ; IFT autres : 0,3) ;
- Le tournesol est souvent une culture de diversification, avec moins d'enjeux commerciaux que d'autres cultures. Cette culture est donc moins stratégique pour les agriculteurs, ils y investissent moins en temps et raisonnent davantage en routine ;
- Le tournesol est une culture qui a fait l'objet de moins de travaux de recherche.

Pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les maladies du lin, nous avons recueilli beaucoup moins de RdD. Il semble que lorsque les cultures sont plus marginales, les travaux sur les règles de décision sont moins nombreux. Pourtant, ponctuellement cette culture peut représenter des enjeux importants en termes de pollutions : son IFT est élevé (le lin de printemps a un IFT total de 5, d'après le site internet d'Arvalis, les culturales). Les RdD pour décider de l'opportunité d'intervention insecticide sont plus nombreuses, mais il reste des lacunes (pas de RdD pour les taupins, et des RdD contradictoires pour les altises du lin).

III.2.4 Analyse du recueil des règles de décision pour les autres grandes cultures étudiées : betterave, maïs, féverole

Pour la lutte chimique, nous avons recueilli 20 règles de décision pour lutter contre les maladies de la betterave, 11 pour les maladies du maïs, et 12 pour les maladies de la féverole. Nous avons recueilli 17 RdD de lutte chimique pour les ravageurs de la betterave, 37 pour ceux du maïs et 21 pour ceux de la féverole.

La description des RdD disponibles par couple culture/bioagresseur, et la performance des RdD cadre pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, sont présentées en Tableau 24 et Tableau 26 pour les RdD concernant respectivement les maladies et les ravageurs de la betterave, en Tableau 28 et Tableau 29 pour les RdD concernant respectivement les maladies et les ravageurs du maïs et en Tableau 32 et Tableau 34 pour les RdD concernant respectivement les maladies et les ravageurs de la féverole.

Leur répartition en fonction des couples culture-bioagresseur est présentée Tableau 25 et Tableau 27 respectivement pour les maladies et les ravageurs de la betterave, Tableau 30 et Tableau 31 respectivement pour les maladies et les ravageurs du maïs et Tableau 33 et Tableau 35 respectivement pour les maladies et les ravageurs de la féverole.

- En rouge, les couples culture-bioagresseur à enjeux pour lesquels nous n'avons pas recueilli de RdD,
- En orange, les couples culture-bioagresseur pour lesquels nous avons recueilli soit des RdD imprécises, c'est-à-dire dont la solution est partielle, incomplète ou peu claire, soit plusieurs RdD contradictoires, c'est-à-dire qui proposent des solutions différentes pour une même situation, sans donner d'élément pour choisir parmi ces RdD,
- En vert, les couples culture-bioagresseur pour lesquels il existe une ou plusieurs RdD claires et cohérentes (non contradictoires),
- En blanc, les couples culture-bioagresseur pour lesquels il n'y a pas de lutte chimique autorisée,
- En bleu, les couples culture-bioagresseur pour lesquels la lutte chimique est possible mais rarement mise en œuvre.

Tableau 24 : les règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les maladies de la BETTERAVE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

BETTERAVE /MALADIE	Risque du bioagresseur		IFT ²⁶	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	RdD d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des RdD cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de RdD	RdD à solution claire	RdD cohérentes	RdD admises	RdD à solution claire, cohérentes, et admises	Nb RdD cadre	RdD cadre pouvant éviter des traitements	RdD cadre appliquées	RdD cadre regroupant des RdD aux objectifs différents
Cercosporiose, Rouille, Oïdium et Ramulariose	Fort ²⁷	Moyen	1.4	Moyen	Oui, à effets partiels	20	20	20	20	20	3	3	3 (simplifiées dans leur application)	0
Pythium	Nd	Nd	Moyen	Nd	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Aphanomyces	Nd	Nd	Moyen	Nd	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Phoma	Nd	Nd	Moyen	Nd	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « RdD cadre » correspondant aux RdD imprécises

Tableau 25 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour la culture de BETTERAVE, par maladie pour la lutte chimique

BETTERAVE/MALADIE	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences	
		Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre
Cercosporiose, Rouille, Oïdium, Ramulariose	1.4	20	3		
Pythium	Traitement semences (TS)			0	0
Aphanomyces	TS			0	0
Phoma	TS			0	0
TOTAL maladies	1.4	20	3	0	0

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

²⁶ Les IFT indiqués sont les IFT totaux correspondant à la famille de bioagresseurs (maladies), d'après INRA, 2009a

²⁷ D'après INRA, 2009a

Tableau 26 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs de la BETTERAVE : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

BETTERAVE/ RAVAGEURS	Risque du bioagresseur		IFT ²⁸	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Mulots, campagnols	Faible ²⁹	Moyen ²⁹	0	Faible	Oui, à effets partiels	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Limaces	Faible ³⁰	Moyen ³⁰	0	Faible	Oui, à effets partiels	2	2	0	2	0	2	1	1	0
Taupins (semences)	Faible ²⁹	Fort ²⁹	s.o.	Moyen	Oui, à effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Blaniules (semences)	Faible ³⁰	Moyen ³⁰	s.o.	Moyen	Oui, à effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Tipules	Faible ²⁹	Moyen ²⁹	<0.7	Faible	Non	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Noctuelle terricole	Faible ³⁰	Moyen ³⁰	<0.7	Faible	Non	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Altises	Faible ³⁰	Faible ³⁰	<0.7	Faible	Non	2	2	2	2	2	1	1	1	0
Altises (semences)	Faible ³⁰	Faible ³⁰	s.o.	Moyen	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Tous pucerons	Moyen ²⁹	Fort ²⁹	<0.7	Moyen	Non	3	3	0	3	0	3	3	3	0
Pucerons verts (semences)	Moyen ²⁹	Fort ²⁹	s.o.	Moyen	Non	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Noctuelle défoliatrice	Faible ³⁰	Moyen ³⁰	<0.7	Faible	Non	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Pégomyies	Moyen ²⁹	Moyen ²⁹	<0.7	Faible	Non	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Pégomyies (semences)	Moyen ²⁹	Moyen ²⁹	s.o.	Moyen	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Teignes	Faible ³⁰	Moyen ³⁰	<0.7	Faible	Non	3	3	3	3	3	2	2	2	0
Atomaire	Faible ³⁰	Moyen ³⁰	s.o.	Moyen	Oui, à effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Cicadelles	Faible ³⁰	Moyen ³⁰	<0.7	Faible	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

²⁸ Les IFT indiqués sont les IFT totaux correspondant à la famille de bioagresseurs (insectes et autres), d'après INRA, 2009a

²⁹ D'après INRA, 2009a

³⁰ D'après Délos, 2009

Tableau 27 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour la culture de BETTERAVE, par ravageur, pour la lutte chimique

BETTERAVE/ RAVAGEUR	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences	
		Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre
Mulots, campagnols	0	1 ³¹	1		
Limaces	0	2	2		
Taupins	0	Nd	Nd	0	0
Blaniules	0			0	0
Tipules	<0.7	1	1		
Noctuelle terricole	<0.7	1	1		
Altises	<0.7	2	1	0	0
Puceron vert	<0.7	1	1	1 imprécise	(1)
Tous pucerons	<0.7	2	2		
Noctuelle défoliatrice	<0.7	1	1		
Pégomyies	<0.7	2	2	0	0
Teignes	<0.7	3	2		
Atomaire	0			0	0
Cicadelles	<0.7	Nd	Nd		
TOTAL ravageurs	0.7	16	14	1	(1)

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Nd Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

³¹ La lutte chimique n'est plus autorisée depuis 2011, mais il existe une RdD (car auparavant la lutte chimique était autorisée)

Tableau 28 : les RdD d'opportunité de lutte chimique pour les maladies du MAÏS : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

	Risque du bioagresseur		IFT ³²	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	RdD d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des RdD cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de RdD	RdD à solution claire	RdD cohérentes	RdD admises	RdD à solution claire, cohérentes, et admises	Nb RdD cadre	RdD cadre pouvant éviter des traitements	RdD cadre appliquées	RdD cadre regroupant des RdD aux objectifs différents
Helminthosporiose	Faible ³³	Forte ³³	0	Faible	Oui	5	5	0	5	0	3	3	0	0
Fusariose des épis	Moyen+ ³³	Forte ³³	0	Moyen	Oui	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Charbon (traitement de semences ou du sol)	Faible ³⁴	Forte ³⁴	s.o.	Moyen	Nd	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Fonte des semis (<i>Fusarium Roseum</i> et <i>Pythium Ultimum</i>)	Faible ³⁴	Moyen ³⁴	s.o.	Moyen	Nd	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Rhizoctone	Faible ³⁴	Moyen ³⁴	0	Faible	Nd	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Toutes maladies	s.o.	s.o.	0	s.o.	Nd	1	1	1	1	1	1	1	1	0

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « RdD cadre » correspondant aux RdD imprécises

³² Les IFT indiqués sont les IFT totaux correspondant à la famille de bioagresseurs (maladies), d'après INRA, 2009a

³³ D'après INRA, 2009a

³⁴ D'après Délos, 2009

Tableau 29 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs du MAÏS : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

	Risque du bioagresseur		IFT ³⁵	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Limaces	Moyen ³⁶	Moyen ³⁶	<0.1	Faible	Oui, à effets partiels	4	4	0	4	0	4	4	0	0
Taupins (semences ou sol)	Moyen	Fort	<0.4	Moyen	Nd	3	1	1	1	1	1 (+2)	0	0	0
Oscinies	Moyen	Moyen	s.o.	Moyen	Nd	4	0	s.o.	s.o.	s.o.	(4)	s.o.	s.o.	s.o.
Geomyza	Moyen	Moyen	s.o.	Moyen	Nd	4	0	s.o.	s.o.	s.o.	(4)	s.o.	s.o.	s.o.
Pyrale	Fort	Fort	<0.4	Moyen	Oui	2	2	0	2	0	2	0	2	0
Chrysomèle	Faible	Fort	<0.4	Faible	Nd	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Chrysomèle (semences)	Faible	Fort	s.o.	Moyen	Nd	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Sésamie	Moyen	Fort	<0.4	Moyen	Nd	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Scutigérelles	Moyen ³⁶	Fort ³⁶	<0.4	Moyen	Nd	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Noctuelle terricole	Moyen	Fort	<0.4	Moyen	Nd	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Cicadelle	Moyen ³⁶	Moyen ³⁶	<0.4	Faible	Nd	1	1	1	1	1	1	1	Nd	0
Pucerons <i>Sitobion</i>	Moyen ³⁶	Faible ³⁶	<0.4	Faible	Nd	3	3	3	3	3	3	3	0	0
Pucerons <i>Metopolophium</i>	Faible ³⁶	Moyen ³⁶	<0.4	Faible	Nd	4	4	4	4	4	4	4	0	0
Pucerons <i>Rhopalosiphum</i>	Moyen ³⁶	Moyen ³⁶	<0.4	Faible	Nd	6	6	0	6	0	5	5	0	0
Cicadelles et pucerons (semences)	Moyen ³⁶	Moyen ³⁶	s.o.	Moyen	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Acariens	Faible ³⁶	Moyen ³⁶	<0.4	Faible	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Corbeaux	Moyen ³⁶	Moyen ³⁶	s.o.	Moyen	Oui, effets partiels	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

³⁵ Les IFT indiqués sont les IFT totaux correspondant à la famille de bioagresseurs (insectes et autres), d'après INRA, 2009a

³⁶ D'après Délos, 2009

Tableau 30 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les cultures de MAÏS, par maladie, pour la lutte chimique

MAÏS/ MALADIE	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences	
		Nb RdD	NB RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre
Helminthosporiose	0	5	3		
Fusariose des épis	0	1 imprécise	(1)		
Charbon	0	1 imprécise	(1)	1 imprécise	(1)
Fonte des semis (<i>Fusarium Roseum</i> et <i>Pythium Ultimum</i>)	0			1 imprécise	(1)
Rhizoctone	0	1 imprécise	(1)		
Toutes maladies	0	1	1		
TOTAL maladies	0	9	4 (+3)	2	(2)

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Nd Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

Tableau 31 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les cultures de MAÏS, par ravageur, pour la lutte chimique

MAÏS/ RAVAGEUR	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences	
		Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre
Limaces	<0.1	4	4		
Taupins	<0.4	<i>RdD traitement de sol ou de semences (cf traitement de semences)</i>		3 imprécises	1(+2)
Oscinies	<0.4			4 imprécises	(4)
Geomyza	<0.4			4 imprécises	(4)
Pyrale	<0.4	2	2		
Chrysomèle	<0.4	1	1	1 imprécise	(1)
Sésamie	<0.4	1	1		
Scutigérelles	<0.4	1 imprécise ³⁷	(1)		
Noctuelles terricoles	<0.4	1	1		
Cicadelle	<0.4	1	1	0	0
Pucerons <i>Sitobion</i>	<0.4	3	3	0	0
Pucerons <i>Metopolophium</i>	<0.4	4	4	0	0
Pucerons <i>Rhopalosiphum</i>	<0.4	6	5	0	0
Acariens	<0.4	0	0		
Corbeaux	<0.1			1 imprécise	(1)
TOTAL ravageurs	<0.5	24	22(+1)	13	1 (+12)

Légende :

() Nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Nd Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

³⁷ D'après ACTA 2012, notre document référence pour les homologations de produits phytosanitaires dans cette étude, il n'y a pas de produit homologué. Toutefois, nous avons recueilli une RdD, et deux produits homologués d'après e-phy en ligne.

Tableau 32 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les maladies de la FEVEROLE : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

FEVEROLE/ MALADIE	Risque du bioagresseur		IFT du pois ³⁸	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisés			
	Probabilité ³⁹	Magnitude ³⁹				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Anthracnose	Moyen	Fort	1.3	Moyen	Nd	4	4	4	4	4	2	2	2	2
Anthracnose (semences)	Moyen	Fort		Moyen	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Rouille	Moyen	Moyen		Moyen	Nd	3	3	3	3	3	2	2	2	1
Botrytis	Moyen	Moyen		Moyen	Nd	2	1	1	1	1	1+(1)	1	1	0
Mildiou (semences)	Moyen	Faible	s.o.	Moyen	Nd	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Toutes maladies	s.o.	s.o.	1.3	s.o.	Nd	2	2	2	2	2	1	1	1	0

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

Tableau 33 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les cultures de FEVEROLE, par maladie, pour la lutte chimique

FEVEROLE/ MALADIE	IFT du pois ⁴⁰	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences	
		Nb Rdd	Nb Rdd cadre	Nb Rdd	Nb Rdd cadre
Anthracnose	1.3	4	2	0	0
Rouille		3	2		
Botrytis		1+1 imprécise	1+(1)		
Mildiou	0			1 imprécis	(1)
Toutes maladies	1.3	2	1		
TOTAL maladies	1.3	11	6 (+1)	1	(1)

Légende :

() Nombre de Rdd « cadres » correspondant aux Rdd imprécises

	Absence de Rdd et lutte chimique pratiquée		Rdd disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de Rdd, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		Rdd disponibles mais solution imprécise, ou Rdd contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Nd Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

³⁸ Les IFT indiqués sont les IFT totaux correspondant à la famille de bioagresseurs (maladies), d'après INRA, 2009a ; « En agriculture conventionnelle, la fèveole nécessite à peu près autant de traitements chimiques qu'un pois. » p.101

³⁹ D'après Délos, 2009

⁴⁰ D'après INRA, 2009a, « En agriculture conventionnelle, la fèveole nécessite à peu près autant de traitements chimiques qu'un pois. » p.101

Tableau 34 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs de la FEVEROLE : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

FEVEROLE/ RAVAGEUR	Risque du bioagresseur		IFT du pois ⁴¹	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
	Probabilité ⁴²	Magnitude ⁴²				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Bruches	Moyen	Fort	2.1	Fort	Nd	3	3	0	3	0	2	0	2	1
Sitones	Moyen	Moyen		Fort	Nd	6	6	0	6	0	3	3	3	1
Pucerons noirs	Moyen	Fort		Fort	Nd	7	7	0	6	0	5	5	5	2
Pucerons verts	Faible	Moyen		Moyen	Nd	1	1	1	1	1	1	1	Nd	0
Thrips	Faible	Moyen ⁴³		Moyen	Nd	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Limaces	Faible	Moyen	0	Faible	Nd	3	3	0	3	0	3	3	Nd	0

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

Tableau 35 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les cultures de FEVEROLE, par ravageur, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique

FEVEROLE/ RAVAGEUR	IFT du pois	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de traitement de semences	OAD
		Nb Rdd	Nb Rdd cadre		
Bruches	2.1	3	2		Bruchi Lis ®
Sitones		6	3		
Pucerons noirs		7	5		
Pucerons verts		1	1		
Thrips		1 imprécise	(1)		
Limaces		3	3		
TOTAL ravageurs		2.1	21	14 (+1)	0

Légende :

() Nombre de Rdd « cadres » correspondant aux Rdd imprécises

	Absence de Rdd et lutte chimique pratiquée		Rdd disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de Rdd, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		Rdd disponibles mais solution imprécise, ou Rdd contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

⁴¹ Les IFT indiqués sont les IFT totaux correspondant à la famille de bioagresseurs (maladies), d'après INRA, 2009a ; « En agriculture conventionnelle, la fèveole nécessite à peu près autant de traitements chimiques qu'un pois. » p.101

⁴² D'après Délos, 2009

⁴³ Cette nuisibilité n'aurait pas été établie.

Nous allons dans un premier temps présenter les couples culture-bioagresseur pour lesquels il n'existe pas de RdD (en rouge dans les tableaux). Ensuite, nous identifierons les règles de décision recueillies avec en premier lieu les RdD imprécises, les RdD contradictoires entre elles (cases en orange), et en second lieu les RdD claires cohérentes et admises (cases en vertes). Enfin, nous examinerons la performance des RdD recueillies dans une optique de réduction de l'utilisation des pesticides.

III.2.4.1 Les règles de décision manquantes pour décider de l'opportunité de lutte chimique (traitements de semences et traitements en culture) contre les maladies et les ravageurs de la betterave, du maïs et de la féverole

Pour décider de l'opportunité de la lutte chimique en culture, nous avons recueilli des RdD pour la plupart des couples culture/bioagresseur, à quelques exceptions près :

- Pour la **Betterave** : nous n'avons pas relevé de RdD pour décider de l'opportunité de traitement du sol contre les **taupins** et les **cicadelles** ;
- Pour le **Maïs** : nous n'avons pas recueilli de RdD pour décider de l'opportunité de la lutte chimique contre les **acariens**.

Concernant les traitements de semence, tout comme pour les céréales et les oléagineux, nous pouvons constater qu'ils font rarement l'objet de règles de décision. Aucune RdD n'a notamment été répertoriée pour les couples culture-bioagresseur suivants (en rouge dans les tableaux) :

- Pour la **betterave** : nous n'avons pas relevé de RdD pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences contre le **pythium**, l'**aphanomyces**, et le **phoma**, ni contre les ravageurs de débuts de cycle : **taupins**, **blaniules**, **altises**, **pégomyies**, et **atomaires**. Or ces traitements sont extrêmement fréquents (d'après l'ITB, ils représenteraient 98% de la sole de betterave) ;
- Pour le **maïs** : nous n'avons pas relevé de RdD pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences contre les **cicadelles** et les **pucerons** ;
- Pour la **féverole** : nous n'avons pas recueilli de RdD pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences contre l'**anthracnose**.

III.2.4.2 Des règles de décision dont la solution est imprécise

Des RdD dont la solution est trop imprécise pour permettre de décider objectivement de l'opportunité d'intervention chimique en culture ont été identifiées :

- **Maïs** : pour lutter contre la **fusariose des épis**, le **charbon**, le **rhizoctone** (cf. Annexe XII p. 313), les **taupins**, les **oscinies**, le **geomyza** et contre les **scutigérelles** (cf. Annexe XII p. 315 et p. 319). Les RdD recueillies pour le charbon du maïs, les taupins, les oscinies et le geomyza concernent à la fois l'opportunité d'un traitement du sol et l'opportunité d'un traitement de semences et sont très imprécises. La fusariose des épis et le rhizoctone peuvent être extrêmement préjudiciables dans le maïs, soit au niveau de la qualité de la récolte pour la fusariose, soit au niveau du rendement pour le rhizoctone. Toutefois, à l'échelle du territoire, elles ne représentent qu'une très faible consommation de fongicide (l'IFT fongicide moyen total français est quasi nul). La fusariose nécessiterait tout de même qu'on s'y intéresse, car la production de mycotoxines est problématique, d'autant plus pour la production de maïs semences et de maïs à destination de l'alimentation humaine. De nombreuses techniques alternatives permettent de la maîtriser. Par contre, lorsque ces techniques alternatives ne sont pas mises en œuvre, les connaissances

disponibles actuellement ne permettent pas de décider de l'opportunité ou non d'une intervention chimique.

- **Féverole** : pour lutter contre le **botrytis**, nous avons une RdD très imprécise (cf. Annexe XIII et Tableau 109 p. 324-325) ainsi que pour lutter contre les thrips (cf. Annexe XIII, Tableau 111 p. 328).

Pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences, nous l'avons vu, il est rare que nous ayons recueilli des RdD. Lorsque nous en avons trouvé, leurs solutions étaient très imprécises, et leur application ne permettait pas de prendre la décision :

- **Betterave** : les seules RdD pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences sont très partielles : il s'agit des traitements de semences contre les **pucerons** (cf. Annexe XI p. 309). Ces RdD suggèrent de prendre en compte un risque pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences, mais ne disent pas comment diagnostiquer ni prendre en compte ce risque.
- **Maïs** : comme nous l'avons constaté, le **charbon**, les **taupins**, les **oscinies** et le **geomyza** mais aussi la **fonte des semis** (fusariose et pythium), la **chrysomèle** et les **corbeaux** (cf. Annexe XII p. 313 et p. 315).
- **Féverole** : **mildiou** (cf. Annexe XIII p. 325).

III.2.4.3 Des règles de décision contradictoires

De la même manière que pour les céréales, et les oléagineux, nous avons recueilli des RdD qui, pour un même objet de décision, proposent des solutions différentes, sans toutefois ni expliquer les raisons de ces différences, ni donner les éléments nécessaires pour choisir la RdD la mieux adaptée (son domaine de validité ou ses objectifs par exemple). Il s'agit notamment des RdD d'opportunité de lutte chimique contre les **pucerons du maïs** (Tableau 36).

Tableau 36 : RdD cadre synthétisées pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les pucerons *Rhopalosiphum* du maïs

Echelle temporelle	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD synthétisées dans la RdD cadre
A partir du stade 5-6 feuilles		Si les populations se développent avec peu de mortalité (surtout si les auxiliaires sont peu nombreux), intervention, sinon impasse	Panicules touchées, et développement des populations sans mortalité	Si quelques panicules sont touchées, observer tous les jours les parcelles		Arvalis [2]	1
A partir du stade 5-6 feuilles		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	1 panicule / 2 colonisée	Observation au champ		Hervillard <i>et al.</i> , 2011 CA Yonne, 2009b CA Nièvre, 2010b	1
Début juillet-début août		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Développement des populations et absence d'auxiliaires seuil : 5% des panicules portent des colonies	Observation au champ	recueillie pour la Bourgogne	Arvalis <i>et al.</i> , 2011c, Arvalis <i>et al.</i> , 2011d, 2011g	2
Début juillet-début août		Si développement des colonies et absence d'auxiliaire, alors intervention, sinon impasse	Développement des colonies et absence d'auxiliaire	Observation au champ	recueillie pour la Saône-et-Loire	Villard <i>et al.</i> , 2008	1
Stade floraison		Si seuil, alors intervention, sinon impasse	1 plant sur 2 est colonisé	Observation au champ		Délos, 2009	1

Comme on peut le constater, ces RdD sont assez semblables en apparence, mais comportent de nombreuses différences ou contradictions : certaines s'appliquent à partir du stade 5-6 feuilles, d'autres à partir du stade floraison, qui commence légèrement après. De plus les seuils ne sont pas exactement les mêmes : le critère de décision de la première RdD est l'observation de dégâts accompagnée d'une observation sur l'évolution du ravageur. Cette RdD est assez intéressante, car elle s'appuie sur des observations des effets des ravageurs sur la culture, et des effets des auxiliaires sur les ravageurs, et non pas seulement sur la présence de ravageurs ou d'auxiliaires. Par contre, les autres RdD ont comme unique critère de décision des observations de présence du ravageur, ou plus exactement le nombre de panicules colonisées par des pucerons. Parfois, l'observation d'auxiliaires y est intégrée. Enfin, même les seuils de nombre de plants colonisés par des pucerons sont différents (de 5% à 50%).

Comme ces RdD ne sont pas accompagnées d'objectifs, ni d'informations relatives à leurs domaines de validité (contexte pédoclimatique, autres techniques mises en œuvre...), il est difficile de savoir dans quels cas mobiliser une RdD plutôt qu'une autre.

Les autres couples culture/bioagresseur pour lesquels nous avons recueilli des RdD contradictoires sont (cf. Annexe XI, Annexe XII et Annexe XIII) :

- Pour la **betterave** : RdD d'opportunité de lutte chimique en culture contre les **limaces** et contre **tous pucerons** (une RdD spécifique aux pucerons verts et deux RdD pour le cortège de pucerons, qui ne sont pas compatibles entre elles) ;
- Pour le **maïs** : RdD d'opportunité de lutte chimique en culture contre **l'helminthosporiose**, les **limaces**, la **pyrale** et les **pucerons *Rhopalosiphum*** ;
- Pour la **féverole** : presque toutes les RdD d'opportunité de lutte chimique en culture contre les ravageurs, (à l'exception des pucerons verts pour lesquels nous n'avons recueilli qu'une seule RdD et des thrips pour lesquels nous avons recueilli une RdD imprécise) : **bruches**, **pucerons noirs**, **sitones**, **thrips**, **limaces**.

III.2.4.4 Les règles de décision à solution claire, cohérentes, et admises

Des RdD qui ne se contredisent pas, dont les solutions sont claires et dont la fiabilité n'est pas remise en cause (même s'il peut rester des doutes ou des interrogations), sont disponibles pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture pour les couples culture-bioagresseur suivants :

- Pour la **betterave** (cf. cases vertes dans les Tableau 25 et Tableau 27) : les RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture contre les maladies du feuillage (**cercosporiose**, **rouille**, **oïdium**, **ramulariose**), contre les **mulots**, les **tipules**, les **noctuelles terricoles**, les **altises**, les **noctuelles défoliatrices**, les **pégomyies** et les **teignes** ;
- Pour le **maïs** (cf. cases vertes dans les Tableau 30 et Tableau 31) : les RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture contre **toutes maladies confondues**, contre la **chrysomèle**, la **sésamie**, la **noctuelle terricole**, la **cicadelle**, les **pucerons *Sitobion* et *Metopolophium*** ;
- Pour la **féverole** (cf. cases vertes dans les Tableau 33 et Tableau 35) : les RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture contre **l'anthracnose**, la **rouille**, **toutes les maladies confondues** et les **pucerons verts**.

III.2.4.5 Analyse de la performance des règles de décision pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires

Nous allons examiner la performance des RdD recueillies en vue de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour cela, nous examinerons uniquement les RdD contradictoires et les RdD cohérentes, admises, et à solution claire. Nous ne prendrons pas en compte les RdD imprécises, partielles ou peu fiables, en partant du principe que ces RdD ne peuvent pas être appliquées, et ne sont donc pas performantes pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Les Tableau 24, Tableau 26, Tableau 28, Tableau 29, Tableau 32 et Tableau 34 présentent les caractéristiques des RdD cadre permettant de juger de leur performance pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, par bioagresseur, pour les cultures de betterave, maïs et féverole.

Parmi les RdD recueillies, les entretiens nous ont permis de mettre en évidence certaines RdD dont la performance pour la réduction du nombre d'interventions peut être remise en cause :

- Des RdD d'opportunité d'intervention qui permettent de déclencher un programme décidé à l'avance pour couvrir un risque pendant une période donnée ;
- Des RdD qui ne sont pas appliquées car leurs critères de décision sont fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets ;
- Des RdD qui sont mobilisées à mauvais escient car la diversité des RdD ne répond pas à la diversité des objectifs des agriculteurs pour cette décision ;
- Des RdD pour des bioagresseurs qui sont peu problématiques, car ils peuvent être maîtrisés par d'autres modes de gestion que la seule lutte chimique, modes de gestion qui pourraient être préférés ;
- Des RdD pour des bioagresseurs qui sont peu problématiques, car ils sont rarement présents et peu dommageables

III.2.4.5.1 Les règles de décision de déclenchement de programme phytosanitaire décidé *a priori*

Il s'agit de RdD formulées comme des RdD d'opportunité d'intervention chimique, qui permettent de décider du déclenchement d'un programme décidé à l'avance, pour couvrir une période de risque. Ces RdD peuvent parfois permettre de limiter le nombre d'interventions, si le déclenchement tardif de ces programmes peut amener à une impasse, pour la première intervention. Toutefois, les variations du nombre d'interventions sont assez faibles, et ces RdD ne remettent pas en cause le fait de réaliser des interventions chimiques. Leur intérêt pour la diminution de l'utilisation des pesticides reste limité.

Le seul couple culture-bioagresseur concerné par ces RdD, pour les cultures de betterave, de maïs, et de féverole est :

- Pour la **féverole** (cf. Annexe XIII, p. 327, Tableau 110 p. 326) : les RdD d'opportunité d'intervention chimique en culture contre les **bruches** ; en effet, généralement, plusieurs interventions insecticides contre les bruches de la féverole se pratiquent tous les ans, à une fréquence d'une intervention toutes les 2 semaines en période de risque. Toutefois, cette RdD a un intérêt tout de même, car un bon positionnement de la première intervention peut permettre de diminuer le nombre d'interventions réalisées au total. Il pourrait néanmoins être intéressant de chercher des solutions pour diminuer encore ce nombre d'interventions.

III.2.4.5.2 Les règles de décision inappliquées, aux critères de décision fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets

Nous avons recueilli deux RdD qui ne semblent pas être appliquées par les agriculteurs. Les critères de décision de ces RdD ne sont sans doute pas adaptés aux besoins des agriculteurs. Il s'agit, pour les cultures de betterave, de maïs, et de féverole des couples **maïs/pyrale et maïs/sésamie** (cf. Annexe XII p. 319, Tableau 107 p. 318). En effet, les RdD d'opportunité d'intervention chimique en culture contre la pyrale du maïs prennent en considération l'historique des observations de bioagresseurs et de dégâts, à la parcelle et dans la région. Toutefois, d'après les entretiens réalisés, en pratique, ces RdD ne sont pas réellement appliquées. Dans les zones où les pressions de pyrales et de sésamie sont importantes, des interventions sont systématiquement réalisées, car ces insectes peuvent s'avérer extrêmement dommageables et le risque de pertes de récolte est très important. Toutefois, une seule intervention est réalisée et cible les deux insectes. Son positionnement est donc essentiel.

Dans les zones où seule la pression de pyrale ou seule la pression de sésamie est importante, une intervention systématique est réalisée, et cible seulement l'insecte qui a une forte probabilité de provoquer des dégâts.

Enfin, dans les zones où la pression de pyrales et de sésamies est faible, des impasses systématiques sont pratiquées, à cause de la faible probabilité de pertes de récoltes dues à cet insecte.

On pourrait donc définir une RdD cadre pratiquée dont l'objet de décision est l'opportunité d'intervention insecticide contre la pyrale et la sésamie, et dont le critère de décision serait la pression régionale de pyrales et de sésamie.

III.2.4.5.3 La prise en compte des objectifs des agriculteurs dans les règles de décision

La plupart des RdD ne contiennent pas d'objectif formulé. Ces RdD peuvent donc, à l'heure actuelle, être mobilisées pour tout objectif de maîtrise des bioagresseurs : éviter les dégâts, les dommages, ou les pertes. Or ces différents niveaux de tolérance aux bioagresseurs devraient se traduire dans les solutions des RdD, au niveau des critères de décision, de leurs seuils, et des options (cf formalisme des RdD p. 31). Telles qu'elles sont diffusées actuellement, il n'est pas possible de savoir à quel objectif l'application d'une RdD correspond. C'est une grande faiblesse des RdD actuellement diffusées.

De plus, lorsqu'un objectif explicitement formulé est mentionné dans la RdD, il est rare qu'on trouve d'autres RdD qui aient le même objet de décision mais un objectif différent. Ainsi, l'éventail de RdD disponibles pour les agriculteurs ne peut pas satisfaire la diversité des objectifs des agriculteurs.

Parmi les RdD recueillies pour les cultures de betterave, de maïs et de féverole, très peu de RdD cadre qui couvrent différents objectifs ont pu être synthétisées. Il s'agit uniquement des RdD cadre d'opportunité d'intervention chimique contre **l'antracnose**, la **rouille**, les **sitones** et les **pucerons noirs** de la **féverole**.

III.2.4.5.4 Les règles de décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre des bioagresseurs qui disposent de techniques de gestion alternatives efficaces

Certaines RdD ont été recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre des bioagresseurs pour lesquels des techniques alternatives efficaces existent pour éviter ou limiter les dommages de récolte. Pour les travaux concernant ces bioagresseurs, on peut donc considérer que la priorité est de travailler sur ces techniques alternatives : modalités de leur mise en œuvre et de leur combinaison au

sein des SdC et adoption par les agriculteurs afin d'éviter le recours à la lutte chimique. Dans ce cas, les RdD d'opportunité de lutte chimique utilisée en dernier recours, doivent bien évidemment pouvoir prendre en compte ces autres modes de gestion, que ce soit par l'observation de l'état du milieu résultant de leur mise en œuvre ou par d'autres critères de décision les concernant. C'est aujourd'hui rarement le cas.

Les couples culture bioagresseur qui disposent de techniques alternatives efficaces pour les cultures de betterave, de maïs et de féverole sont peu nombreux, il s'agit, uniquement du couple **maïs/helminthosporiose** pour lequel il existe des résistances variétales.

III.2.4.5.5 Les règles de décision concernant des bioagresseurs moins fréquents

Il s'agit de RdD pour des bioagresseurs peu présents, et pour lesquels les dommages sont faibles ou remis en question par les conseillers interrogés. Pour ces couples culture-bioagresseur, il existe des RdD qui ne sont pas toujours appliquées, mais qui, si elles l'étaient, engendreraient une utilisation des pesticides plus importante qu'actuellement. Il s'agit des RdD suivantes :

- Pour la **betterave** : les RdD d'opportunité de lutte chimique contre la plupart des insectes de début de cycle, lorsqu'il y a eu un traitement de semences : **tipules, noctuelles terricoles, pucerons verts et altises** ;
- Pour la **féverole** : les RdD d'opportunité de lutte chimique contre **les pucerons verts** et les **thrips** (dont la nuisibilité n'a pas été démontrée)
- Pour le **maïs** : les RdD d'opportunité de lutte chimique contre le **rhizoctone**, les **limaces**, la **scutigérelle**, la **cicadelle**, la **noctuelle terricole** et les **pucerons**.

Enfin, pour des bioagresseurs qui peuvent provoquer de forts dommages mais qu'on rencontre rarement, les dispositifs actuellement en place semblent performants : observations des bioagresseurs à l'échelle régionale, alerte dans les BSV le cas échéant, puis observations à la parcelle et application de la RdD. Pour des bioagresseurs fortement dommageables mais rares, la précision des RdD (seuils, méthodes d'échantillonnage, objectifs...) est peut-être moins essentielle pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. En effet, même si on pouvait affiner ces RdD par rapport aux niveaux de tolérance aux dégâts-dommages-perdes pour éviter, dans certains cas, quelques interventions déjà peu fréquentes, quel impact cela aurait-il réellement sur l'utilisation des pesticides à l'échelle française ? Nous avons identifié, en **betterave** les RdD d'opportunité de lutte chimique contre **les noctuelles défoliatrices, les pégomyies et les teignes**.

III.2.4.5.6 Un cas particulier : les règles de décision d'opportunité d'intervention fongicide en culture de betterave

Le Tableau 37 présente les RdD pour décider de l'opportunité d'une intervention chimique contre l'ensemble des maladies du feuillage de la culture de betterave. Ces RdD ont été élaborées par l'ITB. Il s'agit de RdD dont les critères de décision sont les symptômes observés sur un échantillon de feuilles de betterave, et qui concernent les quatre maladies principales de la betterave (cercosporiose, oïdium, rouille, et ramulariose). L'objectif ici est donc d'éviter les pertes de rendement des quatre maladies.

Tableau 37 : Présentation succincte des 3 règles de décision cadre d'opportunité d'intervention fongicide contre les maladies du feuillage de la betterave

Trois interventions fongicides successives peuvent être réalisées en culture contre les maladies du feuillage de la betterave.

Objectif : Limiter le développement des maladies et les pertes de rendement

Résultat attendu : éviter toute perte de récolte (perte de récolte < coût d'une intervention)

Solution : La 1^{ère} maladie qui arrive au seuil déclenche un 1^{er} traitement

Modalité de l'observation : 100 feuilles de la couronne moyenne prélevées au hasard dans la parcelle

Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Critères de décision/ Seuil	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Nb RdD de la RdD cadre
du 1 ^{er} juillet au 15 août	Date de récolte Choix variétal	Observation du nombre de feuilles avec symptômes : Cercosporiose : 5% Oïdium : 15% Rouille : 15% Ramulariose : 5%	Risque régional cercosporiose fort : observations cercosporiose dès le 15 juin Risque régional cercosporiose faible : observation dès le 1 ^{er} juillet Récolte avant le 12/10 : observations jusqu'au 05/08 Récolte après le 12/10 : observation jusqu'au 15/08	4
15 jours après le 1 ^{er} traitement jusqu'au 31/08		Observation du nombre de feuilles avec symptômes : Cercosporiose : 20% Oïdium : 30% Rouille : 40% Ramulariose : 20%	Risque régional cercosporiose fort : continuer les observations cercosporiose jusqu'au 05/09 Risque faible : jusqu'au 31/08 Variété résistante à l'oïdium : pas d'observation de l'oïdium Variété non sensible à la rouille : pas d'observation des symptômes de rouilles	8
15 jours après le 2 ^{ème} traitement jusqu'au 31/08		Observation du nombre de feuilles avec symptômes : Cercosporiose : 25% Oïdium : 30% Rouille : 40% Ramulariose : 20%	Risque régional cercosporiose fort : continuer les observations cercosporiose jusqu'au 05/09 Risque faible : jusqu'au 31/08 Variété résistante à l'oïdium : pas d'observation de l'oïdium Variété non sensible à la rouille : pas d'observation des symptômes de rouilles	8

Ces RdD sont très formalisées. Contrairement aux autres cultures, les critères de décision permettent de prendre en compte le cortège de maladies du feuillage de la betterave.

Toutefois, des RdD ne sont définies que pour un objectif de maîtrise des maladies, et leurs critères de décision sont contraignants à renseigner : l'observation demande un échantillonnage fastidieux et un temps d'observation important.

Conclusion partielle pour les cultures de betterave, maïs et féverole

Pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture contre les *maladies foliaires* de la **betterave**, nous avons recueilli un grand nombre de RdD intéressantes : elles ciblent l'ensemble du cortège de maladies et les critères de décision les prennent toutes en compte. De plus, elles sont cohérentes et bien formalisées. Ceci est sans doute dû au fait que l'ITB centralise beaucoup d'informations sur la conduite de la culture de betterave, pour laquelle le conseil provient donc d'une source commune, contrairement à ceux des autres grandes cultures dont les structures de conseil sont plus diversifiées. Par contre, cette homogénéité met encore plus en évidence l'absence d'une diversité de RdD à mobiliser : pour tout type de système de culture, et tout type de contexte, les RdD sont les mêmes. De plus, elles ne sont définies que pour un type d'objectif de protection des cultures : éviter toute perte de rendement.

Le bilan est plus mitigé pour décider de l'opportunité de la lutte chimique contre les ravageurs de la betterave : les RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture contre les *limaces* et contre les *pucerons* sont contradictoires. Toutefois, les enjeux pour Ecophyto sont moindres : l'IFT insecticide + autres substances représente seulement la moitié de l'IFT fongicide, alors qu'il s'applique à 10 ravageurs contre 4 maladies. Par rapport à l'échantillon de couples culture-bioagresseur pour lequel nous avons examiné la pertinence des critères de décision (Annexe XVI), les RdD pour décider de l'opportunité de la lutte chimique en culture contre les *pégomyies* et les *pucerons verts* mobilisent les critères de décision les plus pertinents.

Concernant le **maïs**, nous ne nous attarderons pas sur les maladies, car l'IFT est très faible (en moyenne 0 en 2009 d'après INRA 2009a). L'IFT associé aux ravageurs est aussi relativement faible (0,5 en moyenne). Toutefois, à l'exception des *limaces* (RdD contradictoires), des *pyrales* (RdD contradictoires), des *scutigérelles* (RdD imprécises) et des *pucerons Rhopalosiphum* (RdD contradictoires), la plupart des ravageurs sont bien pourvus en RdD d'opportunité de lutte chimique en culture. La *pyrale* est le ravageur principal du maïs ; elle est très fréquente, dans certaines régions. Or, non seulement les RdD recueillies sont contradictoires, mais en plus elles ne mobilisent pas les critères de décision les plus pertinents, à savoir les observations régionales, et les auxiliaires de culture. Les connaissances sur les prédateurs des pyrales ne permettent pas, à l'heure actuelle, de concevoir des RdD plus pertinentes dans l'immédiat.

En culture de **féverole**, les RdD ne sont pas très nombreuses, mais permettent de décider de l'opportunité de lutte chimique en culture contre presque toutes les maladies, à l'exception du *botrytis*. Par contre, pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture pour les ravageurs, les RdD sont toutes contradictoires, à l'exception de celles pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le *puceron vert* et les *thrips*, ravageurs pour lesquels nous n'avons recueilli qu'une RdD (imprécise pour les thrips). Ainsi, si ces contradictions peuvent être expliquées par des conditions de mobilisation de chaque RdD différentes, un travail d'explicitation de ces conditions peut être mené, afin de proposer une diversité de

règles de décision à mobiliser en fonction de la situation. Dans le cas contraire, un travail d'harmonisation pourrait améliorer ces RdD. De plus, pour l'opportunité de lutte chimique contre le ravageur le plus ciblé par les insecticides en féverole à destination de l'alimentation humaine, les *bruches*, les RdD recueillies ne mobilisent pas les critères de décision les plus pertinents, à savoir : les auxiliaires et la présence du bioagresseur à la parcelle, renseignée de manière quantitative. Pour la prise en compte des auxiliaires, nous manquons à l'heure actuelle des connaissances nécessaires, et pour la quantification de la présence du bioagresseur à la parcelle, nous manquons à la fois de connaissances nécessaires, et de méthodes pour renseigner ce critère de décision. Les RdD d'opportunité de lutte chimique contre les *sitones* pourraient aussi être améliorées, en mobilisant l'observation des auxiliaires et l'état végétatif de la culture comme critères de décision supplémentaires.

III.2.5 Les règles de décision de lutte chimique pour la gestion des adventices en grandes cultures

Très peu de règles de décision d'opportunité de désherbage chimique ont été recueillies. Le Tableau 38 présente le nombre de RdD recueillies par culture et par type d'adventice.

Tableau 38 : nombre de règles de décision d'opportunité de désherbage chimique recueillies par culture et type d'adventices

Adventice	Céréales à pailles d'automne	Céréales à pailles de printemps	Colza d'hiver	Maïs	Betterave	Féverole	Tournesol	Toutes cultures
Dicotylédones	2							
Graminées			1		2			
Ray-grass	1							
Gaillet	1							
Pâturin	2							
Liseron				2				
Autres					1			1
Toutes vivaces	1				1			
Toutes les adventices	8		1	1	2			2
TOTAL	15	0	2	3	6	0	0	3

En comparaison du nombre de RdD pour l'opportunité d'intervention chimique contre les autres bioagresseurs des grandes cultures, on trouve très peu de règles de décision pour décider de l'opportunité d'un désherbage chimique. De plus, nous allons voir que ces règles de décision sont très imprécises, en particulier au niveau des critères de décision. Pour cela, nous présentons 14 règles de décision qui concernent toutes les adventices Tableau 39.

Tableau 39 : règles de décision recueillies d'opportunité de désherbage chimique contre toutes les adventices en grandes cultures

Culture	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision : Opportunité d'intervention herbicide...	Contexte	Système de culture	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/Seuil	Source
Toutes cultures	SdC			Boigneville	Raisonné		Contenir la flore adventice pour éviter des pertes de rendement et réduire au plus bas les coûts de désherbage	Si note de satisfaction de la culture précédente > ou = 8,5 alors pas d'herbicide d'automne sur céréales et uniquement une base Tréflan sur colza. Si note de satisfaction du précédent <8,5 alors herbicide d'automne sur céréales d'hiver, sur colza programme renforcé. Au printemps, n'appliquer des herbicides que sur des adventices observées	Adventices observées lors du précédent cultural	Arvalis, 2007
Toutes cultures	Culture	Parcelle		Picardie	ITK « intégré »		Eviter les herbicides de pré levée (traitements en aveugle) et adapter les décisions à la flore présente	Si produits homologués en post-levée, ne pas faire de traitements de prélevée	Disponibilité des produits	CA Picardie et al., 2006
Toutes céréales	Printemps		...de rattrapage	Yonne Terres de plateau	Précédent colza Précédent chanvre	Désherbage mécanique Implantation de la culture		Si présence d'adventices, réaliser un désherbage chimique (<i>Sinon, impasse ?</i>)	Présence d'adventices	CA Yonne, 2008
Blé tendre d'hiver	Pré semis	Parcelle	/Choix du mode de désherbage				Lutter contre les limaces et faire lever la flore adventice	Si absence de vivaces, travail superficiel puis semis, si vivaces, traitement à base de glyphosate avant le semis	Types d'adventices en présence	CRA Bourgogne, 2005
Blé tendre d'hiver	SdC	Parcelle		Picardie		Rotation, faux semis, cultures et variétés compétitives	Eviter les pertes de rendement et éviter d'augmenter le salissement de la parcelle	Ne pas traiter si la densité d'adventices observée après désherbage dans la culture est inférieure ou égale à la densité observée après désherbage dans la culture précédente dans la rotation, qui a une date de semis comparable	Densité d'adventices observée Historique parcellaire	CA Picardie et al., 2006
Blé tendre d'hiver			/choix du mode de désherbage	Yonne, terres de plateau			Planter la culture sans usage d'herbicide	Réaliser au minimum deux déchaumage et éviter le glyphosate, sauf si présence de vivace	Espèces présentes dans la parcelle	CA Yonne, 2008
Triticale	De 3F à stade épi 1cm		...et choix de produit et dose	Bourgogne				Si dicotylédones et graminées : - Si pâturins et ray grass, Hussard of 1 à 1,25l+huile ou Archipel à 150g ou Absolu ou Atlantis à 300g+huile ; ... ⁴⁴	Populations d'adventices, conditions météorologiques	CA Bourgogne, 2008b

⁴⁴ Nous ne détaillons pas ici toutes les solutions, mais le nombre, la dose, et le choix de produits dépendent des espèces présentes. Pour la RdD complète se reporter à l'Annexe XIV

Culture	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision : Opportunité d'intervention herbicide...	Contexte	Système de culture	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Source
Triticale	De épi 1cm à 1-2 nœuds			Bourgogne				Si forte infestation de chardons, réaliser un rattrapage tardif, sinon impasse	Populations d'adventices	CA Bourgogne, 2008b
Triticale	Prélevée		... et mode de désherbage	Bourgogne				Si pâturins, agrostides, ray grass véroniques et géranium, quelques pensées, utiliser Defi 4 à 5 l, en enterrant bien les grains. En cas de sols asphyxiants et/ ou de système racinaire mal implanté, éviter l'intervention; sur sol filtrant si des précipitations importantes sont à craindre, éviter de traiter ; éviter les conditions de gel, de froid prolongé et d'amplitude thermique forte... ⁴⁴	Populations d'adventices, conditions météorologiques	CA Bourgogne, 2008b
Triticale	Stade 2 feuilles		... et mode de désherbage	Bourgogne				Si pâturins, agrostides, ray grass véroniques et géranium, quelques pensées, utiliser Defi 4 à 5 l, avec des grains bien enterrés. Eviter en cas de sols asphyxiants et/ ou de système racinaire mal implanté; éviter de traiter sur sol filtrant si des précipitations importantes sont à craindre, éviter les conditions de gel, de froid prolongé et d'amplitude thermique forte	Populations d'adventices, conditions météorologiques	CA Bourgogne, 2008b
Colza d'hiver	Prélevée	Parcelle	... et choix de produit herbicide	Nièvre			Lutter contre les adventices	Napropamide à incorporer superficiellement, ou clomazone (bien doser pour éviter les ralentissements de levée). Si non labour, ou parcelles grêlées, adjonction de glyphosate (360g)		CA Nièvre, 2010b
Maïs			...et choix de produit herbicide	Sécheresse (inefficacité des herbicides)	Herbicides racinaires de prélevée			Si adventices jeunes (graminées <2 feuilles, dicot < 4 feuilles), et conditions réunies, intervenir le matin. Si peu de risque vivaces: callisto 0,5+ritmic0,5 +/- casper 0,1 ou... ⁴⁴	Hygrométrie > 50% si possible 70%, si possible températures entre 15 et 25°C	Dijon Céréales, 2011c
Betterave sucrière	Semis jusque 3 semaines après	Parcelle					Limiter les pertes de rendement, les entraves à la récolte et le stock de graines adventices dans le sol	Si observation dans la parcelle de levée d'adventices et selon les conditions météorologiques, réaliser un désherbage chimique au plus tard 3 semaines après le semis	Observation d'adventices Conditions météo	ITB, Com. Pers.
Betterave sucrière	Semis à juin	Parcelle			Premier désherbage réalisé		Limiter les pertes de rendement, les entraves à la récolte et le stock de graines adventices	Si observation dans la parcelle de levée d'adventices avant 70% de couverture des betteraves ou stade 4 feuilles des adventices, et selon les conditions météorologiques, réaliser un désherbage chimique au plus tard 3 semaines après le semis	Relevées d'adventices Stade cultural Conditions météo	ITB, Com. Pers.

Le Tableau 39 montre que, tout comme la majorité des règles de décision d'opportunité d'intervention chimique recueillies dans le cadre de cet inventaire, celles pour décider d'un désherbage chimique sont, pour la plupart, assez peu formalisées, et n'explicitent que rarement leurs objectifs.

Au niveau des solutions proposées, nous pouvons remarquer que ces règles de décision proposent finalement rarement des impasses. Il s'agit plus de décider entre un désherbage chimique ou plusieurs désherbages associés, quels produits utiliser, à quelles doses, en d'autres mots, de définir un programme de désherbage. Les règles de décision qui permettent réellement de décider de l'opportunité d'une lutte chimique sont très peu nombreuses : 5 RdD, en gras dans le tableau. Il s'agit soit de RdD d'opportunité de désherbage chimique de rattrapage (2 règles) soit de RdD d'opportunité de désherbage chimique contre les vivaces (2 règles) soit une règle de décision de désherbage chimique combinée à un itinéraire technique intégré et à du désherbage mécanique, en blé tendre d'hiver. Cette RdD, diffusée par Agro Transfert Picardie dans son guide pratique pour un itinéraire technique intégré du blé tendre d'hiver en Picardie, est constituée de :

- un objectif, éviter la nuisibilité agronomique indirecte des adventices,
- associé à un résultat attendu implicite, une stabilité ou une diminution du stock semencier d'adventices dans la parcelle,
- une solution qui s'exprime ainsi : Ne pas traiter si la densité d'adventices observée après désherbage dans la culture est inférieure ou égale à la densité observée après désherbage dans la culture précédente dans la rotation, qui a une date de semis comparable.

Cette RdD est très bien formalisée.

Au niveau des critères de décision, on constate qu'ils sont généralement très peu précis. Par exemple, on peut trouver comme critère de décision, respectivement « présence de vivace », « présence d'adventices », ou encore « observation d'adventices », ou encore, pour certaines règles de décision concernant le désherbage des graminées (voir les règles de décision pour la gestion des adventices en Annexe XIV), « infestation de graminées ». Comment cela se traduit-il concrètement ? L'intervention doit-elle se décider à partir d'une adventice observée ? À partir d'une certaine densité d'adventices observée ? À partir d'une évolution de la densité d'adventices ?...

Si nous avons trouvé si peu de règles de décision pour les adventices, contrairement aux autres bioagresseurs, et notamment très peu de RdD qui permettraient réellement de décider de l'opportunité d'un désherbage chimique en culture à la parcelle en fonction de l'état de la parcelle, cela s'explique par le fait que ces décisions ne peuvent avoir comme seuls critères de décision l'observation d'adventices accompagnée de seuils d'intervention, quel que soit le système de culture dans lequel on se trouve. En effet, Munier-Jolain *et al.* (2002) ont montré que même si des seuils d'intervention prenant en compte à la fois la nuisibilité économique directe et à la fois la nuisibilité indirecte des adventices ont pu être élaborés par culture et par adventice, la valeur d'un seuil d'intervention appliqué à un couple culture-adventice n'a pas d'impact sur la fréquence d'intervention à long terme. La décision d'opportunité d'une intervention herbicide dépend de multiples critères : systèmes de culture, pratiques mises en œuvre, pratiques planifiées (travail du sol,...), efficacité des produits, disponibilité des produits... ainsi que des objectifs du système de culture (objectifs de production ; objectifs économiques au sens large, prenant en compte les revenus des agriculteurs, le coût des produits et le temps de travail ; objectifs environnementaux ;...).

Ainsi la règle de décision pertinente d'opportunité d'intervention herbicide est multicritère et extrêmement complexe à formaliser. Le seuil d'intervention sera différent pour chaque situation, et dépend de tous les facteurs énoncés précédemment, et des objectifs hiérarchisés du décideur.

Nous pouvons donc identifier, de manière générale, une absence de RdD formalisées pour décider de l'opportunité d'un désherbage chimique à la parcelle. Cette conclusion a été confirmée par l'atelier de travail RdD en grandes cultures, et cette lacune a été identifiée comme un besoin, de par l'impact des herbicides sur la qualité des eaux, et de par la demande des agriculteurs sur cette thématique.

III.3 Limites dans l'interprétation du nombre de règles de décision recueillies

Les chiffres présentés concernant le recensement des RdD recueillies et leur répartition par culture et par couple culture/bioagresseur sont à manier avec prudence et ce pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, ces chiffres ne représentent que la répartition des RdD recueillies et non pas celle des RdD existantes. Or ce recueil s'est fait de manière prospective. Il est donc possible qu'il soit plus complet pour certaines cultures que pour d'autres, ou pour certains bioagresseurs.

Ensuite, un grand nombre de RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre un bioagresseur dans une culture peut avoir différentes origines :

- Des RdD nombreuses et de bonne qualité, adaptées à différents contextes ou objectifs ;
- Des RdD nombreuses mais contradictoires ;

A l'inverse, pour un couple culture / bioagresseur, un faible nombre de RdD peut signifier :

- Quelques rares RdD très spécifiques d'un contexte ou d'objectifs et dont la portée est assez faible
- Une RdD très générique, valable dans tous les contextes et pour tous les objectifs, ou tout du moins utilisée comme telle

Ainsi, si le nombre de RdD recueillies par couple culture/bioagresseur est présenté dans cette étude, il doit rester un indicateur mobilisé et associé aux RdD recueillies, et ne pas être interprété seul.

III.4 Présentation et analyse des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic recueillis en grandes cultures

Les Tableau 40, Tableau 41 et Tableau 42 présentent les outils d'aide à la décision et les outils de diagnostic disponibles, respectivement pour toutes les cultures, pour les céréales à pailles, et pour les autres grandes cultures étudiées. La grande majorité de ces outils est destinée aux grandes cultures.

Nous n'avons pas cherché à faire un inventaire des outils d'aide à la décision ni des outils de diagnostic relatifs aux conditions d'application des produits phytosanitaires : choix de buse, rinçage du pulvérisateur, mélange de produits... Nous nous sommes cantonnés à ceux qui sont inclus dans des RdD d'opportunité d'intervention chimique, ou qui en mobilisent.

Tableau 40 : Nombre d'OAD et d'outils de diagnostic génériques recueillis pour la lutte chimique, par bioagresseur

Culture	Bioagresseur	Nombre d'OAD	Nombre d'outils de diagnostic
Toutes cultures	Tous bioagresseurs	1	0
	Adventices	1	0
Grandes cultures	Limaces	1	0
	Adventices	1	2

Tableau 41 : Nombre d'OAD et d'outils de diagnostic recueillis par bioagresseur pour la lutte chimique dans les cultures de blé

	Bioagresseur	Nombre d'OAD	Nombre d'outils de diagnostic
MALADIES	Maladies et ravageurs	1 (plusieurs cultures)	0
	Toutes maladies	4 (dont 1 toutes céréales)	0
	Septoriose	1	2 (dont 1 céréales à pailles)
	Fusariose	3 (dont 1 toutes céréales)	3
	Helminthosporiose	0	0
	Oïdium	0	0
	Piétin verse	1 (toutes céréales)	1
	Rouille jaune	0	1
	Rouille brune	1	1
RAVAGEURS	Limaces	1 (grandes cultures)	1 (toutes cultures)
	Pucerons d'automne	1 (toutes céréales)	0
	Cicadelles	1	0
	Pucerons des épis	1 (toutes céréales)	0
	Cécidomyies	1	0
	Autres ravageurs (larves de criocères, tordeuse des céréales, zabre, mineuse)	0	0
ADVENTIC E.C.	Adventices	3 (1 toutes cultures et 1 grandes cultures et 1 toutes céréales)	2 (grandes cultures)
NOMBRE D'OUTILS TOTAL RECUEILLIS POUR LE BLE		19 (dont 2 toutes cultures, 2 grandes cultures, 1 plusieurs cultures et 6 toutes céréales,)	11 (dont 1 céréale à pailles, 1 grandes cultures et 1 toutes cultures)

Tableau 42 : Nombre d'OAD et d'outils de diagnostic recueillis pour les cultures de colza, tournesol, lin, betterave, maïs et féverole, par bioagresseur

Culture	Bioagresseur	Nombre d'OAD	Nb d'outils de diagnostic
Colza	Sclérotinia	1	1
	Autres maladies : oïdium, phoma, cylindrosporiose, alternariose, pseudocercosporiose	0	0
	Limaces	1 (grandes cultures)	1 (grandes cultures)
	Méligèthes	0	1
	Charançon de la tige Charançon du bourgeon terminal Grosses altises	1	1
	Autres ravageurs : petites altises, pucerons cendrés, pucerons verts, tenthrède de la rave, charançon des siliques, teigne	0	0
	Adventices	2 (1 toutes cultures, 1 grandes cultures)	2 (grandes cultures)
TOTAL COLZA		5 (dont 1 toutes cultures et 2 grandes cultures)	6 (dont 3 grandes cultures)
Tournesol	Phomopsis	1	1
	Autres maladies : mildiou, phoma, alternariose, botrytis, sclérotinia	0	0
	Limaces	1 (grandes cultures)	1 (grandes cultures)
	Ravageurs : corbeaux, taupins, pucerons verts	0	0
	Adventices	2 (1 toutes cultures, 1 grandes cultures)	3 (dont 2 grandes cultures)
TOTAL TOURNESOL		4 (dont 1 toutes cultures, 2 grandes cultures)	5 (dont 3 grandes cultures)
LIN	Tous bioagresseurs	0	0
Betterave	Maladies	0	0
	Limaces	1 (grandes cultures)	1 (grandes cultures)
	Autres ravageurs	0	0
	Adventices	2 (dont 1 toutes cultures)	2 (grandes cultures)
TOTAL BETTERAVE		3 (dont 1 toutes cultures, 1 grandes cultures)	3 (grandes cultures)
Maïs	Toutes maladies et tous ravageurs	1 (pour plusieurs cultures)	0
	Fusariose	0	1
	Autres maladies : helminthosporiose, charbon, fonte des semis, rhizoctone	0	0
	Limaces	1 (grandes cultures)	1 (grandes cultures)
	Taupins	0	1
	Pyrales, scutigérelles, sésamies	0	1
	Autres ravageurs (taupins, pyrale, chrysomèle, sésamie, scutigérelles, noctuelle terricole, cicadelles, pucerons, oscinies, geomyza, acariens, corbeaux)	0	0
	Adventices	3 (dont 1 toutes cultures, 1 grandes cultures)	2 (grandes cultures)
TOTAL MAÏS		5 (dont 2 grandes cultures, 2 toutes cultures)	6 (dont 3 grandes cultures)
Féverole	Toutes maladies	0	0
	Limaces	1 (toutes cultures)	0
	Bruche	1	0
	Autres ravageurs : taupins, pucerons noirs, sitones, pucerons verts, thrips	0	0
	Adventices	0	2 (grandes cultures)
TOTAL FEVEROLE		2 (dont 1 toutes cultures)	3 (dont 2 grandes cultures)

III.4.1 Les outils d'aide à la décision

Les OAD recueillis sont présentés Annexe XV p. 337. Sur ces 25 outils recueillis, 4 servent à déterminer la date optimale d'une intervention chimique et 2 à déterminer la dose d'un traitement. Il s'agit d'Agrométéo®, Ciblé®, Septolis, Mycoptolis®, Facilidose® et Optidose F500®. Ces outils mettent en priorité le choix de la date d'intervention, sans aborder vraiment l'opportunité de réaliser l'intervention chimique ; ils ont donc un intérêt plutôt mineur pour limiter l'usage des pesticides. Parmi eux, Agrométéo® est un outil très générique, qui se concentre sur le raisonnement des conditions de toute intervention et s'applique donc aussi bien aux maladies, qu'aux ravageurs et aux adventices. Nous ne l'avons pas mentionné dans les tableaux par culture, et ne le comptabilisons pas dans les sous-chapitres suivants, qui récapitulent les outils disponibles par famille de bioagresseurs.

Pour la majorité des outils recueillis, bien que nous n'ayons pas eu accès aux informations relatives à leur construction (RdD incluses, hypothèses sous-jacentes...) qui permettraient une réelle analyse, il semble que les objectifs de ces outils soient rarement formulés (8 objectifs sont formulés explicitement pour 25 outils).

Ensuite, nous pouvons constater que les règles de décision intégrées dans ces outils ne sont que rarement accessibles à tous. La manière dont ces outils fonctionnent n'est donc pas transparente. Il semble, dans ces conditions, difficile de réaliser une analyse critique de ces outils dans le cadre de cette étude.

Enfin, nous n'avons pas trouvé d'information nous permettant d'identifier les domaines de validité de ces outils : fonctionnent-ils dans tous les systèmes de culture ? Sont-ils paramétrés pour des systèmes de culture en protection raisonnée ? En protection intégrée ? En agriculture biologique ? Prennent-ils en compte les objectifs et résultats attendus en termes de maîtrise des bioagresseurs ?

Nous détaillons ensuite la description de certains outils, pour lesquels nous avons eu accès à des éléments concernant leur mode de fonctionnement, afin d'illustrer nos propos ci-dessus.

III.4.1.1 Les outils d'aide à la décision pour la lutte chimique contre les maladies

Nous avons recueilli, pour les cultures étudiées, treize OAD pour la gestion des maladies, (Tableau 40, Tableau 41 et Tableau 42), dont un pour toutes les cultures, dix autres pour le blé, et seulement un autre pour le colza et un autre pour le tournesol. Ils se répartissent selon les couples cultures/bioagresseur suivants :

- Blés, triticale, Pois et Maïs : maladies et ravageurs ;
- Blé : toutes maladies (4), septoriose, fusariose (3), piétin verse, rouille brune ;
- Colza : sclérotinia ;
- Tournesol : phomopsis ;

Ces OAD ciblent le raisonnement des interventions fongicides, et a ide soit à déterminer la dose des applications fongicides (Opti'dose F500® de BASF pour la rouille brune), soit, à déterminer la date d'intervention (Myco-lis® et Septo lis® d'Arvalis-Institu du Végétal, respectivement pour la fusariose et la septoriose, et l'atlas des maladies du blé de BASF Agro), soit à construire un programme fongicides, en fonction d'un diagnostic de risque parcellaire (Fongimètre® et Crypto-lis® d'Arvails-Institut du Végétal, et Sepale + d'Invivo), soit à décider de l'opportunité d'une intervention fongicide (Diagnolis® d'Arvalis-Institut du Végétal pour toutes les maladies et les ravageurs du blé et du maïs, Sativum fusa ® de BayerCropScience, et grilles de risque d'Arvalis-Institut du Végétal et de la SRPV pour la fusariose et pour le piétin verse, kit pétale du Cetiom et grille de risque phomopsis de la SRPV).

A priori, huit de ces outils peuvent permettre de moduler le nombre d'interventions fongicides à la parcelle :

- Diagno lis®, qui permet, à partir d'observations d'accidents de culture, de diagnostiquer l'origine de l'accident, et de décider, le cas échéant, d'une intervention ou non ;
- Septo lis®, qui permet de raisonner la date de la première intervention contre la septoriose en blé tendre d'hiver, et ainsi de faire varier le nombre total de traitements ; l'adaptation du positionnement du 1^{er} traitement permet d'éviter un traitement trop précoce, et donc qui engendrerait plusieurs traitements, ou trop tardif et moins efficace ; ainsi ce type d'outil permet de réduire l'utilisation des pesticides, dans une certaine mesure (à plus ou moins une intervention, mais jamais d'impasse totale par exemple) ;
- Fongimètre ®, Crypto-lis ®, et Sepale + ®, qui ont pour objet de décision l'ensemble du programme fongicide pour céréales à pailles et pour blé tendre d'hiver, et qui permettent donc de décider à la fois du nombre total d'interventions, des choix de produit, et de leur positionnement ;
- Les OAD pour l'opportunité d'intervention fongicide contre la fusariose : Sativum Fusa ® de BayerCropScience, et la grille de risque d'Arvalis-Institut du Végétal, qui ont pour objet de décision l'opportunité de lutte chimique contre la fusariose en blé d'hiver et en céréales à pailles ;
- Une grille de risque associée à une RdD phomopsis, qui permet de décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre le phomopsis du tournesol.

Toutefois, nous n'avons pas pu étudier les règles de décision incluses dans ces outils ni les variables influant sur les sorties de ces outils.

Notons qu'il existe deux outils pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre la fusariose du blé, l'un proposé par Arvalis-Institut du Végétal, et l'autre par Bayer. Ces deux outils sont fondés sur des grilles de risque qui prennent en compte la succession culturale, la variété (et donc sa sensibilité), la date de semis et le type de travail du sol réalisé. Toutefois, si l'on fait tourner ces deux outils avec les mêmes variables d'entrée, on constate qu'on n'aboutit pas aux mêmes décisions. Généralement, l'outil proposé par Bayer aboutit plus fréquemment à une recommandation d'intervention fongicide. Ainsi, les RdD qui sont intégrées dans ces outils sont différentes. Il est important de mentionner que ces outils n'explicitent aucun objectif de maîtrise des bioagresseurs.

III.4.1.2 Les outils d'aide à la décision pour la lutte chimique contre les ravageurs

Nous avons recueilli sept OAD pour prendre des décisions relatives à la lutte chimique contre les ravageurs dans les cultures étudiées : trois outils pour les céréales à pailles, un pour les céréales à pailles et le colza, trois pour le maïs, et un pour la féverole. Quatre de ces outils sont des pièges (piège à limaces pour toutes les grandes cultures, piège jaune englué pour les céréales à pailles, cuvette jaune pour les céréales à pailles et le colza, pièges à phéromones pour le maïs) associés à des RdD, et trois ont pour base des modèles épidémiologiques : deux génèrent directement une décision comme résultat de l'outil, et l'un génère un diagnostic, qui est le critère de décision de plusieurs RdD. (Aphi.net®, Colibri ® et Bruchi-Lis ®). Les RdD intégrant les quatre outils correspondant aux pièges sont présentés dans les parties III.2.2, III.2.3 et III.2.4.

Pour les céréales à pailles, nous avons recueilli deux outils, Aphi.net® et Colibri ® de l'INRA , UMR Bio3P de Rennes (INRA, 2006), dont la base est une modélisation du développement des populations de pucerons, et de la contamination des céréales par les virus transmis par ces pucerons. Aphi.net® est un logiciel qui permet de décider de l'opportunité d'une intervention insecticide contre les pucerons d'automne de l'orge et qui s'appliquera, à termes, à toutes les céréales à pailles. La décision est basée sur sa rentabilité économique. Il s'appuie sur l'évaluation d'un risque d'infection

des céréales par le virus de la JNO, dont les pucerons sont le vecteur, à partir des données météorologiques et d'une estimation par l'utilisateur de l'infestation des plants par les pucerons. Il est donc mobilisable pour les décisions qui ont comme objectif l'optimisation économique des interventions.

Pour la féverole, Bruchi-lis ®, développé par Arvalis-Institut du Végétal, est un outil qui modélise les vols de bruches et les stades de la culture, en fonction de la météo et de la date de semis. Il est à destination des techniciens de structures de conseil (chambres d'agriculture, coopératives...), pour décider d'un conseil d'opportunité d'intervention insecticide contre la bruche, en féverole.

Aucun outil d'aide à la décision répertorié pour l'opportunité de lutte chimique contre les insectes n'a une variable d'entrée permettant d'évaluer, de modéliser, ou d'estimer une éventuelle activité des auxiliaires de culture. Les modes de régulation agroécologiques ne sont actuellement pas des facteurs pris en compte dans ces décisions, ni au niveau des critères de décision (populations d'auxiliaires de culture importantes qui pourraient permettre de réguler les populations à court terme), ni dans l'évaluation du coût à long terme des solutions proposées (impact d'une intervention chimique sur les auxiliaires de culture, qui participera, à long terme, à l'augmentation des populations de ravageurs et donc à des interventions chimiques plus fréquentes et coûteuses).

III.4.1.3 Les outils d'aide à la décision pour la lutte chimique contre les adventices

En plus d'Agrométéo® Syngenta, nous avons recueilli cinq outils d'aide à la décision pour la lutte chimique contre les adventices : deux pour toutes les grandes cultures, un pour les céréales à pailles, un pour la betterave et un pour le maïs. Trois de ces outils, Facilidose ® de Cheminova Agro pour toutes les grandes cultures, Ciblé ®, pour les céréales à pailles, et Betsy de l'ITB pour la betterave, sont des outils tactiques, qui permettent d'optimiser respectivement la dose de glyphosate, la date d'une intervention herbicide, et le traitement le mieux adapté, en fonction des adventices présentes et de la culture.

Decid'Herb, (Munier-Jolain, 2008) est un OAD d'intervention herbicide dans la parcelle, en fonction du système de culture (succession culturale, travail du sol, outils disponibles...), de l'historique de la parcelle, des observations d'adventices, et des objectifs de l'agriculteur. En lutte chimique, c'est l'un des rares outils qui repose sur une approche multicritère, et qui relie formellement des éléments d'objectifs assignés aux techniques qu'il propose. Ainsi, il mobilise une règle de décision cadre dont l'objet est l'opportunité d'intervention herbicide, et qui se décline à la fois dans différents contextes (type de sol, contraintes d'exploitation...) et pour différents objectifs. Ces objectifs sont toutefois assez généraux et ne sont ni quantifiés, ni reliés à des résultats attendus. Cet outil mobilise des ressources documentaires sur les produits herbicides qui n'ont pas pu être mises à jour. Il n'est donc pas opérationnel à l'heure actuelle, mais il pourrait être intéressant de le développer. Dans cet outil, ont été formalisées des RdD d'opportunité d'intervention herbicide, RdD qui, nous l'avons vu en partie III.2.5, sont complexes à formaliser et ne font pas partie des outils disponibles au niveau du conseil. Toutefois, cet outil ne propose que l'intervention chimique ou l'impasse. Il n'envisage ni le désherbage mécanique, ni d'autres techniques alternatives à la lutte chimique qui pourraient, dans certaines situations, être préférées à la lutte chimique.

Opti maïs est un outil qui a comme variables d'entrées l'historique parcellaire (techniques réalisées préalablement), et l'identification des adventices et la quantification de leur densité. Les objectifs des préconisations de cet outil sont de réduire les apports en herbicides dans les cultures de maïs, et de favoriser le désherbage mécanique (Anaïs production, 2011). Il évalue un risque de prolifération des différentes espèces d'adventices afin de proposer une technique de désherbage (chimique ou mécanique) adéquate. Toutefois, il ne considère que la nuisibilité directe des adventices dans le maïs.

Tableau 43 : Outils de diagnostic mobilisés pour la lutte chimique recueillis dans le cadre de cette étude

(Nd : information non disponible)

Culture	Bioagresseur	Nom et origine	Objectif général	Fonctionnement
Toutes cultures	Limaces	Grille de risque limaces De Sangosse	Nd	Evaluation du risque de limaces à la parcelle
Grandes cultures	Adventices	Evaluation des risques de résistances des adventices ; Arvalis	Limiter les résistances des adventices aux herbicides	Evaluation de l'effet des pratiques passées et actuelles sur le développement de résistances
Grandes cultures	Adventices	Diag'herbi Bayercropscience	Améliorer les pratiques culturales pour limiter le développement de résistance aux herbicides	Diagnostic d'un risque de résistances aux herbicides en fonction du SdC
Blé tendre hiver	Septoriose des feuilles	Presept, SRPV Positif, BayerCropScience	Décider de l'opportunité d'un traitement fongicide	Analyse du risque de septoriose du blé en fonction des conditions météorologiques et de l'inoculum
Céréales à pailles	Septoriose	Kit Elisa, Epicentre	Nd	Diagnostic quantitatif de l'inoculum présent dans la parcelle
Blé tendre hiver	Rouille brune	Spirouille	Décider de l'opportunité d'un traitement fongicide	Analyse du risque de rouille brune sur blé en fonction des conditions météorologiques (modèle épidémiologique)
Blé tendre hiver	Piétin-verse	TOP ; SRAL	Décider de l'opportunité d'un traitement fongicide	Analyse du risque de piétin verse sur blé en fonction du climat
Blé tendre hiver	Rouille jaune	Yello ; SRAL	Décider de l'opportunité d'un traitement fongicide	Analyse du risque de rouille brune sur blé en fonction des conditions météorologiques
Blé, Triticale, Maïs	Fusariose	Quali'DON BASF	Nd	Détection des teneurs en mycotoxine (mentionné dans le document Outils d'aide à la décision, 2011)
Blés Maïs	Fusariose	Qualimètre blé tendre et blé dur Qualimètre maïs Syngenta	Nd	Prévision des teneurs en mycotoxine en fonction des dates de récolte, des données agronomiques parcellaires, des notations insectes-foreurs et des données météo. (mentionné dans le document Outils d'aide à la décision, 2011)
Colza	Charançon du bourgeon terminal, charançon de la tige, méligèthes	Proplant Cetiom	Décider du positionnement des interventions insecticides	Prévision des vols d'insecte en fonction de réseaux d'observation et de prévisions météorologiques
Maïs	Fusariose	Grille de risque Arvalis	Nd	Diagnostic d'un risque de toxines dues à la fusariose
Maïs	Taupins	Grille de risque Arvalis	Décider de l'opportunité d'une intervention chimique	Diagnostic d'un risque taupin à la parcelle
Tournesol	Adventices	Evaluer le risque de résistances des adventices de post levée aux herbicides ; Cetiom	Améliorer les pratiques culturales pour limiter le développement de résistance aux herbicides	Evaluation d'un risque de résistances des adventices de post levée du tournesol aux herbicides
Tournesol	Phomopsis	Asphodel, SRPV	Décider de l'opportunité d'un traitement fongicide	Identification des périodes de contamination possibles

III.4.2 Les outils de diagnostic

Le Tableau 43 présente les outils de diagnostic recueillis. Seize outils de diagnostic ont été recueillis en grande culture, et ils concernent en grande majorité la culture de blé tendre d'hiver.

Sept de ces outils (Presept, Spirouille, Positif, Top, Yello, Asphodel, Proplant) sont fondés sur des modèles épidémiologiques qui étudient, à partir de données climatiques, la probabilité de développement des populations de bioagresseurs ; deux sont des outils d'analyse de mesure (kit Elisa et Quali'DON) ; et sept (grilles de risque limace, évaluation des risques de résistance des adventices, diag'herbi, qualimètres blés et maïs, grilles de risque fusariose et taupins, évaluation des risques de résistances des adventices) sont des outils d'analyse de risque en fonction du contexte et des pratiques culturales, assimilables à des grilles de risques qui intègrent des facteurs permettant d'aboutir à différentes classes quantitatives de risque.

Les grilles de risque constituent des outils intéressants de par leur pédagogie. En effet, elles permettent d'évaluer un risque à la parcelle en fonction du contexte et des techniques mobilisées dans le système de culture. Ainsi, en remplissant la grille, on peut prendre conscience des éléments de son système de culture qui entraînent des risques, et le modifier en conséquence.

Toutefois, elles ont des limites :

- Elles ne proposent pas de règles de décision : elles peuvent donc être utilisées de manière très différente en fonction de la personne qui l'utilise.
- En dehors des grilles de risques de résistances, elles ne définissent pas explicitement le risque qu'elles permettent de diagnostiquer : s'agit-il d'un risque de dégât visuel ? de dommage ? de perte économique ?
- Ces grilles permettent de calculer une note de risque le plus souvent en additionnant des facteurs de risque, sans pour autant prendre réellement en compte les interactions entre ces différents facteurs de risques. La grille de risque de limaces développée par De Sangosse prend en compte, elle, quelques interactions entre différentes techniques de travail du sol, mais cela reste marginal et anecdotique.

Conclusions partielles sur les outils en Grandes Cultures

D'une manière générale, les OAD sont beaucoup moins formalisés que les RdD : les objectifs et domaines de validité sont très souvent absents, et ces outils ne sont pas transparents : il est difficile d'accéder à leur mode de fonctionnement, et aux règles qui amènent une décision, à partir des variables d'entrées. Etant donné ce peu de transparence, il semble difficile d'identifier les outils les plus pertinents pour la diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires. Nous pouvons tout de même identifier ce manque de transparence comme une première piste de travail : l'explicitation des objectifs et des domaines de validité des outils. De plus, rares sont les outils pour lesquels les variables d'entrée englobent des informations relatives à l'état de la parcelle. Ceci pourrait être une voie d'amélioration. Enfin, tout comme pour les règles de décision, les OAD qui aident à décider de l'opportunité d'une intervention chimique contre les ravageurs pourraient évoluer pour intégrer la présence d'auxiliaires à la parcelle comme variable d'entrée. Signalons un outil qui prend en compte des objectifs comme variable d'entrée pour paramétrer les décisions, Decid'Herb, un OAD pour décider de l'opportunité d'intervention herbicide à la parcelle. Compte-tenu de l'importance des adventices dans l'utilisation de produits phytosanitaires en grandes cultures, et de l'absence actuelle de RdD, ce type d'outil peut être une bonne approche pour surpasser la complexité de cette décision, et mériterait un développement.

CONCLUSION en GRANDES CULTURES

Compte-tenu de notre analyse du recueil des RdD pour décider de l'opportunité d'intervention chimique en culture, et des différents témoignages d'expert, nous avons identifié et priorisé différentes pistes de travail en grandes cultures.

Des pistes de travail communes à toutes les grandes cultures

En priorité, il semble important de développer les **RdD d'opportunité d'intervention herbicide** en grandes cultures. Si notre analyse a mis en évidence un besoin important à ce niveau, elle a été confirmée par les témoignages des experts, qui rapportent une demande forte des agriculteurs. Ces RdD sont complexes à concevoir. Toutefois, il nous semble que les connaissances pour les mettre au point sont disponibles. Il s'agit donc essentiellement d'un travail de formalisation : identification d'objectifs, hiérarchisation et combinaisons de critères de décision, explicitation de domaines de validité à associer à ces RdD. Un travail a été engagé dans ce sens, dans le cadre de la conception d'un OAD, Decid'herb. Toutefois, ces travaux devraient être actualisés, et encore améliorés, d'une part par une plus grande explicitation des objectifs, et des résultats attendus, et d'autre part par la combinaison des décisions d'opportunité de lutte chimique avec les décisions d'opportunité de lutte mécanique, voire d'autres techniques (modifier l'espèce cultivée suivante dans la succession culturale, réaliser un labour...), au niveau de la solution.

Ensuite, nous avons pu constater qu'il existe extrêmement peu de RdD pour décider d'un **traitement de semences en grandes cultures** : il en existe quelques-unes pour la fusariose, le charbon, le piétin échaudage, les taupins, les pucerons et cicadelles, le zabre et la mouche grise en céréales à pailles ; pour le mildiou et le botrytis du tournesol ; le botrytis du lin ; les pucerons verts de la betterave ; le charbon, la fonte des semis, les taupins, les oscinées, le géomyza, et la chrysomèle du maïs ; et le mildiou de la féverole, mais ces RdD sont généralement très imprécises.

Ceci peut avoir différentes causes :

- Les traitements de semences ne sont pas remis en cause de la même manière que les traitements en culture, et n'ont pas fait l'objet d'autant de travaux ;
- La décision d'opportunité de traitement de semences se fait longtemps avant la culture, et il y a peu d'informations disponibles à ce moment-là ;
- L'organisation de l'approvisionnement en semence ne laisse que peu d'espace à des choix individualisés de traitements de semences.

Toutefois, nous identifions là une priorité. Le raisonnement des traitements de semences doit faire l'objet de travaux : il nous semble qu'il est possible d'élaborer des outils (par exemple des grilles de risque associées à des RdD) afin de pouvoir

distinguer des parcelles à risques.

L'opportunité d'intervention chimique contre les limaces doit aussi faire l'objet de travaux. Si pour certaines cultures, ces traitements ne représentent qu'un IFT limité, les produits utilisés ont un impact environnemental important, et cette décision concerne toutes les grandes cultures. Un investissement pour ce ravageur est donc intéressant. Or les RdD aujourd'hui disponibles ont des critères de décision *a priori* pertinents, mais les seuils varient extrêmement en fonction des sources : les RdD disponibles semblent de bonne qualité, mais sont contradictoires. Nous proposons donc de réaliser des travaux afin d'identifier l'origine de cette variabilité des seuils, ce qui conduirait soit à mettre en lumière la diversité des situations et/ou des objectifs qui peuvent y être associés, soit à harmoniser ces seuils. De plus, nous proposons la prise en compte des auxiliaires, prédateurs des œufs de limaces dans les critères de décision. Ce deuxième point doit faire l'objet de production de connaissances.

La prise en compte de la présence, ou de l'activité des auxiliaires de culture comme critère de décision n'est d'ailleurs pas spécifique aux décisions concernant les limaces, et reste trop marginale et imprécise. Nous proposons d'en faire des critères de décision à part entière, associés à des protocoles d'observation, et à une quantification (soit de leur présence dans la parcelle, soit de leur évolution dans le temps, ou encore de leur impact sur les bioagresseurs).

Des pistes particulières à certains couples culture-bioagresseur

Pour les céréales à pailles, beaucoup de RdD sont disponibles. Il reste tout de même des marges de manœuvre.

Pour les céréales à pailles, en plus des propositions énoncées ci-dessus, nous proposons :

- De mettre au point une RdD d'opportunité d'intervention insecticide contre les **cécidomyies** ; cette conception de RdD doit passer par des travaux sur les fonctions dégât-dommages et dommages-pertes qui sont assez mal connues pour la cécidomyie.
- **De lever les contradictions entre RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre la septoriose et l'oïdium**, soit en identifiant les domaines de validité et objectifs spécifiques à chaque RdD, soit en les harmonisant ;
- De concevoir des RdD ciblant des **cortèges de maladies** ;

Pour les oléagineux, nous proposons :

- De concevoir en priorité de nouvelles **RdD d'opportunité de lutte chimique contre les charançons de la tige et les charançons du bourgeon terminal du colza**, à partir des RdD existantes, en y ajoutant des critères de décision relatifs aux données météorologiques et à l'historique du bioagresseur dans les parcelles voisines, permettant ainsi de prévoir les niveaux de populations d'insectes.
- De **revisiter les seuils** des RdD d'opportunité de lutte chimique contre les **mélégèthes du colza dans le cadre de systèmes de culture aux objectifs plus diversifiés** ;
- De **retravailler les RdD d'opportunité de lutte chimique contre le sclérotinia du colza**, en caractérisant mieux les critères de décision concernant la météo (hygrométrie dans la parcelle) et en trouvant des méthodes pour renseigner ce critère ;
- **De lever les contradictions des différentes RdD existantes pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre la majorité des ravageurs du colza, et en particulier les grosses altises, les pucerons cendrés, et les charançons des siliques**, soit en identifiant les domaines de validité et objectifs spécifiques à chaque RdD, soit en les harmonisant ;

Pour la betterave, qui dispose d'une RdD cadre intéressante et bien formalisée pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les maladies (cf. III.2.4.5.6 Un cas particulier : les règles de décision d'opportunité d'intervention fongicide en culture de betterave, p. 93) , nous proposons de l'améliorer par :

- La **conception de RdD d'opportunité de lutte chimique contre les maladies** plus spécifiques à certains contextes, et pour une plus grande diversité d'objectifs ;

Pour la féverole, nous proposons :

- La **conception de RdD d'opportunité de lutte chimique contre les bruches**, qui inclut un critère de décision relatif aux auxiliaires de culture, et un autre relatif à la présence du bioagresseur à la parcelle, renseigné de manière quantitative ; cette conception de RdD doit être accompagnée de la production de connaissances concernant la bruche.

IV. RECUEIL ET ANALYSE DES REGLES DE DECISION ET OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR LA VITICULTURE

IV.1 Présentation et analyse des règles de décision recueillies pour la vigne

Pour la vigne, nous avons recueilli 54 règles de décision d'opportunité d'intervention chimique contre les maladies, 42 RdD d'opportunité d'intervention chimique contre les ravageurs et 8 RdD d'opportunité d'intervention herbicide.

Nous avons recueilli les règles de décision proposées par le conseil à destination des agriculteurs.

La description des RdD disponibles par couple vigne/bioagresseur, et la performance des RdD cadre pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, sont présentées en Tableau 44, Tableau 46 et Tableau 48 pour les RdD concernant respectivement les maladies, les ravageurs et les adventices de la vigne.

Les Tableau 45, Tableau 47 et Tableau 49 présentent respectivement la disponibilité en RdD pour les maladies, les ravageurs et les adventices de la vigne. Dans ces tableaux sont indiqués :

- En rouge, les couples vigne-bioagresseur à enjeux pour lesquels nous n'avons pas recueilli de RdD,
- En orange, les couples vigne-bioagresseur pour lesquels nous avons recueilli soit des RdD imprécises, c'est-à-dire dont la solution est partielle, incomplète ou peu claire, soit plusieurs RdD contradictoires, c'est-à-dire qui proposent des solutions différentes pour une même situation, sans donner d'élément pour choisir parmi ces RdD,
- En vert, les couples vigne-bioagresseur pour lesquels il existe une ou plusieurs RdD claires et cohérentes (non contradictoires),
- En blanc, les couples vigne-bioagresseur pour lesquels il n'y a pas de lutte chimique autorisée,
- En bleu, les couples vigne-bioagresseur pour lesquels la lutte chimique est possible mais rarement mise en œuvre.

Tableau 44 : les règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les maladies de la VIGNE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

VIGNE/MALADIE	Risque du bioagresseur (d'après Aubertot <i>et al.</i> , 2005b)		IFT (INRA, 2009b)	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	RdD d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des RdD cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de RdD	RdD à solution claire	RdD cohérentes	RdD admises	RdD à solution claire, cohérentes, et admises	Nb RdD cadre	RdD cadre pouvant éviter des traitements	RdD cadre appliquées	RdD cadre regpt des RdD aux objectifs différents
Mildiou	Fort	Fort	<5.2 ⁴⁵	Fort	Oui, à effets partiels	17	13	13	13	13	10 (+4)	10	4	0
Oïdium	Fort	Fort	< 5.4 ⁴⁵	Fort	Oui, à effets partiels	13	12	9	12	9	9 (+1)	8	3	0
Mildiou oïdium ⁴⁶	Fort	Fort	<10.6	Fort	Oui, à effets partiels	4	4	4	4	4	2	1	1	0
Pourriture grise (<i>Botrytis</i>)	Fort	Fort	<2.3 ⁴⁵	Fort	Oui (Sdn)	5	0	s.o.	s.o.	s.o.	(5)	s.o.	s.o.	s.o.
Excoriose (<i>Phomopsis viticola</i>)	Faible ⁴⁷	Moyen	<2.3	Moyen	Oui, prophylaxie	3	3	3	3	3	2	2	2	0
Black rot	Faible	Faible	<2.3	Moyen	Oui, prophylaxie	6	5	3	6	3	3 (+1)	3	0	0
Brenner ou rougeot parasitaire (<i>Pseudopeziza tracheiphila</i>)	Faible	Faible	<2.3	Moyen	Non	1	1	1	1	1	1	1	Nd	0
Nécrose bactérienne	Moyen	Faible	<2.3	Moyen	Oui, prophylaxie	5	3	3	3	3	3 (+1)	3	Nd	0
Court noué	Fort	Faible	0 ⁴⁸	Faible	Oui, prophylaxie	<i>Cf. nématodes et végétaux, vecteurs</i>								
Pourridié	Fort	Faible	0 ⁴⁸	Faible	Oui, prophylaxie	<i>Cf. végétaux, vecteurs</i>								
Agent du syndrome de l'Esca	Fort	Fort	0	Faible	Oui, prophylaxie	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Black dead arm	Nd	Nd	0	Nd	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Eutypiose (<i>Eutypa lata</i>)	Fort	Fort	0	Faible	Oui, prophylaxie	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Phytoplasme de la flavescence dorée	Faible	Moyen	0	Faible	Nd	<i>Cf. cicadelle, vecteur</i>								
Broussin (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>)	Faible	Faible	0	Faible	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Aspergillus ochraceus	Faible	Faible	0	Faible	Oui, prophylaxie	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Enroulement, marbrure, bois strié	Faible	Faible				<i>Cf. cochenille, vecteur</i>								
Phytoplasme du bois noir (Stolbur)	Faible	Faible	0	Faible	Oui, arrachage	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Pied noir (cylindrocarpon)	Faible	Faible	0	Faible	Oui, prophylaxie	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Pourriture acide	Faible	Faible	0	Faible	Oui, prophylaxie	<i>Cf. drosophile, vecteur.</i>								

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « RdD cadre » correspondant aux RdD imprécises

⁴⁵ Cf. Annexe XVII

⁴⁶ Règles de décision recueillies pour gérer ces deux maladies ensemble

⁴⁷ D'après les entretiens réalisés

⁴⁸ La lutte chimique n'est pas dirigée directement contre la maladie, mais consiste en la dévitalisation des racines, et/ou la désinfection du sol. Ces interventions visent les hôtes de ces maladies (racines et/ou nématodes); nous n'avons pas d'information sur l'utilisation de pesticides relative à ces interventions (sans doute inclus dans IFT herbicide ou IFT autres produits)

Tableau 45 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour la VIGNE, par maladie, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique

VIGNE/ MALADIE	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		OUTILS DISPONIBLES (+2 outils de diagnostic génériques)
		Nb RdD	Nb RdD cadre	
Mildiou	<5.2	17	10 (+4)	8
Oïdium	< 5.4	13	9 (+1)	5
Mildiou oïdium	<10 6	4	2	1
Pourriture grise (<i>Botrytis</i>)	<2.3	5 imprécises	(5)	0
Excariose (<i>Phomopsis viticola</i>)	<2.3	3	2	0
Black rot	<2.3	6	3 (+1)	0
Brenner (<i>Pseudopeziza tracheiphila</i>)	<2.3	1	1	0
Nécrose bactérienne	<2.3	5	3 (+1)	0
Court noué		<i>Cf. nématodes et végétaux, vecteurs</i>		
Pourridié (<i>Armillaria</i> sp et <i>rosselinia</i> sp)		<i>Cf. nématodes et végétaux, vecteurs</i>		
Agent du syndrome de l'Esca	0			0
Black dead arm	0			0
Eutypiose (<i>Eutypa lata</i>)	0			0
Phytoplasme de la flavescence dorée		<i>Cf. cicadelle, vecteur</i>		
Broussin (<i>Agrobacterium tumefaciens</i>)	0			0
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0			0
Enroulement, marbrure, bois strié		<i>Cf. cochenille</i>		
Phytoplasme du bois noir (Stolbur)	0			0
Pied noir (cylindrocarpon)	0			0
Pourriture acide		<i>Cf. drosophile, vecteur</i>		
TOTAL	13,8	54	30 (12)	9

Légende :

() Nombre de RdD « cadre » correspondant aux RdD imprécises



Absence de RdD et lutte chimique pratiquée



Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée



Couple vigne/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée



RdD disponibles, à solution claire et non contradictoires entre elles



RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles



Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

Tableau 46 : Les règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les ravageurs de la VIGNE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

VIGNE/RAVAGEUR	Risque du bioagresseur (d'après Aubertot <i>et al.</i> , 2005b)		IFT (INRA, 2009b)	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	RdD d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des RdD cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de RdD	RdD à solution claire	RdD cohérentes	RdD admises	RdD à solution claire, cohérentes, et admises	Nb RdD cadre	RdD cadre pouvant éviter des traitements	RdD cadre appliquées ⁴⁹	RdD cadre regroupant des RdD aux objectifs différents
Nématodes	Fort	Faible	<1.4	Moyen	Oui, prophylaxie	2	2	2	2	2	2	1	Nd	0
Escargots	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Nd	1	1	1	1	1	1	1	Nd	0
Cicadelle vecteur de la flavescence dorée (<i>Scaphoideus titanus</i>)	Faible	Moyen	<1.4	Moyen	Non	4	4	4	4	4	3	3	3 (réglementaire)	0 (mais régi par réglementation)
Tordeuses (Eudémis, Cochylis et Eulia)	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Oui	13	11	11	11	11	10 (+2)	10	7	0 (mais signalé dans 1 RdD)
Acariens rouges et jaunes	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Oui	8	8	8	8	8	6	6	6	0
Acariens agents d'acariose et d'érinose	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Oui	5	1	1	1	1	1 (+4)	1	1	0
Cicadelle verte	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Non	3	3	3	3	3	1	1	1	0
Cochenilles	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Non	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Cicadelle blanche (<i>Metcalfa pruinosa</i>)	Nd	Nd	0	Moyen	Oui	1	0	s.o.	s.o.	s.o.	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Pyrale	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Non	2	2	0	0	0	2	2	2	0
Mange bourgeon : noctuelles terricoles et boarmies	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Non	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Altise	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Chenille bourrue (<i>Arctia caja</i>) et cigarier	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Oui	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Thrips	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Non	1	1	1	1	1	1	1	Nd	s.o.
Drosophile vecteur des bactéries responsables de la pourriture acide	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Rhynchite coupe-bourgeon	Faible	Faible	<1.4	Moyen	Nd	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
<i>Viteus vitifoliae</i> (phylloxera)	Faible	Fort	0	Faible	Oui	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « RdD cadre » correspondant aux RdD imprécises

⁴⁹ Il s'agit plus de donner une appréciation globale des conseillers par rapport à l'application des RdD que d'identifier précisément quelle RdD est appliquée

Tableau 47 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour la VIGNE, par ravageur, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique

VIGNE/ RAVAGEUR	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité d'intervention à l'implantation de la vigne		Outils (outils de diagnostic) (+ 2 outils génériques)
		Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	
Nématodes	<1.4 ⁴⁸			2 ⁵⁰	2 ⁴⁸	0
Escargots	<1.4	1	1			0
Cicadelle vecteur de la flavescence dorée (<i>Scaphoideus titanus</i>)	<1.4	4	3			0
Tordeuses (Eudémis, Cochylys et Eulia)	<1.4	13	10 (+2)			4
Acariens rouges et jaunes	<1.4	8	6			0
Acariens agents d'acariose et d'érinose	<1.4	5	1 (+4)			0
Cicadelle verte	<1.4	3	1			0
Cochenilles	<1.4	1	(1)			0
Cicadelle blanche (<i>Metcalfa pruinosa</i>)	0 ⁵¹	1	(1)			0
Pyrale	<1.4	2	2			0
Mange bourgeon : noctuelles terrioles et boarmies	<1.4	1	1			0
Altise	<1.4	0	0			0
Chenille bourrue (<i>Arctia caja</i>) et cigarier	<1.4	0	0			0
Thrips	<1.4	1	1			0
Drosophile vecteur des bactéries responsables de la pourriture acide	<1.4	0	0			0
Rhynchite coupe-bourgeon	<1.4	0	0			0
<i>Viteus vitifoliae</i> (phylloxera)	0					0
TOTAL ravageurs		40	26 (+8)	2	2	

Légende :

() Nombre de RdD « cadre » correspondant aux RdD imprécises

 Absence de RdD et lutte chimique pratiquée

 RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles

 Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée

 RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles

 Couple vigne/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée

 Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

⁵⁰ La lutte chimique n'est pas dirigée contre les nématodes, mais vise la protection contre le court-noué.

⁵¹ Il n'y a pas de lutte chimique homologuée contre ce ravageur, mais nous avons trouvé une RdD qui conseille d'utiliser des produits homologués sur d'autres ravageurs

Tableau 48 : Les règles de décision d'opportunité d'intervention herbicide en VIGNE : disponibilité et qualité des RdD, et performance des RdD cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

VIGNE/ L'HERBICIDE	CIBLE	DE	Risque du bioagresseur		IFT	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	RdD d'opportunité de lutte chimique recueillies				Performance des RdD cadre synthétisées				
			Probabilité	Magnitude				Nb de RdD	RdD à solution claire	RdD cohérentes	RdD admises (pas d'accident de culture)	RdD à solution claire, cohérentes, et admises	Nb RdD cadre	RdD cadre pouvant éviter des traitements	RdD cadre appliquées	RdD cadre regroupant des RdD aux objectifs différents
Adventices			Nd	Nd	<1.1	Moyen	Oui	8	5	8	8	5	5 (+3)	4	Nd	1
Racines (anciennes vignes, anciennes cultures, adventices)			Nd	Nd	<1.1	Moyen	Non	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Epamprage			Nd	Nd	<1.1	Moyen	Oui	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « RdD cadre » correspondant aux RdD imprécises

Tableau 49 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour l'utilisation d'herbicide en VIGNE, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique

VIGNE/ CIBLE DE L'HERBICIDE	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité d'intervention à l'implantation de la vigne		Outils
		Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	
Adventices	<1.1	8	5 (+3)			0
Racines (anciennes vignes, anciennes cultures, adventices)	<1.1			0	0	0
Epamprage	<1.1			0	0	0
TOTAL herbicides	1.1	8	5 (+3)			0

Légende :

() Nombre de RdD « cadre » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple vigne/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Informations non disponibles sur l'utilisation de la lutte chimique

Nous allons dans un premier temps présenter les couples vigne/bioagresseur pour lesquels il n'existe pas de RdD (en rouge dans les tableaux). Ensuite, nous identifierons les règles de décision recueillies avec en premier lieu les RdD imprécises, les RdD contradictoires entre elles (cases en orange), et en second lieu les RdD claires, cohérentes et admises (cases en vertes). Enfin, nous examinerons la performance des RdD recueillies dans une optique de réduction de l'utilisation des pesticides.

IV.1.1 Les règles de décision manquantes pour décider de l'opportunité de lutte chimique (à l'implantation et en culture) contre les maladies et les ravageurs de la vigne

Pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture, nous avons recueilli des RdD pour la plupart des bioagresseurs, à deux exceptions près :

- **Ravageurs** : des ravageurs à faible enjeu en termes d'utilisation de produits phytosanitaires : la **drosophile**, vecteur de bactéries responsables de la pourriture acide, le **coupe-bourgeon**, l'**altise**, la **chenille bourrue** et le **cigarié**
- **Utilisation d'herbicides** : nous n'avons pas recueilli de RdD pour décider de l'opportunité de mise en œuvre d'une **dévitalisation** sur une parcelle, avant implantation d'une vigne. Cette technique est fortement pratiquée, afin de limiter le risque de transmission de maladies par les racines (court-noué, pourridié, ...). S'il est vrai que cette opération reste, à l'échelle de la vie d'une vigne, peu impactante pour l'utilisation de produits phytosanitaires, il est possible lors de son application que les impacts environnementaux soient importants.
- Nous n'avons pas non plus recueilli de RdD pour décider du **mode d'épamprage** à pratiquer (chimique, mécanique ou manuel). Il ne s'agit pas strictement de protection des cultures, mais cette opération culturale génère une utilisation de produits phytosanitaires lorsqu'elle est réalisée chimiquement.

De plus, de nombreuses maladies de la vigne ne font pas l'objet de lutte chimique. Par exemple, les maladies du bois (Esca, Eutypiose, BDA) peuvent être maîtrisées uniquement par des techniques alternatives à la lutte chimique : réduction de l'inoculum par retrait et isolement des souches malades, repage, limitation des blessures à travers un ébourgeonnage soigné (AREDVI, 2003 ; Larignon P., 2007), protection des plaies de taille à l'aide d'un champignon (l'Esquive, ephy site en ligne, Bayer[8]).

IV.1.2 Des règles de décision dont la solution est imprécise

Des RdD dont la solution est trop imprécise pour permettre de décider objectivement de l'opportunité d'intervention chimique en culture ont été identifiées. Ces RdD concernent :

- Pour les maladies : quelques RdD pour la lutte chimique contre le **mildiou** (4 sur 17), l'**oïdium** (1 sur 13), le **black rot** (1 sur 6) la **nécrose bactérienne** (2 sur 5) et toutes les RdD recueillies pour le **botrytis** ;
- Pour les ravageurs : deux RdD (sur 13) concernant l'opportunité de lutte chimique contre les **tordeuses** (dont une mise au point par la Chambre d'Agriculture de l'Yonne, qui est bien formalisée, et précise pour certaines situations, mais qui n'est pas complètement formalisée pour d'autres), 4 parmi les 5 RdD concernant l'opportunité de lutte chimique contre les **acariens agents d'acariose et d'érinose**, les RdD d'opportunité de lutte chimique contre les **cochenilles** et contre les **cicadelles blanches** ;
- Pour les végétaux : cinq RdD sur 8 concernant l'opportunité d'intervention herbicide contre les adventices.

Ces RdD ont des solutions imprécises, dans le sens où elles ne clarifient pas la manière de combiner, hiérarchiser, et quantifier les critères de décision. Par exemple, ces critères de décision peuvent être « risque » ou « forte attaque ». La solution de la RdD détaille alors les interventions à réaliser ou non en fonction de ce « risque », sans expliquer quels éléments prendre en compte pour évaluer ce « risque », ni à partir de quel niveau considère-t-on que ce « risque » existe ou non.

Selon nous, ces RdD permettent éventuellement d'avoir des indications sur les éléments à examiner pour prendre la décision, mais ne sont pas des RdD abouties, dans le sens où la relation entre la situation et l'option n'est pas claire.

Pour décider du nombre d'interventions fongicides contre le botrytis, nous n'avons pas recueilli de RdD dont la solution soit claire, et qui relie des critères de décision hiérarchisés et quantifiés à des options. Cependant, en pratique, d'après les entretiens réalisés, il n'y a pas, ou rarement, d'adaptation annuelle. Le nombre d'interventions dépend principalement du type de vignoble, et de la tolérance de l'agriculteur aux dégâts visuels. La lutte chimique contre le botrytis se pilote généralement en routine. De plus, le plus couramment, les agriculteurs font des impasses systématiques ou une seule intervention ; les agriculteurs qui réalisent 2 interventions par an sont rares, et trois interventions encore plus. Cette maladie est en effet assez bien gérée par des mesures de contrôle cultural (CRA Bourgogne, 2006 ; AREDVI, 2003 ; IFV Sud-Ouest [2] ; Dubois et Gastaldi, CA Maine-et-Loire, communication personnelle).

Des travaux concernant la mise en œuvre de mesures prophylactiques et l'adaptation des pratiques de routine des agriculteurs semblent plus appropriés pour permettre de diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires qui ciblent le botrytis.

Ainsi, globalement les RdD ont des solutions assez explicites ; certaines, comme le botrytis, mériteraient d'être précisées mais ce n'est pas une priorité.

IV.1.3 Des règles de décision contradictoires

De la même manière que pour les grandes cultures, nous avons recueilli des RdD qui, pour un même objet de décision, proposent des solutions différentes, sans toutefois ni expliquer les raisons de ces différences, ni donner les éléments nécessaires pour choisir la RdD la mieux adaptée (par son domaine de validité ou ses objectifs par exemple).

Il s'agit notamment des RdD de déclenchement de protection chimique contre l'oïdium. Trois RdD ont été recueillies pour déclencher la première intervention et donc le programme de traitements fongicides (Tableau 50).

Tableau 50 : RdD cadre de déclenchement de la protection fongique contre l'oïdium

Echelle temporelle	Objet de la décision	Objectif	Solution	Seuil/critère de décision	Observation /outil	Champs de validité/ Déclinaisons	Source	Nb RdD
De 2-3 feuilles étalées à 10-12 F. étalées	Début de la protection fongicide		Si parcelle « à drapeaux », (majoritairement Sud-Est), commencer les interventions dès 2-3 feuilles étalées. Sinon, si parcelle sensible, débuter à 5-6 feuilles étalées. Sinon, en fonction de la région et du cépage, débuter de 7-8 feuilles étalées jusqu'à 10-12 feuilles étalées	<u>Sensibilité parcellaire</u> : -Parcelle à drapeau (majoritairement Sud-Est) -Parcelle sensible : historique			Bayer [4] Bayer [5] Documents en ligne	1
De 2-4F étalées jusqu'à fermeture de la grappe	Début de protection fongicide		En fonction des critères de décision, déclencher le 1 ^{er} traitement puis protection continue (interventions à intervalle fixe déterminé par la rémanence du produit) jusqu'à la fermeture de la grappe <i>(comment combiner, renseigner et prioriser les critères de décision ?)</i>	Stade de développement Sensibilité des cépages Conditions locales Traitement de la parcelle l'année précédente Produit utilisé			Barbier <i>et al.</i> , 2011	1
Campagne précédente A partir du stade 7-8 feuilles étalées	Début de protection fongicide		Si critères de décisions remplis, alors traiter dès le stade 7-8 feuilles étalées, sinon possibilité de retarder l'intervention jusqu'au stade 10 -12 feuilles	Exposition à l'oïdium les années précédentes Bourgogne : Cépages : Sensibilité variétale (variété résistante : Sauvignon notamment)	Observation au champ les années précédentes	<u>Champagne-Ardenne</u> : Attaques sur grappes à la vendange précédente <u>Bourgogne</u> : Exposition à l'oïdium les années précédentes ET sensibilité variétale <u>Maine-et-Loire</u> : jusqu'aux boutons floraux séparés	CRA Bourgogne, 2011h CIVC 2011d Dubois et Gastaldi, CA 49, com. pers	3

Ces trois RdD cadre mobilisent des critères de décision différents : sensibilité des cépages, conditions locales, traitement de la parcelle l'année précédente, exposition les années précédentes... ; mais leurs domaines de validité et leurs objectifs ne sont pas énoncés explicitement. Ainsi, comment savoir quelle RdD mobiliser ? Quels sont les critères de décision à mobiliser pour déclencher le programme fongicide contre l'oïdium ? Doit-on prendre en compte le cépage concerné ? Doit-on attendre une observation de symptômes d'oïdium ? Doit-on prendre en compte les interventions réalisées les années précédentes ?

Le seul autre bioagresseur pour lequel nous avons recueilli des RdD contradictoires est le black rot (3 RdD d'opportunité de lutte chimique contradictoires) (cf. Annexe XVII, Le black-rot de la vigne, p. 367).

IV.1.4 Les règles de décision claires, cohérentes, et admises

Des RdD qui ne se contredisent pas, dont les solutions sont claires et dont la fiabilité n'est pas remise en cause (même s'il peut rester des doutes ou des interrogations), sont disponibles pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture pour presque tous les bioagresseurs de la vigne :

- Maladies : mildiou (13 RdD), oïdium (9 RdD), mildiou et oïdium conjointement (4 RdD), excoïdise (3 RdD), black-rot (3 RdD), Brenner (1 RdD), et nécrose bactérienne (3 RdD) ;

- Ravageurs : nématodes (2 RdD) escargots (1 RdD), cicadelle vectrice de la flavescence dorée (4 RdD), tordeuses (11 RdD), acariens rouges et jaunes (8 RdD), acariens agents d'acariose et érinose (1 RdD) cicadelles vertes (3 RdD), pyrale (1 RdD), et mange-bourgeon (1 RdD) ;
- Végétaux : 5 RdD.

Ainsi, les bioagresseurs pour lesquels nous ne disposons pas de règles de décision claires, cohérentes, et admises permettant de décider de l'opportunité d'intervention chimique sont le botrytis, la cochenille, la cicadelle blanche, les pyrales, les altises, la chenille bourrue et le cigarier, la drosophile vectrice de la pourriture acide et le coupe-bourgeon. A l'exception du botrytis, ces bioagresseurs ne semblent pas représenter un enjeu majeur en termes d'utilisation de produits phytosanitaires. Le botrytis, quant à lui, est plutôt géré de manière stratégique, et nécessite peu de RdD tactiques, car les décisions se prennent bien avant l'intervention. Toutefois, les décisions pour choisir entre différentes stratégies pourraient faire l'objet d'une meilleure formalisation, notamment en reliant des niveaux de tolérance au bioagresseur (en lien avec le type de cépage, de vignoble, et de produit fini) à un nombre d'interventions à pratiquer durant une campagne.

IV.1.5 Analyse de la performance des règles de décision pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires

Nous allons examiner la performance des RdD recueillies en vue de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour cela, nous examinerons uniquement les RdD à solution claire. Nous ne prendrons pas en compte les couples vigne/bioagresseur pour lesquels nous n'avons pas recueilli de RdD ni les RdD imprécises, partielles ou peu fiables, en partant du principe que ces RdD ne peuvent pas être appliquées, et ne sont donc pas performantes pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Les Tableau 44, Tableau 46 et Tableau 48 présentent les caractéristiques des RdD cadre permettant de juger de leur performance pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, par bioagresseur.

Parmi les RdD recueillies pour la vigne, et les RdD synthétisées à partir de ces dernières, nous tenterons de mettre en évidence certaines RdD cadre, dont la performance pour la réduction du nombre d'interventions peut être remise en cause :

- Des RdD cadre d'opportunité d'intervention qui permettent de déclencher un programme décidé à l'avance pour couvrir un risque pendant une période donnée ;
- Les RdD inappliquées, aux critères de décision fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets
- Des RdD cadre qui ne répondent pas à la diversité des objectifs des agriculteurs pour cette décision ;
- Des RdD cadre pour des bioagresseurs qui sont peu problématiques, car ils peuvent être maîtrisés par d'autres modes de gestion ;
- Des RdD cadre pour des bioagresseurs qui sont peu problématiques, car ils sont rarement présents et peu dommageables.

IV.1.5.1 Les règles de décision de déclenchement de programme phytosanitaire décidé *a priori*

Nous avons recueilli des RdD de raisonnement de l'utilisation des produits phytosanitaires qui ne permettent pas réellement de réduire cette utilisation. Par exemple, l'une des deux RdD cadre synthétisées à partir des RdD recueillies pour le déclenchement des programmes fongicides contre le mildiou et l'oïdium (cf. Annexe XVII, 3. Les interventions chimiques contre le mildiou et l'oïdium, p. 358) permet essentiellement de combiner les interventions contre ces deux maladies. Si elle est extrêmement intéressante, tant au niveau de la protection de la vigne qu'au niveau de la diminution du temps de travail et du nombre de passages dans la parcelle, elle ne remet en cause ni les doses appliquées, ni le nombre de traitements. Cependant, elle peut permettre la réduction du nombre d'interventions et donc de l'IFT par l'utilisation de produits homologués sur les deux maladies à la fois.

IV.1.5.2 Les règles de décision inappliquées, aux critères de décision fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets

D'après les entretiens réalisés, les RdD qui ne sont pas, ou qui sont peu appliquées par les agriculteurs concernent :

- Les RdD pour décider de la **première intervention contre le mildiou et contre l'oïdium** : ces RdD sont peu comprises par les agriculteurs. Si un échec dans la protection des cultures arrive suite à leur application, cela provoque un rejet de la RdD. Une meilleure explicitation de ces RdD et de leur fonctionnement permettrait une plus grande appropriation par les agriculteurs, et une meilleure compréhension des RdD ;
- Les RdD pour décider du renouvellement des interventions contre le mildiou, et les RdD pour décider du **renouvellement des interventions contre l'oïdium** : ces RdD ne prennent pas en compte les contraintes d'organisation très fortes (temps de travail pour une intervention fongicide, délai de retour à la parcelle) qui font que les agriculteurs ont besoin de coupler les interventions contre le mildiou et l'oïdium. Comme il n'y a pas de règle de décision ni d'outil opérationnel à l'heure actuelle qui prenne en compte cet aspect pour décider du renouvellement des interventions, ils peuvent être amenés à traiter automatiquement à pleine dose, dès que la maladie la plus probable nécessite une intervention ;

Il y a donc deux axes de travail :

- d'une part, l'explicitation des règles de décision et des outils d'aide à la décision proposés, afin que les agriculteurs comprennent et s'approprient les règles pour pouvoir décider eux-mêmes de l'opportunité de leurs interventions, et éventuellement améliorer ces RdD avec leur expérience, en les adaptant à leur situation ;
- d'autre part, la prise en compte des critères de décision qui sont les plus importants pour eux, et notamment des critères de décision organisationnels, afin de leur proposer des solutions compatibles avec leurs contraintes.

Ces 2 axes de travail sont d'autant plus importants à considérer que le mildiou et l'oïdium sont les 2 maladies majeures de la vigne et représentent un enjeu phytosanitaire fort.

IV.1.5.3 La prise en compte des objectifs des agriculteurs dans les règles de décision

Sur la totalité des RdD recueillies au total (104), seules 36 ont des objectifs explicitement énoncés.

Parmi les 80 RdD claires, synthétisées en 63 RdD cadre, seules 27 (25 RdD cadre) ont un objectif explicitement énoncé. De plus, parmi ces RdD cadre, seule une prend en compte des objectifs différents pour les relier à des options différentes. Il s'agit d'une RdD cadre de choix de programme de désherbage.

On peut donc constater que la diversité des objectifs des agriculteurs n'est pas représentée dans les objectifs des RdD proposées. Toutefois, une part de non-dit dans ces RdD peut répondre en partie à cet aspect : généralement, les RdD sont diffusées pour être appliquées dans des vignobles spécifiques. Or nous ne savons pas, pour chaque RdD, si son domaine de validité ou d'utilisation est déterminé par des éléments de contexte propres au vignoble, ou par des objectifs propres à ces vignobles (Cahiers des charges, qualité...).

IV.1.5.4 Les règles de décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre des bioagresseurs qui disposent de techniques alternatives efficaces pour leur gestion

Nous avons pu constater qu'il existe de nombreuses maladies et de nombreux ravageurs de la vigne qui peuvent être maîtrisés, au moins en partie, par des techniques alternatives aux pesticides. Les RdD d'opportunité de lutte chimique pour gérer ces bioagresseurs sont mobilisées, soit dans des SdC qui n'incluent pas les techniques alternatives, soit dans des SdC reposant sur une combinaison de la lutte chimique et des techniques alternatives ; la lutte chimique est dans ces derniers utilisée comme mesure de rattrapage. Les bioagresseurs de la vigne pour lesquels il existe des techniques alternatives sont :

- Pour les maladies : des techniques alternatives existent pour maîtriser la nécrose bactérienne, le court-noué, le pourridié, l'agent du syndrome de l'Esca, l'Eutypiose, l'*Aspergillus ochraceus*, le phytoplasme du bois noir, le pied noir et la pourriture acide. Il existe aussi des techniques alternatives qui participent à la gestion du mildiou, de l'oïdium, du botrytis, de l'excoriose, et du black rot. Mais la plupart de ces techniques alternatives se révèlent avoir une efficacité partielle uniquement.
- Pour les ravageurs : il existe des techniques alternatives performantes pour maîtriser les tordeuses, les acariens, les cicadelles blanches, les chenilles bourruées, les cigariers, et le phylloxera. Il existe aussi des techniques alternatives à efficacité partielle pour gérer des nématodes.
- Pour les végétaux : il existe des techniques alternatives pour la gestion des adventices (désherbage mécanique, enherbement, mulch), mais pas pour la destruction des racines du précédent cultural, en particulier lorsqu'il s'agit de vigne (dévitalisation pour limiter les transmissions des maladies). Il existe aussi des techniques alternatives à l'épamprage chimique (épamprage manuel, ou mécanique).

Ainsi, pour les maladies principales, les techniques alternatives disponibles ont des effets partiels. Il est important d'insister sur le fait que dans l'optique de la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, ces techniques alternatives sont essentielles. Toutefois, pour les deux maladies principales de la vigne, le mildiou et l'oïdium, elles ont un effet très partiel. Cela explique sans doute que, comme nous avons pu le constater, elles ne sont pas, ou très rarement, prises en compte dans les RdD d'opportunité de lutte chimique mobilisées.

IV.1.5.5 Les règles de décision concernant des bioagresseurs moins fréquents

Pour ces bioagresseurs, nous avons recueilli moins de RdD et elles sont généralement peu précises. Il s'agit des RdD d'opportunité d'intervention insecticide contre les cochenilles, les cicadelles blanches et les thrips.

Comme ces bioagresseurs sont moins fréquents, les dispositifs actuellement en place semblent performants : observations des bioagresseurs à l'échelle régionale, alerte dans les BSV le cas échéant, puis observations à la parcelle et application de la RdD. La précision des RdD (seuils, méthodes d'échantillonnage, objectifs...) est peut-être moins essentielle pour ce type de bioagresseur qu'on rencontre plus rarement. En effet, même si on pouvait affiner ces RdD par rapport aux niveaux de tolérances aux dégâts-dommages-pertes pour éviter, dans certains cas, quelques interventions déjà peu fréquentes, quel impact cela aurait-il réellement sur l'utilisation des pesticides à l'échelle française ?

Conclusion partielle pour la viticulture

Les RdD recueillies pour la vigne sont ainsi très nombreuses. Les objectifs ne sont généralement pas explicités, à l'exception de certaines règles diffusées dans des documents qui présentent des objectifs globaux de protection des cultures (CRA Bourgogne, 2006). De plus, les domaines de validité sont assez peu renseignés, et on constate que les nombres de RdD cadre et de RdD élémentaires sont assez proches : il y a assez peu d'adaptation des RdD cadres à différents contextes (type de sol, cépage, régions, ...), à l'exception de certains bioagresseurs comme la tordeuse, qui dispose de RdD spécifiques à chacun de ces contextes. Un travail de formalisation semble donc nécessaire par rapport à la plupart des règles de décision, en particulier pour les bioagresseurs qui ont le plus d'enjeux en termes de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires : **mildiou, oïdium, black-rot, botrytis, et tordeuses**.

Concernant les deux maladies les plus importantes pour la vigne, le mildiou et l'oïdium, les RdD pour décider de la 1^{ère} intervention phytosanitaire peuvent être améliorées, au niveau des critères de décision mobilisés pour l'oïdium (actuellement c'est principalement l'historique parcellaire qui est considéré, mais cela est assez peu satisfaisant - cf. Annexe XVIII) et de leur caractérisation à la fois pour le mildiou (quantification des contaminations : inoculum parcellaire, conservation des œufs à la parcelle...) et l'oïdium (quantification des contaminations : quelles pistes ?).

Enfin, les règles de décision concernant les interventions fongicides en général (mildiou, oïdium, et black-rot) doivent prendre en compte les contraintes d'organisation du travail : ces interventions ne sont pas raisonnées par les agriculteurs bioagresseur par bioagresseur, mais bien dans leur globalité. Si les outils et les règles de décision proposés ne prennent pas en compte ces aspects, ils restent difficilement applicables par les agriculteurs.

IV.2 Présentation et analyse des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic recueillis pour la vigne

Au total, nous avons recueilli 15 outils pour la vigne : 6 OAD d'opportunité de lutte chimique, un OAD de raisonnement des doses, et 9 outils de diagnostic.

Parmi les 8 OAD recueillis, deux (POD Mildium et Optidose) ont un objectif explicite en termes de protection des cultures. POD Mildium a un objectif explicite associé à un résultat attendu (cf. Tableau 51), tandis qu'Optidose a un objectif explicite mais non quantifié en termes de résultat attendu. Pour les autres, l'objectif n'est pas explicitement énoncé. Ces outils reposent tous sur des modèles épidémiologiques qui permettent de simuler la dynamique de développement des maladies et d'estimer un risque d'épidémie, en fonction de conditions climatiques. Certains vont jusqu'à la préconisation (POD Mildium) mais la majorité est mobilisée dans des RdD (cf. Annexe XVII, 1. Le mildiou de la vigne p. 349 ; 2. L'oïdium de la vigne p. 355 ; 3. Les interventions chimiques contre le mildiou et l'oïdium p. 358 ; 6. Le black-rot de la vigne p. 367). Ils sont essentiels pour la limitation de l'utilisation de fongicides dans la vigne, car cette protection est essentiellement préventive. Un bon positionnement des interventions en préventif peut permettre d'enrayer une épidémie naissante, évitant ainsi de nombreuses interventions par la suite. Or en termes de protection préventive, les informations mobilisables pour adapter les interventions en cours de culture sont très rares.

Si nous avons recensé l'outil Optidose, alors que notre travail est plus axé sur l'opportunité d'intervention chimique, c'est pour sa pertinence dans le cadre d'Ecophyto. D'après l'IFV (IFV, 2010), l'outil permet globalement de réduire la quantité de produit phytosanitaire appliquée contre le mildiou et l'oïdium de 35% par rapport aux pratiques observées chez les agriculteurs. Il s'agit notamment d'adapter les doses de produit appliquées au volume du feuillage.

Nous n'avons recueilli aucun outil d'aide à la décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les ravageurs ou les adventices.

Tableau 51 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour la vigne

Bioagresseur	Nom et origine	Objectif de protection des cultures	Principe de l'outil : objet de décision	Source
Mildiou, oïdium, black rot	Modèle potentiel système (IFV) Positif® (Bayer)	Non renseigné	Modélisation des contaminations primaires : modèles mobilisés dans les RdD de déclenchement de la première intervention fongicide Le modèle potentiel système renseigne une variable, EPI Etat Potentiels Infectieux	Montigaud, 2011 Bayer [13]
Mildiou, oïdium, black rot	Optidose®, IFV	Proposer des stratégies économes en pesticides permettant de conserver un niveau de protection acceptable.	Calcul de la dose de produit à appliquer (données d'entrée : stade phénologique, volume de haie foliaire, pression parasitaire déterminée par le potentiel système ou par les BSV)	IFV, 2010
Mildiou Oïdium	POD Mildium (INRA, Cemagref)	Performances de production avec réduction significative de la quantité de traitements fongicides et réduction du nombre de passages <u>Résultats attendus :</u> 1. Nombre de traitement, IFT et coût de la protection phytosanitaire avec POD Mildium < conduite conventionnelle sur l'exploitation 2. Niveaux de maladie, rendement, maturité des raisins = conduite conventionnelle sur l'exploitation 3. Satisfaction du viticulteur	Décider du positionnement des interventions chimiques et les combiner <i>En cours de validation</i>	Delière <i>et al.</i> , 2010 Montigaud, 2011
Mildiou Oïdium	Bay+ Movidia® (Bayer)	Non renseigné (« démarche de viticulture raisonnée »)	Optimisation des programmes fongicides contre mildiou et oïdium : modèle épidémiologique du mildiou et de l'oïdium, modèle de croissance de la vigne et bases de données phyto	Bayer [14]
Mildiou	Raiso mildiou (Syngenta) Milstop (DGAL, pour les vignobles méridionaux)	Non renseigné	Modélisation des contaminations primaires : modèles mobilisés dans les RdD de déclenchement de la lutte fongicide anti mildiou (cf. Annexe XVII, 1. Le mildiou de la vigne p. 349)	Vergonjeanne, 2008 Rouzet, 2006, IFV Sud-Ouest [9]

Tableau 52 : Outils de diagnostics mobilisés pour la lutte chimique dans la vigne, recueillis dans le cadre de cette étude

Bioagresseur	Nom et origine	Visée de l'outil	Fonctionnement	Source
Maladies et ravageurs	Ephytia de l'INRA, sous-portail Di@gnoplant® outil en ligne : http://ephytia.inra.fr	Identifier les populations de bioagresseurs	Diagnostic des maladies, caractérisation des bioagresseurs : outil interactif proposant des images et des fiches sur les bioagresseur	http://ephytia.inra.fr
Maladies et ravageurs	Epicure (IFV)	« Raisonner » les interventions phytosanitaires	Diagnostic d'un risque de développement des maladies en fonction d'observations régionales	http://www.vignevin-epicure.com/
Mildiou	MILVIT (SRPV)	Décider du positionnement des interventions chimiques	Modélisation et prévision du développement des maladies ;	Rouzet, 2006 Syngenta [1]
Oïdium	SOV (DGAL)		Modélisation et prévision du développement des maladies : fournit une tendance globale sur le risque oïdium de l'année à venir.	CRA Bourgogne, 2011i
Tordeuses	Activ (ACTA, IFV)	Décider du positionnement des interventions chimiques	Modélisation du cycle des tordeuses	Aubertot <i>et al.</i> , 2005a ITV, 2003
Tordeuses	Divers pièges (sexuels, alimentaires...)	Positionnement des interventions chimiques	Piégeage sexuel et piégeage alimentaire des insectes pour estimer la date du pic de vol	ITV, 2003
Tordeuse eudémis	Eudémis ou EVA (DGAL)	Décider du positionnement des interventions chimiques	Simulation des courbes de vol et des stades larvaires des populations d'Eudémis	IFV [9] ITV, 2003
Tordeuse cochylis	Modélisation de la tordeuse cochylis (DGAL)	Décider du positionnement des interventions chimiques	Simulation des courbes de vol et des stades larvaires des populations de Cochylis en Bourgogne	Aubertot <i>et al.</i> , 2005a

Parmi les 9 outils de diagnostic recueillis (cf. Tableau 52) 7 sont, eux aussi, des outils de modélisation. Toutefois, à la différence des OAD, nous n'avons pas trouvé de RdD qui les mobilise, et il semble qu'ils soient utilisés pour définir un risque, sans relier ce risque à une solution.

Le Tableau 53 présente la répartition de ces outils par bioagresseur. Comme on peut le constater, la majorité de ces outils concerne les maladies. Les autres outils concernent les tordeuses de la vigne, et nous n'avons recueilli aucun outil pour la gestion des adventices.

Ceci semble cohérent avec l'utilisation de produits phytosanitaires constatée (INRA, 2009b) : l'IFT de la vigne est en moyenne pour la France de 13.8, dont 11.3 pour les fongicides, 1.4 pour les ravageurs + autres produits, et 1.1 pour les herbicides.

Tableau 53 : Répartition des OAD et des outils de diagnostic recueillis pour la vigne, par bioagresseur

Bioagresseur	Nombre d'OAD	Nb d'outils de diagnostic
Mildiou	7	3 (dont 2 toutes maladies et tous ravageurs)
Oïdium	5	3 (dont 2 toutes maladies et tous ravageurs)
Black-rot	2	2 (toutes maladies et tous ravageurs)
Autres maladies	0	
Tordeuses	0	5
Autres ravageurs	0	2 (toutes maladies et tous ravageurs)
Adventices	0	0
TOTAL	7	9

CONCLUSION en VITICULTURE

Les deux maladies les plus importantes pour la vigne, le mildiou et l'oïdium, ont fait l'objet de mise au point de nombreuses RdD, avec notamment la mise au point de PodMildium par exemple. Toutefois, devant leurs limites, ces travaux doivent être poursuivis dans trois voies de conception /amélioration :

- **Pour la gestion de la première intervention contre l'oïdium, nous avons besoin de règles de décision intégrant de nouveaux critères de décision (cf. Annexe XVIII) comme la date probable de la contamination (en élaborant des méthodes pour mesurer la maturation des œufs ou les premiers symptômes à la parcelle, par exemple) et la quantification de cette contamination (en élaborant des méthodes de mesure ou d'estimation de l'inoculum parcellaire).**

- **Pour la gestion de la première intervention contre le mildiou, nous proposons d'encourager la conception de RdD basées sur une estimation de l'intensité des contaminations, à travers la quantification d'un inoculum parcellaire, et, pour cela, d'élaborer des méthodes pour mesurer cet inoculum.**

- **Pour la gestion de la dernière intervention contre le mildiou d'une part et l'oïdium d'autre part :** pour chacune des maladies, nous proposons l'établissement de RdD ayant comme critère de décision principal (cf. Annexe XVIII), l'observation des dégâts, ainsi que l'observation des autres bioagresseurs et, seulement pour le mildiou, l'état végétatif et les données météorologiques, en proposant des seuils d'intervention variant avec la diversité des résultats attendus (différents niveaux de tolérance aux dégâts-dommages et pertes).

- **Pour le renouvellement des interventions contre le mildiou et l'oïdium :** nous proposons d'encourager le développement **des RdD prenant en compte la combinaison des interventions contre les deux maladies** afin d'améliorer l'opérationnalité des RdD existantes (les contraintes d'organisation du travail très importantes pour ces deux maladies, de par le temps de travail pour l'intervention et le délai de retour à la parcelle, génèrent un raisonnement commun des interventions) : dans quelles situations peut-on moduler les doses visant l'une ou l'autre maladie ? dans quelles situations peut-on intervenir spécifiquement contre l'une des maladies, en faisant l'impasse sur l'autre ?

Pour le ravageur principal de la vigne, la **tordeuse de la vigne**, nous proposons d'encourager **la conception et la validation de RdD qui prennent en compte l'activité des générations précédentes de la tordeuse, et les auxiliaires de culture.**

Concernant les autres maladies et ravageurs, des possibilités d'amélioration des RdD disponibles ont été analysées dans ce document, cependant, ces pistes de travail nous semblent moins prioritaires.

Concernant les **adventices** nous proposons la mise au point de règles de décision d'adaptation annuelle des programmes herbicide. Ces RdD doivent être formalisées

conjointement avec les techniques d'entretien du sol dont le rôle sur la maîtrise des adventices est essentiel. La construction de ces RdD, devra pouvoir s'appuyer sur de nouvelles connaissances sur la nuisibilité directe et indirecte des principales adventices.

De manière transversale, et concernant toutes les RdD existantes et diffusées, il nous semble important d'encourager des travaux pour améliorer l'explicitation de ces RdD afin de les rendre plus claires et plus transparentes : préciser les domaines de validité de ces RdD, en mettant en évidence les informations et observations dont il faut disposer pour les mobiliser à bon escient (type de sol, cépage, qualité du vin produit, débouché...). Les règles de décision gagneraient beaucoup en robustesse si ces relations contexte-solution étaient mieux mises en évidence.

V. RECUEIL ET ANALYSE DES REGLES DE DECISION ET OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR L'ARBORICULTURE FRUITIERE

En France, si l'arboriculture fruitière représente une faible part des surfaces cultivées sur le territoire national (0.68% de la surface agricole utilisée en 2010, d'après Agreste, 2010b) elle représente un secteur économiquement essentiel dans certaines régions. En 2010, le verger de pommiers français représente 27% de la superficie française cultivée en arboriculture fruitière, et 57% de la production de fruits (source de données : Agreste, 2010b).

L'IFT de la pomme est en moyenne pour la France de 36.5, dont 21.1 pour les fongicides, 10.9 pour les insectes, et 4.5 pour les autres produits (herbicides contre les adventices 1.8, éclaircissants 2.5, acaricides 0.3, ... pour les systèmes de culture en protection raisonnée)⁵² (INRA, 2009c). L'IFT fongicide, de 21.1, est dû pour une large part aux interventions contre la tavelure, responsables de 68 et 85% de l'IFT fongicide pour les systèmes de culture à conduite raisonnée⁵² de vergers de la variété Golden Delicious (INRA, 2009c, données de calendriers culturaux en France pour 2006 et/ou pour 2005 à 2007 suivant les données disponibles, corrigées à dire d'experts), et dans une moindre mesure aux interventions contre l'oïdium. L'IFT insecticide, de 10.9, est dû pour une large part aux interventions contre le carpocapse, responsables de 70 à 75% de l'IFT insecticide pour les systèmes de culture à conduite raisonnée⁵² de vergers de la variété Golden Delicious (INRA, 2009c, données de calendriers culturaux en France pour 2006 et/ou pour 2005 à 2007 suivant les données disponibles, corrigées à dire d'experts), et les pucerons, responsables de 24 à 30% de l'IFT insecticide.

Dans cette étude, nous avons recueilli, commenté et analysé les règles de décision disponibles pour les bioagresseurs principaux du pommier : **tavelure** et **oïdium** pour les maladies, **carpocapse** et **pucerons** pour les ravageurs. La Figure 7 présente la liste des autres bioagresseurs du pommier pour lesquels il existe des modes de lutte chimique (Acta, 2012).

V.1 Présentation et analyse des règles de décision recueillies pour l'arboriculture fruitière

Pour la protection du pommier contre les bioagresseurs ciblés dans cette étude, nous avons recueilli 22 règles de décision d'opportunité de lutte chimique contre les maladies, et 37 RdD d'opportunité de lutte chimique contre les ravageurs. Nous avons recueilli les règles de décision issues du conseil, à destination des agriculteurs.

La description des RdD disponibles par couple pommier/bioagresseur, et la performance des RdD cadre pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, sont présentées en Tableau 54.

⁵² Niveau 1 Raisonnement des traitements sur la base de seuils ou de modèles épidémiologiques Agriculture raisonnée
Niveau 2 Agriculture intégrée

- Niveau 2a Technique alternative limitant les risques « ravageur »
- Niveau 2b Technique alternative limitant les risques Niveau 2 « maladie »
- Niveau 2c Combinaison de techniques

Niveau 3 Suppression de tout traitement de synthèse (conversion AB) Agriculture biologique, d'après INRA, 2009c

Tableau 54 : Les règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les principaux bioagresseurs des vergers de POMMIERS : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

POMMIERS	Risque du bioagresseur		IFT ⁵³	Enjeu phyto	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
	Probabilité	Magnitude				Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regpt des Rdd aux objectifs différents
Tavelure	Nd	Nd	<19.5	Fort	Oui, à effet partiel	12	10	10	10	10	4 (+2)	4	3	1 (essai BioREco ⁵⁴)
Oïdium	Nd	Nd	<9.3	Fort	Oui, à effet partiel	10	7	7	7	7	5 (+3)	1	2	1 (essai BioREco ⁵⁴)
Carpocapse	Nd	Nd	<11.8	Fort	Oui, à effet partiel	22	19	19	18	18	13 (+2)	8	8	5 (essai BioREco ⁵⁴)
Puceron cendré	Nd	Nd	<3.8	Fort	Peu pratiqué	7	4	4	4	4	3 (+3)	3	1	1
Puceron lanigère	Nd	Nd	<3.8	Fort	Peu pratiqué	4	2	0	2	0	2 (+2)	2	2	0
Tous pucerons	Nd	Nd	<3.8	Fort	Peu pratiqué	3	3	3	3	3	1	1	0	1 (essai BioREco ⁵⁴)

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

Tableau 55 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les principaux bioagresseurs des vergers de POMMIERS, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique

POMMIERS /BIOAGRESSEUR	IFT	Opportunité de lutte chimique en culture		OUTILS DISPONIBLES (cf. détails Tableau 56 et Tableau 57)
		Nb Rdd	Nb Rdd cadre	
Tavelure	<19.5	12	4 (+2)	<ul style="list-style-type: none"> • Pièges à ascospores • Modèles Melchior (SRAL) et Rimpro (Trapman) d'estimation des projections d'ascospore • Courbes de Mills (contamination des feuilles)
Oïdium	<9.3	10	5 (+3)	OAD ADEM du CIRAME
Carpocapse	<11.8	23	14 (+2)	CarpoPomme2 (SRAL), Inoki (INRA, CTIFL)
Puceron cendré	<3.8	7	3 (+3)	0
Puceron lanigère	<3.8	4	2 (+2)	0
Tous pucerons	<3.8	3	1	0
TOTAL	36.5	59	29 (+12)	

Légende : () nombre de Rdd « cadre » correspondant aux Rdd imprécises

 Rdd disponibles, à solution claire et non contradictoires entre elles

 Rdd disponibles mais solution imprécise, ou Rdd contradictoires entre elles

⁵³ IFT en système de culture raisonné, dans la région où cet IFT est le plus important, d'après INRA, 2009c

⁵⁴ Ces Rdd ont été utilisées dans une expérimentation système (essai BioREco, INRA de Gotheron, Drôme) dans un contexte particulier, à un moment donné ; elles n'ont pas de visée générique.

Figure 7 : Liste des bioagresseurs du pommier non étudiés et pour lesquels il existe des produits chimiques homologués (d'après ACTA, 2012)

- Maladies
 - Bactériose
 - Botrytis de l'œil
 - Chancre du collet et chancre européen
 - Echaudure
 - Feu bactérien
 - Maladie de la suie, maladie des crottes de mouche
 - Maladie de conservation
- Ravageurs
 - Forficules, fourmis
 - Acariens (brun, de l'aubépine, jaune, et rouge, et autres acariens)
 - Anthonomes, orgyes phalène anguleuse, piéride de l'aubépine, teigne des bourgeons, teigne des feuilles, vanesse
 - Biston, écaille fileuse, noctuelle
 - Thrips
 - Charançon du feuillage et des fruits
 - Cheimatobie
 - Cercopides, cicadelle bubale, cicadelle verte
 - Cochenille virigule, mineuse cerclée, mineuse marbrée, tordeuse du pommier
 - Pou de san josé
 - Eriophyides et phytoptes
 - Hoplocampes
 - Hyponomeute
 - Mineuses
 - Mineuse des feuilles
 - Psylle du pommier
 - Punaie des fruits et des bourgeons
 - Teigne des fleurs et des pommes
 - Petite tordeuse
 - Tordeuse de la pelure : des buissons, et des bourgeons : orientale du pêcher, rouge, et verte
 - Ver de l'aubépine, vers des jeunes fruits
 - Zeuzère
 - Aleurodes
- Adventices
 - Dicotylédones
 - Graminées
- Autres actions pour lesquelles des produits chimiques sont homologués :
 - Actions sur la chute des feuilles, la ramification, l'amélioration de la qualité et de la coloration, la limitation de la croissance des organes aériens, la modification du niveau de nouaison, la régulation de la maturation des fruits, la rugosité, et la stimulation de la rhizogénèse

Le Tableau 55 présente une synthèse de la disponibilité en RdD pour les bioagresseurs principaux du pommier. Dans ce tableau sont indiqués :

- En orange, les couples pommier/bioagresseur pour lesquels nous avons recueilli soit des RdD imprécises, c'est-à-dire dont la solution est partielle, incomplète ou peu claire, soit plusieurs RdD contradictoires, c'est-à-dire qui proposent des solutions différentes pour une même situation, sans donner d'élément pour choisir parmi ces RdD,
- En vert, les couples pommier/bioagresseur pour lesquels il existe une ou plusieurs RdD claires et cohérentes (non contradictoires).

Nous analyserons les règles de décision recueillies avec l'identification en premier lieu des RdD imprécises et des RdD contradictoires entre elles (cases en orange), et en second lieu des RdD claires cohérentes et admises (cases en vertes). Enfin, nous examinerons la performance des RdD recueillies dans une optique de réduction de l'utilisation des pesticides.

V.1.1 Des règles de décision dont la solution est imprécise et des règles de décision partielles

Des RdD dont la solution est trop imprécise pour permettre de décider objectivement de l'opportunité d'intervention chimique en culture ont été identifiées. Ces RdD concernent :

- Pour les maladies : tavelure (2 RdD sur 12), oïdium (3 RdD sur 10)
- Pour les ravageurs : carpocapse (3 RdD sur 23), pucerons cendrés (3 RdD sur 7) et pucerons lanigères (2 RdD sur 4).

Ces RdD sont imprécises, dans le sens où elles ne clarifient pas la manière de combiner, hiérarchiser, et quantifier les critères de décision. Par exemple, ces critères de décision peuvent être « risque » ou « forte attaque ». La RdD peut alors parfois détailler les interventions à réaliser ou non en fonction de ce risque, sans expliquer quels éléments de risque prendre en compte, ou comment quantifier ce risque et quel(s) seuil(s) permettent de décider s'il peut être toléré ou non, ou encore quelle option choisir.

Les RdD d'opportunité d'intervention chimique contre les pucerons lanigères en sont un bon exemple. Parmi les 4 RdD recueillies, 3 mentionnent la présence d'auxiliaires comme critère de décision. Parmi ces 3 RdD, 2 proposent :

- d'intervenir « si les populations ne sont pas bien contrôlées par l'insecte parasite *Aphelinus mali* »
- ou, en fonction de l'atteinte d'un seuil de pousses colonisées par les pucerons, d'« intervenir [...] ou espérer une régulation biologique ».

Ces RdD ne sont pas opérationnelles pour un agriculteur, dans l'absolu, car la manière d'estimer si les populations présentes sont bien contrôlées ou si les régulations biologiques seront suffisantes pour maîtriser le bioagresseur n'est pas précisée.

Selon nous, ces RdD permettent d'avoir des indications sur les éléments à examiner et diagnostiquer pour prendre la décision, mais ne sont pas des RdD abouties, dans le sens où la relation entre la situation et l'action n'est pas claire.

V.1.2 Des règles de décision contradictoires

Contrairement aux RdD recueillies dans d'autres filières et notamment en grandes cultures, nous avons recueilli peu de RdD contradictoires : seules les RdD concernant l'opportunité de lutte chimique contre le puceron lanigère prennent en compte des critères de décision différents suivant les sources (présence d'auxiliaire ou non, rameaux ou pousses touchées), sans pour autant y relier des objectifs ou des éléments de contexte différents. Ceci est sans doute dû, entre autres, au fait qu'il semble qu'il y ait beaucoup moins de RdD disponibles en arboriculture fruitière. Les traitements se font souvent de manière systématique. De plus, il semble qu'il y ait eu peu de travaux engagés sur ces questions en arboriculture fruitière.

D'autre part, pour la tavelure ou le carpocapse, nous avons recueilli une diversité importante de RdD. Ces RdD font appel à des outils différents, ou à des méthodes d'évaluation de la situation différentes et sont utilisées dans des régions dans lesquelles les pressions biotiques sont différentes. Nous n'avons donc pas considéré qu'elles étaient contradictoires, mais plutôt qu'elles étaient mobilisées en fonction des outils disponibles. Ces apparentes contradictions s'expliquent donc par une diversité d'outils disponibles, et l'ensemble des RdD recueillies pour les bioagresseurs du pommier sont cohérentes entre elles.

V.1.2.1 Les règles de décision claires, cohérentes, et admises

Des RdD, dont les solutions sont claires, dont la fiabilité n'est pas remise en cause (même s'il peut rester des doutes ou des interrogations) et qui ne se contredisent pas sont disponibles pour décider de l'opportunité de lutte chimique en verger de pommiers :

- Maladies : tavelure (10 RdD sur 12) et oïdium (6 RdD sur 10) ;
- Ravageurs : carpocapse (19 RdD sur 23), pucerons cendrés (4 RdD sur 7) et tous pucerons (3 RdD sur 3).

On peut donc constater de faibles imprécisions, et de rares contradictions. Les RdD recueillies sont assez bien explicitées dans l'ensemble.

V.1.3 Analyse de la performance des règles de décision pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires

Nous allons examiner la performance des RdD recueillies en vue de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour cela, nous examinerons uniquement les RdD à solution claire. Nous ne prendrons pas en compte les couples pommier/bioagresseur pour lesquels nous n'avons pas recueilli de RdD ni les RdD imprécises, partielles ou peu fiables, en partant du principe que ces RdD ne peuvent pas être appliquées, et ne sont donc pas pertinentes pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Le Tableau 54 présente, par bioagresseur, les caractéristiques des RdD cadre permettant de juger de leur capacité à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

Parmi les RdD recueillies pour les vergers de pommiers, nous avons mis en évidence certaines RdD dont la performance pour la réduction du nombre d'intervention peut être remise en cause :

- Des règles de décision inappliquées, aux critères de décision fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets
- Des RdD qui ne répondent pas à la diversité des objectifs des agriculteurs pour cette décision ;
- Des RdD pour des bioagresseurs qui peuvent être maîtrisés au moins en partie par d'autres modes de gestion ;

V.1.3.1 Les règles de décision inappliquées, aux critères de décision fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets

Parmi les RdD cadres synthétisées à partir des RdD claires, la majorité semble appliquée par des agriculteurs. Notons cependant quelques exceptions.

Pour tous les bioagresseurs étudiés, les RdD recueillies dans le cadre de l'expérimentation BioREco de l'INRA de Gotheron ne sont pas des RdD recueillies dans le conseil, mais dans des protocoles de conduite d'un système de culture en station expérimentale. Ainsi, elles ne font pas partie des RdD dont on examine l'utilisation par des agriculteurs.

Pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les contaminations primaires de la tavelure, la RdD utilisant les courbes de Mills et le tableau Olivier peut, en théorie, être mobilisée à la fois pour décider de l'opportunité des interventions en préventif et des interventions en stop. Dans la pratique, elle n'est pour ainsi dire jamais utilisée pour les interventions en préventif, du fait de la trop forte incertitude des prévisions météorologiques. De plus, même pour les interventions en stop, elle reste assez peu utilisée par les agriculteurs et les conseillers. Les courbes de Mills sont des outils mobilisés par les rédacteurs des BSV, qui indiquent un niveau de risque de développement de la maladie. Toutefois, le choix d'un seuil de risque en fonction des caractéristiques parcellaires à l'aide du tableau Olivier est, d'après les experts du groupe de travail mobilisés pour cette étude, assez peu pratiqué à l'heure actuelle. Ces interventions « en stop » ne sont pas les plus nombreuses, mais méritent tout de même qu'on s'y intéresse, au vu des outils disponibles et des marges de manœuvre possibles.

Pour lutter contre l'oïdium, les RdD sont assez peu appliquées par les agriculteurs. En effet, le niveau de tolérance est plus élevé pour l'oïdium que pour la tavelure, car cette maladie provoque moins de dégâts sur fruit. Auparavant, les interventions étaient systématiques, mais le nombre d'interventions ciblant l'oïdium a beaucoup diminué ces dernières années. Dans le Sud-Ouest par exemple, 3 à 4 interventions de soufre sont réalisées à partir de la floraison en général. De plus ces interventions ciblent d'autres objectifs que la maîtrise de l'oïdium, notamment la qualité de l'épiderme. Les RdD ne semblent pas être un outil permettant de diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires pour l'oïdium du pommier, davantage géré en routine.

Pour lutter contre le carpocapse du pommier, parmi les RdD recueillies, 3 RdD ont comme critère de décision le nombre de carpocapses capturés dans des pièges. Ces RdD ne sont plus, à l'heure actuelle, ni préconisées, ni appliquées, car elles ont été réfutées. Ces RdD sont anciennes et ont été conçues à une époque où la confusion sexuelle n'était pas homologuée et donc pas ou peu pratiquée.

Enfin, les RdD recueillies pour lutter contre le puceron cendré sont assez peu appliquées : les interventions sont préventives, et réalisées davantage sous forme de routine que décidées chaque année.

V.1.3.2 La prise en compte des objectifs des agriculteurs dans les règles de décision

Nous avons recueilli très peu de règles de décision qui prennent en compte la diversité des objectifs des agriculteurs. Généralement, ces objectifs ne sont pas explicitement énoncés. Seules 27 RdD sur les 59 recueillies ont un objectif, et parmi ces 27 RdD, 23 sont les RdD issues de l'expérimentation système de culture BioREco de l'INRA Gotheron ; elles sont donc mieux formalisées, mais non encore diffusées en l'état.

L'importance des objectifs du système de culture dans lequel est mobilisée la RdD a été soulignée par les experts : suivant le mode de production (AB, agriculture conventionnelle...), le mode de commercialisation (exportation, marchés locaux, circuits courts...), les objectifs en termes de protection des cultures peuvent être différents. Cependant les objectifs des systèmes de culture et des RdD sont rarement explicités. Ceci s'explique en partie par le fait que les bulletins techniques sont généralement diffusés à certains types de producteurs, les membres d'une même organisation de producteurs, qui ont généralement les mêmes débouchés et le même type d'objectifs. Toutefois, en chambres d'agriculture, les bulletins techniques diffusés à tous les agriculteurs partent du postulat que l'objectif de la protection des cultures est de limiter les dommages (0 dégat visuel sur fruits). Ceci limite la prise en compte de la diversité des pratiques.

Ceci est une grande faiblesse des RdD aujourd'hui diffusées. La diversité des producteurs, du type de système d'exploitation, du type de débouchés dont ils disposent, génère une grande diversité en termes d'objectifs de protection des cultures. Suivant les débouchés par exemple (exportation, circuits courts...), le niveau de tolérance aux dégâts visuels sur fruits, c'est-à-dire aux dommages, est différent. Pour de nombreuses décisions ce niveau de tolérance influera sur les RdD pertinentes à mettre en œuvre, et ce particulièrement pour les décisions qui concernent l'opportunité de lutte chimique contre les contaminations secondaires de la tavelure.

V.1.3.3 Les règles de décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre des bioagresseurs qui disposent de techniques alternatives efficaces pour leur gestion

Pour lutter contre le carpocapse du pommier, il est possible de mettre en place des modes de lutte biologique (en y incluant les moyens biotechnologiques), à combiner éventuellement avec les modes de lutte chimique. Nous avons recueilli quelques RdD qui permettent de combiner les 2 (cf. Annexe XIX, 2.a Le carpocapse du pommier, p. 411). Ainsi, ces pratiques permettent réellement de réduire l'utilisation de produits phytosanitaires et l'impact des pesticides, bien plus que le raisonnement des interventions⁵⁵. Les autres techniques alternatives mises en œuvre à la parcelle pour réduire l'inoculum du carpocapse sont prises en compte par l'observation des dégâts de la génération précédente, critère de décision principal des RdD, qui dépend de la quantité d'inoculum à la parcelle.

Concernant les maladies étudiées (tavelures et oïdium), les techniques alternatives ont des effets partiels, bien que non négligeables. Ces techniques sont donc actuellement toujours combinées à de la lutte chimique. Signalons que nous n'avons pas recueilli de RdD qui prennent en compte la mise en œuvre de ces techniques comme critère de décision. Les RdD qui prennent en compte l'inoculum (tavelure-contaminations primaires et oïdium notamment) prennent en compte en partie les effets sur cet inoculum des techniques prophylactiques mises en œuvre dans le système de culture, c'est-à-dire des techniques prophylactiques des années précédentes (2 RdD cadre parmi les 4 recueillies pour l'opportunité d'intervention contre les contaminations primaires de tavelure et 4 sur 5 contre l'oïdium prennent en compte l'inoculum de fin de campagne précédente dans les critères de décision). Les techniques prophylactiques mises en œuvre l'année de la décision, comme l'exportation des feuilles hors de la parcelle pour la tavelure par exemple, qui est réalisée après la mesure de l'inoculum, ne sont pas prises en compte. Les RdD cadre contre les contaminations secondaires de la tavelure prennent en

⁵⁵ Signalons tout de même que l'utilisation de microorganismes en lutte biologique est actuellement incluse dans le calcul de l'IFT.

compte les dégâts visuels des contaminations primaires, qui sont le résultat de l'inoculum et de son développement.

Une meilleure prise en compte de ces techniques alternatives, ou de leurs effets, pourrait être une piste d'amélioration importante.

V.2 Des bioagresseurs émergents

Bien que nous n'ayons pas ciblé notre étude sur ces bioagresseurs, il a été mentionné lors des ateliers, qu'il existe très peu de RdD pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre les **maladies de conservation** et contre les **tordeuses**. Or la diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires en vergers de pommiers contre les contaminations secondaire de la tavelure d'une part, et contre les carpocapses grâce à la confusion sexuelle ou les filets Alt' Carpo (CA du Vaucluse et société Filpack en ligne) d'autre part, a entraîné l'émergence respectivement des maladies de conservation qui s'expriment en été et des tordeuses.

Pour les **maladies de conservation**, le nombre d'interventions est à l'heure actuelle uniquement raisonné en fonction des variétés et des dates de récolte : les variétés récoltées tard (octobre-novembre) risqueront de subir des pluies et donc des attaques de maladies de conservation (la rémanence des produits est également prise en compte). Ces interventions sont très importantes à la fois pour la qualité sanitaire des fruits (présence de résidus de pesticides) et à la fois pour la valeur ajoutée des productions fortement liée aux dégâts visuels sur fruits (soit des dommages) causés par ces maladies. Ces maladies sont mal connues, et l'acquisition de nouvelles connaissances est nécessaire pour la conception de RdD et notamment pour l'identification de critères de décision pertinents et de seuils à y associer.

Pour les **tordeuses**, il ne semble pas exister de RdD satisfaisante pour l'opportunité de lutte chimique contre les tordeuses, ni de stratégies de protection du verger contre ce bioagresseur. Il semble indispensable de mettre au point des RdD d'opportunité de lutte chimique contre les tordeuses, dans les cas où il n'y a pas d'intervention contre le carpocapse, ainsi que de prendre en compte les tordeuses dans les RdD d'opportunité de lutte contre le carpocapse. De plus, les tordeuses sont plus nombreuses que les carpocapses dans certaines parcelles. Les connaissances sur les facteurs favorables aux tordeuses sont limitées.

V.3 Présentation et analyse des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic recueillis pour les vergers de pommier

Au total, nous avons recueilli 12 OAD d'opportunité de lutte chimique pour le verger de pommier. Tous les outils de diagnostics sont associés à une règle de décision et constituent ainsi un OAD.

Tableau 56 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les vergers de pommiers

Bioagresseur	Nom et origine	Objectif de protection des cultures	Principe de l'outil : objet de décision	Source
Tavelure	Rimpro ® (Trapman)	Non renseigné	Modèles d'estimation de l'intensité des projections d'ascospores intégrés dans des RdD d'opportunité d'intervention fongicide	Cazaubon, 2011 ^e ; Crete, 2007
	Melchior ® (SRAL)	Non renseigné		
	« 7day volumetric spore trap » société Burkard	Non renseignés	Piège à ascospores à la parcelle intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention fongicide	Giraud, 2009
	Mycotrap, station de recherche de Wädenswil en Suisse			
	Rotorod, Ste-Hyacynthe et St-Jean-sur-Richelieu			
	Pièges sur lit de feuilles, Le piège à lames			
	Piège « Marchi », Marchi			
Courbes de Mills et modèle Olivier	Non renseignés	Modélisation des contaminations de tavelure ; outil de diagnostic intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention fongicide	Lamarche, 2011 ; Larson-Lambertz, 2011g, Brun <i>et al.</i> , 2010	
Oïdium	Modèle adem	Non renseigné	Modélisation des contaminations et grille de décision) ; outil de diagnostic intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention fongicide	Navarro et Géa, 2008
Carpocapse	Modèle CarpoPomme2 du SRAL	Non renseigné	Modélisation des pontes, éclosions, sorties des adultes outil de diagnostic intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention insecticide (ou biologique)	Lamarche, 2011d
	Modèle carpocapse INOKI (INRA, CTIFL)	Non renseigné	Modélisations des courbes de vol pour identifier les périodes de vol et les pics outil de diagnostic intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention insecticide (ou biologique)	Simon <i>et al.</i> , 2011
	Pièges sexuels à phéromone (utilisé en zone non confusée) ou pièges à phéromone/kairomone (utilisés en vergers confusés, par exemple : Combo)	Non renseigné	Piège les carpocapses pour évaluer le début du vol (et de la période de risques) leur quantité à la parcelle ; outil de diagnostic intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention insecticide (ou biologique)	Petit JL, 2010a
	Bandes pièges	Mesurer un inoculum à la parcelle pour évaluer un risque	Piégeage des larves de carpocapses à la parcelle (tronc des arbres) ; outil de diagnostic intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention insecticide (ou biologique)	Monnet, 2012 ; Favareille, 2003a

Tableau 57 : Répartition des OAD recueillis pour les vergers de pommiers, par bioagresseur

Bioagresseur	Nombre d'OAD
Tavelure	8
Oïdium	1
Carpocapse	4
TOTAL	13

Le Tableau 57 présente la répartition des outils recueillis en fonction des différents bioagresseurs étudiés. La grande majorité des outils répertoriés concerne la tavelure (8 outils sur 12). Etant donné l'importance des interventions chimiques contre cette maladie, cela semble cohérent. Il s'agit essentiellement d'outils basés sur des mesures au champ (5 pièges) ou sur de la modélisation (2 modèles) des projections d'ascospores durant la campagne. Ces outils permettent d'une part de borner la période de risque de contamination primaire de tavelure, qui correspond à la période de projection des ascospores, et d'autre part de déterminer l'intensité prévue des projections en fonction de la maturité des ascospores. Ces informations sont ensuite reliées à la sensibilité variétale du verger et à l'inoculum mesuré à l'automne grâce au modèle Olivier, et aux conditions climatiques tout au long de la campagne selon les courbes de Mills, pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide. Ainsi la combinaison de ces deux outils permet de prendre la décision de l'opportunité d'une intervention fongicide en fonction du risque d'épidémie parcellaire (adaptation de l'intervention à la parcelle), et des conditions climatiques (adaptation de l'intervention au cours du temps).

Les règles de décision recueillies qui ne mobilisent pas ces outils semblent conduire à des interventions chimiques plus fréquentes. Elles sont d'ailleurs, pour la plupart, plus anciennes. En Ardèche par exemple, les RdD recueillies sont issues d'avertissements agricoles de 2007, et prenaient alors en compte uniquement des données climatiques élémentaires, alors que les BSV actuels proposent la mobilisation de ces modèles pour les décisions d'intervention chimiqu, qui prennent en compte des données climatiques beaucoup plus précises, ainsi que des éléments de projection des ascospores, de maturité des périthèces, et les combinent à la sensibilité variétale et à l'inoculum d'hiver.

Les autres outils concernent :

- L'oïdium : un OAD, ADEM, a été recueilli seulement en PACA (cf. Annexe XIX, 1.b L'oïdium du pommier, p.405) mais il semble avoir été validé dans d'autres régions (notamment en Normandie) ; il permet d'estimer un risque en fonction d'un inoculum observé au champ et des conditions climatiques annuelles, afin de raisonner l'opportunité d'intervention fongicide contre l'oïdium. Il permet de réduire conséquemment le nombre d'interventions fongicides contre l'oïdium (Navarro et Géa, 2008). ; pourtant il semble qu'à l'heure actuelle l'oïdium soit maîtrisé par des interventions chimiques systématiques.
- Le carpocapse : pour la gestion de ce ravageur, 2 modèles permettent d'estimer la période et les pics de vol, afin de cibler les interventions ; des pièges permettent de renseigner ces modèles, et des bandes pièges utilisées à l'automne permettent de quantifier un inoculum. Il s'agit donc d'outils de diagnostic mobilisés dans des règles de décision.

Nous n'avons pas recueilli d'outil mobilisés pour la gestion des pucerons. Il existe un modèle phénologique en Suisse, SOPRA (site en ligne : <http://www.sopra.info>, consulté en ligne le 13/06/2012), qui donne, en fonction des conditions météorologiques, la période optimale pour les interventions chimiques contre le puceron cendré du pommier, l'hoplocampe, la petite tordeuse des fruits, le carpocapse et l'anthonome du pommier, mais il ne semble pas être utilisé en France.

CONCLUSION en ARBORICULTURE FRUITIERE

Les bioagresseurs présentant le plus d'enjeux pour la conduite de travaux sur les règles de décision d'opportunité de lutte chimique, au vu de leur mode de gestion, ainsi que de l'utilisation de produits phytosanitaires qu'ils engendrent sont la tavelure, le carpocapse, les pucerons cendrés et dans une moindre mesure, les pucerons lanigères, mais aussi des bioagresseurs émergents comme les maladies de conservation et les tordeuses.

Pour la **tavelure**, les interventions fongicides sont importantes⁵⁶.

Pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre les **contaminations primaires**, des RdD aujourd'hui disponibles sont plutôt satisfaisantes (règles tavelures – contaminations primaires a, c, d et e notamment dans le Tableau 140 p. 398 et le Tableau 141 p. 401, Annexe XIX). On pourrait les perfectionner en y ajoutant la mise en œuvre de mesures prophylactiques (ainsi que la prise en compte des différences de sensibilités variétales comme élément de contexte), ou en améliorant les prévisions météorologiques, même s'il semble difficile d'imaginer des travaux sur ce sujet qui pourraient aboutir à court terme.

Au niveau des décisions d'intervention fongicide contre les **contaminations secondaires de la tavelure**, les RdD disponibles ne sont pas satisfaisantes. Il serait donc opportun de développer des travaux dans ce domaine. En effet, les interventions phytosanitaires visant les contaminations secondaires ne sont pas négligeables en vergers de pommiers, et la marge de manœuvre semble plus importantes que pour les contaminations primaires, au vu des connaissances actuellement disponibles. Ces améliorations nécessaires concernent :

- la prise en compte de critères de décision supplémentaires comme l'état végétatif, la prise en compte des maladies de conservation et de l'historique des pratiques phytosanitaires déjà réalisées (cf. Annexe XX) ;
- la précision des objectifs associés aux critères de décision actuellement utilisés : niveau de tolérance aux dégâts visuels sur fruits c'est-à-dire aux dommages de récolte, en lien avec les débouchés et les objectifs de production, à relier à des seuils;
- une meilleure caractérisation des critères de décision utilisés: mieux identifier les éléments météorologiques relatifs à un épisode pluvieux

⁵⁶ Pour les systèmes de culture à conduite raisonnée de vergers de la variété Golden Delicious⁵⁶ (INRA, 2009c, données de calendriers culturaux en France pour 2006 et/ou pour 2005 à 2007 suivant les données disponibles, corrigées à dire d'experts), la tavelure est responsable de 68 et 85% de l'IFT fongicide dont la moyenne nationale tous systèmes de culture confondus s'élevait alors à 21.1

contaminant, évolution du seuil du critère "observation des dégâts" (sur feuille et sur fruit) au fur et à mesure de la saison, en fonction de la sensibilité variétale.

Enfin, pour les interventions en stop, le critère météorologique pourrait être enrichi en prenant en compte l'effet de la météo hivernale sur l'inoculum, la différence de pouvoir contaminant entre pluies diurnes et nocturnes et enfin les effets de la météo sur la viabilité des spores non germées. Une meilleure précision du critère de décision concernant l'état végétatif avec la mise au point d'outils opérationnels pour mesurer la croissance des plantes et une meilleure précision de la détermination du niveau de projection des ascospores (contradictions entre simulations des modèles, et mesures des pièges) pourrait être recherchée. Toutefois, comparativement aux interventions contre les contaminations primaires en préventif et contre les contaminations secondaires, les interventions « en stop » semblent moins prioritaires pour la diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires.

Pour le **carpocapse** du pommier, l'ensemble des règles de décision actuellement disponibles sont satisfaisantes (notamment les règles carpocapse a, b, f, g, h, i, j, cf. Tableau 148, p. 410 et Tableau 149, p. 412, Annexe XIX 2.a p. 411). Compte tenu de la diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires que l'on peut attendre de l'utilisation de techniques alternatives (confusion sexuelle et filet AltCarpo notamment) il ne semble pas nécessaire d'investir sur de nouvelles règles de décision, en dehors d'éventuels perfectionnements des règles ci-dessus (modification de l'objet de décision, et avec des règles intégrant à la fois les carpocapses et les tordeuses (cf. Annexe XX).

Pour les **pucerons cendrés**, où beaucoup d'interventions se font de manière systématique, car elles sont préventives, nous ne disposons de RdD satisfaisante (cf. Annexe XIX, 2.b Les pucerons du pommier, p. 417). Il est important de développer des travaux de mise au point de RdD de lutte chimique vis-à-vis des pucerons cendrés. Les améliorations à apporter aux RdD actuelles, ou les éléments à intégrer aux nouvelles règles sont les suivants: la prise en compte de l'histoire du bioagresseur dans le verger au cours des campagnes précédentes, l'intégration de l'observation des auxiliaires dans les critères de décision, la prise en compte de techniques alternatives (notamment l'application d'argile sur les arbres comme barrière physique). De plus, la mise au point de modèles biologiques pour dater plus précisément le retour des pucerons adultes permettrait aussi un meilleur raisonnement des interventions à l'automne. Enfin, la mise au point de ces RdD doit être conduite en lien avec l'épidémiologie des pucerons cendrés, et notamment avec les courbes dégâts-dommages-perte : on ne connaît pas aujourd'hui le lien entre nombre de pucerons et dégâts visuels, ni entre dégâts visuels et impact sur la récolte ou même sur le

développement des pommiers les années suivantes. Pour les interventions post floraison, l'ajout de certains critères de décision permettrait une amélioration des RdD : la précocité de la variété et l'état végétatif (feuilles encore présentes ou non), qui jouent sur l'attractivité de la parcelle pour les pucerons. Enfin, une évaluation de la diminution de la sensibilité des pommiers aux pucerons au cours de la saison permettrait une plus grande précision pour les bornes temporelles des RdD, en particulier en fonction des variétés et des conditions parcellaires. Soulignons toutefois la difficulté d'élaborer ces règles de décision, par manque de moyens de lutte chimique curatifs.

Pour les **pucerons lanigères**, 3 règles sont assez satisfaisantes (règles pucerons lanigères a, b et d, Tableau 152, p. 416, Annexe XIX), notamment parce qu'elles prennent en compte la présence d'auxiliaires. Il semble cependant nécessaire de perfectionner ces règles en prenant en compte des critères de décisions supplémentaires dans ces RDD comme l'historique du bioagresseur et des pratiques culturales de la parcelle. Toutefois, ce bioagresseur ne semble pas prioritaire pour les travaux à encourager concernant les règles de décision en arboriculture fruitière.

Enfin, comme nous l'avons signalé, des **bioagresseurs émergents** méritent des travaux en matière de règles de décision : les **maladies de conservation** et les **tordeuses**, notamment.

C'est ainsi sur la mise au point de règles de décision de jugement de l'opportunité de la lutte chimique contre la tavelure, les pucerons, et contre les maladies de conservation et les tordeuses, que nous proposons de mettre la priorité pour la filière pomme.

De la même manière, il faudrait compléter ce diagnostic des RdD par celui d'autres cultures de la filière arboriculture fruitière (notamment le pêcher) qui semblent être encore moins bien pourvues que le pommier.

VI. RECUEIL ET ANALYSE DES REGLES DE DECISION ET OUTILS D'AIDE A LA DECISION POUR LES CULTURES LEGUMIERES

En France, les cultures légumières représentent une faible part des surfaces cultivées sur le territoire national (204 538 ha, soit 0.7% de la surface agricole utilisée en 2010, d'après Agreste, 2010a) mais elles peuvent représenter un secteur économiquement essentiel dans certaines régions.

Par rapport aux autres filières étudiées, peu de données sont disponibles concernant les pratiques phytosanitaires en cultures légumières. Ceci est en partie dû à la grande diversité des cultures, à la très grande hétérogénéité des utilisations de produits phytosanitaires, en fonction de la diversité des modes de production et des filières de commercialisation, et aux surfaces relativement faibles. En effet, les données concernant l'IFT en cultures légumières et présentées dans Ecophyto R&D sont fortement controversées (INRA, 2009d ; CTIFL, 2010).

Dans cette étude, nous avons recueilli les RdD pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre les bioagresseurs principaux de trois cultures sous abri froid (tomate, salade et melon) et de deux cultures de plein champ (carotte et poireau), afin d'avoir un aperçu de la diversité des règles de décision d'opportunité d'intervention chimique dans des systèmes légumiers très différents de par les types de bioagresseurs problématiques, les techniques alternatives et mesures prophylactiques disponibles et les connaissances actuelles en lutte biologique, ainsi que les contraintes de commercialisation liées à des marchés et filières particulières.

VI.1 Absence de données sur l'IFT en cultures légumières

Dans cette étude, nous avons étudié la disponibilité des RdD par couple culture-bioagresseur, et étudié cette disponibilité en regard d'un « enjeu phyto », incluant, entre autres, l'IFT de la culture pour la famille du bioagresseur. Nous avons ainsi pu hiérarchiser les travaux à encourager, en fonction des enjeux que représentaient les différents bioagresseurs dans les différentes cultures, pour la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.

Ce travail n'a pas pu être mené pour la filière cultures légumières. En effet, l'IFT est un indicateur encore peu utilisé par manque de références suffisantes dans cette filière. Dans l'étude Ecophyto R&D il a été utilisé avec beaucoup de réserves (INRA, 2009d) :

« A noter que la référence à l'IFT pour les légumes n'a pas été validée et il n'y a pas eu de travaux pour établir la pertinence de cet indicateur pour les cultures légumières. En effet, plusieurs facteurs sont à prendre en compte, notamment :

- *La multiplicité des systèmes de culture (plein champ/sous abri divers, primeur/saison, ...) et de leur durée.*
- *La forte dépendance des stratégies de traitement en fonction des conditions climatiques et en conséquence des conditions de pression des ravageurs, maladies ou adventices selon les années et les bassins de production.*
- *L'emploi de produits alternatifs, le mode d'action des produits, leur classement toxicologique... ; par exemple les spécialités à base de *B. thuringiensis* peu toxiques mais ayant une action de contact et nécessitant des applications répétées pour une protection continue du feuillage, notamment sous abri sur les cultures palissées.*
- *Les traitements localisés (partie de la surface cultivée, nombre limité de plantes...)*

- *Les efforts de la filière légumes pour la mise en œuvre de plusieurs méthodes alternatives dans les itinéraires techniques, notamment sous abri, limitant ainsi le recours aux produits phytosanitaires (résistances de variétés, greffage, utilisation d'auxiliaires...)...*

En conséquence, la mise au point d'un indicateur représentatif des pratiques phytosanitaires dans le secteur des légumes s'impose. »

Nous avons en conséquence décidé de ne pas mobiliser les données d'IFT qui pouvaient être disponibles pour les cultures de légumes. Ainsi, cette information ne figure pas dans les données présentées.

VI.2 Présentation et analyse des règles de décision recueillies pour les cultures légumières

Dans cette étude, nous avons donc recueilli, commenté et analysé les règles de décision disponibles pour des bioagresseurs principaux de nos cas d'étude. Nous n'avons pas recueilli, commenté, et analysé les règles de décision disponibles pour tous les types de conduites de ces cultures, ni pour tous les bioagresseurs. Nous avons donc restreint notre champ d'étude à :

- Cultures de plein champ :
 - Carotte : alternaria, sclérotinia, cavity spot, oïdium, maladie de la bague, mouche de la carotte, pucerons, nématodes et adventices ;
 - Poireau : Rouille, mildiou, thrips et mouche de l'oignon.
- Cultures sous abris :
 - Tomate : botrytis, oïdium (*Leveillula taurica*), cladosporiose, aleurodes (*Vaporariorum*, et *Bemisia Tabaci*), *Tuta absoluta*, noctuelles, acarioses, pucerons et thrips ;
 - Salade : mildiou, pourritures du collet, pucerons et nématodes à galles ;
 - Melon : oïdium, acariose, pucerons et nématodes à galles.

La Figure 8 présente la liste des autres bioagresseurs de nos cas d'étude pour lesquels il existe des modes de lutte chimique (Acta, 2012 ; INRA, 2009d).

Les cultures sous abri étudiées (tomate, salade, melon) concernent essentiellement les abris froids en sol, hors pépinières. Certaines informations relatives aux cultures de plants ont tout de même été collectées mais aucun expert de ces cultures n'a été enquêté. De même, les informations recueillies pour les cultures hors sol sont signalées lorsqu'elles ont été mentionnées dans les documents ou les entretiens, mais aucune recherche ou travail spécifique n'a été mené à ce sujet.

Les choix des bioagresseurs étudiés ont été faits en collaboration avec l'ensemble des experts consultés, par rapport à l'importance du bioagresseur pour la culture, pour sa contribution à l'utilisation de produits phytosanitaires, et les difficultés rencontrées pour sa gestion. Il aurait aussi pu être intéressant de recueillir les règles de décision concernant : le mildiou et le corky root en culture de tomates sous-abri froid, les noctuelles et les limaces / escargots en cultures de salade sous abri.

Pour la protection des légumes de plein champ contre les bioagresseurs ciblés dans cette étude, nous avons recueilli 28 règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les cultures de carotte (7 pour les maladies, 18 pour les ravageurs et 3 pour les adventices) et 8 pour les cultures de poireau

(3 pour les maladies, et 5 pour les ravageurs). Pour la protection des légumes sous abri contre les bioagresseurs ciblés dans cette étude, nous avons recueilli 31 règles de décision d'opportunité de lutte chimique pour les cultures de tomate (5 pour les maladies et 26 pour les ravageurs), 4 pour les cultures de laitues (1 pour les maladies, 3 pour les ravageurs) et 7 pour les cultures de melon (3 pour les maladies, et 4 pour les ravageurs). Nous avons recueilli les règles de décision proposées par le conseil, à destination des agriculteurs et diffusées essentiellement via des bulletins techniques ou les bulletins de santé du végétal.

La description des RdD disponibles par couple culture-bioagresseur, et la performance des RdD cadre pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, sont présentées en Tableau 58 pour les légumes de plein champ et en Tableau 59 pour les légumes sous abri.

Le Tableau 60 présente une synthèse de la disponibilité en RdD pour les bioagresseurs principaux des légumes de plein champ et le Tableau 61 celle des légumes sous-abri. Dans ces tableaux sont indiqués :

- En rouge, les couples culture-bioagresseur à enjeux pour lesquels nous n'avons pas recueilli de RdD,
- En orange, les couples culture-bioagresseur pour lesquels nous avons recueilli soit des RdD imprécises, c'est-à-dire dont la solution est partielle, incomplète ou peu claire, soit plusieurs RdD contradictoires, c'est-à-dire qui proposent des solutions différentes pour une même situation, sans donner d'élément pour choisir parmi ces RdD,
- En vert, les couples culture-bioagresseur pour lesquels il existe une ou plusieurs RdD claires et cohérentes (non contradictoires).

Nous allons analyser les règles de décision recueillies avec en premier lieu les couples culture – bioagresseur ne disposant pas de RdD d'opportunité d'intervention chimique (cases en rouge), puis les RdD qui sont très imprécises ou contradictoires entre elles (cases en orange), et les RdD qui sont cohérentes entre elles (cases vertes). Enfin, nous examinerons la performance des RdD recueillies dans une optique de réduction de l'utilisation des pesticides.

Figure 8 : Liste des bioagresseurs principaux des légumes étudiés pour lesquels il existe des produits chimiques homologués (d'après INRA, 2009d ; et ACTA, 2012)
(En gras les bioagresseurs étudiés)

CAROTTE DE PLEIN CHAMP :

- Maladies : **Brûlures des feuilles** (*Alternaria dauci*, *Cercospora carotae*, *Alternaria radicina*, *Mycocentrospora acerina*, *Septoria carotae*) **Oïdium** (*Erysiphe heraclei*, *Leveillula taurica*) **Bague** (*Phytophthora megasperma*, *P. porri*), **Pourriture blanche** (*Sclerotinia sclerotiorum*), Pourriture noire des racines (*Alternaria radicina*, *Chalara elegans*, *Chalaropsis thielavioides*) ;
- Ravageurs : **Mouche de la carotte** (*Psila rosae*), **Pucerons** (plusieurs espèces), Noctuelles, (*Agrotis ipsilon* et *A. segetum*), **Nématodes** (*Heterodera carotae*, *Meloidogyne incognita* et *hapla*, et *Pratylenchus spp*) ;

POIREAU DE PLEIN CHAMP :

- Maladies : alternariose, bactériose, fonte des semis, **mildiou** et **rouille** ;
- Ravageurs : **thrips** et teigne.

TOMATE SOUS ABRI :

- Maladies : **Pourriture grise** (*Botrytis cinerea*), Mildiou (*Phytophthora infestans*), **Oïdium neolycopersici**, Alternariose (*Alternaria tomatophila*), Corky root (*Pyrenochaeta lycopersici*), Fusariose (*Fusarium oxysporum*), *Pythium spp.*, Verticilliose (*Verticillium dahliae*), **Cladosporiose** (*Fulvia fulvia*) ;
- Ravageurs : **Aleurodes** (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*), **Noctuelles** (diverses espèces), **Pucerons** (diverses espèces), **Acarien** (*Tetranychus urticae*), **Thrips** (*Frankliniella occidentalis*), Mineuses (*Liriomyza spp.*), **Acariose bronzée** (*Aculops lycopersici*), Nématode à galles (*Meloidogyne spp.*), **Tuta absoluta**.

LAITUE SOUS ABRI :

- Maladies : **Mildiou** (*Bremia lactucae*), **Pourriture grise** (*B. cinerea*), Rhizoctone (*Rhizoctonia Solani*), **sclérotinia** (*S. minor* et *S. sclerotinia*), *Pythium sp*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* ;
- Ravageurs : Meloidogyne, **Pucerons**, Aleurodes, Limaces, Noctuelles, Vers gris, **nématode à galles** ;
- Adventices : ortie.

MELON SOUS ABRI :

- Maladies : **Oïdium**, Pourriture grise, *Pythium sp*, Mildiou, Cladosporiose, Anthracnose, *Pyrenochaeta* ;
- Ravageurs : **Pucerons**, **Acariens**, Noctuelles, Thrips (*Frankliniella occidentalis*), Aleurodes (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*), Mineuses (*Liriomyza sp.*), **Nématodes**, Limaces et escargots +
- Adventices : cuscute

Tableau 58 : Les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les principaux bioagresseurs des légumes de plein champ : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

LEGUMES DE PLEIN CHAMP	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
		Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises (pas d'accident de culture)	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Carotte/alternaria	Oui, à effets partiels	3	1	s.o.	3	1	1 (+2)	1 (retard de début de protection)	0	0
Carotte/sclérotinia	Oui	1	1	s.o.	1	1	1	1	0	s.o.
Carotte/cavity spot	Oui, à effets partiels	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Carotte/oïdium	Oui, à effets partiels	1	1	s.o.	1	1	1	1	1	s.o.
Carotte/maladie de la bague	Oui, à effets partiels	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Carotte/mouche de la carotte	Oui, à effets partiels	12	11	11	11	11	9 (+1)	0	0	0
Carotte/ pucerons	Non	5	4	2	4	2	4 (+1)	4	4	0
Carotte/nématodes	Oui	1	1	s.o.	1	1	1	1	1	s.o.
Carotte/adventices	Oui	3	3	3	3	3	3	2	1	0
Poireau/rouille de l'ail	Oui, à effets partiels	2	2	2	2	2	1	1	0	0
Poireau/mildiou	Oui, à effets partiels	1	1	s.o.	1	1	1	0	0	0
Poireau/thrips	Oui, à effets partiels	5	2	0	Nd	0	2(+3)	1	0	0
Poireau/mouche de l'oignon	Oui, à effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Poireau/adventices	Oui	0	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

Nd : information non disponible (non recueillie)

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

Tableau 59 : les Rdd d'opportunité de lutte chimique pour les principaux bioagresseurs des légumes sous abri : disponibilité et qualité des Rdd, et performance des Rdd cadre pour la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires

LEGUMES SOUS ABRI	Techniques alternatives disponibles	Rdd d'opportunité de lutte chimique recueillies					Performance des Rdd cadre synthétisées			
		Nb de Rdd	Rdd à solution claire	Rdd cohérentes	Rdd admises (pas d'accident de culture)	Rdd à solution claire, cohérentes, et admises	Nb Rdd cadre	Rdd cadre pouvant éviter des traitements	Rdd cadre appliquées	Rdd cadre regroupant des Rdd aux objectifs différents
Tomates/botrytis	Oui, à effets partiels	2	1	s.o.	1	1	1 (+1)	0	0	0
Tomates / oïdium	Oui, à effets partiels	2	1	s.o.	1	1	1 (+1)	1	1	0
Tomates /cladosporiose	Oui	1	1	s.o.	1	1	1	1	0	0
Tomates /aleurodes	Oui	3	2	2	2	2	2 (+1)	2	2	0
Tomates/ <i>Tuta absoluta</i>	Oui	8	8	4	8	4	8	8	8	0
Tomates /noctuelles	Oui	5	5	0	5	0	4	3	4	0
Tomates/acariens	Oui, à effets partiels	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Tomates / acariose bronzée	Oui, à effets partiels	2	1	s.o.	1	1	1 (+1)	1	1	0
Tomates/pucerons	Oui, mais coûteuses ou à effets partiels	3	1	s.o.	1	1	1 (+2)	1	1	0
Tomates/thrips	Oui, à effets partiels	3	1	s.o.	1	1	1 (+2)	1	Nd	0
Laitue/mildiou	Oui, à effets partiels	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Laitue/pourritures du collet	Oui, à effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	0	0	s.o.	s.o.	s.o.
Laitue/pucerons	Oui, à effets partiels	2	0	s.o.	s.o.	0	(2)	s.o.	s.o.	s.o.
Laitue/nématodes à galles	Oui, à effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	0	0	s.o.	s.o.	s.o.
Laitue / complexe bioagresseurs telluriques	Oui, à effets partiels	1	0	s.o.	s.o.	0	(1)	s.o.	s.o.	s.o.
Melon/oïdium	Oui, à effets partiels	3	2	2	2	2	2 (+1)	2	2	0
Melon/ acariose	Oui, mais coûteuses ou à effets partiels	2	1	s.o.	1	1	1 (+1)	1	1	0
Melon/pucerons	Oui	2	2	2	2	2	2	2	1	0
Melon/nématodes à galles	Oui, à effets partiels	0	s.o.	s.o.	s.o.	0	0	s.o.	s.o.	s.o.

s. o. : Sans objet

() nombre de « Rdd cadre » correspondant aux Rdd imprécises

Tableau 60 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les principaux bioagresseurs des légumes de plein champ, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique

LEGUMES DE PLEIN CHAMP /BIOAGRESSEUR	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de lutte chimique en pépinière		OUTILS DISPONIBLES (présentation des outils Tableau 64 et Tableau 65)
	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	
Carotte/alternaria	3	1 (+2)	s.o.	s.o.	Dacom Plant Plus®, Tomcast®, modèle alternaria du CTIFL et Hortis Aquitaine
Carotte/sclérotinia	1	1	s.o.	s.o.	0
Carotte/cavity spot	1	(1)	s.o.	s.o.	Test de mesure d'inoculum (Grande-Bretagne)
Carotte/oïdium	1	1	s.o.	s.o.	0
Carotte/maladie de la bague	1	(1)	s.o.	s.o.	0
Carotte/mouche de la carotte	12	9 (+1)	s.o.	s.o.	Pièges : pièges englués jaunes, pièges chromatiques Modèles épidémiologiques : Morph®, Plant Plus®, Swat®
Carotte/ pucerons	5	4 (+1)	s.o.	s.o.	0
Carotte/nématodes	1	1	s.o.	s.o.	0
Carotte/adventices	3	3	s.o.	s.o.	ODeRA
TOTAL CAROTTES	28	20 (+6)			
Poireau/rouille	2	1	0	0	Modèle de prévision des risques
Poireau/mildiou	1	1	0	0	0
Poireau/thrips	5	2+(3)	0	0	Pièges chromatiques englués Modèles de prévision des vols (Edelson et Magaro)
Poireau/mouche de l'oignon	0 ⁵⁷	0 ⁵⁷			Pièges
Poireau/mouche mineuse	0 ⁵⁷	0 ⁵⁷			0
Poireau/adventices	0	0	0	0	0
TOTAL POIREAUX	8	4 (+3)	0	0	

Légende : () nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

	Absence de RdD et lutte chimique pratiquée		RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
	Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée		RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
	Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée		Nd Données non disponibles

⁵⁷ Pas de lutte chimique autorisée, mais interventions contre les thrips réalisées en fonction de ces bioagresseurs également

Tableau 61 : Nombre de règles de décision recueillies et de règles cadre synthétisées pour les principaux bioagresseurs des légumes sous-abri, et disponibilité d'outils (outils d'aide à la décision et outils de diagnostic) pour la lutte chimique

CULTURE SOUS ABRI /BIOAGRESSEUR	Opportunité de lutte chimique en culture		Opportunité de lutte chimique pour la désinfection des abris		Opportunité de lutte chimique en pépinière		OUTILS RECUEILLIS (présentation des outils Tableau 64 et Tableau 65)
	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	Nb RdD	Nb RdD cadre	
Tomate/Botrytis	1	(1)	1	1	0	0	0
Tomate/Oïdium	2	1 (+1)	0	0	0	0	0
Tomate/Cladosporiose	0	0	1	1	0	0	0
Tomate/Aleurodes	3	2 (+1)	0	0	0	0	0
Tomate/Tuta absoluta	7	7	0	0	1	1	Pièges à phéromones
Tomate/Noctuelles	5	4					0
Tomate/Acariens	1	1	1	1			0
Tomate/Acariose bronzée	2	1 (+1)	0	0			0
Tomate/Pucerons	3	1 (+2)			0	0	0
Tomate/Thrips	3	1 (+2)	0	0	0	0	0
TOTAL TOMATES	27	18 (+8)	3	3	1	1	
Laitue/Mildiou	0	0	0	0	1	(1)	Modèles d'évaluation du risque : Bremcast et Modèle biologique
Laitue/Pourriture du collet	0	0	0	0	0	0	0
Laitue/Pucerons	2	(2)			0	0	0
Laitue/Nématodes à galles	0	0			0	0	0
Laitue/Complexe bioagresseurs telluriques – désinfection du sol	1	(1)			0	0	0
TOTAL SALADES	3	(3)			1	(1)	
Melon/Oïdium	2	1 (+1)	0	0	1	1	0
Melon/Acariose	2	1 (+1)	0	0	nd	nd	0
Melon/Pucerons	1	1			1	1	0
Melon/Nématodes à galles	0	0			nd	nd	0
TOTAL MELON	5	3 (+2)	0	0	2	2	

Légende : () nombre de RdD « cadres » correspondant aux RdD imprécises

 Absence de RdD et lutte chimique pratiquée	 RdD disponibles, à solution claire, et non contradictoires entre elles
 Absence de RdD, mais pas ou très peu de lutte chimique pratiquée	 RdD disponibles mais solution imprécise, ou RdD contradictoires entre elles
 Couple culture/ bioagresseur sans lutte chimique autorisée	 Nd Données non disponibles

VI.2.1 Les règles de décision manquantes pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les bioagresseurs des légumes

D'une manière générale, nous avons recueilli peu de règles de décision. Les couples culture-bioagresseur ne disposant pas de règles de décision sont nombreux (cases en rouge dans le tableau). La protection phytosanitaire des cultures légumières est, par rapport aux autres cultures étudiées, plus souvent gérée par des programmes phytosanitaires décidés à l'avance et appliqués en culture (programme de lutte chimique). Le nombre d'interventions est peu adapté en fonction des années, notamment en cultures de plein champ. Toutefois, il semblerait qu'en pratique, pour les ravageurs, même si peu de règles de décision existent, les interventions sont raisonnées en fonction de la présence du bioagresseur dans la parcelle.

En particulier, nous n'avons pas recueilli de règles de décision pour les couples culture-bioagresseur suivants :

- En cultures de **poireau** : aucune RdD pour décider de l'opportunité des interventions chimiques en pépinière, notamment pour la **rouille** (assez rare en pépinière), le **thrips** et aucune RdD d'opportunité d'intervention **herbicide** ;
- En culture de **tomate sous abri** : aucune RdD pour lutter en culture contre la **cladosporiose**, et aucune RdD pour décider de la **désinfection des abris** contre l'**oïdium**, les **aleurodes**, *Tuta absoluta*, et l'**acariose bronzée** ; toutefois cette désinfection des abris est surtout pratiquée dans les cultures hors sol ;
- En culture de **laitue sous-abri** : aucune RdD pour lutter contre le **mildiou**, la **pourriture du collet**, les **nématodes à galles** en culture, et aucune RdD pour lutter contre la **pourriture du collet et les pucerons en pépinière** ;
- En culture de **melon sous abri** : aucune RdD pour décider de l'opportunité de la lutte chimique contre les **nématodes à galles**, et aucune RdD pour décider de l'opportunité de **désinfection des abris** contre l'**oïdium** ou l'**acariose**. Là encore la désinfection des abris semble pratiquée surtout dans les cultures hors sol.

Nous pouvons donc constater qu'il existe beaucoup de bioagresseurs pour lesquels la lutte chimique ne fait l'objet d'aucune règle de décision d'opportunité d'intervention formalisée. Ceci est particulièrement problématique pour les interventions herbicides contre les adventices en cultures de poireau de plein champ. D'après les entretiens réalisés, les interventions chimiques sont systématiques à la plantation. Ensuite, des mesures de lutte physique sont mises en œuvre, et s'il y a un salissement, de nouvelles interventions chimiques sont alors raisonnées. La difficulté du raisonnement de ces interventions tient au fait qu'il n'y a pas de possibilité d'intervenir en rattrapage (chimiquement ou mécaniquement), et qu'il est donc plus sécuritaire d'intervenir tôt.

D'autre part, de manière générale, les interventions « hors culture » c'est-à-dire les interventions en pépinière et les désinfections des abris sont, elles aussi peu raisonnées, notamment pour les cultures de poireau de plein champ (pépinière), les cultures de tomate sous-abris, et pour les cultures de salade sous abri (interventions en pépinière, notamment pour la pourriture du collet et le puceron). Les désinfections des abris sont cependant plus fréquentes en cultures hors sol. Ces interventions n'entrent pas dans les calculs de l'IFT.

VI.2.2 Des règles de décision dont la solution est imprécise

Des RdD dont la solution est trop imprécise pour permettre de décider objectivement de l'opportunité d'intervention chimique en culture ont été identifiées. Ces RdD concernent :

- En culture de **carotte de plein champ** : la majorité des RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre **l'alternaria** (2 RdD sur 3), l'unique RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le **cavity spot**, l'unique RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre **la maladie de la bague**, et quelques RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les ravageurs (une RdD sur 12 pour la **mouche**, une RdD sur 5 pour les **pucerons**) ;
- En culture de **poireau de plein champ** : les RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les **thrips** (3 sur 5) ;
- En culture de **tomates sous abri** : les RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le **botrytis**, contre **l'oïdium** (une RdD sur 2), contre les **aleurodes** (une RdD sur 2), contre **l'acariose bronzée**, (une RdD sur 2) contre les **pucerons** (2 RdD sur 3) et contre les **thrips** (2 RdD sur 3) ;
- En culture de **laitues sous-abri** : toutes les RdD recueillies, c'est-à-dire celles pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture contre les **pucerons**, la RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le **mildiou** en **pépinière**, et la RdD pour décider de l'opportunité **d'une désinfection du sol contre le complexe des bioagresseurs telluriques** ;
- En culture de **melon sous abri** : des RdD pour décider de l'opportunité de la lutte chimique contre **l'oïdium** (une RdD sur 2) et contre **l'acariose** (une RdD sur 2).

Ces RdD ont des solutions imprécises, dans le sens où elles n'indiquent pas clairement la manière de combiner, hiérarchiser, et quantifier les critères de décision ; par exemple, « si situation à risque, ... » ou « si accroissement de la pression ... ». Nous avons recueilli ces éléments, qui permettent d'avoir des indications sur les éléments à examiner pour prendre la décision et qui peuvent participer à la décision, mais ce ne sont pas des RdD au sens strict car la relation entre la situation et l'action (choix d'une option) n'est pas claire.

Ainsi, nous pouvons constater que dans l'ensemble les RdD disponibles pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les bioagresseurs des cultures de légumes, en plein champ et sous-abri, sont d'une part peu nombreuses, et d'autre part ont des solutions peu précises : elles sont rarement abouties et formalisées pour permettre d'objectiver une décision. Ceci se vérifie en particulier pour les cultures de salade sous-abri, pour lesquelles aucune RdD précise n'a été recueillie.

VI.2.3 Des règles de décision contradictoires

De la même manière que pour les autres filières, nous avons recueilli des RdD qui, pour un même objet de décision, proposent des solutions différentes, sans toutefois ni expliquer les raisons de ces différences, ni donner les éléments nécessaires pour choisir la RdD la plus adaptée (pour son domaine de validité ou ses objectifs par exemple).

Il s'agit des RdD suivantes :

- En culture de **carotte de plein champ** : les RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les **pucerons** (2 RdD sur 4) ;
- En culture de **poireau de plein champ** : les RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les **thrips** (les 2 RdD à solution claire) ;
- En culture de **tomates sous abri** : les RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre ***Tuta absoluta*** (4 RdD sur 8, exemple présenté Tableau 62), contre les **noctuelles** (toutes les RdD recueillies).

Tableau 62 : Règles de décision contradictoires recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention insecticide contre *Tuta absoluta*, en tomate sous-abri froid

Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision /Seuil	Observation/outil	Champ de validité/	Source
Campagne	Arrachage et brûlage des organes ou des plants touchés Dès capture d'insectes dans les pièges, alors piégeage massif. Si >30 captures/semaine : mesures plus forte en complément. Intervention contre les noctuelles et choix de produit Choix de produit contre <i>Tuta absoluta</i> ⁵⁸		Si aucune intervention n'a été réalisée contre les noctuelles avec un produit ayant une efficacité secondaire sur <i>Tuta absoluta</i> , : • Si >3 captures/semaine, alors réaliser une intervention tous les 10-15 jours. Sinon, impasse.	Nb de captures/semaine dans les pièges Nombre de plantes atteintes Autres interventions phytosanitaires	Pièges à phéromones (1 piège pour une parcelle < 3500m ² ; 2 pièges/ha pour une parcelle>3500m ²), placés en hauteur, au-dessus de la culture, près de l'entrée de la serre : relevés au moins 1 fois/semaine, pour le suivi des populations. Dès capture d'un adulte, réaliser un piégeage massif (30 pièges/ha) Observation directe des plantes	Recueillie pour la Corse	FREDO N Corse, en ligne
Campagne (sauf période 7 j avant et 7 j après floraison)			Dès les 1 ^{ères} éclosions, alors intervenir.	Premières éclosions	Observation des cultures	Recueillie pour l'utilisation de spinosad	Dow Agro sciences, 2010
Campagne	Choix du produit de traitement ⁵⁸ Intervention contre les noctuelles		En tout début d'attaque, alors intervenir.	Début d'attaque	Observation minutieuse des cultures et repérage des 1 ^{ers} dégâts sur les plantes Pièges à phéromones (2-4 pièges/ha)	Produits mentionnés : Bt spinosad, indoxacarb, deltaméthrine chlorantraniliprole	APREL et al., 2011
Campagne	Intervention contre les noctuelles Choix de produit contre <i>Tuta absoluta</i> ⁵⁸		Dès la 1 ^{ère} capture, si conditions climatiques propices au développement du ravageur, et si aucune intervention réalisée contre les noctuelles avec un produit ayant une efficacité secondaire sur <i>Tuta absoluta</i> , alors réaliser une intervention Sinon impasse	Nb d'adultes capturés Conditions climatiques sous l'abri Autres interventions insecticides	Pièges à phéromones		Puig, com. Pers.

⁵⁸ Il existe des produits de lutte biologique : *bacillus thuringiensis*. Si ces produits sont choisis pour cette intervention, il ne s'agit alors pas de lutte chimique.

Comme on peut le constater en Tableau 62, aucun élément d'objectif n'est énoncé pour ces RdD, et aucun élément du champ de validité ne justifie de mobiliser une RdD plutôt qu'une autre. De plus elles s'appliquent toutes au même stade cultural. Par contre, leurs solutions sont différentes, en particulier au niveau de leurs critères de décision : la première propose une intervention à partir de 2 captures hebdomadaires, la deuxième, dès les premières éclosions, la troisième en début d'attaque, et la dernière dès la première capture, avec un critère de décision supplémentaire, les conditions météorologiques.

Toutefois, ces RdD contradictoires sont assez peu nombreuses en cultures légumières, sans doute car les RdD recueillies, et, de manière plus générale, les RdD disponibles, sont assez peu nombreuses.

VI.2.4 Les règles de décision claires, cohérentes, et admises

Des RdD qui ne se contredisent pas, dont les solutions sont claires et dont la fiabilité n'est pas remise en cause (même s'il peut rester des doutes ou des interrogations), sont disponibles pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture pour les cultures légumières :

- En culture de **carotte de plein champ** : 1 RdD d'opportunité de lutte chimique contre **l'alternaria**, 1 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le **sclérotinia**, 1 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre **l'oïdium**, 11 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre **la mouche de la carotte**, 2 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les **pucerons**, 1 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les **nématodes**, et 3 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les **adventices** ;
- En culture de **poireau de plein champ** : 2 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre **la rouille de l'ail**, et 1 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le **mildiou** ;
- En culture de **tomates sous abri** : 1 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le **botrytis**, 1 pour **l'oïdium**, 1 pour la **cladosporiose**, 2 pour les **aleurodes**, 4 pour **Tuta absoluta**, 2 pour les **acariens**, 1 pour **l'acariose bronzée**, 1 pour les **pucerons** et 1 pour les **thrips** (2 RdD sur 3) ;
- En culture de **melons sous-abri** : 2 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre **l'oïdium**, 1 pour **l'acariose** et 2 pour les **pucerons**.

Ainsi, les couples culture-bioagresseurs pour lesquels nous ne disposons pas de règles de décision claires, cohérentes, et admises permettant de décider de l'opportunité d'intervention chimique sont :

- pour les cultures de plein champ : carotte / cavity spot, carotte / maladie de la bague, carotte / mouche de la carotte, poireau/thrips, poireau / mouche de l'oignon, et poireau/adventices,
- pour les cultures sous abri : tomates / noctuelles, melon/nématodes à galles, et tous les bioagresseurs principaux des laitues.

De plus, pour les couples culture-bioagresseur qui disposent de règles de décision d'opportunité de lutte chimique en culture (y compris traitement du sol), il existe très rarement des règles de décision d'opportunité d'intervention chimique en pépinière. C'est

notamment le cas des couples : poireau/rouille, poireau/ mildiou, poireau/thrips, poireau/adventices pour les cultures de plein champ étudiées, et tomate/noctuelles, tomate/Botrytis, tomate/oïdium, tomate/cladosporiose, tomate/aleurodes, tomate/noctuelles, tomate/acariens, tomate/acariose bronzée, tomate/pucerons, tomate/thrips, melon/acariose et melon/nématode à galles pour les cultures sous-abri étudiées. Dans Ecophyto R&D, ces interventions n'ont pas fait l'objet d'une étude détaillée, car l'impact de ces interventions en pépinière sur la diminution du nombre d'interventions en culture a été jugé positif, et les risques environnementaux relativement acceptables. Le faible coût des intrants, l'importance des conséquences du développement de bioagresseurs durant cette phase sur la qualité sanitaire des plants et donc sur les programmes phytosanitaires pour la suite, et la faible importance des surfaces à traiter expliquent cette situation. De plus, les plants peuvent ne pas être produits dans l'exploitation, mais achetés à des pépiniéristes. Ces plants sont souvent l'objet de nombreux traitements, car leur valeur dépend de leur qualité sanitaire. L'IFT du plant ramenée en surface plantée finale est assez peu importante (INRA, 2009d).

Actuellement, le nombre d'interventions chimiques est rarement adapté aux conditions annuelles ou parcellaires de ces cultures. Ceci est encore plus vrai pour les cultures de laitue sous-abri pour lesquelles des programmes phytosanitaires sont décidés à l'avance et appliqués chaque année.

Au regard de l'importance des produits phytosanitaires utilisés pour les cultures de légumes, à la fois en pépinière, en plein champ, et sous abri, la mise au point de règles de décision et d'outils d'aide à la décision pour raisonner l'opportunité des interventions chimiques semblent donc nécessaire.

VI.2.5 Analyse de la performance des règles de décision pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires

Nous allons examiner la performance des RdD recueillies en vue de contribuer à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour cela, nous examinerons uniquement les RdD à solution claire. Nous ne prendrons pas en compte les couples culture/bioagresseur pour lesquels nous n'avons pas recueilli de RdD ni les RdD imprécises, partielles ou peu fiables, en partant du principe que ces RdD ne peuvent pas être appliquées, et ne sont donc pas performantes pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires. Les Tableau 58 et Tableau 59 présentent les critères retenus pour juger de la performance des RdD cadre pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires, par bioagresseur.

Parmi les RdD recueillies pour les cultures légumières, nous tenterons de mettre en évidence certaines RdD dont la performance pour la réduction du nombre d'interventions peut être remise en cause :

- Les règles de décision inappliquées, aux critères de décision fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets
- Des RdD qui ne répondent pas à la diversité des objectifs des agriculteurs pour cette décision ;

- Des RdD pour des bioagresseurs qui sont peu problématiques, car ils peuvent être maîtrisés par d'autres modes de gestion ;
- Des RdD pour des bioagresseurs qui sont peu problématiques, car ils sont rarement présents et peu dommageables.

VI.2.5.1 Les règles de décision inappliquées, aux critères de décision fondés sur des observations ou des diagnostics trop difficiles à réaliser, pas assez explicites ou incomplets

D'après les entretiens réalisés, en pratique, pour beaucoup de cultures de légumes, comme la carotte de plein champ, le poireau de plein champ (et la salade sous-abri, culture pour laquelle nous n'avons pas recueilli de RdD), les agriculteurs appliquent des programmes fongicides de traitement qui ciblent toutes les maladies simultanément (aériennes et telluriques). En carotte par exemple, le nombre d'interventions varie globalement de 5 à 7. Il existe trop peu de RdD ou d'outils de diagnostic parcellaire pour pouvoir décider d'une impasse. De plus, les risques encourus dans le cas d'une attaque, la non vente de l'ensemble de la production, sont très importants. Les quelques RdD d'opportunité d'intervention fongicide recueillies (oïdium de la carotte) sont assez peu appliquées, et ont davantage un statut de « RdD de rattrapage », mobilisées durant l'application de programmes fongicides. Elles conduisent à réintervenir, ou à augmenter la fréquence d'interventions en cas de développement des maladies malgré les interventions réalisées.

Par contre, pour d'autres cultures comme la tomate sous-abri, même si nous avons recueilli très peu de RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les maladies dans la littérature, ces interventions fongicides sont raisonnées par les agriculteurs et/ou par les conseillers. En effet, d'après les entretiens réalisés, si les RdD sont rarement formalisées et diffusées, les conseillers et les agriculteurs en utilisent, avec notamment les auxiliaires comme critère de décision : date du lâcher d'auxiliaires, nature et stade de développement des auxiliaires, quantité d'auxiliaires présents ; ceci afin d'éviter toute toxicité et tout dommage mécanique lors du passage de matériel agricole, vis-à-vis des auxiliaires. D'autres facteurs interviennent également dans la décision : des éléments de contexte, comme la zone de production géographique, le type d'abri, l'exposition de l'abri, ... et des critères de décision comme la saison, la succession culturale, les mesures prophylactiques mises en œuvre, ...

Pour les cultures de melon sous-abri, une grande importance est accordée à la prophylaxie (qualité sanitaire du plant, désherbage des abords, désinfection des abris, maîtrise du climat...). En complément sont réalisées des observations régulières, afin de décider de l'opportunité des interventions en fonction de l'apparition de bioagresseurs dans l'abri, ou de dégâts.

Les règles de décision concernant les ravageurs et les adventices semblent généralement appliquées.

VI.2.5.2 La prise en compte des objectifs des agriculteurs dans les règles de décision

Le nombre de règles de décision comportant des objectifs explicitement énoncés est très faible : sur le total des RdD recueillies (parmi le total des 78 RdD recueillies, seules 7 ont un objectif explicitement énoncé). Parmi les RdD claires, cohérentes et admises, seules quelques RdD ont un objectif explicitement énoncé :

- En culture de **poireau de plein champ** : une RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les **thrips** (RdD recueillie lors d'entretiens avec les conseillers) ;

- En culture de **tomate sous abri** : une RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre **l'oïdium** et une RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre ***Tuta absoluta*** ;
- En culture de **melon sous-abri** une RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les **acariens**.

Pour aucun couple culture-bioagresseur étudié, nous n'avons pu synthétiser une RdD cadre à partir de plusieurs RdD déclinées en fonction d'objectifs différents. Ainsi, même si quelques RdD ont un objectif explicitement énoncé, pour aucun couple culture-bioagresseur étudié nous n'avons trouvé de RdD diversifiées permettant de répondre à une diversité d'objectifs des agriculteurs.

Toutefois, d'après les entretiens réalisés, les agriculteurs et leurs conseillers peuvent avoir construit des RdD adaptées à des objectifs différents. Ces RdD ne sont pas, à notre connaissance, formalisées et ne font pas l'objet d'une capitalisation ni d'une diffusion.

VI.2.5.3 Les règles de décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre des bioagresseurs qui disposent de techniques alternatives efficaces pour leur gestion

D'une manière générale, les techniques alternatives à la lutte chimique sont nombreuses en culture de légumes. Pour autant la mise en œuvre de ces techniques, ou leurs effets, ne sont que très rarement pris en compte dans les critères de décision des RdD d'opportunité de lutte chimique.

En culture de **carotte de plein champ**, la plupart des bioagresseurs étudiés peuvent être gérés par des techniques alternatives combinées à la lutte chimique, dont les effets sont le plus souvent partiels. Seuls les pucerons et les nématodes ne font l'objet ni de contrôle cultural, ni de contrôle génétique, ni de lutte physique ou biologique. Malgré cette disponibilité en techniques alternatives, seules une RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre **l'alternaria** et 2 RdD pour les **adventices** prennent en compte la mise en œuvre de ces techniques dans les critères de décision : il s'agit du choix variétal pour l'alternaria, et des pratiques culturales à travers un outil de diagnostic du risque pour les adventices (une autre RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre le **cavity spot** prend en compte les pratiques culturales (rotation, fertilisation...) mais sa solution est imprécise). Les autres RdD recueillies ne prennent en compte ni les techniques alternatives à la lutte chimique (comme la mise en place de successions culturales plus longues, les choix variétaux, les dates de semis...) ni leurs effets permettant de moduler les interventions (nombre d'interventions, impasses éventuelles...). Lors des entretiens, il a été souligné que les races de rouilles sont différentes suivant les bassins de production, et que les sensibilités variétales sont différentes suivant les races de rouille. Toutefois, ces éléments ne peuvent pas être pris en compte à l'heure actuelle par manque de connaissances.

En culture de **poireau de plein champ**, les 4 principaux bioagresseurs étudiés disposent aussi de méthodes alternatives à la lutte chimique pour leur gestion : la rouille, le mildiou, les thrips et les adventices (contre lesquelles nous n'avons pas recueilli de RdD). Seule la RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le mildiou prend en compte les pratiques culturales réalisées (contrôle cultural : succession culturale, choix variétal...) et dans une moindre mesure celle de la rouille (seul le choix variétal est pris en compte). Contre les thrips, les autres pratiques (succession culturale avec un précédent navet ou radis, pas de précédent liliacées, pas de parcelle de liliacées à proximité et un délai de retour de liliacées de 3-4 ans, éventuellement association de culture (trèfle), travail du sol, arrosage suffisant, et fractionné, lutte biologique ne sont pas prises en compte dans les critères de décision.

En culture de **tomates sous abri**, la majorité des bioagresseurs dispose de techniques alternatives à la lutte chimique pour leur gestion : il s'agit de techniques de contrôle cultural à effets partiels pour les maladies, de lutte physique et biologique pour les insectes (aleurodes, tuta absoluta, noctuelles, pucerons et thrips). Ces techniques alternatives sont prises en compte pour 3 RdD pour lutter contre les aleurodes, 2 RdD pour lutter contre *Tuta absoluta* et une RdD pour lutter contre les thrips : il s'agit de la prise en compte de l'utilisation de mesures de lutte biologique, notamment dans le cadre de systèmes de culture en protection biologique intégrée.

Enfin, en culture de **melon sous-abri**, aucune RdD recueillie ne prend en compte de techniques alternatives. Pourtant il existe quelques techniques alternatives pour gérer les bioagresseur du melon : utilisation de variétés résistantes pour les pucerons, contrôle cultural pour les nématodes...

De manière générale, on constate donc que la prise en compte des techniques alternatives à la lutte chimique, ou de leurs effets, est assez rare dans les RdD recueillies pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les bioagresseurs en cultures légumières.

VI.3 Présentation et analyse des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic recueillis pour les cultures légumières

Le Tableau 63 présente la répartition des outils (OAD et outils de diagnostic) recueillis par couple culture-bioagresseur. Nous avons recueillis 6 OAD et 4 outils de diagnostic relatifs à la lutte chimique pour les bioagresseurs étudiés en culture de carotte de plein champ, 3 OAD et 2 outils de diagnostic en culture de poireau de plein champ, 2 OAD en culture de tomates sous abri, 2 OAD en culture de laitues sous abri (dont en cours de développement) et aucun en culture de melon sous abri. Pour les cultures sous abri étudiées, nous n'avons recueilli aucun outil de diagnostic.

Tableau 63 : Répartition des outils d'aide à la décision et des outils de diagnostic par couples culture bioagresseur pour les cultures légumières

Culture	Bioagresseur	Nombre d'OAD	Nb d'outils de diagnostic
Carotte	Alternaria	3	0
	Sclerotinia	0	0
	Cavity spot	0	1
	Oïdium	0	0
	Maladie de la bague	0	0
	Mouche de la carotte	2	3
	Pucerons	0	0
	Nématodes	0	0
	Adventices	1	0
Poireau	Rouille	0	1
	Mildiou	0	0
	Thrips	3	0
	Mouche de l'oignon	0	1
	Mouche mineuse	0	0
Tomates	Maladies	0	0
	Aleurodes	1	0
	Tuta absoluta	1	0
	Autres ravageurs	0	0
Laitues	Mildiou	2	0
	Autres maladies	0	0
	Ravageurs	0	0
Melon		0	0
TOTAL		13	6

On peut donc constater une hétérogénéité assez importante et une faible disponibilité d'outils en cultures sous abri. Les outils et travaux de modélisation concernent généralement plus la gestion des conditions climatiques en amont pour influencer sur le développement des maladies que la modélisation de ces maladies pour décider, en aval, de l'opportunité, de la date, ou de la fréquence des interventions.

Tableau 64 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les cultures légumières (Nr : non renseigné)

Culture	Bio-agresseur	Nom et origine	Objectif	Principe de l'outil : objet de décision	Source
Carotte	Alternaria	Dacom Plant Plus ® Dacom	Nr	Opportunité d'intervention fongicide ; variables d'entrées : données météorologiques journalières, prévision météorologiques, dégradation des produits appliqués, et observations au champ de l'évolution de la maladie et de la croissance des plantes	Poissonnier, 2006
		TOMcast® Développé sur tomates par Dr Ron Pitblado University of Guelph's Ridgetown Campus, Ontario Testé sur carottes par le CTIFL et des stations expérimentales (HORTIS Aquitaine, la SELT, CEHM 34...)	Nr	Renouvellement d'interventions fongicides ; variable d'entrée : Indice journalier de maladie (DSV) (durée d'humectation et température).	Poissonnier 2006 Chaput, 2000
		Modèle alternaria du CTIFL et Hortis Aquitaine	Nr	Déclenchement de la 1 ^{ère} intervention et renouvellement des interventions suivantes Variables d'entrées : prévision météorologiques (DSV suite aux travaux sur TOMcast), irrigation, état végétatif, efficacité des spécialités, symptômes observés.	Poissonnier 2006
	Mouche de la carotte	Pièges : pièges englués jaunes, pièges chromatiques	Nr	Pièges associé à des RdD d'opportunité d'intervention chimique (variables d'entrées : nb de mouches piégées pendant plusieurs jours consécutifs)	Villeneuve, 2005, Unilet 2011 in DGAL SDQPV, 2012 Leveillard, 2011f...
	Adventices	ODERA AgroTransfert	Nr	Outil de diagnostic d'un risque de développement des adventices et d'aide à la reconception de SdC, associé à des RdD (cf Tableau 159, Annexe XXI p. 437) Variables d'entrée : contexte, rotation, pratiques culturales, adventices présentes dans la parcelle	
Poireau	Mildiou	<i>Outil en développement en Belgique</i>	Nr	<i>Sortie : planification des interventions à la parcelle et positionnement des traitements</i> <i>Variables d'entrée : choix variétal, inoculum à la parcelle, pratiques culturales (rotations, protection phytosanitaire...), variables météorologiques issues de stations météo locales (précipitations, températures, gel)</i>	<i>Declercq et al., 2011 ; Perus et al., 2010</i>
	Thrips	Modèle thrips v.5.7.1 -CTIFL	Nr	Date d'intervention contre les thrips : modèle épidémiologique (Variables d'entrée : données météo : températures moyennes journalières et cumuls de précipitations journaliers) connaissances empiriques des producteurs et/ou conseillers agricoles et suivis ciblés des populations de thrips à l'aide de pièges bleus englués	CTIFL – Inoki ®
		Pièges chromatiques englués	Nr	Pièges associés à des RdD (cf Tableau 162, Annexe XXII p.444)	Leveillard, 2011eCtifl en ligne...
		Modèles de prévision des vols (Edelson et Magaro)	Nr	Modèles de prévision des vols associés à des RdD (cf Tableau 162, Annexe XXII p.444) Variables d'entrées : météo (températures)	Pôle phytosanitaire de Loos-en-Gohelle, 2004 Estorgues <i>et al.</i> , 2005
Tomate	<i>Tuta absoluta</i>	Pièges à phéromones	Nr	Pièges à phéromones associés à des RdD (cf. Tableau 166, Annexe XXIII, p. 459)	FREDON Corse, APREL et al 2011...
	Aleurodes	Panneaux chromatiques englués	Nr	Pièges associés à des RdD (cf. Tableau 165 Annexe XXIII p. 456)	Trottin-Caudal <i>et al.</i> , 2011
Laitue	Mildiou	Modèles d'évaluation du risque : Bremcast, Kushalappa	Nr	En développement : tables de décision à partir d'un cumul de pression de la maladie Variables d'entrées : données météorologiques (température, humidité relative, humectation, en fonction de la période de la journée) et la présence d'inoculum (qualitative) Variables intermédiaires : niveaux de sporulation et d'infection.	Clara, 2008
		Modèle biologique	Nr	Opportunité d'intervention contre le mildiou : seuil d'intervention du premier traitement calculé en fonction de la quantité de spores relarguées au cours de la culture et de l'humidité relative ; Variables d'entrées : météo, et échantillons de spores piégées dans l'atmosphère	Clara, 2008

Le Tableau 64 présente les outils d'aide à la décision recueillis en cultures légumières, pour les bioagresseurs étudiés. Sur un total de 13 OAD, nous avons recueillis :

- 6 outils constitués d'un modèle épidémiologique associé à des règles de décision, dont la sortie est une option de règles de décision :
 - Dacom Plant Plus pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre l'alternaria en culture de carotte de plein champ,
 - TOMcast ® pour décider du renouvellement des interventions fongicides contre l'alternaria en culture de carotte de plein champ (ce modèle a été conçu initialement pour l'alternaria des tomates de plein champ, culture et bioagresseur que nous n'avons pas étudiés),
 - le modèle alternaria du CTIFL et Hortis Aquitaine, pour décider du déclenchement de la 1^{ère} intervention et du renouvellement des interventions suivantes en culture de carotte de plein champ,
 - un outil en développement en Belgique pour planifier les interventions contre le mildiou en culture de poireau de plein champ,
 - Bremcast ® et un modèle biologique, deux outils pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre le mildiou de la laitue.
- 2 modèles épidémiologiques ayant comme sortie des courbes de vol, courbes mobilisées dans des règles de décision, pour décider de l'opportunité et surtout de la date d'intervention contre les thrips en culture de poireau de plein champ.
- 4 outils de diagnostic d'un risque, dont la sortie était mobilisée dans des règles de décision : des pièges englués jaunes et des pièges chromatiques pour décider de l'opportunité d'intervention contre la mouche de la carotte en culture de carotte de plein champ, des pièges chromatiques englués pour les thrips en culture de poireau de plein champ, des pièges à phéromones pour *Tuta absoluta* et des pièges englués pour les aleurodes en culture de tomate sous abri.
- un outil de diagnostic de risque pour les adventices en culture de carotte de plein champ, OdERA, mobilisé dans des règles de décision d'opportunité de désherbage chimique. Notons que cet outil de diagnostic du risque est paramétré pour de nombreuses cultures annuelles (y compris en grandes cultures) mais que nous n'avons recueilli ce mode d'utilisation que pour la culture de carotte de plein champ, dans le cadre du programme « production intégrée en légumes » 2009-2015, coordonné par Agro-Transfert R&T. Cet outil est donc tout à fait mobilisable pour d'autres cultures.

Enfin, un système d'aide à la décision est toutefois actuellement en cours de validation sur la tomate, pour raisonner les interventions chimiques contre *Botrytis cinerea* et *P. fulva* en culture de tomates sous abris (e phytia en ligne). Cet outil n'est pas encore validé et nous manquons d'information ; il ne figure donc pas dans ces tableaux.

Le Tableau 65 présente les outils de diagnostic recueillis en cultures légumières, pour lesquels nous n'avons pas recueilli de règles de décision associées : 4 modèles épidémiologiques (pour la mouche de la carotte en culture de plein champ et pour la rouille en poireau de plein champ), une méthode de mesure d'inoculum dans le sol pour le cavity spot en culture de carotte de plein champ et un piégeage pour la mouche de l'oignon en culture de poireau de plein champ.

Les outils de diagnostic recueillis sont très peu nombreux et concernent essentiellement les cultures de plein champ. Contrairement aux outils recueillis en grandes cultures, nous n'avons recueilli aucun outil (OAD ou outils de diagnostic) de type grille de risque, permettant d'évaluer un niveau de risque

de dégâts ou de dommages de maladies ou de ravageurs à la parcelle. Cela a été souligné lors des entretiens, en particulier pour les cultures de plein champ. Les interventions étant essentiellement préventives, et bon nombre de bioagresseurs étant inféodés à la parcelle, ce type d'outils pourrait présenter un intérêt notable, afin d'éviter des interventions, de diminuer le nombre d'interventions, ou de moduler les doses des interventions pour ces cultures, et ce en particulier pour l'alternaria et pour les adventices, en culture de carotte de plein champ.

Tableau 65 : Outils de diagnostic mobilisés pour la lutte chimique dans les cultures légumières, recueillis dans le cadre de cette étude

Culture	Bio-agresseur	Nom et origine	Visée de l'outil	Fonctionnement	Source
Carotte	Cavity spot	Test de mesure d'inoculum (utilisé en Grande-Bretagne mais n'est pas encore validé en France à grande échelle)	Prévision des risques d'attaques –Aide à la décision	Test de détection du Pythium, pour évaluer la densité d'inoculum dans le sol	Breton <i>et al.</i> , 2000
	Mouche de la carotte	Morph ® Mis au point par R. Collier, expérimenté par la FREDON Nord-Pas-De-Calais	Dater les vols pour positionner les interventions	Modèles épidémiologiques de prévision des courbes de vol ; Variables d'entrée : date où la culture est exposée (période de culture, interventions insecticides) ;	Villeneuve, 2012
		Dacom Plant Plus ® Dacom (Remis en cause dans le Sud-Ouest de la France)	Dater les vols pour positionner les interventions	Modèle épidémiologique ; Sortie : prévision d'un risque ; Entrée : nr ⁵⁹	Villeneuve, 2012
		Swat M. Hommes	Dater les vols pour positionner les interventions	Modèle épidémiologique de prévision de courbes de vols, pontes et éclosions ; Variables d'entrée : températures moyennes journalières, températures du sol à 5 cm et la vitesse du vent.	Navarro, 2006
Poireau	Rouille	Modèle de prévision des risques CTIFL, Sileban, FREDON Nord-Pas-de-Calais	Décider de la date et de l'opportunité d'intervention : risque à relier à la sensibilité variétale par une RdD (non recueillie)	Outil de prévision de risque indiquant un niveau de risque de contamination quotidien et une prévision de la date de sortie des pustules ; Variables d'entrées : température, humidité relative de l'air hygrométrie à la surface des feuilles, date de plantation, sensibilité variétale, produits phytosanitaires utilisés	Picault 2012 ; Perus <i>et al.</i> , 2010
	Mouche de l'oignon	Piégeage	Identifier les insectes	Piégeage et identification des insectes par des spécialistes	CTIFL en ligne

⁵⁹ Non renseigné

Les cultures sous abri disposent de très peu d'outils d'aide à la décision pour la lutte chimique. Les travaux menés pour ces cultures, et visant à la réduction des produits phytosanitaires, se sont concentrés sur les insectes dans le cadre de la protection biologique intégrée en culture de tomates sous abri, ou sur la gestion du climat sous abri. Plus en aval, pour décider de la lutte chimique, notamment pour les maladies, les RdD et outils disponibles sont très rares. Il a été souligné, lors des entretiens, que pour la majorité des maladies de la tomate, les conditions favorables au développement des maladies sont peu connues (pour la pourriture grise, l'oïdium, la cladosporiose notamment). Il semble que ce soit le cas pour beaucoup de cultures légumières. Des modèles épidémiologiques pourraient permettre d'intervenir dès le début du développement des bioagresseurs, de manière plus raisonnée, et de limiter ainsi l'utilisation des produits phytosanitaires.

CONCLUSION en CULTURES LEGUMIERES

Il existe à notre connaissance très peu de règles de décision et d'outils d'aide à la décision en cultures légumières. Compte tenu de la forte utilisation de produits phytosanitaires pour ces cultures, il semble urgent d'élaborer des règles de décision et des outils d'aide à la décision et de diagnostic pour ces cultures, en particulier pour les **cultures de laitue sous abri et, dans une moindre mesure, de melon sous abri**. Pour les cultures légumières, le risque économique pour le producteur est très important : tout dégât visuel sur les produits se traduit par des pertes de récolte, et très rapidement par des pertes économiques. Compte tenu du rapport entre les prix de vente et le coût des produits phytosanitaires, la tolérance aux dégâts et aux dommages est généralement très faible. A l'heure actuelle, ces cultures sont essentiellement gérées par des programmes phytosanitaires (calendriers de traitements en fonction des stades phénologiques) appliqués à différents stades de la culture, sans prendre en compte les spécificités parcellaires ni les variations annuelles. Pour les cultures de tomates sous abri, des travaux ont été menés pour la gestion des ravageurs par des méthodes biologiques, et des règles de décision sont disponibles pour décider de l'opportunité de lutte chimique en dernier recours. Toutefois ces règles de décision mériteraient encore une meilleure explicitation.

En cultures de plein champ, très peu de règles de décision sont formalisées. Il semble que des règles de décision soient élaborées en partenariat entre les conseillers et les producteurs, dans leurs parcelles. Toutefois, dans les brochures et documents du conseil, ces RdD ne sont pas disponibles. Il serait intéressant de développer la formalisation et la diffusion des RdD utilisées, afin de les confronter et le cas échéant de les améliorer. De plus, la gestion de certains bioagresseurs inféodés aux parcelles pourrait être améliorée par des outils de diagnostic du risque de développement des épidémies. Il s'agit notamment de l'alternaria de la carotte, et des adventices, en culture de carottes et de poireaux, postes principaux d'utilisation de pesticides.

Les quelques règles de décision disponibles sont trop peu formalisées : les objectifs en terme de protection des cultures et les domaines de validités sont très

rarement explicités, et les techniques alternatives à la lutte chimique et/ou leurs effets sont trop peu pris en compte, au niveau des critères de décision des RdD de lutte chimique.

Enfin, les interventions chimiques en pépinière disposent, elles aussi, de très peu de RdD. Cela est dû au fait que les surfaces sont très faibles, et qu'une mauvaise maîtrise des bioagresseurs à ce stade cultural entraîne des difficultés tout au long de la culture. Toutefois, même si ces interventions concernent des surfaces peu importantes et qu'elles conditionnent la qualité sanitaire des plants, facteur essentiel pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires tout au long de la culture, la quantité d'utilisation des produits phytosanitaires pour ces interventions est très importante d'après INRA, 2009d. Il semble donc intéressant de les raisonner tout de même, même si cela peut être moins prioritaire par rapport aux autres travaux à conduire.

VII. LIMITES DE L'ETUDE

Etant donnés les choix réalisés pour conduire cette étude, la portée de ce travail comporte certaines limites qui sont rappelées dans ce chapitre. Ces limites peuvent être en partie expliquées par les choix réalisés (i) pour définir le périmètre de l'étude (ex : filières et cultures étudiées, types de règles de décision considérées), (ii) pour définir la méthodologie de recueil des règles de décision et son analyse (ex : sources d'informations, critères d'analyse).

L'objectif principal de l'étude est d'avoir un panorama des règles de décision pour la lutte chimique aujourd'hui diffusées dans le conseil afin d'identifier et de hiérarchiser les pistes de travail à encourager en termes de conception et de test de nouvelles règles de décision ou d'outils d'aide à la décision. Etant donnés les moyens disponibles pour réaliser ce travail, il n'a pas été possible de recueillir de manière exhaustive toutes les règles de décision ni même de considérer toutes les cultures pour lesquelles la lutte chimique est aujourd'hui utilisée. Cependant, les choix réalisés (cultures les plus consommatrices en produits phytosanitaires et représentant des surfaces importantes, bioagresseurs les plus problématiques) permettent d'avoir un état des lieux intéressant de la disponibilité en règles de décision et des besoins non pourvus. De plus, nous avons essayé d'élargir les conclusions élaborées sur la base des cas d'études considérés en discutant de la généricité des résultats obtenus.

Pour cette étude, l'accent a été mis sur les règles de décision et les outils d'aide à la décision pour décider de l'opportunité d'une intervention chimique, en travaillant par couple culture/bioagresseur. Cette approche focalisée sur la lutte chimique et par couple culture/bioagresseur peut générer un biais. En effet, une décision ne se prend pas uniquement en fonction d'une culture et d'un bioagresseur, mais intègre de multiples objectifs. Par exemple, il est rare que les bioagresseurs soient gérés indépendamment les uns des autres. Les stratégies de gestion de la protection des cultures sont davantage raisonnées pour un cortège de bioagresseurs.

De plus, considérer uniquement les décisions relatives à la lutte chimique, par couple culture/bioagresseur limite l'analyse de la cohérence des stratégies de gestion des bioagresseurs à l'échelle d'une culture et même du système de culture. En effet, ces stratégies de gestion n'incluent pas uniquement des méthodes de lutte chimique et peuvent mobiliser d'autres méthodes de lutte ou de contrôle des bioagresseurs. De ce point de vue, notre approche « règles de décision de lutte chimique par couple culture-bioagresseur » est un peu restrictive même si pour décrire les règles de décision considérées nous nous sommes attachés à décrire les autres règles de décision ou techniques pouvant interférer, ainsi que les éléments des systèmes de culture dans lesquels les règles de décision recueillies sont aujourd'hui proposées et utilisées. De manière plus générale, le cadre d'Ecophyto nous cantonne à la protection des cultures. Pourtant, les agriculteurs ne prennent pas de décisions uniquement par rapport à un axe stratégique de gestion des bioagresseurs de leur culture, et les règles de décision interfèrent les unes avec les autres. Prenons par exemple la décision relative à la date de semis qui relève de plusieurs fonctions ; elle intègrera des fonctions de protection des cultures mais aussi et avant tout des fonctions de production, de gestion du travail à l'échelle de l'exploitation.

Nous avons tenté de limiter ces biais à travers nos entretiens avec les conseillers et la confrontation entre leur expertise sur les pratiques des agriculteurs par rapport aux règles qu'ils leur proposent ; mais elle se heurte inévitablement aux limites de la connaissance par les conseillers des modes de décision des agriculteurs et de leurs pratiques.

Enfin, les RdD ont été recueillies à l'échelle pluriannuelle du système de culture, et non pas du système d'exploitation ce qui peut être un frein à l'opérationnalité des RdD recueillies lorsqu'elles sont déclinées uniquement à l'échelle de chaque parcelle, sans vision globale de l'ensemble des parcelles de la sole du système de culture, ni de l'exploitation agricole. En effet, cette échelle de travail ne permet pas de prendre suffisamment en compte des éléments de gestion du travail à l'échelle de l'exploitation, comme le matériel disponible ou les investissements. Or ces éléments sont forcément déterminants dans les choix des agriculteurs.

Concernant les sources d'informations mobilisées, nous nous sommes attachés à recueillir les principales règles de décision du conseil, tout en ayant conscience qu'elles ne sont pas toutes transparentes et que de plus il ne s'agit pas nécessairement de celles des agriculteurs. Nous nous sommes placés d'un point de vue de conseil technique, et non d'un point de vue de l'agriculteur dont la manière de prendre des décisions inclut des aspects organisationnels et des objectifs spécifiques à chaque agriculteur. Ainsi, nous avons étudié les règles de décision diffusées par le conseil, comme outils des conseillers travaillant à l'accompagnement des agriculteurs. Certains conseillers les utilisent telles quelles, d'autres les adaptent, les modifient pour proposer des règles de décision plus opérationnelles dans leur situation de conseil⁶⁰. La manière dont certains conseillers adaptent des règles de décision existantes, voire les réinventent, semble importante pour contribuer à améliorer les méthodes de conception et de test de règle de décision. Cependant, nous n'avons pas, dans le cadre de cette étude étudié et identifié ces processus de transformation des règles de décision. Dans certains cas, cette adaptation passe par une simplification importante de la règle décision. Par exemple, dans certains bulletins techniques, le conseiller renseigne des critères de décision en amont, et ne transmet qu'une règle de décision avec les critères restant, auxquels il n'a pas accès, et qui sont spécifiques à la parcelle ou à l'année (par exemple les conditions météorologiques des jours suivants) : la règle de décision ainsi simplifiée est plus opérationnelle pour l'agriculteur, mais ne favorise pas son apprentissage de tous les déterminants agronomiques. Ceci s'apparente davantage à un conseil prescriptif.

De plus, dans l'analyse des règles de décision recueillies, nous nous sommes uniquement intéressés à la représentation que se font les conseillers de l'utilisation des RdD du conseil par les agriculteurs, sans directement interroger des agriculteurs sur leur utilisation des RdD proposées par le conseil et leurs pratiques. Cette entrée par le conseil ne prétend donc pas étudier comment les agriculteurs décident réellement, mais plutôt identifier les outils auxquels ils ont accès via le conseil.

Les axes d'analyse ont été développés vis-à-vis d'une situation actuelle, et des connaissances des experts mobilisés (conseillers, chercheurs, responsables de la protection des végétaux). L'idéal aurait été de rechercher, pour chaque règle de décision, ses origines, les conditions de sa conception, et les tests et recherches qui ont été menés pour la mettre au point afin de valider les règles de décision aujourd'hui disponibles. Ce travail, réalisable pour quelques règles de décision n'était pas envisageable avec les moyens disponibles pour cette étude et l'accessibilité des informations pour l'ensemble des règles de décision recueillies. Une partie de l'analyse a toutefois consisté (i) à étudier la pertinence des règles de décision au vu des critères de décision qu'elles mobilisent, et (ii), à juger, via des entretiens, de l'adéquation de la règle de décision par rapport à son usage en relevant les cas de mise en échec de la règle de décision par la pratique.

⁶⁰ la diversité des contextes et des points de vue des conseillers et des agriculteurs est très grande, et ce recueil reste partiel

VIII. DISCUSSION DE LA GÉNÉRICITÉ DES RÉSULTATS

VIII.1 Catégories de critères de décision mobilisés pour caractériser les couples culture-bioagresseur

Afin de discuter la généralité du travail réalisé et des propositions de travail formulées au vu des RdD recueillies par couple culture-bioagresseur, nous avons réalisé une typologie des couples étudiés en regroupant les couples dont la pertinence des RdD repose sur le même ensemble de catégories de critères de décision.

Neuf catégories de critères de décision ont été identifiées, 5 sont issues de l'observation de la parcelle au cours de la campagne culturale (observation du bioagresseur ou de ses dégâts, observation d'autres bioagresseurs, observation des auxiliaires et observation de l'état de la culture), et les 4 autres concernent l'observation récente du bioagresseur en dehors de la parcelle, l'historique de la parcelle et la météorologie :

- **Présence du bioagresseur dans la parcelle** : observation de la présence du bioagresseur, directe ou avec des outils (pièges mécaniques, pièges à phéromones, analyse de sol pour mesurer un inoculum, kit pétale...);
- **Observation des dégâts dus au bioagresseur** : critères de décision mobilisant un constat de dégât visuel à la parcelle (pour les maladies : symptômes; pour les ravageurs : morsures sur feuilles...);
- **Observation des autres bioagresseurs** : critères de décision mobilisant la prise en compte d'autres bioagresseurs, non ciblés directement par la décision, pour décider d'intervenir; cette catégorie de critères de décision permet de prendre en compte les interactions et les effets cumulatifs de plusieurs bioagresseurs pour décider d'une intervention chimique;
- **Observation des auxiliaires** : critères de décision mobilisant la prise en compte des auxiliaires en vue de favoriser les régulations biologiques à court ou moyen terme;
- **Etat végétatif de la culture** : critères de décision mobilisant l'état végétatif de la culture : densité de peuplement, croissance, pousse, vigueur, volume du feuillage, maturité... (le stade phénologique n'est pas pris en compte comme critère de décision mais est intégré en tant que bornes temporelles des RdD);
- **Observation régionale du bioagresseur** : observation du bioagresseur, ou de ses dégâts, directement ou avec des pièges, mais à l'extérieur de la parcelle (au niveau de la région par exemple, chez des voisins, par des réseaux de surveillance...);
- **Historique du bioagresseur dans la parcelle** : présence, dégâts ou dommages du bioagresseur constatés les années précédentes, dans la parcelle;
- **Historiques des pratiques** : techniques (autres que la lutte chimique ou pas) mises en œuvre avant la décision ou dont la mise en œuvre future est décidée, et qui sont mobilisées comme critère de décision (exple : choix variétal, labour, date de semis...); cette catégorie est parfois séparée en sous-catégories : historique des pratiques phytosanitaires vs historique des pratiques non phytosanitaires pour la culture en cours, vs historique des pratiques sur les cultures et campagnes antérieures.
- **Données météorologiques utiles pour l'épidémiologie du bioagresseur** : données météorologiques pour renseigner un outil, ou un modèle même rudimentaire ("si pluie, intervenir": un modèle est sous-jacent à cette règle de décision);

Partant de l'hypothèse que la biologie du bioagresseur et son interaction avec la culture vont influencer la pertinence de chacune de ces catégories de critères de décision, nous avons regroupé les couples de culture-bioagresseur relevant de la même combinaison de catégories de critères de décision les plus pertinents pour décider de l'opportunité d'une intervention chimique. Nous avons ensuite cherché à identifier les traits fonctionnels communs à ces différents couples pouvant être à l'origine de cette communauté de critères de décision *a priori* pertinents dans les RdD. Par exemple, des critères de décision relatifs à l'historique du bioagresseur et des pratiques sont très pertinents pour des bioagresseurs inféodés à la parcelle et peu mobiles comme les adventices ou l'aphanomyces, mais le sont beaucoup moins pour des bioagresseurs très mobiles qui colonisent la parcelle par l'extérieur et dont la présence peut varier d'une année sur l'autre, comme les pucerons. L'ensemble des couples culture-bioagresseur mobilisant les mêmes critères de décision les plus pertinents sont ainsi regroupés et caractérisés.

L'identification, pour chaque couple culture-bioagresseur, des critères de décision les plus pertinents pour décider de l'opportunité de la lutte chimique et à mobiliser dans les RdD idéales (du point de vue de la protection des cultures et de la limitation de l'utilisation des produits phytosanitaires, sans contrainte d'organisation du travail, d'investissement, de limites de connaissances) a été réalisée lors d'ateliers mobilisant différents experts, pour les filières grande culture, viticulture, arboriculture fruitière. Dans ces mêmes ateliers nous avons cherché à identifier des groupes homogènes de couple culture-bioagresseur du point de vue des critères de décision.

VIII.2 Les types identifiés en grandes cultures

En grandes cultures, nous avons pu regrouper les couples culture-bioagresseur selon quatre grands types qui semblent se démarquer (cf. Annexe XXVI). Deux caractéristiques principales des bioagresseurs semblent déterminantes sur les critères de décision pertinents dans les règles de décision d'opportunité de lutte chimique en grande culture : (i) la possibilité ou pas d'intervenir avec efficacité par lutte chimique après l'observation du bioagresseur ou de ses dégâts dans la parcelle, et (ii) le nombre de cycles du bioagresseur pendant la campagne culturale.

En effet, d'une part, pour certains bioagresseurs, on peut **intervenir après les dégâts** alors que pour d'autres, on doit **intervenir avant les dégâts**, soit pour des problèmes d'**efficacité des interventions post-dégâts** (curativité des produits, difficultés à atteindre le bioagresseur avec les produits...), soit car les **dommages de récolte surviennent dès l'arrivée des dégâts ou avant** (en lien avec la dynamique épidémiologique du bioagresseur dans la culture).

D'autre part, les bioagresseurs effectuent un ou plusieurs cycles sur la culture : monocycliques versus polycycliques

Le Tableau 66 présente les critères de décision les plus importants à mobiliser dans les règles de décision d'opportunité d'intervention chimique en fonction des caractéristiques des couples culture – bioagresseur d'après la typologie réalisée en grandes cultures.

Tableau 66 : Critères de décision les plus pertinents à mobiliser dans les règles de décision d'opportunité de lutte chimique en grandes cultures en fonction des caractéristiques des types de couple culture-bioagresseur en grandes cultures. *Les différents couples étudiés et leur répartition selon cette typologie sont présentés en Tableau 67*

Caractéristiques des couples culture-bioagresseur		Critères de décision les plus pertinents à mobiliser dans les RdD en fonction des caractéristiques des couples culture-bioagresseur				
Type d'intervention chimique	Type de bioagresseur	Critère non spécifique	Critères spécifiques au type		Critères particuliers de certains couples au sein d'un type	
Intervention avant dégât 10 couples	Monocycliques (7 hors tournesol /phomopsis)	Données météo	Observation du bioagresseur à la parcelle	Rien	+ historique. Bioag. (4/7) + historique. Pratiques (2/7) + état végétatif (4/7)	
	Polycycliques 2 couples			Observation du bioagresseur dans la région	+ historique. Pratiques (1/2)	
Intervention après dégât 12 couples	Monocycliques 4 couples		Observation des dégâts	Auxiliaires et état végétatif		+ observation du bioagresseur à la parcelle. (2/4 ⁶¹)
	Polycycliques 7 couples			Historique des pratiques		+ état végétatif (4/7) + observation. du bioag. (3/7)

Les **conditions météorologiques** constituent un critère de décision commun à tous les couples étudiés en grandes cultures. A ce critère, d'autres sont ajoutés, en fonction des caractéristiques identifiées dans chaque type de couple culture-bioagresseur :

- Pour les bioagresseurs polycycliques pour lesquels l'intervention est possible après l'observation des dégâts (cf. Tableau 175, Annexe XXVI) il semble (i) toujours pertinent de mobiliser comme critères de décision **l'observation des dégâts, l'historique des pratiques** et, (ii) parfois pertinent de mobiliser l'état végétatif et l'observation du bioagresseurs (3 couples parmi les 7), et l'état végétatif (un couple parmi les 7) ;
- Pour les bioagresseurs monocycliques pour lesquels l'intervention est possible après l'observation des dégâts (cf. Tableau 176, Annexe XXVI), il semble (i) toujours pertinent de mobiliser comme critères de décision **l'observation des dégâts, l'observation des auxiliaires et l'état végétatif**, (ii) parfois pertinent de mobiliser l'observation du bioagresseur à la parcelle (2 couples parmi les 4).
- Pour les bioagresseurs polycycliques pour lesquels l'intervention est préférable avant l'observation des dégâts (cf. Tableau 177, Annexe XXVI), il semble (i) toujours pertinent de mobiliser comme critères de décision **l'observation du bioagresseur à la parcelle, l'observation du bioagresseur dans la région**, et (ii) parfois pertinent d'y ajouter l'historique des pratiques (un couples parmi les 2).
- Pour les bioagresseurs monocycliques pour lesquels l'intervention est préférable avant l'observation des dégâts (cf. Tableau 178, Annexe XXVI), il semble (i) toujours pertinent de mobiliser comme critère de décision **l'observation du bioagresseur à la parcelle**, et

⁶¹ Les 2 autres sont controversés pour obs. du bioag.

(ii) parfois pertinent d'y ajouter l'historique du bioagresseur et l'état végétatif (pour 2 couples parmi les 7), l'historique des pratiques et l'historique du bioagresseur (pour 1 couple sur les 7), l'historique des pratiques et l'état végétatif (pour 1 couple sur les 7) et l'historique du bioagresseur (pour un couple sur les 7).

Au-delà de ces types principaux, regroupant la majorité des couples culture bioagresseur étudiés, d'autres couples culture-bioagresseur de notre échantillon ne semblent correspondre à aucun des 4 types identifiés et décrits ci-dessus (Tableau 179, Annexe XXVI). Peut-être justifient-ils des types spécifiques ; cependant, ne disposant pas de cas d'études suffisants, nous pouvons difficilement conclure.

Les couples maïs/scutigérelles, maïs/taupin et betterave/pégomyie pourraient tous les trois faire partie d'un **cinquième type, relatif aux bioagresseurs enfouis dans le sol**. Il reste à étudier plus précisément leurs besoins spécifiques en critères de décision pour des règles de décision pertinentes, pour confirmer qu'ils correspondent à un type spécifique.

Il faudrait également rajouter un **sixième type regroupant les bioagresseurs gérés (entre autres) par des traitements de semences** : le couple betterave/traitements de semences contre les pucerons verts pourrait appartenir à ce groupe, relatif aux décisions concernant les traitements de semences (seul cas de l'échantillon sur lequel nous avons réalisé la réflexion sur les critères de décision les plus pertinents à mobiliser).

Enfin, un **septième groupe serait constitué des couples cultures-adventices** dans les successions culturales de grandes cultures, et plus généralement des cultures assolées (Tableau 179, Annexe XXVI).

Pour trois des quatre types principaux énoncés plus haut, de manière générale, même si quelques améliorations sont possibles, la majorité des couples culture-bioagresseur étudiés dispose actuellement de RdD mobilisant les critères de décision les plus pertinents, et importants. Le Tableau 67 récapitule les pistes de travail identifiées pour les règles de décision en grandes cultures, par type.

Tableau 67 : Pistes de travail identifiées regroupées par type de couples culture - bioagresseur pour les grandes cultures. En rouge, les couples pour lesquels les besoins en travaux sur les règles de décision sont jugés prioritaires

Type identifié	Couple	Pistes de travail
Polycyclique - Intervention après les dégâts	Céréales à pailles/rouille brune	<i>Sans objet</i>
	Céréales à pailles/rouille jaune	<i>Sans objet</i>
	Céréales à pailles/piétin verse	<i>Sans objet</i>
	Céréales à pailles/ septoriose	<u>Lever les contradictions</u>
	Céréales à pailles / oïdium	<u>Lever les contradictions</u>
	Orge/helmintho et rhyngo	<i>Sans objet</i>
	Colza/alternaria	<i>Sans objet</i>
	Colza / Charançon des sililques	<u>Lever les contradictions</u>
	Colza / pucerons cendrés	<u>Lever les contradictions</u>
	Colza/grosses altises	<u>Lever les contradictions</u>
Monocyclique - Intervention avant les dégâts	Colza/Méligèthes	Revisiter les seuils RdD d'opportunité de lutte chimique dans le cadre de systèmes de culture aux objectifs plus diversifiés
	Colza/sclerotiniose	Mieux caractériser les critères de décision concernant la météo (hygrométrie dans la parcelle) et trouver des méthodes pour renseigner ce critère
	Céréales à pailles/cécidomyie	<u>Conception de RdD</u> qui doit passer par des travaux sur les fonctions dégât-dommages et dommages-perles qui sont assez mal connues pour la cécidomyie
	Féverole alimentation humaine/ bruche	<u>Ajout de critères de décision</u> : un relatif aux auxiliaires de culture, et un autre relatif à la présence du bioagresseur à la parcelle, renseignés de manière quantitative ; cette conception de RdD doit être accompagnée de la production de connaissances concernant la bruche
	Betterave / pucerons verts en culture	<i>Sans objet</i>
	Colza/charançon de la tige du colza	<u>Ajout de critères de décision</u> relatifs aux données météorologiques et à l'historique du bioagresseur dans les parcelles voisines
	Colza/charançon du bourgeon terminal	<u>Ajout de critères de décision</u> relatifs aux données météorologiques et à l'historique du bioagresseur dans les parcelles voisines
Polycyclique - intervention avant les dégâts	Céréales à pailles/fusariose des épis	<i>Sans objet</i>
	Maïs/pyrale	<i>Sans objet</i>
Monocyclique - Intervention après les dégâts	Blé/puceron d'automne	<i>Sans objet</i>
	Féverole/sitone	<i>Sans objet</i>
	Céréales à pailles/ limaces grises	<u>Lever les contradictions</u> <u>Ajout de critères de décision</u> : auxiliaires
	Colza/limaces grises	<u>Lever les contradictions</u> <u>Ajout de critères de décision</u> : auxiliaires, météo
Traitement de semences?	Betterave/pucerons verts – traitements de semences	<u>Elaborer des outils</u> (par exemple des grilles de risque associées à des RdD) afin de pouvoir distinguer des parcelles à risque de parcelles sans risque
Adventices?	Toutes cultures/adventices	<u>Travail de formalisation</u> : identification d'objectifs, hiérarchisation et combinaisons de critères de décision, explicitation de domaines de validité à associer à ces RdD
Ravageurs du sol ?	Maïs/scutigérelles	<i>Sans objet</i>
	Maïs/taupin	<i>Sans objet</i>
	Betterave/ pégomyie	<i>Sans objet</i>

Pour les **bioagresseurs polycycliques pour lesquels l'intervention est possible après les dégâts**, en particulier, les règles de décision recueillies sont très nombreuses et mobilisent dans l'ensemble les critères de décision les plus pertinents. Toutefois, ces règles de décision sont souvent contradictoires les unes par rapport aux autres. Les travaux à encourager semblent généralement s'orienter vers la **levée de ces contradictions**, soit par l'explicitation et la délimitation de domaines de validité distincts, soit par l'explicitation d'objectifs distincts pour chaque règle, soit si ces deux premières pistes ne permettent pas de lever les contradictions, par l'harmonisation de ces règles de décision (identification de la meilleure par exemple). Par exemple, pour le couple colza/méligèthe appartenant à ce type, les travaux à mener consistent à retravailler les seuils des solutions des règles de décision, pour en proposer certains mieux adaptés à des systèmes de culture plus économes en intrants, dans lesquels des techniques alternatives sont mises en œuvre.

Pour **les bioagresseurs monocycliques pour lesquels l'intervention est possible après l'observation des dégâts** (exemple du couple céréales à pailles / limaces), les règles de décision disponibles mobilisent généralement les critères de décision les plus pertinents, mais elles pourraient encore être enrichies par l'ajout d'autres critères (notamment auxiliaires pour ce couple). La principale voie d'amélioration des règles de décision existantes consiste à lever les contradictions entre les règles de décision disponibles.

Pour les **bioagresseurs polycycliques pour lesquels il faut intervenir avant les dégâts** seulement 2 couples ont été étudiés, ce qui rend difficile la proposition de pistes de travail génériques. De plus, ces 2 couples n'ont pas été identifiés comme prioritaires pour la réalisation de travaux sur les règles de décision, soit parce que les interventions phytosanitaires les ciblant sont relativement peu nombreuses, soit parce que les règles de décision disponibles sont plutôt satisfaisantes.

Par contre, concernant **les couples à bioagresseur monocycliques pour lesquels l'intervention n'est possible qu'avant l'observation des dégâts**, le bilan est moins positif. C'est ce type qui semble poser le plus de difficultés pour la mise au point de RdD, et c'est au sein de ce type que se retrouvent la majorité des couples qui ne disposent pas de RdD pertinentes du point de vue des critères de décision mobilisés. Les travaux à encourager sont assez diversifiés (**ajout de critères de décision, meilleure caractérisation de certains critères**) et sont souvent **difficiles à identifier**, par manque de connaissances sur ces bioagresseurs : faut-il prendre en compte l'historique de la parcelle ? Les conditions météorologiques ? Quel(s) élément(s) de la météo ?

Enfin, pour les types secondaires (Tableau 179, Annexe XXVI) soit **adventices** et **les traitements de semences**, il semble réellement nécessaire de concevoir et formaliser des règles de décision et des outils d'aide à la décision, tandis que **pour les ravageurs du sol** étudiés, nous n'avons pas identifié de priorité.

Cette typologie, construite sur la base de cas d'études grandes cultures n'a pas pu être appliquée aux cultures pérennes. Nous avons donc tenté d'élaborer une typologie propre à ces cultures, présentée ci-dessous.

VIII.3 Typologie en cultures pérennes

Le travail de typologie en cultures pérennes a été réalisé après les ateliers de travail et les experts n'ont pas pu y contribuer. De plus, le nombre de cas d'étude plus limité qu'en grande culture n'a pas permis ni d'aller jusqu'à une caractérisation complète des types obtenus, ni de proposer des pistes de travail par type. Nous pouvons toutefois proposer les types suivants (cf. Annexe XXVII) :

Un 1^{er} type regroupe les couples culture – bioagresseur pour lesquels les critères de décision les plus pertinents à mobiliser sont **les auxiliaires de culture, l'observation des dégâts et l'observation du bioagresseur** à la parcelle (ces deux derniers étant tour à tour plus ou moins pertinents au cours de la campagne). Ces couples culture-bioagresseur (cf. Tableau 180) semblent correspondre **aux ravageurs des cultures pérennes qui disposent d'auxiliaires pour leur régulation biologique.** Dans cette catégorie nous trouvons deux cas isolés : le couple vigne/acariens de l'acariose, et le couple vigne/ acariens rouges et jaunes, couples qui ne mobilisent pas l'observation du bioagresseur dans la parcelle pour l'un et l'observation des dégâts pour l'autre comme critère pertinent, à aucun moment de la campagne.

Par opposition, le deuxième type est constitué des **ravageurs qui ne disposent pas d'auxiliaires pour leur régulation biologique** (cf. Tableau 181). Nous avons deux couples dans ce type, vigne/mange-bourgeon et pommier/carpocapse, couples qui mobilisent tous les deux **l'observation des dégâts**, mais qui sont très différents pour les autres critères de décision les plus pertinents (état végétatif de la culture pour le premier, et présence du bioagresseur dans la parcelle, observations régionales, données météorologiques et historique des pratiques pour le second).

Le troisième type identifié (cf. Tableau 182) regroupe les couples cultures/bioagresseur qui mobilisent comme critères de décision principaux **l'état végétatif de la culture et les données météorologiques**, et de façon graduelle **l'observation des dégâts et des autres bioagresseurs** (pertinence croissante de ce critère au fur et à mesure de l'avancée de l'épidémie) et **les observations régionales** (pertinence décroissante de ce critère au fur et à mesure de l'avancée de l'épidémie). Les couples constituant ce type sont **les maladies polycycliques des cultures pérennes qui sont présentes et nuisibles durant une longue période lors de la campagne culturale.** Le couple vigne/oïdium, qui a les mêmes caractéristiques, n'a pu être rapproché de ce type du point de vue des critères de décision les plus pertinents à mobiliser. Il constitue donc un cas isolé. Le manque de connaissance concernant l'épidémiologie, et donc la gestion des interventions phytosanitaires a été souligné pour ce couple, durant les ateliers de travail.

Le quatrième type (Tableau 183) identifié regroupe des couples culture/ bioagresseur qui mobilisent comme critères de décision les plus pertinents **l'historique du bioagresseur et l'historique des pratiques**. Il s'agit des **maladies monocycliques des cultures pérennes pour lesquelles il faut intervenir avant les dégâts** (l'épidémiologie de la maladie et les produits disponibles ne permettant pas d'intervenir une fois les dégâts apparus). Nous n'avons toutefois que deux couples dans ce type.

Enfin le cinquième type identifié (cf. Tableau 184) regroupe les couples culture/bioagresseur qui mobilisent comme critères de décision les plus pertinents **l'observation des dégâts, l'historique du bioagresseur, les données météorologiques, et l'historique des pratiques phytosanitaires**. Ce type regroupe, parmi nos cas d'étude, **une maladie monocyclique pour laquelle on peut intervenir après les dégâts**, et des **maladies qui sont gérées par des interventions ciblant d'autres maladies**, et qui, en conséquence, s'expriment assez peu dans les SdC actuels.

Tableau 68 : Pistes de travail identifiées regroupées par type de couples culture - bioagresseur pour les cultures pérennes. En rouge, les couples pour lesquels les besoins en travaux sur les règles de décision sont jugés prioritaires

Couple		Pistes de travail
Ravageur disposant d'auxiliaires permettant les régulations biologiques		
Pommier/ Pucerons cendrés	A l'automne	<u>Ajout de critères de décision</u> : prise en compte de techniques alternatives <u>Mise au point de modèles biologiques</u> pour dater plus précisément le retour des pucerons adultes Mise au point de ces RdD en lien avec l'épidémiologie des pucerons cendrés, et notamment avec les fonctions dégâts-dommages-pertes.
	Pré-floraison	Si produits curatifs, utilisation de l'observation des dégâts comme critère; dans tous les cas, besoins de connaissances concernant les fonctions dégâts-dommages- pertes.
	Post-floraison	<u>Ajout de critères de décision</u> permettrait une amélioration des RdD : la précocité de la variété et l'état végétatif; Enfin, une évaluation de la diminution de la sensibilité des pommiers aux pucerons au cours de la saison permettrait <u>une plus grande précision pour définir les bornes temporelles des RdD</u> , en particulier en fonction des variétés et des conditions parcellaires.
Vigne / tordeuses	Génération 1	
	Génération 2	<u>La conception et la validation de RdD</u> qui prennent en compte l'activité des générations précédentes de la tordeuse, et les auxiliaires de culture
Pommier/ <i>Cas isolé : vigne</i>	pucceron lanigère <i>acariens acariose acariens rouges et jaunes</i>	<i>Sans objet</i> <i>Sans objet</i> <i>Sans objet</i>
Ravageur sans auxiliaire		
Vigne/mange bourgeon		<i>Sans objet</i>
Pommier /Carpocapse		<i>Sans objet</i>
Maladie monocyclique pour laquelle on peut intervenir après les dégâts OU maladie gérée par des interventions ciblant d'autres maladies		
Vigne/excoriose		<i>Sans objet</i>
Vigne/black rot		<i>Sans objet</i>
Pommier/oïdium		<i>Sans objet</i>
Maladie polycyclique présente durant une grande période de la campagne		
Vigne/ mildiou	1ère intervention	<u>Ajout de critères de décision</u> : estimation de l'intensité des contaminations, à travers la quantification d'un inoculum parcellaire, et, pour cela, élaboration de méthodes pour mesurer cet inoculum
	Renouvellement	<u>Ajout de critères de décision</u> : combinaison des interventions contre mildiou et oïdium afin d'améliorer l'opérationnalité des RdD
	Après fermeture de la grappe	<u>Ajout de critères de décision</u> : l'observation des dégâts combinée à l'observation des autres bioagresseurs, à l'état végétatif et aux données météorologiques <u>Explicitation des résultats attendus</u> et de seuils d'intervention correspondant
Pommier / tavelure	Contaminations primaires	<u>Ajout de critères de décision</u> : mise en œuvre de mesures prophylactiques (ainsi que la prise en compte des différences de sensibilités variétales comme élément de contexte). <u>Améliorer la caractérisation des critères</u> : précision des prévisions météorologiques ; critère météorologique enrichi en prenant en compte l'effet de la météo hivernale sur l'inoculum, la différence de pouvoir contaminant entre pluies diurnes et nocturnes et enfin les effets de la météo sur la viabilité des spores non germées ; précision du critère de décision concernant l'état végétatif avec la mise au point d'outils opérationnels pour mesurer la croissance des plantes et une meilleure précision de la détermination du niveau de projection des ascospores
	Contaminations secondaires	<u>Ajout de critères de décision</u> ; état végétatif et maladies de conservation <u>Meilleure formalisation des objectifs</u> associés aux critères de décision actuellement utilisés : niveau de tolérance aux dégâts visuels sur fruits c'est-à-dire aux dommages de récolte, en lien avec les débouchés et les objectifs de production, à relier à des seuils. <u>Meilleure caractérisation des critères de décision</u> utilisés: éléments météorologiques pour caractériser des épisodes pluvieux contaminants <u>Evolution du seuil du critère</u> "observation des dégâts" (sur feuille et sur fruit) au fur et à mesure de la saison, en fonction de la sensibilité variétale.
Vigne / oïdium	1ère intervention	<u>Ajout de critères de décision</u> comme la date probable de la contamination et la quantification de cette contamination
	Renouvellement	<u>Ajout de critères de décision</u> comme la date probable de la contamination et la quantification de cette contamination
	Arrêt	<u>Ajout de critères de décision</u> : l'observation des dégâts combinée à l'observation des autres bioagresseurs <u>Explicitation des résultats attendus</u> et de seuils d'intervention correspondant
Maladie monocyclique inféodée à la parcelle et pour lesquelles il faut intervenir avant les dégâts		
Vigne / Botrytis		<i>Sans objet</i>
Vigne/rougeot parasitaire		<i>Sans objet</i>
Adventices?		
Vigne/adventices		<u>Mise au point de règles de décision d'adaptation annuelle des programmes herbicides</u> . Ces RdD doivent être formalisées conjointement avec les techniques d'entretien du sol dont le rôle sur la maîtrise des adventices est essentiel. La construction de ces RdD, devra pouvoir s'appuyer sur de nouvelles connaissances sur la nuisibilité directe et indirecte des principales adventices.

Les pistes de travail identifiées pour les cultures pérennes étant très spécifiques de chaque couple, et le nombre de couples dans chaque type étant relativement faible, il n'a pas été possible de dégager de généralité concernant ces pistes de travail, comme cela a été fait en grandes cultures (cf. Tableau 68).

Conclusion sur la généralité des résultats

Ainsi, nous avons pu identifier douze types de couples culture-bioagresseur. Pour six d'entre eux, des pistes de travail généralistes semblent se dégager :

- **Les bioagresseurs monocycliques des cultures annuelles pour lesquels l'intervention est préférable avant l'observation des dégâts : ces couples sont les moins bien pourvus en règles de décision et les travaux à encourager sont divers : ajout de critères de décision, définition des critères de décision à ajouter, meilleure caractérisation de ces critères de décision...**
- **Les adventices en cultures annuelles, qui nécessitent la formalisation de règles de décision complexes et multicritères ;**
- **Les traitements de semences des bioagresseurs des cultures annuelles : les travaux à encourager concernent l'identification de critères de décision et la mise au point de règles de décisions ;**
- Les bioagresseurs polycycliques des cultures annuelles pour lesquels l'intervention est possible après l'observation des dégâts : il conviendrait d'encourager des travaux pour lever les contradictions entre les différentes règles de décision existantes ;
- Les bioagresseurs monocycliques des cultures annuelles pour lesquels l'intervention est possible après l'observation des dégâts : il conviendrait d'encourager des travaux orientés vers l'ajout de critères de décision relatifs aux auxiliaires de culture et vers la levée des contradictions entre les différentes règles de décision existantes ;
- Les bioagresseurs polycycliques des cultures annuelles pour lesquels l'intervention est préférable avant l'observation des dégâts : d'après nos cas d'étude, ces couples ne semblent pas prioritaires pour la réalisation de travaux sur les règles de décision ;

Ce travail de typologie et cette discussion sur la généralité des travaux réalisés semblent prometteurs et nécessiteraient des travaux supplémentaires : ajout de cas d'étude diversifiés, tests sur la validité de ces pistes de travail par rapport à d'autres couples culture/bioagresseur, meilleure caractérisation des types pour les cultures pérennes.

IX. CONCLUSIONS DE L'ETUDE

La réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires peut être envisagée selon trois moyens : (i) l'adaptation des objectifs de maîtrise des bioagresseurs (Lucas *et al.*, 2007), (ii) l'amélioration des raisonnements de la lutte chimique et (iii) la mobilisation de moyens de lutte ou de contrôle alternatifs à la lutte chimique (lutte biologique, lutte physique, contrôle génétique et contrôle cultural (Aubertot *et al.*, 2005a). Cette étude nous a permis d'étudier la manière dont ces trois moyens sont abordés à travers les règles de décision et les outils d'aide à la décision de lutte chimique aujourd'hui disponibles.

Le recueil et l'analyse des règles de décision et outils d'aide à la décision ont permis de montrer, que les objectifs de maîtrise des bioagresseurs sont très rarement explicités dans les règles de décision. La règle de décision vise-t-elle à minimiser les dégâts visuels à court terme ? À minimiser les dommages de récolte ou plutôt à minimiser les pertes économiques (Zadoks, 1985) ? Inclut-elle uniquement ces objectifs à court terme relatifs à des niveaux de tolérance aux dégâts, dommages ou pertes, ou comporte-t-elle également des objectifs de maîtrise des bioagresseurs à plus long terme ? En effet, le niveau de tolérance aux dégâts, dommages et pertes pour la campagne peut être adapté en fonction d'objectifs à plus long terme : par exemple, pour les adventices, on peut refuser de tolérer des dégâts visuels, pour éviter des dommages les années suivantes (à cause du risque d'augmentation du stock semencier) tandis que pour certains insectes, on peut parfois préférer tolérer des pertes économiques dans une certaine limite, pour favoriser les régulations biologiques à moyen-terme, et ainsi maîtriser les insectes avec moins d'insecticide et grâce aux régulations biologiques avec un objectif de limitation des dommages de récolte les années suivantes.

Les objectifs de maîtrise des bioagresseurs restent généralement dans le domaine de l'implicite. D'autre part, quand les RdD sont bien formalisées avec des objectifs explicites, elles sont généralement définies pour un seul type d'objectif. Ainsi, **la disponibilité en règles de décision d'opportunité d'intervention chimique ne répond pas à la diversité des objectifs et des résultats attendus des agriculteurs, et en particulier des agriculteurs qui innovent** (Petit *et al.*, 2012). Il y a certainement des voies pour intégrer la diversité des objectifs des agriculteurs, dans les outils et préconisations proposés aujourd'hui par le conseil.

Une partie de ces objectifs est toutefois prise en compte implicitement à travers l'utilisation et le conseil de seuils d'intervention. En effet, ces seuils d'intervention sont construits à partir des seuils de nuisibilité, qui correspondent à l'atteinte du premier dommage, c'est-à-dire au niveau de dégâts au-delà duquel une perte de rendement est constatée. A ces seuils de nuisibilité, sont intégrés le coût d'une intervention et la dynamique de développement du bioagresseur, pour définir un seuil d'intervention : seuil de dégâts au-delà duquel la perte de récolte est économiquement plus élevée que le coût d'intervention, où au-delà duquel on ne sera plus capable de maîtriser ce bioagresseur (en fonction des produits phytosanitaires disponibles par exemple). Les objectifs associés à ces derniers seuils d'intervention, lorsqu'ils prennent bien en compte tous ces paramètres, sont donc implicitement de maximiser la marge brute et correspondent à des résultats attendus de perte économique nulle.

Cette non-explicitation des objectifs et résultats attendus de ces règles de décision ne signifie pas qu'elles n'en ont pas. Elle masque une unicité d'objectif des règles de décision proposées aux agriculteurs : quelle est cette unicité ? Concerne-t-elle la minimisation des dégâts visuels ? Des dommages de récoltes ? Des pertes économiques ? Dans tous les cas, ce manque de diversité ne permet pas de répondre à la diversité des objectifs des agriculteurs et les règles de décision qui leur sont proposées sont donc inadaptées aux objectifs d'une partie d'entre eux.

De façon générale, le domaine de validité des règles de décision est rarement explicité. Sans remettre en cause les RdD existantes, la connaissance des limites du domaine de validité de ces RdD serait probablement le gage d'une meilleure confiance dans les préconisations qui en découlent, en permettant aux agriculteurs d'accepter le fait que dans certaines conditions ces préconisations ont leurs limites, notamment dans les situations où ces RdD n'ont pas été testées.

Comment les techniques alternatives à la lutte chimique qui sont mises en œuvre sont-elles prises en compte dans les RdD de lutte chimique ? Les techniques alternatives déjà décidées (déjà réalisées, ou prévues après l'intervention chimique) sont parfois prises en compte dans les règles de décision d'opportunité d'intervention chimique. Pour cela, les critères de décision intègrent soit directement la(les) technique(s) alternative(s), soit l'état de la parcelle (culture et/ou bioagresseur) qui résulte de la mise en œuvre de ces techniques. Un critère de décision basé sur une observation de l'état de la parcelle, permet non seulement la prise en compte de la mise en œuvre de la technique, mais aussi celle de son effet sur l'état du peuplement ou la maîtrise du bioagresseur. Ainsi en céréales d'hiver comme en viticulture, en arboriculture fruitière et en cultures légumières, des techniques de contrôle cultural sont proposées (d'atténuation par exemple) et leurs résultats sur l'état végétatif du couvert et/ou sur l'inoculum ou le développement des populations de bioagresseurs sont intégrés comme critère de décision dans des RdD d'opportunité d'intervention chimique ou d'adaptation des doses de produits phytosanitaires. Toutefois, ce n'est pas toujours possible : les effets de ces techniques ne sont pas toujours mesurables au moment de la décision, ou la mise en œuvre de ces techniques n'est envisagée qu'après l'intervention chimique. Les exemples suivants présentent différentes modalités de prise en compte des techniques alternatives dans les règles de décision d'opportunité d'intervention chimique :

- Des RdD dont au moins un critère de décision prend en compte les effets des techniques alternatives déjà réalisées : la RdD d'opportunité d'intervention molluscicide contre les limaces en grandes cultures intègre comme critère de décision principal le nombre de limaces piégées dans la parcelle qui résulte de la survie des œufs après le travail du sol, utilisé comme technique alternative ;

- Des RdD dont au moins un critère de décision fait référence explicitement à une technique alternative mise en œuvre : la RdD d'opportunité d'intervention fongicide contre la fusariose en blé intègre comme critère de décision le précédent cultural et le recours ou non au labour, deux techniques de contrôle cultural, dont dépend la pression de la fusariose, qui sont mises en œuvre avant la lutte chimique et dont les effets sur le champignon ne sont pas observables au moment de la prise de décision ;

- Des RdD dont les critères de décision font référence à des techniques alternatives prévues, mais qui n'ont pas encore été réalisées au moment de la prise de décision de l'intervention chimique : nous n'avons pas d'exemple de RdD aujourd'hui disponible et formalisée à proposer pour ce dernier point, mais les RdD d'opportunité d'intervention herbicide en grandes cultures devraient, si elles étaient formalisées, y répondre. En effet la décision d'appliquer un herbicide intègre l'état de la flore adventice pour juger de la nuisibilité directe mais également les autres méthodes mises en œuvre pour

gérer cette flore dans le futur (espèce de la culture suivante dans la succession et moyens de lutte mobilisables, travail du sol prévu en interculture, ...) ⁶² ;

Ces techniques alternatives ou leurs effets mériteraient d'être plus systématiquement intégrées dans les critères de décision des RdD d'opportunité d'intervention chimique.

La prise en compte des interactions entre les populations d'auxiliaires et de bioagresseurs (généralement les ravageurs), est une autre voie pour envisager la réduction d'utilisation des produits phytosanitaires en favorisant les régulations biologiques comme autre moyen de maîtrise des bioagresseurs, comme par exemple la RdD d'opportunité d'intervention insecticide contre le puceron des épis du blé, au printemps (cf Tableau 79, p. 256, Annexe VII). Même si la thématique se développe, comme en grandes cultures, par exemple, où des travaux sont menés sur l'effet de certains auxiliaires comme les carabes sur les limaces et sur les semences d'adventices (Bohan *et al.*, 2011), elle est à l'heure actuelle assez peu prise en compte dans les décisions d'opportunité d'intervention chimique et peu de règles de décision intégrant en critère de décision l'observation des auxiliaires sont aujourd'hui formalisées et disponibles. De plus, l'effet des interventions chimiques sur les populations auxiliaires et l'impact sur le développement des populations de ravageurs à long terme n'est que peu intégré dans les connaissances ayant abouties à formuler les solutions des règles de décision. Les connaissances disponibles sur les régulations biologiques et les effets non intentionnels à plus long terme d'une intervention chimique devraient être d'ores et déjà être plus intégrés dans les règles de décision afin d'orienter la décision vers différentes options de la solution en conséquence : si une intervention a un coût à long terme, en affectant le développement des auxiliaires et en entraînant la pullulation d'un bioagresseur, l'impasse devra être privilégiée. Par contre les populations auxiliaires sont beaucoup mieux prises en compte dans les RdD des cultures sous abris pour lesquelles ces auxiliaires sont introduits comme moyen de lutte biologique (comme par exemple les règles de décision concernant les aleurodes de la tomate Tableau 165, Annexe XXIII). Les travaux à encourager sur les régulations biologiques pourraient-ils s'appuyer sur ceux déjà réalisés dans le cadre de la lutte biologique et de sa combinaison avec la lutte chimique ?

Les RdD d'opportunité des interventions **herbicides** sont peu nombreuses, et incomplètes. Or les enjeux de la réduction d'usage des herbicides sont importants : les herbicides sont en effet la première source de pollution des eaux par les pesticides. Plusieurs hypothèses sont évoquées pour justifier cette faible disponibilité :

- La complexité de la conception de RdD pour la gestion des adventices qui se raisonne davantage à l'échelle pluriannuelle qu'à la campagne culturale, en particulier en grandes cultures ;
- Le fait que la nuisibilité des adventices est à prendre en compte pour la campagne en cours mais également pour les campagnes à venir ;
- En grandes cultures, les seuils de densité d'adventices comme critère de décision des RdD d'opportunité d'intervention herbicide sont inefficaces pour réduire le nombre d'interventions (Munier-Jolain *et al.* 2002), d'autres critères de décision doivent donc être mobilisés et combinés;
- La difficulté d'accéder aux informations nécessaires pour renseigner des critères d'évaluation des résultats obtenus en matière de maîtrise des adventices de façon suffisamment précoce pour réagir à temps à une dégradation de la situation.

⁶² Nous n'avons pas recueilli de règle de décision pouvant illustrer cette idée, mais il semble que les agriculteurs raisonnent et combinent les interventions chimiques et mécaniques contre les adventices en fonction des interventions prévues et des solutions de rattrapage disponibles.

Concernant les **traitements de semences** en cultures annuelles, il n'existe que quelques rares RdD concernant l'opportunité d'utilisation de ces produits phytosanitaires. Si l'on veut prendre en compte les traitements de semences dans les objectifs d'Ecophyto, ne serait-il pas temps d'engager des actions pour limiter l'application des traitements de semences aux situations le nécessitant réellement ? Une grande partie de ces traitements sont décidés au-delà de l'échelle de l'exploitation, au niveau des organismes d'approvisionnement des semences dans les différents bassins de production. Toutefois, il serait possible d'envisager des offres différenciées, en fonction de sensibilités parcellaires aux différents bioagresseurs (qui peuvent dépendre du contexte pédoclimatique, du type de système de culture...). Cette question est complexe mais mérite qu'on s'y attarde.

De manière plus générale, **les RdD pour décider des interventions de lutte chimique préventive (aussi bien pour les traitements de semences que pour les interventions en culture)** sont assez peu nombreuses. On peut le constater pour les RdD d'opportunité d'intervention chimique contre **les bioagresseurs monocycliques des grandes cultures pour lesquels il faut intervenir avant les dégâts en grandes cultures** (comme par exemple le couple céréales à pailles / cécidomyies), mais aussi pour la majorité des interventions chimiques en cultures légumières, en particulier en pépinières. Cela est sans doute dû à la complexité de leur mise au point et au choix de critères de décision pertinents qui ne peuvent pas se baser sur des observations du bioagresseur. Toutefois, il semble important de développer le raisonnement de ces interventions qui sont nombreuses dans la perspective de réduire l'usage des produits phytosanitaires par la conception de règles de décision intégrant les critères de décision les plus pertinents.

Les travaux concernant **les bioagresseurs polycycliques des grandes cultures pour lesquels l'intervention est possible après l'observation des dégâts** ont été très importants jusqu'à maintenant et les règles de décision aujourd'hui disponibles sont plutôt satisfaisantes. Elles pourraient encore être améliorées, en levant les contradictions entre les différentes règles de décision existantes.

Pour les **bioagresseurs monocycliques des grandes cultures pour lesquels l'intervention est possible après l'observation des dégâts**, si les règles de décision aujourd'hui disponibles sont plutôt satisfaisantes, il semblerait tout de même intéressant de lever les contradictions entre les différentes RdD aujourd'hui disponibles et de les compléter par l'ajout de critères de décision comme les auxiliaires de culture. Les bioagresseurs polycycliques des grandes cultures pour lesquels l'intervention est préférable avant l'observation des dégâts et les bioagresseurs du sol des grandes cultures ne semblent pas être prioritaires pour la conception et l'amélioration de règles de décision, soit parce que les règles de décision aujourd'hui disponibles sont satisfaisantes, soit parce qu'ils ne font pas l'objet, par rapport aux autres couples culture/bioagresseur, d'utilisation conséquente de produits phytosanitaires.

En culture légumière et cultures pérennes, des pistes travail ont été identifiées pour les couples étudiés, mais il n'a pas été possible de dégager de pistes de travail génériques (cf. CONCLUSION en VITICULTURE, p. 127 ; CONCLUSION en ARBORICULTURE FRUITIERE, p. 139; CONCLUSION en CULTURES LEGUMIERES, p. 163).

On fait parfois le reproche aux RdD de ne pas prendre suffisamment en compte **l'organisation du travail dans les exploitations**. Les interventions culturales de lutte chimique visent souvent la maîtrise de plusieurs bioagresseurs à la fois, aussi est-il important de combiner voire de regrouper les RdD concernant ces différents bioagresseurs ciblés au cours d'une même intervention culturale, même s'ils ont des biologies différentes. De plus, on ne peut que recommander un mode d'élaboration de ces règles de décision en concertation avec des agriculteurs, et ce, dès leur phase de conception. Ainsi,

l'intégration d'objectifs et de contraintes essentiels aux agriculteurs, potentiels utilisateurs de cette RdD, sera possible et facilitée. (Cerf et Meynard 2006)

Ces recommandations sont destinées à orienter **la mise au point des nouvelles RdD** ou à **l'amélioration des RdD existantes**. Elles peuvent être aussi utiles pour **la valorisation des RdD existantes** qui *a priori* participent à l'atteinte des objectifs d'Ecophyto. Il est important de mieux faire connaître ces RdD déjà disponibles afin d'accompagner les agriculteurs vers une gestion des bioagresseurs plus économe en pesticides. Enfin, ces RdD valorisables peuvent être mobilisées pour la conception de systèmes de culture innovants. Elles doivent y être associées et combinées à des RdD pour décider de l'opportunité et des modalités de mise en œuvre de techniques alternatives. Si nous n'avons pas étudié ces RdD dans le cadre de cette étude, elles restent indispensables à la conception et au pilotage de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires, et nous recommandons un travail consacré à ces RdD.

BIBLIOGRAPHIE

ACTA, 2012, *Index phytosanitaire ACTA 2012 48^{ème} édition*, ACTA-Publications, ISBN 978.2.85794.267.2, 940 p.

ACTA, 1988, *Guide protection raisonnée pommier poirier*, 64p.

Agreste 2010a, Chiffres et Données Agriculture n° 212, Statistique agricole annuelle – Résultats 2008 Définitifs et 2009 semi-définitifs. 75p. (accessible en ligne : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/publications/chiffres-et-donnees/article/statistique-agricole-annuelle-5924>)

Agreste, 2006, *Enquêtes pratiques culturales, volet viticulture*. (accessible en ligne : <http://agreste.maapar.lbn.fr/ReportFolders/ReportFolders.aspx>)

APREL, Chambres d'Agriculture des Bouches du Rhône et de Vaucluse, CETA maraîchers, Ctifl, Rougeline, AZ Méditerranée, SONITO, 2011, *Tomate : Protection de la tomate sous abri en sol et hors-sol*, Document réalisé en juillet 2011.

APREL, Izard D., Terrentroy, A., 2011a, *Maraichage, Bulletin de santé du végétal n°7* du 15 avril 2011, Chambre régionale d'agriculture de Provence-Alpes-Côte d'Azur.

APREL, Izard D., Terrentroy, A., 2011b, *Maraichage, Bulletin de santé du végétal n°8* du 16 mai 2011, Chambre régionale d'agriculture de Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Arrufat A., 2010a, *Tomate sous abri froid en Roussillon, Fiche technique Protection Phytosanitaire n°03-2010*, CIVAMBIO 66.

Arrufat A., 2010b, *Tuta absoluta : Teigne de la tomate. Fiche technique Protection Phytosanitaire n°03-2010*, CIVAMBIO 66.

Arrufat A., 2010c, *Melon sous abri froid en Roussillon, Fiche technique Protection Phytosanitaire n°03-2010*, CIVAMBIO 66.

Arvalis-Institut du Végétal, 2010, *Choisir céréales 2. Bretagne, Pays de la Loire, Traitements et interventions de printemps des céréales*.

Arvalis-Institut du Végétal, 2009a, *Choisir céréales 2. Bourgogne, Franche-Comté, Traitements et interventions de printemps des céréales*. Octobre 2009.

Arvalis-Institut du Végétal, 2009b, *Choisir céréales 1. Bourgogne, Franche-Comté, Traitements et interventions d'automne des céréales*. Août 2009.

Arvalis-Institut du Végétal, 2007, *Présentation Les fermes de Boigneville. Les règles de décision*, Document de travail 2007

Arvalis-Institut du végétal, UNIP, 2011, *Protéagineux, féverole de printemps et d'hiver, guide de culture 2011-2012*.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011a, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°6* du 11 octobre 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011b, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°1* du 06 septembre 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011c, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°32* du 28 juin 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011d, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°31* du 21 juin 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011e, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°28* du 31 mai 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011f, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°27* du 24 mai 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011g, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°26* du 17 mai 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011h, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°25* du 10 mai 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011i, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°24* du 03 mai 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011j, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°23* du 27 avril 2011, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2009c, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°12* du 12 mai 2009, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Arvalis-Institut du Végétal, Chambre d'agriculture du Loir-et-Cher, 2011, *BSV Protéagineux Région Centre n°13* du 21 juin 2011, Chambre régionale d'agriculture du Centre

Aubertot J.N., Barbier, J.M., Carpentier, A., Gril, J.J., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Savini, I., Voltz, M. (éditeurs), 2005a. *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux*. Rapport d'Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France).

Aubertot J.-N., Savary I., 2005b (coord.) *Stratégies de protection des cultures*, Chapitre 4, in *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Rapport d'Expertise scientifique collective*, INRA et Cemagref (France).

Audemard H., Gendrier J.P., Grosclaude C., Marboutie G., 1993, *Lutte raisonnée contre l'oïdium du pommier. Compte-rendu de la réunion du bureau et de l'équipe technique du programme Protection Intégrée du verger de l'an 2000*, Avignon, France, 10 février 1993. Ed.INRA, 2p.

Attoumani-Ronceux A., Aubertot J-N., Guichard L., Jouy L., Mischler P., Omon B., Petit M-S., Pleyber E., Reau R., Seiler A., 2011. *Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires. Application aux systèmes de polyculture*. Ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement, RMT SdCi, 115p.

Barbier J.-M., Constant N., Davidou L., Delière L., Guisset M., Jacquet O., Lafond D., Panon M.-L., Sauvage D., 2011, *Guide pratique CEPviti guide technique*, in. Ecophyto2018 : CEPVITI Co-conception de systèmes viticoles économes en produits phytosanitaires.

Beliard, 2003, *Maladies et ravageurs de la laitue et de la chicorée à salade en AB*, Techn'ITAB maraîchage, Janvier 2003, Fredec Centre et ITAB.

Benoit M., Cardon J.C., Corroyer B., Lebon G., Dupont N., Corroyer N., 2009, *Gestion de la tavelure en pommier à cidre en agriculture biologique*. Cahier technique de l'IFPC, n°21, Mars 2009

Berud M., Filleron E., Poulet L., Ricaud V., Serfaty V., Leydet F., Pinatel A. (dir. Publication), 2011a, *Bulletin de santé végétal Provence-Alpes-Côte d'Azur Arboriculture n°8* du 25 mai 2011, CA Vaucluse, GRCETA Basse Durance, Station d'Expérimentation La Pugère, Station expérimentale La Pugère, DRAAF.

Berud M., Filleron E., Poulet L., Ricaud V., Serfaty V., Leydet F., Pinatel A. (dir. Publication), 2011b, *Bulletin de santé végétal Provence-Alpes-Côte d'Azur Arboriculture n°7* du 11 mai 2011, CA Vaucluse, GRCETA Basse Durance, Station d'Expérimentation La Pugère, Station expérimentale La Pugère, DRAAF.

Berud M., Filleron E., Poulet L., Ricaud V., Serfaty V., Leydet F., Pinatel A. (dir. Publication), 2011c, *Bulletin de santé végétal Provence-Alpes-Côte d'Azur Arboriculture n°6* du 27 avril 2011, CA Vaucluse, GRCETA Basse Durance, Station d'Expérimentation La Pugère, Station expérimentale La Pugère, DRAAF.

Berud M., Filleron E., Poulet L., Ricaud V., Serfaty V., Leydet F., Pinatel A. (dir. Publication), 2011d, *Bulletin de santé végétal Provence-Alpes-Côte d'Azur Arboriculture n°4* du 13 avril 2011, CA Vaucluse, GRCETA Basse Durance, Station d'Expérimentation La Pugère, Station expérimentale La Pugère, DRAAF.

Bohan D.A., Boursault A., Brooks, D. R., Petit, S., 2011, *National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators*. Journal of applied ecology 48, 888–898.

Boucherie R., 2001, *Carottes : quelle mouche les pique ?* Unilet Informations n°108, Avril 2001.

Bouvard D., Bzdrenga L., Sicaire S., Voeltzel B., Massias T., Devant I., Lelan M., 2011, *Protection phytosanitaire du melon 2012 : Bassin de Production Centre-Ouest*. Mise à jour en octobre 2011.

Breton D., Guibert M., Rouxel F., Villeneuve F., 2000, *Les Pythium, des champignons pathogènes pour les cultures de carotte*. Unilet Informations n°105, Avril 2000.

Brochard, M., Druesne, C., 2006, *Oidium du lin, Surveiller pour mieux protéger*, Perspectives agricoles n°322, avril 2006.

Brun L., Guinaudeau J., Gros C., Combe F., Parisi L., Simon S., 2010, *Stratégie 'bas intrants fongicides' sur pommiers. Concevoir et tester de telles stratégies contre les maladies du pommier en vergers dans la vallée du Rhône*. Phytoma 636, 40-45.

Brun L., Didelot F., Paris L., 2007, *Stratégies de protection innovantes contre la tavelure du pommier : conception, évaluation et intégration en vergers*. Innovations Agronomiques 1, 33-45.

Cartolaro P., Davidou L., Del'homme B., Delière L., Ugaglia A., 2010, *Le Processus Mildium : Une stratégie pour réduire le nombre d'applications fongicides*, Union girondine des vins de Bordeaux, mai 2010, n°1066, 45-51

Cazaubon J-L , (dir. publication), 2011a, *Bulletin de Santé du Végétal Midi-Pyrénées Arboriculture n°16* du 31 mai 2011.

Cazaubon J-L , (dir. publication), 2011b, *Bulletin de Santé du Végétal Midi-Pyrénées Arboriculture n°14* du 17 mai 2011.

Cazaubon J-L , (dir. publication), 2011c, *Bulletin de Santé du Végétal Midi-Pyrénées Arboriculture n°10* du 19 avril 2011.

Cazaubon J-L , (dir. publication), 2011d, *Bulletin de Santé du Végétal Midi-Pyrénées Arboriculture n°6* du 22 mars 2011.

Cazaubon J-L , (dir. publication), 2011e, *Bulletin de Santé du Végétal Midi-Pyrénées Arboriculture n°2* du 22 février 2011.

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

Cerf M., Sebillotte M., 1997, *Approche cognitive des décisions de production dans l'exploitation agricole*. Economie rurale 239, 11-18.

Centre Technique Interprofessionnel des fruits et Légumes (CTIFL), 1996, *Protection intégrée pommier-poirier*, Ctifl, 277 p. in *Traverse et al.*, 2009.

Cetiom, 2011, Brochure *Lin graine d'hiver 2011*

Cetiom, 2007, Brochure *Lin graine de printemps 2007*

Chambres d'agriculture de Bourgogne, 2010, *maïs*, mars 2010.

Chambres d'agriculture de Bourgogne, 2009a, *Produire de l'orge d'hiver à bas niveaux d'intrants*. Octobre 2009.

Chambres d'agriculture de Bourgogne, 2009b, *Produire du blé d'hiver à bas niveaux d'intrants*. Octobre 2009.

Chambres d'agriculture de Bourgogne, 2009c, *Produire du colza à bas niveaux d'intrants*. Août 2009.

Chambres d'agriculture de Bourgogne, 2008a, *Escourgeon et orge d'hiver*. Octobre 2008.

Chambres d'agriculture de Bourgogne, 2008b, *Triticale*. Septembre 2008.

Chambres d'agriculture de Bourgogne, 2007, *Orge de printemps*. Janvier 2007.

Chambre d'agriculture de Côte d'Or, 2011a, *Avert 21 bulletin n°2* du 13-09-2011.

Chambre d'agriculture de Côte d'Or, 2011b, *Avert 21 bulletin n°1* du 08-09-2011.

Chambre d'agriculture de Côte d'Or, 2011c, *Them avert 21 traitement de semences des céréales d'hiver*. Septembre 2011.

Chambre d'agriculture de Côte d'Or, 2011d, *Avert 21 bulletin n°21* du 16 mai 2011.

Chambre d'agriculture de Côte d'Or, 2011e, *Avert 21 bulletin n°20* du 09 mai 2011.

Chambre d'agriculture de Côte d'Or, 2011f *Avert 21 bulletin n°19* du 02 mai 2011.

Chambre d'agriculture de Côte d'Or, 2011g, *Avert 21 bulletin n°18* du 26 avril 2011.

Chambre d'agriculture de Lorraine, 2011, *BSV Grandes cultures n°23* du 28 avril 2011.

Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne, 2008a, *La culture de la tomate bio sous abri en Lot et Garonne*.

Chambre d'agriculture de Lot-et-Garonne, 2008b, *La culture de la salade bio en Lot et Garonne : une production annuelle*.

Chambre d'agriculture de la Nièvre, 2011, *Suivi grandes cultures*, Flash technique 58 point culture n°26 du 10 mai 2011.

Chambre d'agriculture de la Nièvre, 2010a, *Suivi grandes cultures*, Flash technique 58 point culture n°1 du 20 août 2010.

Chambre d'agriculture de la Nièvre, 2010b, *Expérimentations 2010 Préconisations Grandes cultures. Décider ses interventions de printemps*.

Chambre d'agriculture de la Nièvre, 2010c, *Suivi Grandes cultures, Résultats variétaux blé tendre et traitements de semence*.

Chambre d'agriculture de la Nièvre, 2007, *Plus d'agronomie moins d'intrants*

Chambre d'agriculture de Picardie, INRA, Agrotransfert région Picardie, 2006, *Guide pratique ITK intégrés du blé tendre d'hiver en Picardie*, 27p.

Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire, météo France, 2008a, *Un mois contrasté*, L'exploitant agricole de Saône-et-Loire n°2303 du 10 octobre 2008, 25p.

Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire, météo France, 2008b, *Giboulées et fraîcheur*, L'exploitant agricole de Saône-et-Loire n°2277 du 11 avril 2008, 23p.

Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire, météo France, 2008c, *Une fin d'hiver précoce ?*, L'exploitant agricole de Saône-et-Loire n°2269 du 15 février 2008, 26p.

Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne, 2011a, *Infoplaine n°365* du 11 mai 2011

Chambre d'agriculture de la Somme, chambre d'agriculture de l'Aisne, chambre d'agriculture de l'Oise, Agro-Transfert Ressources et Territoires, Bonduelle/OP-L-Vert, Expandis, 2011, *Le désherbage mécanique des légumes en région - Premiers acquis du programme « Production Intégrée en Légumes »* Ecophyto 2018.

Chambre d'agriculture de l'Yonne, 2010, *Raisocultures n°5*, du 20 octobre 2010.

Chambre d'agriculture de l'Yonne, 2009a, *La conduite du colza à l'automne*. Bulletin technique productions végétales du 02 juillet 2009.

Chambre d'agriculture de l'Yonne, 2009b, *le maïs*, Bulletin technique productions végétales, janvier 2009.

Chambre d'agriculture de l'Yonne, 2008, *Plus d'agronomie moins d'intrants, Recherche de systèmes de culture innovants vers une agriculture durable*.

Chambre d'agriculture de l'Yonne, 2007, *Que faire contre les limaces ?* Bulletin technique productions végétales du 10 août 2007.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011a, *BSV viticulture n°16* du 19 juillet 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011b, *BSV viticulture n°13* du 28 juin 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011c, *BSV viticulture n°12* du 21 juin 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011d, *BSV viticulture n°11* du 15 juin 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011e, *BSV viticulture n°9* du 31 mai 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011f, *BSV viticulture n°7* du 17 mai 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011g, *BSV viticulture n°4* du 27 avril 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011h, *BSV viticulture n°3* du 19 avril 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011i, *BSV viticulture n°2* du 12 avril 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2011j, *BSV viticulture n°1* du 05 avril 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2006, *Guide technique viticulture durable de Bourgogne*.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 2005, *Démarche prospective vers une agriculture intégrée en Bourgogne. Plus d'agronomie, moins d'intrants. Recherche de systèmes de culture innovants vers une agriculture durable - Bilan 2004*

Chambre Régionale d'agriculture Midi-Pyrénées, Arvalis-Institut du végétal, Cetiom, DRAF, FREDEC, 2011a, *BSV Grandes cultures Midi Pyrénées n°24* du 05 mai 2011.

Chambre Régionale d'agriculture Midi-Pyrénées, Arvalis-Institut du végétal, Cetiom, DRAF, FREDEC, 2011b, *BSV Grandes cultures Midi Pyrénées n°22* du 21 avril 2011.

Chambre Régionale d'agriculture Midi-Pyrénées, Arvalis-Institut du végétal, Cetiom, DRAF, FREDEC, 2011c, *BSV Grandes cultures Midi Pyrénées n°20* du 7 avril 2011.

Chambre Régionale d'agriculture Midi-Pyrénées, Arvalis-Institut du végétal, Cetiom, DRAF, FREDEC, 2011d, *BSV Grandes cultures Midi Pyrénées n°14* du 24 février 2011.

Chantre E., 2011. *Apprentissages des agriculteurs vers la réduction d'intrants en grandes cultures : Cas de la Champagne Berrichonne de l'Indre dans les années 1985-2010*. Thèse Doctorat, AgroParisTech, Inra, 252 p.

Chaussabel A-L., Exbrayat P., Stevenin S., Fournie JL. Buléon S., 2011, *Recueil de bulletins techniques Zoom Arboriculture Drôme-Ardèche-Isère en 2011*, Chambre d'agriculture de la Drôme.

CIVC, 2012, *Viticulture durable en Champagne, Guide pratique 2012, Le vigneron champenois*, CIVC.

CIVC, 2011a, *BSV vigne Champagne-Ardenne du 13 juillet 2011*.

CIVC, 2011b, *BSV vigne Champagne-Ardenne du 15 juin 2011*.

CIVC, 2011c, *BSV vigne Champagne-Ardenne du 11 mai 2011*.

CIVC, 2011d, *BSV vigne Champagne-Ardenne du 27 avril 2011*.

CIVC, 2011e, *BSV vigne Champagne-Ardenne du 20 avril 2011*.

CIVC, 2011f, *BSV vigne Champagne-Ardenne du 13 avril 2011*.

CIVC, 2010a, *Avertissement viticole n°44 du 03 août 2010*.

CIVC, 2010b, *BSV Champagne- Ardenne filière vigne du 28 juillet 2010*.

CIVC, 2010c, *BSV Champagne- Ardenne filière vigne n° 9 du 09 juin 2010*.

CIVC, 2010d, *BSV Champagne- Ardenne filière vigne n° 3 du 28 avril 2010*.

CIVC, 2010e, *BSV Champagne- Ardenne filière vigne n°1 du 14 avril 2010*.

Clerjeau, M., 2004. *Le problème de la décision des interventions phytosanitaires en protection intégrée de la vigne*, [online]. In : *Innovigne et Vin*.

Collectif, 2011, *Note nationale gestion de la résistance pourriture grise de la vigne 2011*. Agence nationale de sécurité sanitaire, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (CIVC), Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV) et Chambres d'Agriculture.

Collectif, 2002, *Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement*, ACTA.

Collectif, 1995. *Ensemble méthodologique pour l'étude des règles de décision, des itinéraires techniques et des systèmes de culture*. ACTA, AGPM, CETIOM, ITCF, Ministère de l'agriculture et de la pêche.

Crete, X., 2007, *Contribution à la protection intégrée du verger de pommier : réduction de l'inoculum primaire de tavelure *Venturia inaequalis* (Cke) Wint. par pulvérisation d'urée, juillet 2007*, CEHM station expérimentale fruits et légumes de Languedoc-Roussillon.

CTIFL, 2010, *Rapport de l'étude technique sur les indicateurs de pression d'utilisation des produits phytosanitaires*, travaux engagés par le CTIFL, Synthèse des précautions à prendre pour l'utilisation d'indicateurs en fruits et légumes.

Declercq B., Darwich S., De Marez T., Callens D., Coulon A., Milleville C., Cap N., Cassan L., Leignez S., Benigni M., 2011, *Jade Info* Numéro 14, Décembre 2011, Inagro, FREDON Nord Pas-de-Calais, PCG, APEF.

Delière L., Cartolaro P., Léger B., Naud O., 2010, *Mildium, Une règle de décision pour la gestion du Mildiou et de l'oïdium de la vigne : conception et approche expérimentale*, Présentation réalisée lors du séminaire de travail règles de décision des 04 et 05 juillet 2011.

Délos M., (coord.), 2009, *Memento 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, MAP, 423p.

Dijon Céréales, 2011a, *Damier vert infos n° 300* du 09 septembre 2011.

Dijon Céréales, 2011b, *Damier vert infos n° 299* du 24 mai 2011.

Dijon Céréales, 2011c, *Damier vert infos n° 298* du 11 mai 2011.

Dijon Céréales, 2011d, *Damier vert infos n° 297* du 4 mai 2011.

Dijon Céréales, 2011e, *Damier vert infos n° 296* du 22 avril 2011.

DRAAF, 2009, *Mineuse de la tomate : Tuta absoluta (Meyrick, 1917)*. Note nationale d'alerte mise à jour le 01/07/2009.

Dufour M-C., 2012, *La flavescence dorée : une action collective pour une lutte efficace. Les Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles*, Chambre d'agriculture de Gironde, février 2012.

Estorgues V. (coord.), Chambres d'agriculture de Bretagne : comité de développement de la zone légumière de Bretagne, Syntec, Comité technique Inter-Groupement, et chambre d'agriculture du Morbihan, 2005, *Maladies et ravageurs des légumes de plein champ en Bretagne*, 150 p.

Flénet F., 2004, *Références pour de nouveaux itinéraires techniques en lin graine*, Agro transfert, Cetiom, Chambre d'agriculture de Picardie, INRA, Institut technique du Lin.

Fredon Aquitaine, FDGDON 64, 2011, *Bulletin de santé végétale d'Aquitaine, légumes de plein champ, n°11* du 26 août 2011, Chambre régionale d'agriculture d'Aquitaine.

G.D.A. BIO (CA29), 2007, *Poireau Bio Espèce : Allium*. Fiche technique, avril 2007.

Giraud M., 2009, *La tavelure du pommier. Comment mesurer les projections d'ascospores ? Infos-Ctifl-n° 253 –Juillet-Août 2009*, Centre Technique Interprofessionnel des fruits et Légumes (CTIFL).

Groupe de travail « Harmonisation des protocoles de surveillance des bio-agresseurs dans le domaine des grandes cultures en vue de l'épidémiosurveillance », 2011, *Note de groupe de travail sur l'harmonisation des protocoles du réseau d'épidémiosurveillance – Généralités (Domaine des Grandes Cultures)*, version du 02 août 2011.

Groupe de travail national Flavescence dorée, 2006, *Jaunisses à phytoplasme de la vigne*.

Guichard L., Pitrat M., Nicot P., 2010, *Pratiques actuelles et marges de manœuvre agronomiques pour réduire l'utilisation de pesticides sur les cultures annuelles*, Présentation réalisée lors du colloque de restitution Ecophyto R&D du 28 janvier 2010.

Hervillard A-S. (animateur référent), Plovie A. (animateur suppléant), Genissel, D. (directeur de publication), 2011, *Bulletin de Santé du Végétal Normandie Céréales n° 28* du 06 juillet 2011, Chambre d'agriculture, Arvalis.

Hill S. B., McRae R. J., 1995, *Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture*, in *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 7, The Haworth Press, Inc. p.81-87

IFV, 2010, *Notice d'utilisation du module de calcul des doses - Historique du projet Optidose et présentation des résultats - Avril 2010*.

INRA, 2009a, ECOPHYTO R&D, *Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Volet 1 Tome II : Analyse comparative de différents systèmes en grande culture*. 218p.

INRA, 2009b, ECOPHYTO R&D, *Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Volet 1 Tome III : Analyse comparative de différents systèmes en viticulture*. 84p.

INRA, 2009c, ECOPHYTO R&D, *Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Volet 1 Tome IV : Analyse comparative de différents systèmes en arboriculture fruitière*. 68p.

INRA, 2009d, ECOPHYTO R&D, *Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Volet 1 Tome V : Analyse comparative de différents systèmes en cultures légumières*. 118p.

INRA, 2009e, ECOPHYTO R&D. *Volet 2 Groupe d'experts « Réseau » tome IX : Conception d'un réseau d'acquisition de références et d'un réseau d'information*, 100p.

INRA - SDQPV, 2007, *Note nationale carpocapse des pommes et poires 2007*.

ITB, 2011, *Bulletin de santé du végétal Betteraves N° 3* du 10 au 24 mai 2011.

ITV France, 2003, *Maîtrise des tordeuses de la grappe*, Les cahiers itinéraires d'ITV France, n°3 novembre 2007.

Izard, D. (coord.), APREL, CENTREX, SERAIL, CETA et Chambres d'Agriculture 13, 47 et 84, Ctifl, Européenne Fruitière, Les Belles Salades de Provence, Green Produce, 2011a, *Laitue sous abris : Protection phytosanitaire sous serre et en plein champ*, CA84, APREL, SERAIL, CENTREX.

Izard, D. (coord.), APREL, CENTREX, SERAIL, CETA et Chambres d'Agriculture 13, 47 et 84, Ctifl, Européenne Fruitière, Les Belles Salades de Provence, Green Produce, 2011b, *Protection de la laitue, serre et plein champ*, CA84, APREL, SERAIL, CENTREX. Mise à jour en juillet 2011.

Izard, D. (coord.), APREL, CEHM, CETAs et Chambres d'Agriculture 04, 11, 13, 26, 30, 34 et 84, Ctifl, OP Languedoc-Roussillon et PACA, 2011c, *Protection du melon : serre et en plein champ*, Octobre 2011, CEHM, APREL.

Labarthe Pierre, 2006, *La privatisation du conseil agricole en question. Evolutions institutionnelles et performances des services de conseil dans trois pays européens* (Allemagne, France, Pays-Bas). Thèse de doctorat de l'Université de Marne-La-Vallée. 403p.

Lamarche S., 2011a, *Bulletin de santé du végétal, arboriculture, n°27* du 14 septembre 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011b, *Bulletin de santé du végétal, Pays de la Loire, arboriculture n° 20* du 29 juin 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011c, *Bulletin de santé du végétal, Pays de la Loire, arboriculture n° 17* du 08 juin 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011d, *Bulletin de santé du végétal, Pays de la Loire, arboriculture n° 16* du 01 juin 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011f, *Bulletin de santé du végétal, Pays de la Loire, arboriculture, n°10* du 20 avril 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011g, *Bulletin de santé du végétal, Pays de la Loire, arboriculture, n°8* du 06 avril 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011h, *Bulletin de santé du végétal, Pays de la Loire, arboriculture, n°7* du 30 mars 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011i, *Bulletin de santé du végétal Pays de la Loire, Arboriculture Flash tavelure n° 3* du 28 mars 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011j, *Bulletin de santé du végétal, Pays de la Loire, arboriculture, n°6* du 23 mars 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011k, *Bulletin de santé du végétal, Pays de la Loire, arboriculture, n°4* du 02 mars 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Lamarche S., 2011l, *Bulletin de santé du végétal, Pays de la Loire, arboriculture, n°2* du 23 février 2011, réseau de surveillance biologique du territoire 2011 – Pays de la Loire.

Laroche G., Bernicot M.-H., 2000, *Triticale: des techniques culturales proches du blé*, Perspectives Agricoles n°256, avril 2000

Larignon P. (coord. du Groupe national de travail sur les maladies du bois), 2007, *Note nationale des maladies du bois, mai 2007*.

Larson-Lambertz D. (animateur référent), Genissel D. (directeur Publication), 2011a, *Bulletin de Santé du Végétal Arboriculture, Fruits transformés Bretagne, Normandie, Pays de la Loire, n°16* du 21 juin 2011.

Larson-Lambertz D. (animateur référent), Genissel D. (directeur Publication), 2011b, *Bulletin de Santé du Végétal Arboriculture, Fruits transformés Bretagne, Normandie, Pays de la Loire, n°12* du 24 mai 2011.

Larson-Lambertz D. (animateur référent), Genissel D. (directeur Publication), 2011c, *Bulletin de Santé du Végétal Arboriculture, Fruits transformés Bretagne, Normandie, Pays de la Loire, n°08* du 26 avril 2011.

Larson-Lambertz D. (animateur référent), Genissel D. (directeur Publication), 2011d, *Bulletin de Santé du Végétal Arboriculture, Fruits transformés Bretagne, Normandie, Pays de la Loire*, n° 06 du 12 Avril 2011.

Larson-Lambertz D. (animateur référent), Genissel D. (directeur Publication), 2011e, *Bulletin de Santé du Végétal Arboriculture, Fruits transformés Bretagne, Normandie, Pays de la Loire*, n° 05 du 05 Avril 2011.

Larson-Lambertz D. (animateur référent), Genissel D. (directeur Publication), 2011f, *Bulletin de Santé du Végétal Arboriculture, Fruits transformés Bretagne, Normandie, Pays de la Loire*, n° 02 du 15 mars 2011.

Larson-Lambertz D. (animateur référent), Genissel D. (directeur Publication), 2011g, *Bulletin de Santé du Végétal Arboriculture, Fruits transformés Bretagne, Normandie, Pays de la Loire*, n° 01 du 07 mars 2011.

Lefeuvre M., 1995. *Lutte raisonnée contre la tavelure du pommier : validation d'un modèle d'aide à la décision*, Mémoire d'Ingénieur Diplômé par l'Etat, ENITHP Angers, 32p.

Legemble J., 2008, *Les maladies cryptogamiques de la salade : Sclerotinia*, Fiche Technique du Service Régional de la Protection des Végétaux de Haute-Normandie mise à jour en février 2008.

Léger B., 2008. *Recueil et formalisation de procédés experts pour conduire une protection intégrée du vignoble*. Thèse Doctorat, Montpellier SupAgro, Cemagref, Inra, 224 p.

Le Guennou F. et Sandrone M., 2011a *BSV Bretagne Légumes industries n°3* du 20 avril 2011, Unilet.

Le Guennou F et Sandrone M, 2011b, *BSV Bretagne Légumes industries n°23* du 08 septembre 2011, Unilet.

Leveillard J-P. (dir. Publi., CRA Centre), 2011a, *Bulletin de santé du végétal Légumes n°29* du 21/09/2011, Région Centre.

Leveillard J-P. (dir. Publi., CRA Centre), 2011b, *Bulletin de santé du végétal Légumes n°28* du 14/09/2011, Région Centre.

Leveillard J-P. (dir. Publi., CRA Centre), 2011c, *Bulletin de santé du végétal Légumes n°27* du 07/09/2011, Région Centre.

Leveillard J-P., (dir. Publ), 2011d, *Bulletin de santé du végétal Légumes n°13* du 01/06/2011, Région Centre.

Leveillard J-P., (dir. Publ), 2011e, *Bulletin de santé du végétal Légumes n°10* du 11/05/2011, Région Centre.

Leveillard J-P., (dir. Publ), 2011f, *Bulletin de santé du végétal Légumes n°8* du 28/04/2011, Région Centre.

Lucas P., 2007. *Le concept de protection des cultures*, Innovations Agronomiques 1, 15-21

Mazollier C., 2012, *Protection de la tomate en agriculture biologique*, RefBio PACA maraîchage, avril 2012, GRAB.

Mazollier C. (coord.), 2010, *Maraîchage bio infos*, n°65, Bulletin d'information maraîchage du GRAB, juillet-août-septembre 2010.

Mazollier C., 2009, *Un nouveau ravageur en tomate : Tuta absoluta présent en France*, RefBio PACA maraîchage, Juin 2009, GRAB.

Métais A. (animateur référent), Maillard N. (animateur suppléant), Genissel D. (directeur de publication), 2011 *Bulletin de Santé du Végétal Normandie Betteraves n° 17* du 07 au 13 septembre 2011, Chambre d'agriculture, ITB.

Meynard J-M., Reau R., Robert D., Saulas P. 1996. *Evaluation expérimentale des itinéraires techniques*. In Expérimenter sur les conduites des cultures. Un nouveau savoir-faire pour une agriculture en mutation. Ministère de l'agriculture, Acta, Comité potentialités, 63-72.

Milleville P., 1987. *Recherches sur les pratiques des agriculteurs*. Les cahiers de la Recherche Développement 16, 3-7.

Montigaud I., 2011, *OAD, au plus près de la parcelle*, Réussir vigne février 2011 n° 171

Munier-Jolain N., 2008, *DECID'Herb, un logiciel d'aide au choix d'une méthode de lutte contre les mauvaises herbes pour une agriculture respectueuse de l'environnement*. Présentation lors du séminaire modélisation pour la protection raisonnée du RMT modélisation, réseau INRA PIC du 21 mai 2008.

Munier-Jolain N., Chauvel B., Gasquez J., 2002. *Long-term modelling of weed control strategies: analysis of the threshold-based options for weed species with contrasted competitive abilities*. Weed Research, 42, 107-122.

Navarro J-M., 2007, *Pommier - Validation du modèle de prévision des attaques d'oïdium nommé ADEM – 2006*, CA Savoie, CTIFM.

Navarro J-M., Géa A., 2008, *Pommier, validation du modèle de prévision des attaques d'oïdium ADEM*, Chambre d'Agriculture de Savoie, CIRAME.

Navarro J-M., 2006, *Carotte - Validation du modèle Swat permettant la simulation de la dynamique des populations de mouche de la carotte*, Chambre d'agriculture de Rhône-Alpes.

Nolot, J.M., 2002, *Systèmes de grande culture intégrés. Principes et outils de conception, conduite et évaluation*, Le Courrier de l'environnement, 47, (accessible en ligne : <http://www.inra.fr/dpenv/nolotc47.htm>, consulté le 25/07/2011).

OILB-SROP, 1973, *Statuts Srop* 1, 25p.

Olivier J-M., 1986. *La tavelure du pommier, conduite d'une protection raisonnée*. Adalia 1, 3-19

Papy F., 1998. *Savoir pratique sur les systèmes techniques et aide à la décision*, In Biarnès, A. (Eds) La conduite du champ cultivé : points de vue d'agronomes. Colloques et Séminaires ORSTOM, Paris, 245-259.

Perus M., Couloumies F., Legrand M., De Reycke L., Bruyneel L., 2010, *Optimiser la protection du poireau: où en est-on de part et d'autre de la frontière; quelles sont les perspectives d'évolution ?* Jade Info n° 6, février 2010.

Petit J.L., GRAB, 2012a, ARBO BIO INFOS (lettre technique réalisée en collaboration avec le GRAB) n°167, mars 2012 n°144.

Petit J.L., GRAB, 2012b *ARBO BIO INFO* n°165, janvier 2012.

Petit J.L., GRAB, 2010a, *ARBO BIO INFO* n°148, mai 2010.

Petit J.L., GRAB, 2010b, *ARBO BIO INFO* n°146, mars 2010.

Petit J.L., GRAB, 2010c, *ARBO BIO INFO* n°144, janvier 2010.

Petit M-S., Reau R., Dumas M., Moraine M., Omon B., Josse S., 2012. *Mise au point de systèmes de culture innovants par un réseau d'agriculteurs et production de ressources pour le conseil. Innovations Agronomiques*, 20, 79-100.

Picault S., 2012, *Protection sanitaire des cultures de poireau : la recherche et l'expérimentation en aide aux producteurs*, Infos CTIFL n°279 Mars 2012.

Picault S., 2011. *Compte-rendu de la réunion du Groupe de Travail National Expérimentation « Poireau »*, 17p

Picault S., 2009. *Le Poireau. Monographie*, CTIFL, 215p.

Plovie A., Hervillard A.S., (animateurs référents et suppléants), Genissel D. (Directeur de publication), 2011, *BSV Normandie Protéagineux n°8* du 18 mai 2011, Chambre régionale d'agriculture, Arvalis.

Poissonnier J., 2006, *Alternaria de la carotte, Des modèles pour mieux lutter*, Unilet Informations n°124, Juillet 2006.

Pôle phytosanitaire de Loos-en-Gohelle, 2004, *Stratégies de lutte intégrée contre Thrips tabaci en culture de poireaux dans le Nord Pas-de-Calais*, FREDON Nord Pas-de-Calais et DRAF / SRPV Nord Pas-de-Calais.

Pôle phytosanitaire de Loos-en-Gohelle, 2003, *Lutte intégrée contre les pucerons du feuillage de la salade dans le Nord-Pas-de-Calais*, FREDON Nord Pas-de-Calais et DRAF / SRPV Nord Pas-de-Calais.

Pouvreau D., Cardon J-C, Primault J., 1996, *Approche raisonnée de la lutte contre la tavelure en vergers cidricoles : compte-rendu de quatre années d'expérimentation*. 46p.

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

Rhodacoop, Chambre d'Agriculture de la Drôme, 2009, *Arboriculture - Protection phyto lutte raisonnée*.

RMT SdCi, *Recensement de seuils d'intervention pour le RMT SdCI*, document de travail

Ruocco M., Giorgini M., Alomar O., Blum B., Kohl J., Nicot P., 2011, *Lutte biologique n°2 : Tomate*, Mars 2011, Endure.

Savary S., 1991, *Approches de la Pathologie des Cultures Tropicales. Exemple de l'Arachide en Afrique de l'Ouest*. Editions Karthala/Orstom, Paris, 288p.

SDQPV, 2009, *Note nationale carpocapse des pommes et poires 2009*.

Sébillotte M., 1990, *Les processus de décision des agriculteurs. Deuxième partie – Conséquences pour les démarches d'aide à la décision* in Modélisation systémique et systèmes agraires, Brossier J. et al. Ed INRA, Paris, p. 103-117.

Sébillotte M., Soler L.G., 1990, *Les processus de décision des agriculteurs -Première partie- Acquis et questions vives* in Modélisation systémique et systèmes agraires, Brossier J. et al. Ed INRA, Paris, 93-101.

Sébillotte M., Soler L.G., 1988, *Le concept de modèle général et la compréhension du comportement de l'agriculteur. Les processus de prise de décision des agriculteurs. Contributions récentes*, 59-70.

Sébillotte M., 1978, *Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique*, Comptes-Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, 906-913.

Seuils maestria, document interne élaboré à partir du document du RMT SdCI sur les seuils d'intervention, dans le cadre du projet maestria, coordonné par la chambre régionale d'agriculture de Midi-Pyrénées.

Simon S., Alaphilippe A., (coord.) et al., 2011, *BioReco, mode d'emploi 2011*. Document interne, INRA Gotheron.

Simon, S., Brun, L., Guinaudeau, J., Sauphanor, B., 2011, *Pesticide use in current and innovative apple orchard systems*, in Agronomy for Sustainable Development, 31, 541-555

Siri F., Taussig C., 2008, *Carotte : Protection Phytosanitaire*. Avril 2008.

Terrentroy, A., Chabrière, C., 2011a, *Maraichage*, *Bulletin de santé du végétal n°4* du 14 janvier 2011, Chambre régionale d'agriculture de Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007a, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 25* du 24 juillet 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007b, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 22* du 03 juillet 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007c, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 21* du 26 juin 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007d, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 19* du 12 juin 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007e, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 18* du 05 juin 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007f, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 15* du 15 mai 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007g, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 13* du 03 mai 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007h, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 12* du 24 avril 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007i, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 09* du 03 avril 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007j, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 08* du 27 mars 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007k, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 07* du 20 mars 2007.

Tron C., Payen C., Cichosz B., Jayne E., Minodier R., 2007l, *Avertissements Agricoles® Pour de bonnes pratiques agricoles. Edition fruits d'Ardèche, Bulletin n° 06* du 13 mars 2007.

Urvoy C., 2005, *La lutte contre les cécidomyies et les pucerons sur blé*, La France Agricole n°3077 (accessible en ligne : <http://www.lafranceagricole.fr/Archives/articlexml/27373>, consulté le 06/01/2011).

Trottin-Caudal, 2011, *Maitrise de la protection intégrée : Tomate sous serres et abris*. Ctifl.

Valantin-Morison M., Guichard L., Jeuffroy M.H., 2008. *Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ?* Innovations Agronomiques 3, 27-41.

Vergonjeanne H., 2008, *Mildiou - Des contaminations détectées un peu partout en France par «Raiso mildiou»*, Article de Viti-Net, chaîne viticole de Terre-net (accessible en ligne : http://www.viti-net.com/vigne_vin/article/des-contaminations-detectees-un-peu-partout-en-france-par-171-raiso-mildiou-187-75-48199.html, consulté le 23/04/2012).

Villard A., Despreaux-Robelin M., Lepoutre E., Chaumont E., Dumoulin G., 2008, *La culture du maïs en 2008 en Saône et loire - Conduite technique -Guide de la culture*, Chambre d'agriculture de Saône et loire.

Villard A., Chaumont E., 2008, *Systèmes de culture intégrés en Saône-et-Loire, conduite technique – guide des cultures*, novembre 2008, Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire.

Villeneuve F., 2012, *Le Point sur les maladies et ravageurs : Connaissance et maitrise de la mouche de la carotte*, CTIFL, Mars 2012.

Zadoks J.C., 1985, *On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory*, Annual Review of Phytopathology, 23, 455-473.

Zadoks J.C., 1993, *Cultural Methods in Modern crop protection : development and perspectives*, eds. Wageningen Press, Wageningen, 161-170.

Sites internet consultés

Agreste, 2010b, *Fruits 2009 définitifs, 2010 semi-définitifs - Surface, productions, rendements*, document en ligne http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_saa2011T6a-2.pdf consulté le 18/05/2012

Alaphilippe A., Brun L., Guinaudeau J., Sauphanor B., Hayer F., Simon S., 2009, *BioREco* in Arbobio infos, Décembre 2009, document en ligne <http://www.arbobio.com/ABI-143.pdf> consulté le 26/04/2012.

AREDVI, 2009, *Guide du vignoble Rhône Méditerranée 2009*, document en ligne, http://www.aredvi.asso.fr/AREDVI_public/PU/GPV2009/sommGPVpdf2009.html consulté le 11/04/2012.

AREDVI, 2003, *Guide de protection du vignoble*, document en ligne http://www.aredvi.asso.fr/AREDVI_public/PU/GPVpdf.htm, consulté le 09/03/2012.

Arvalis-Institut du Végétal, *Lin*, document en ligne <http://www.lesculturales.com/2011/pages/lin.html> consulté en ligne le 27/02/2012.

Arvalis-Institut du Végétal, Poitou Charentes, 2011, *Maladies des céréales : faible pression de la septoriose*, Message du 16/04/2011 consulté en ligne http://www.charente-coop.fr/iso_album/2011_-_poitou-charentes_16.pdf

Arvalis-Institut du Végétal [2], *Seuils de nuisibilité des pucerons sur maïs*, http://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/80/c7/95/65/tableau2_p8106292478270567652.pdf, consulté en ligne le 14/12/2011

Arvalis-Institut du Végétal [3], *Basse-Normandie, Pois et féverole : surveiller les sitones et les thrips*, Message de 31 mars 2011, http://www.arvalis-infos.fr/view-3693-arvarticle.html;jsessionid=9iJh8TWTStApYj07g3nEew**?region= consulté en ligne le 20/12/2011.

Arvalis-Institut du Végétal [4], *Pour des protéagineux de qualité, utilisez Bruchi-LIS®*, <http://www.arvalis-infos.fr/view-102-arvoad.html?region=>, consulté en ligne le 22/02/2012.

BASF [1], *Le mildiou - maladie de la vigne*, http://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/fr/cultures/la_vigne/les_maladies4/Mildiou_1.html consulté en ligne le 18/04/2012.

BASF [2], *Sari® TF + Delan® WG, une association de fongicides pour lutter contre la tavelure du pommier*, http://www.agro.basf.fr/agroportal/fr/fr/cultures/arboriculture/fongicides_pour_l_arboriculture/sari_tf_et_delan_wg_fongicides_arboriculture.html, consulté le 25/04/2012.

BayerCropSciences, *Les Ravageurs des céréales, Fiche descriptive de la cécidomyie orangée du blé*, document en ligne : <http://protegevoscereales.bayercropscience.fr/SERVER/upload/bayer/cereales/problemes/ravageurs/pdf/cecidomyie0.pdf>, consultée le 06/01/2012.

BayerCropScience 2, *Limaces : les solutions Bayer*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/limaces-les-solutions-bayer-cropscience/> consulté en ligne le 15/11/2011.

BayerCropSciences [3], *Les Ravageurs du colza, puceron cendré du colza*, <http://protegevoscereales.bayercropscience.fr/ravageurs.php?ravageurs-detail=3-colza|16-puceron-cendre-du-colza>, consulté en ligne le 20/12/2011.

BayerCropSciences [4], *Oïdium, stratégie de lutte*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/oidium-strategie-de-lutte/>, consulté en ligne le 16/04/2012.

BayerCropSciences [5], *Oïdium : traiter mieux plus tôt, pour traiter moins plus tard*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/oidium-traiter-mieux-plus-tot-pour-traiter-moins-plus-tard/>, consulté en ligne le 16/04/2012.

BayerCropSciences [6], *Botrytis, stratégie de lutte*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/botrytis-strategie-de-lutte/> <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/oidium-traiter-mieux-plus-tot-pour-traiter-moins-plus-tard/>, consulté en ligne le 17/04/2012.

BayerCropSciences [7], *Black-rot, traitez en fonction de l'historique de la parcelle*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/black-rot-traitez-en-fonction-de-lhistorique-de-la-parcelle/>, consulté en ligne le 17/04/2012.

BayerCropSciences [8], *Maladies du bois Esquive WP, la solution contre l'eutypiose (vigne)*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/maladies-du-bois-esquive-wp-la-solution-contre-leutypiose-vigne/>, consulté en ligne le 20/04/2012.

BayerCropSciences [9] *Mange-Bourgeons, comptez-les !*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/mange-bourgeons-comptez-les/>, consulté en ligne le 23/04/2012.

BayerCropSciences [10] *Thrips, Une croissance ralentie*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/thrips-une-croissance-ralentie/>, consulté en ligne le 23/04/2012.

BayerCropSciences [11], *Tordeuses : G1, suivez les seuils et l'historique de la parcelle* <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/tordeuses-g1-suivez-les-seuils-et-lhistorique-de-la-parcelle/>, consulté en ligne le 23/04/2012.

BayerCropSciences [12], *Metcalfa, Intervenir tôt*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/metcalfa-intervenir-tot/>, consulté en ligne le 23/04/2012.

BayerCropSciences [13], *Positif®*, <http://www.bayer-agri.fr/outils-services/positif/>, consulté en ligne le 24/04/2012.

BayerCropSciences [14], *Bay+ Movida®, un outil complet et interactif pour piloter les programmes mildiou et oïdium en vigne*, <http://www.bayer-agri.fr/outils-services/movidar/>, consulté en ligne le 24/04/2012.

BayerCropSciences [15], *Tavelure : Pleins feux sur les contaminations primaires* <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/tavelure-pleins-feux-sur-les-contaminations-primaires>, consulté en ligne le 25/04/2012.

BayerCropSciences [16], *Tavelure, les solutions Bayer CropScience pour les pommiers* <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/tavelure-les-solutions-bayer-cropscience-pour-les-pommiers/>, consulté en ligne le 25/04/2012.

BayerCropSciences [17], [*Movento sur pommier*] *contrôle en un seul passage les pucerons y compris lanigère et la 1ère génération de cochenille*, <http://www.bayer-agri.fr/dossier/movento-nouvelle-solution-plebiscitee-par-les-professionnels-de-larboriculture/movento-sur-pommier-controle-en-un-seul-passage-les-pucerons-y-compris-lanigere-et-la-1ere-generation-de-cochenille/>, consulté en ligne le 25/04/2012.

BayerCropSciences [18], *Puceron cendré, les solutions Bayer CropScience*, <http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/puceron-cendre-les-solutions-bayer-cropscience/>, consulté en ligne le 25/04/2012.

BayerCropSciences [19], *Oidium, une nuisibilité variable* <http://www.bayer-agri.fr/problematiques/oidium-arboriculture/oidium-une-nuisibilite-variable/>, consulté en ligne le 25/04/2012.

BayerCropSciences [20] <http://www.bayer-agri.fr/dossier/movento-nouvelle-solution-plebiscitee-par-les-professionnels-de-larboriculture/movento-sur-pommier-controle-en-un-seul-passage-les-pucerons-y-compris-lanigere-et-la-1ere-generation-de-cochenille/>, consulté en ligne le 25/04/2012.

Bureau des Statistiques sur les Productions et les Comptabilités Agricoles, 2011, *résultats 2009 définitifs-2010 semi définitifs, France entière, document en ligne* : www.agreste.agriculture.gouv.fr/thematiques/productions-vegetales/grandes-cultures-fourrages, consulté en ligne le 07/01/2012.

Cailliez B., 2005, *La lutte contre la bruche de la féverole*, *La France Agricole*, n° 3109 du 18 novembre 2005, accessible en ligne : <http://www.lafranceagricole.fr/Archives/articlexml/30244>, consulté en ligne le 29/02/2012

Carlier, B., 2000 *Grandes cultures : Le charbon des inflorescences La génétique avant tout* <http://ja.web-agri.fr/moteur/556/556P32.html>, consulté en ligne le 15/02/2012.

Site du Cetiom, consulté régulièrement d'août 2011 à février 2012 : www.cetiom.fr, notamment : Cetiom zone Sud, *Info technique colza, l'altise d'hiver, un ravageur de plus en plus présent*, septembre 2011 http://www.cetiom.fr/fileadmin/cetiom/regions/Sud/PDF/2011/publications/CETIOM-Fiche-PAD_altises_sept2011_innovagri2011.pdf

Chambre d'agriculture de l'Allier, *La féverole*, <http://www.allier.chambagri.fr/plugins/fckeditor/agri/userfiles/file/La%20feverole.pdf>, consulté en ligne le 06/03/2012.

Chambre d'agriculture de l'Allier, 2011, *A vos cultures semaine 40*. Octobre 2011, accessible en ligne : <http://www.allier.chambagri.fr/spip.php?article2035>, consulté en ligne le 07/01/2012.

Chambre d'Agriculture des Bouches du Rhône, 2008, *Lutte raisonnée contre l'oïdium du pommier : modélisation ADEM*, http://www.agri13.fr/newsletter/07-2008/2008_Lutte-raisonneecontre-l-oidium-du-pommier1.pdf, consulté en ligne le 23/05/2012.

Chambre d'Agriculture du Vaucluse et société Filpack, *Alt' Carpo, une alternative qui dit halte au carpo*, <http://www.alt-carpo.com/5.cfm?p=541-alt-carpo-alt-carpo-protection-carpocapse-severac-pommes-filet>, consulté en ligne le 06/08/2012.

Chaput, J., 2000, *Lutte contre les maladies foliaires de la carotte*, Ministère de l'agriculture de l'alimentation et des affaires rurales, Ontario, accessible en ligne : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/00-046.htm>, consulté en ligne le 19/07/2012.

Clara, S., 2008, *Modèles de prévision des risques de mildiou laitue au CTIFL*, présentation réalisée lors du séminaire « Modélisation pour la protection des cultures » du RMT Modélisation, accessible en ligne : <http://www.modelia.org/moodle/course/view.php?id=27>, consulté en ligne le 11 juin 2012

Collectif, 2009, http://www.vignevin.com/fileadmin/users/ifv/publications/A_telecharger/note_nationale_botrytis_2009.pdf, rédigé par un groupe de travail réunissant des représentants de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), de la Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des Végétaux (SDQPV), du Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (CIVC), de l'Institut Français de la Vigne et du Vin (ENTAV – ITV France) et des Chambres, document consulté en ligne le 18/04/2012.

Coordination Nationale de Défense des Semences fermières (CNDSF), document non daté, *Pour une autre politique semencière en France*, accessible en ligne : http://www.semences-fermieres.org/documentation_semences_fermieres_10.php, consulté en ligne le 10/02/2012.

Ctifl, Fiches rédigées pour chaque couple culture-bioagresseur (disponibles à partir du site internet http://www.fruits-et-legumes.net/phyto/prg/Recherche_Fiches_Parasites.asp?LISTEVAR=Sommaire_Phyto, consulté le 09/05/2012) :

- *CAROTTE Brûlure des feuilles*
- *CAROTTE Mouche de la carotte*, fiche mise à jour par Villeneuve F. en 2003
- *CAROTTE Maladie de la tache et autres maladies dues à Pythium*, fiche mise à jour par Villeneuve F. en 2006
- *CAROTTE Puceron des semis de carotte*, fiche mise à jour par Villeneuve F. en 2005
- *POIREAU Rouille de l'ail* fiche mise à jour par Roos, J.R., en 2003
- *POIREAU Mildiou du poireau*, fiche mise à jour par Roos, J.R., en 2003
- *POIREAU Thrips du tabac* fiche mise à jour par Roos, J.R., en 2003
- *POIREAU Mouche de l'oignon* fiche mise à jour par Roos, J.R., en 2003
- *LAITUE, Mildiou de la laitue* fiche mise à jour par Thicoïpé, J.-P., en 2005
- *LAITUE, Pourriture du collet de la laitue* fiche mise à jour par Thicoïpé, J.-P. en 2005
(consultée , non citée)

CTIFL – Inoki ® *INOKI - Outils en protection des cultures*, accessible en ligne : <http://www.fruits-et-legumes.net/inoki/Pages/Presentation/Plateforme.aspx>, consulté le 15/05/2012.

DRAF Centre, 2003, Avertissement agricole n°7 Grandes cultures région centre, <http://www.srpv-centre.com/ulf/SRPVcentre/avertissements/GC03-07int.pdf> consulté en ligne le 06/03/2012.

DRAF - SRPV Midi-Pyrénées. *Maladie des feuilles jaunes en cuillère de la tomate*. http://www.srpv-midi-pyrenees.com/_publique/sante_vgtx/organismes_nuisibles_et_lutte_obligatoire/fiches/tylcv.htm, consulté en ligne le 03/05/2012.

DowAgrosiences, 2010, *Success4 l'efficacité sélective, légumes, notice technique*, <http://www.dowagro.com/fr/success4/>, consulté en ligne le 08/06/2012.

E-phy, Site du ministère de l'agriculture et de la pêche, *Le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France* <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/usa/12703211.htm>, consulté le 15 avril 2012.

Ephytia, site internet consulté en ligne le 14/08/2012 :

- Blancard D., 2011
http://ephytia.inra.fr/salade/salade_utilisateur/index_appli.php?portail=LEGUMES&produit=salade&main=2&ssrub1=19&ssrub2=24&ssrub3=39&id_fiche=2&theme=5,
http://ephytia.inra.fr/salade/salade_utilisateur/index_appli.php?portail=LEGUMES&produit=salade&main=2&ssrub1=19&ssrub2=24&ssrub3=41&id_fiche=4&theme=11*
http://ephytia.inra.fr/salade/salade_utilisateur/index_appli.php?portail=LEGUMES&produit=salade&main=2&ssrub1=19&ssrub2=24&ssrub3=40&id_fiche=3&theme=6
http://ephytia.inra.fr/salade/salade_utilisateur/index_appli.php?portail=LEGUMES&produit=salade&main=2&ssrub1=23&ssrub2=75&id_fiche=16&theme=50
- Blancard D., Mayer V., 2012
http://ephytia.inra.fr/melon/melon_utilisateur/index_appli.php?portail=LEGUMES&produit=melon&main=4&ssrub1=17&ssrub2=19&ssrub3=72&id_fiche=52&theme=217
- Blancard D., 2012
http://ephytia.inra.fr/melon/melon_utilisateur/index_appli.php?portail=LEGUMES&produit=melon&main=4&ssrub1=26&id_fiche=65&theme=268
- Lot H., 2011
http://ephytia.inra.fr/salade/salade_utilisateur/index_appli.php?portail=LEGUMES&produit=salade&main=2&ssrub1=22&ssrub2=30&ssrub3=55&id_fiche=58&theme=181

Favareille J., (dernière mise à jour) 2003a, *Pommier - Carpocapse des pommes et des poires*, CTIFL, <http://www.fruits-et-legumes.net/phyto/prg/Fiche.asp?LISTEVAR=187|I085|60>, consulté en ligne le 29/05/2012.

Favareille J., (dernière mise à jour), 2003b, *Pommier –Puceron lanigère*, CTIFL, <http://www.fruits-et-legumes.net/phyto/prg/Fiche.asp?LISTEVAR=187|I101|70>, consulté en ligne le 29/05/2012.

Fraval, A., Fèvre, E., Coutin, R., Minost, C., et Laporte, V., *Encyclopédie des ravageurs européens HYPPZ*, INRA, <http://www.inra.fr/hyppz/pa.htm>, consulté régulièrement, de mai 2011 à juin 2012.

FREDON Nord Pas-de-Calais, 2008, *Fiche technique le puceron cendré du pommier : mieux connaître sa dynamique pour optimiser le raisonnement de la lutte*, http://www.fredon-npdc.com/fiches/_2008_09_le_puceron_cendre_du_pommier_2.pdf, consulté le 25/04/2012.

FREDON Corse. *Mesures de lutte contre Tuta absoluta*. <http://www.fredon-corse.com/standalone/1/CE5Bk98q7hNOOAd4qo4sD67a.pdf>, consulté en ligne le 28/06/2012.

Gauthier, C., 2010, *Xavier Pinochet, Cetiom - « Le sclerotinia, la priorité numéro 1 des sélectionneurs »*, dossier spécial colza, terre-net, http://www.terre-net.fr/dossier_special/colza-2010/?idrub=2495&id=63464, consulté en ligne le 10/02/2012.

Giraud, M. (dernière mise à jour), 2002, *Pommier – Tavelure du pommier*, Ctifl, <http://www.fruits-et-legumes.net/phyto/prg/Fiche.asp?LISTEVAR=187|C200|80>, consulté en ligne le 29/05/2012.

Groupe de travail régional Midi-Pyrénées, 2002, *guide régional sur la plantation de vigne* - document en ligne <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/publication-vente/documents/classeur-regional-plantation-vigne-web.pdf>, consulté le 13/04/2012.

Herrbach, E., *L'enroulement viral de la vigne et ses vecteurs, les cochenilles* <http://www.vinsalsace.com/IMG/pdf/Enroulement.pdf>, consulté le 23/04/2012.

IFV Sud-Ouest [1], *Fiche technique Le court-noué* <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/court-noue.php>, consulté le 11/04/2012.

IFV Sud-Ouest [2], *Fiche technique Le botrytis ou pourriture grise* <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/botrytis-pourriture-grise.php#anc7>, consulté le 18/04/2012.

IFV Sud-Ouest [3], *Fiche technique Le black-rot* <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/black-rot.php>, consulté le 18/04/2012.

IFV Sud-Ouest [4], *Fiche technique L'excoriose* <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/excoriose.php#anc3>, consulté le 18/04/2012.

IFV Sud-Ouest [5], *Fiche technique La nécrose bactérienne* <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/necrose-bacterienne.php#anc5>, consulté le 20/04/2012.

IFV Sud-Ouest [6], *Fiche technique L'Eudémis* <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/eudemis.php>, consulté le 23/04/2012.

IFV Sud-Ouest [7], *Fiche technique La cicadelle verte* <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/erinoise.php>, consulté le 23/04/2012.

IFV Sud-Ouest [8], *Fiche technique e phytopte, agent d'Erinoise* <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/cicadelle-verte.php>, consulté le 23/04/2012.

IFV Sud-Ouest [9], *Fiche technique Modélisation et modèles de prévision des maladies cryptogamiques*, <http://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/modeles-prevision.php>, consulté le 24/04/2012.

INRA UMR Bio3P, *Les outils d'aide à la décision* <http://w3.rennes.inra.fr/umrbio3pE/equipements/insectes/projets24.htm>, consulté le 20/01/2011.

INRA, 2006, *Un outil pour raisonner le traitement insecticide contre la Jaunisse Nanisante de l'Orge* article, <http://www.houblon.net/spip.php?article3484>, consulté en ligne le 03/02/2012.

Ivaldi M., 2006, *Expérimentation, Des bactéries pour lutter contre le Botrytis, Réussir vigne*, <http://www.reussir-vigne.com/actualites/experimentation-des-bacteries-pour-lutter-contre-le-botrytis&fldSearch=:22111.html>, consulté le 18/04/2012.

Lamarque C., 2008, *Hypermédia en protection des plantes (section pathologie)*, INRA, <http://www.inra.fr/hyp3/>, consulté régulièrement, de mai 2011 à juin 2012.

Mas E., 2009, *En pratique - Efficacités et limites sur septoriose*, article publié le 03/09/2009 sur terre-net.fr, accessible en ligne : <http://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturelle/strategie-technique-culturelle/article/septoriose-ble-217-54962.html>, consulté le 09/01/2012.

Omnès G., 2010, *Alerte orange à la cécidomyie du blé*, Réussir grandes cultures céréales, article en ligne : <http://www.reussir-grandes-cultures.com/actualites/culture-des-cereales-a-paille-ravageur-des-cereales-alerte-orange-a-la-ccidomyie-du-ble&fldSearch=:P0WVL029.html>.

Outils d'Aide à la décision, document publié le 26/10/2011 sur le site internet de Coop de France région Centre Limousin, <http://www.frca-pc.fr/publications.php>, consulté le 29/02/2012.

Pillon O., non daté, *Faire bon usage des pièges à charançon du bourgeon terminal, bilan de 10 années de pratique en Champagne-Ardenne*, SRPV Champagne-Ardenne, http://www.marne.pref.gouv.fr/sections/static/drdafr/pdf/piegeage_insecte_col/downloadFile/file/piegeage_insectes_automne_colza.pdf, consulté en ligne le 06/02/2012.

Réseau GAB/ FRAB de Bretagne, *Désherbage alterné, osez la performance du désherbage alterné, Opti'maïs*, http://www.desherbagealterne.com/?page_id=56, consulté le 08/03/2012.

Rouzet, J., 2006, *Utilisation des Modèles par les SRPV dans le cadre du Conseil Phytosanitaire, Bilan et Perspectives*, présentation lors du colloque du club Modelia organisé par l'INRA, l'ACTA et la SRPV, les 20 et 21 novembre 2006 à Paris, accessible en ligne : http://www.modelia.org/html/060904_journeeProtectionCultures/JRouzet_spv.pdf, consulté le 24/04/2012.

Schaub L., Bloesch B., Graf B., Höhn H., *Pucerons cendré et des galles rouges du pommier*, Agroscope RAC et FAW Wädenswil, http://www.agroscope.admin.ch/data/publikationen/1273686921_201_f.pdf, consulté en ligne le 25/05/2012.

Syngenta [1], *Des outils pour anticiper*, <http://www3.syngenta.com/country/fr/fr/infos-cultures/Vigne/Dossier-mildiou-vigne/Pages/Des-outils-pour-anticiper.aspx>, consulté le 24/04/2012

Syngenta [2], *Comment utiliser Affirm® et Proclaim®* [?http://www3.syngenta.com/country/fr/fr/infos-cultures/arboriculture-et-petits-fruits/Pommier/Insecticides-affirm-et-proclaim/Pages/Utiliser-Affirm-et-Proclaim-en-arboriculture.aspx](http://www3.syngenta.com/country/fr/fr/infos-cultures/arboriculture-et-petits-fruits/Pommier/Insecticides-affirm-et-proclaim/Pages/Utiliser-Affirm-et-Proclaim-en-arboriculture.aspx), consulté le 25/04/2012.

UNILET, Fiches rédigées pour les bioagresseurs de la carotte (disponibles à partir du site internet Unilet, consulté le 09/05/2012 :

- Maladies racinaires : http://www.unilet.fr/cultures/carottes/carottes.php?page=maladie_racine
- Maladies de végétation : http://www.unilet.fr/cultures/carottes/carottes.php?page=maladie_vegetation&PHPSESSID=07e0aba40c9c6b17b023d8993e3bb0f1
- Ravageurs : <http://www.unilet.fr/cultures/carottes/carottes.php?page=ravageurs>

Vignovin, *Fiche descriptive Black Rot*, accessible en ligne : <http://www.vignovin.com/portail/viticulture/phytosanitaires/espace-technique-dupont-phytosanitaires/lexique-viticulture/maladies-de-la-vigne/black-rot>, consulté en ligne le 16/04/2012.

Vignovin [2], *Fiche descriptive Oidium*, accessible en ligne : <http://www.vignovin.com/portail/viticulture/phytosanitaires/espace-technique-dupont-phytosanitaires/lexique-viticulture/maladies-de-la-vigne/oidium>, consulté en ligne le 18/04/2012.

Document vidéo :

Anaïs Production (réalisation), Agence de l'eau Loire-Bretagne (Production), 2011, *Reportage les trophées de l'eau Loire-Bretagne, reportage en ligne consulté à l'adresse <http://www.lechatetlasouris.fr/2011/10/optimais/> le 08/03/2012.*

Documents consultés de manière prospective, mais non cités :

Arvalis, 2011, *Choisir céréales 2 Ile de France, Centre, Limousin, Traitements et interventions de printemps des céréales.*

Arvalis-Institut du végétal, UNIP, 2011, *Quoi de neuf? Protéagineux, pois, féverole et lupin*, novembre 2011.

Benoit M., Cardon J-C, Couroyer B., Lebon G., Dupont N., Corroyer N., 2009, *Le carpocapse des pommes (Cydia pomonella), situation et lutte possible en Normandie en verger cidricole biologique, Le cahier technique de l'IFPC, Pomme à cidre, juillet 2009, n°22*, Chambre régionale d'agriculture de Normandie, IFPC, Chambre d'agriculture de Seine-et-Marne.

Chambre d'Agriculture de l'Allier, *La féverole*, accessible en ligne : <http://www.allier.chambagri.fr/plugins/fckeditor/agri/userfiles/file/La%20feverole.pdf>, consulté le 15/12/2011

Chambre d'agriculture de l'Yonne, 2010-2011, Raisocultures n°1 à 24, de septembre 2010 à juin 2011.

Chambre d'Agriculture de la Nièvre, 2010-2011, Suivi grandes cultures-Flash technique N°1, 3, et 5 à 27 d'août 2010 à mai 2011.

Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, ARVALIS-Institut du Végétal, CETIOM, SRAL, CA 21, 58, 71 et 89 et GIE BFC Agro, 2011, *BSV Grandes cultures Bourgogne n°23 à 35*, d'avril à juillet 2011; n°1 et 2 de septembre 2011.

Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire, 2011, *BSV Grandes cultures n°27* ; 24 mai 2011.

Dijon Céréales, 2011, *Damier vert infos* n° 296 à 300 d'avril à septembre 2011.

<http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/carpocapse-prophylaxie-pour-les-pommiers-et-poiriers-pensez-global/>, consulté le 25/04/2012.

<http://www.bayer-agri.fr/conseil-phyto-et-agro/carpocapse-solution-gestion-des-resistances/>, consulté le 25/04/2012.

<http://www.bayer-agri.fr/problematiques/carpocapse-pommier-poirier/carpocapse-tres-redoute/>, consulté le 25/04/2012.

GLOSSAIRE

Conseil agricole : Le conseil technique agricole vise à aider les agriculteurs dans leur prise de décision et dans la gestion de leur exploitation agricole. Cette activité regroupe des activités de fourniture de données brutes (résultat brut d'observations empiriques ou scientifiques), de génération d'informations (analyse et interprétation de données) et de productions de connaissances (confrontation de connaissances établies sur la base des expériences personnelles ou de résultats de recherches scientifiques) (Labarthe 2006). Le conseil agricole concerne des acteurs dépendant d'institutions variées : les chambres d'agriculture, les instituts techniques, les organismes économiques (coopératives, négociants, organismes stockeurs, firmes phytosanitaires), les cabinets de conseil ; etc....

Contrôle cultural : tout moyen de contrôle autre que la lutte chimique, la lutte biologique, la lutte physique et le contrôle génétique. Le contrôle cultural est une adaptation « du système de culture afin de limiter les dommages dus aux bioagresseurs ». Il mobilise des techniques agronomiques (Zadoks, 1993, Aubertot *et al.* 2005a, cité dans Attoumani-Ronceux *et al.*, 2011).

Contrôle génétique : utilisation « des plantes sélectionnées pour leur résistance, leur tolérance ou leurs caractéristiques physiologiques pour maîtriser les bioagresseurs » (Attoumani-Ronceux *et al.*, 2011).

Dégât visuel : « Toute déviation visible ou mesurable par rapport à une plante saine (symptôme) causée par la présence d'un bioagresseur sur une culture (jaunissement, nécroses,...) »; selon Zadoks (1985 et 1993) et Aubertot *et al.* (2005a), cités par Attoumani-Ronceux *et al.* (2011).

Décision stratégique : décision qui engage l'agriculteur sur le moyen et le long terme parce qu'elles ont des conséquences sur un temps long (la prophylaxie par exemple), un espace large (dépassant les limites de la parcelle cultivée). Pour l'exemple de la gestion de la protection des plantes, il s'agit par exemple du choix d'une succession de cultures annuelles, ou de la structure du peuplement de cultures pérennes.

Décision tactique : décision qui engage l'agriculteur sur un court terme, et dans un espace qui ne dépasse pas les limites de la parcelle. Les décisions tactiques sont fréquentes, très prévisibles et reviennent de façon cyclique à chaque campagne culturale par exemple (opportunité, date, nature de l'intrant et/ou de l'outil, dose appliquée, conditions d'utilisation...).

Domage de récolte : « Perte de récolte (réductions du rendement en quantité et/ou qualité) due à l'attaque d'un bioagresseur sur une culture » ; selon Zadoks (1985 et 1993) et Aubertot *et al.* (2005a), cités par Attoumani-Ronceux *et al.* (2011).

Efficience : cette stratégie consiste à apprécier l'opportunité des traitements phytosanitaires pour améliorer l'efficience des pesticides en diminuant les impacts des bioagresseurs sur les cultures, et/ou en diminuant les quantités ou les doses appliquées (conditions d'application, doses, choix des produits, technique de pulvérisation) (d'après Hill et MacRae, 1995).

Lutte biologique : utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dommages causés par des bioagresseurs (OILB-SROP a, 1973 cité. dans Attoumani-Ronceux *et al.*, 2011). L'utilisation de produits phytosanitaires qui font appel à des organismes vivants (par exemple les trichogrammes) est incluse dans cette définition de la lutte biologique.

Lutte chimique : utilisation de « produits phytopharmaceutiques de nature chimique pour combattre les organismes nuisibles » (ACTA, 2011). Les produits utilisés en lutte biologique (auxiliaires, préparations fongiques, médiateurs chimiques, ...) sont exclus de cette catégorie.

Lutte physique : utilisation de moyens mécaniques, thermiques, électro magnétiques, ou pneumatiques pour le contrôle des bioagresseurs (Aubertot *et al.*, 2005a).

Magnitude de nuisibilité d'un bioagresseur : gravité des attaques potentielles d'un bioagresseur (INRA, 2009 et Aubertot *et al.*, 2005).

Nuisibilité primaire : nuisibilité du bioagresseur qui s'exprime sur la récolte de la culture en cours et qui correspond soit à une diminution de production quantitative (rendement), il s'agit alors de **nuisibilité primaire directe** ; soit à une diminution de la qualité des récoltes, il s'agit alors de **nuisibilité primaire indirecte** (Caussanel, 1989 ; in Valentin-Morison *et al.*, 2008)

Nuisibilité secondaire : nuisibilité du bioagresseur qui correspond aux dommages sur la capacité de production ultérieure et qui s'exprime sur les productions à venir (Caussanel, 1989 ; in Valentin-Morison *et al.*, 2008)

Outil d'aide à la décision (OAD) : tout « outil utilisable directement par les agriculteurs ou leurs conseillers pour prendre une décision opérationnelle d'intervention au champ ou faire une préconisation de conduite du système de culture et qui intègre au moins une règle de décision clairement explicitée ».

Outil de diagnostic : outil permettant décrire une situation (comme l'état d'une parcelle et/ou d'une culture), de la juger en fonction de la performance attendue, puis d'identifier des facteurs limitant, et de repérer les techniques capables de les lever (Doré *et al.* 2006).

Un outil de diagnostic n'inclut pas de règle de décision clairement explicitée permettant de relier le diagnostic à la décision ; mais il peut contribuer à la décision en renseignant un des critères de décision d'une règle de décision. Les outils de diagnostic pour la lutte chimique sont par exemple des outils pour mesurer une pression biotique locale (pièges), des outils pour juger d'un risque parcellaire en fonction du contexte et du système de culture (grilles de risque), des modèles épidémiologiques pour estimer ou prévoir une dynamique de pression biotique annuelle en fonction de données climatiques (TOP, PRESEPT, ...).

Perte économique : « 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. » ; Selon Zadoks (1985 et 1993) et Aubertot *et al.* (2005a), cités par Attoumani-Ronceux *et al.* (2011).

Probabilité de nuisibilité d'un bioagresseur : occurrence des attaques potentielles du bioagresseur (INRA, 2009 et Aubertot *et al.*, 2005).

Programme fongicide annuel : ensemble d'intervention(s) fongicide(s) successives au cours d'une même campagne, programmées à l'avance et déclenchées selon la date, le stade de la culture ou d'autres observations en culture. Le programme fongicide couvre une période spécifique et peut être défini par la durée des intervalles entre les traitements

Prophylaxie : Ensemble des mesures physiques, variétales, culturales... tendant à empêcher l'apparition de bioagresseurs ou à en minimiser les effets (Attoumani-Ronceux *et al.*, 2011)

Règle de décision (RdD) : La règle de décision peut se définir pour un agriculteur comme une « règle opérationnelle permettant d'adapter ses décisions d'interventions au champ en fonction de l'état de la parcelle cultivée » (Sebillotte, 1990 ; Sebillotte et Soler 1988, 1990; Meynard *et al.* 1996), ou encore, de manière plus générique comme « la relation entre le contexte et la décision adaptée aux objectifs et aux contraintes d'un agriculteur » (Sebillotte et Soler, 1990a cité dans Reau *et al.* 1996).

Règle de décision cadre : une famille de règles de décision regroupant des règles de décision élémentaires conçues sur des modèles de base et des critères de décision identiques, mais dont le paramétrage a été conçu sur des bases particulières, non cohérentes avec les autres RdD existantes. Une RdD cadre est ainsi définie par son modèle et les critères de décision associés.

Règle de décision à solution claire (*par opposition à règle de décision à solution imprécise*) : Règle de décision pour laquelle la solution est décrite de manière opérationnelle, c'est-à-dire que les critères de décision et/ou la manière de les renseigner sont explicités permettant d'aboutir à la décision.

Règle de décision complexe : règle de décision élaborée selon une méthode de conception centralisée et dont les critères de décision permettent de couvrir une large gamme de situations.

Règle de décision élémentaire : RdD paramétrée pour des échelles peu étendues (au domaine de validité étroit), et dont les critères de décision sont des observations, des mesures ou des estimations réalisées au moment ou peu avant de prendre la décision

Règle de décision à solution imprécise (*par opposition à règle de décision à solution claire*) : Règle de décision dont la solution n'est pas décrite entièrement, c'est-à-dire, pour laquelle la solution ne permet pas d'aboutir à la décision (les critères de décision et/ou les solutions ne sont pas détaillés).

Règle de décision admise (*par opposition à règle de décision contestée*): règle de décision qui permet d'atteindre les résultats attendus et dont la mise en œuvre n'a jamais conduit à des accidents de culture. Il s'agit donc d'une règle de décision qui n'est pas remise en cause par la pratique.

Règles de décision cohérentes (*par opposition à règle de décision contradictoire*) : règle de décision qui n'est pas contredite par une autre règle de décision aux objectifs identiques et proposée dans un domaine d'utilisation identique.

Règles de décision contradictoires (*par opposition à règle de décision cohérente*) : règle de décision qui est remise en cause et contredite par une autre règle de décision. Deux règles de décision sont dites contradictoires dès lors qu'elles concernent le même objet de décision et qu'elles diffèrent par leur solution (seuils des critères différents par exemple) sans que l'on puisse expliquer l'origine de cette différence (objectifs, domaine d'utilisation, ...)

Reconception : il s'agit de recombinaison de techniques de protection des cultures disponibles afin de maîtriser les bioagresseurs durablement dans les systèmes de culture économes en pesticides (d'après Hill et MacRae, 1995).

Risque de nuisibilité d'un bioagresseur : le risque d'un bioagresseur est estimé en considérant conjointement sa probabilité et sa magnitude (INRA, 2009 et Aubertot *et al.*, 2005).

Substitution : cette stratégie consiste à substituer l'usage d'un produit de lutte chimique par une autre méthode de lutte dite alternative (physique, biologique, ou de contrôle génétique ou cultural) ayant une efficacité assez proche. Il peut s'agir, par exemple, de remplacer un herbicide par un désherbage mécanique (d'après Hill et MacRae, 1995).

LISTE DES ABREVIATIONS

AB : Agriculture Biologique

ACTA : Association de Coordination Technique Agricole

CA : Chambre d'Agriculture

CRA : Chambre Régionale d'Agriculture

IFT : Indice de Fréquence de Traitement

OAD : Outil d'Aide à la Décision

RdD : Règle de décision

RMT SdCi : Réseau Mixte Technologique Systèmes de Culture innovants

SdC : Système de Culture

SdCi : Système de Culture Innovant

ANNEXES

<i>Annexe I : méthode de calcul de la variable enjeu phytosanitaire</i>	215
<i>Annexe II : Guide d'entretien auprès des conseillers</i>	217
<i>Annexe III : Personnes ressources, ayant été consultées lors d'entretiens individuels</i>	219
<i>Annexe IV : Exemples de règles de décision formalisées</i>	221
<i>Annexe V : Illustration des concepts de règle de décision élémentaire, règle de décision cadre et règle de décision complexe</i>	225
<i>Annexe VI : Présentation des ateliers de travail RdD</i>	229
<i>Annexe VII : Règles de décision cadre commentées par bioagresseur pour les céréales à pailles</i>	233
<i>Annexe VIII : Règles de décision cadre commentées par bioagresseur pour le colza</i>	267
<i>Annexe IX : Règles cadre commentées par bioagresseur pour la culture de tournesol</i>	291
<i>Annexe X : Règles de décision cadre commentées par bioagresseur pour la culture de lin</i>	299
<i>Annexe XI : règles cadre commentées par bioagresseur pour la culture de betterave</i>	305
<i>Annexe XII : Règles de décision cadre commentées par bioagresseur pour la culture de maïs</i>	311
<i>Annexe XIII : règles cadre commentées par bioagresseur pour la culture de féveroles</i>	323
<i>Annexe XIV : RdD recueillies pour la lutte chimique contre les adventices</i>	331
<i>Annexe XV : liste des OAD recueillis pour les céréales à pailles, par culture et par bioagresseur</i>	337
<i>Annexe XVI : Pertinence des catégories de critère de décision à mobiliser dans les règles de décision pour un échantillon de couple culture - bioagresseurs en grandes cultures, et RdD existantes</i>	342
<i>Annexe XVII : Règles cadre commentées par bioagresseur pour la culture de la vigne</i>	345
<i>Annexe XVIII : Pertinence des catégories de critère de décision à mobiliser dans les règles de décision pour un échantillon de couple culture - bioagresseurs en viticulture, et RdD existantes</i>	393
<i>Annexe XIX : Règles cadre commentées par bioagresseur pour l'arboriculture fruitière : cas d'étude du pommier</i>	395
<i>Annexe XX : Pertinence des catégories de critère de décision à mobiliser dans les règles de décision pour un échantillon de couple culture - bioagresseurs en arboriculture fruitière (cas d'étude du pommier), et RdD existantes</i>	421
<i>Annexe XXI : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de carotte de plein champ</i>	423
<i>Annexe XXII : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de poireau de plein champ</i>	439
<i>Annexe XXIII : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de tomate sous abri</i>	449
<i>Annexe XXIV : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de laitue sous abri</i>	469

Annexe XXV : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de melon sous abri 477

Annexe XXVI : CONSTRUCTION D'UNE TYPOLOGIE DES REGLES DE DECISION PAR RAPPORT AUX CRITERES DE DECISION LES PLUS PERTINENTS TYPOLOGIE EN GRANDES CULTURES ET COMPARAISON AVEC LES CULTURES PERENNES 483

Annexe XXVII : CONSTRUCTION D'UNE TYPOLOGIE DES REGLES DE DECISION PAR RAPPORT AUX CRITERES DE DECISION LES PLUS PERTINENTS TYPOLOGIE EN CULTURES PERENNES 487

Annexe I : Méthode de calcul de la variable enjeu phytosanitaire

En fonction des données disponibles, pour chacun des couples culture/bioagresseur considérés, nous avons estimé un niveau d'enjeu phytosanitaire. Pour cela, nous avons défini un indicateur, **enjeu phytosanitaire**, basé sur trois variables : la probabilité du risque de dommages du bioagresseur, sa magnitude, et l'IFT.

La probabilité (souvent estimée par sa fréquence durant les années précédentes) et la magnitude du risque du bioagresseur sont des variables qualitatives auxquelles nous avons attribué trois valeurs (faible, moyen et fort), en fonction de la littérature (INRA, 2009a,b,c et d ; Aubertot *et al.*, 2005a ; Delos, 2009) et des entretiens réalisés. La probabilité des bioagresseurs peut parfois être sous-évaluée, notamment pour les bioagresseurs gérés par des traitements de semence ou de la lutte chimique préventive en culture, car ces interventions ne les laissent pas s'exprimer.

L'IFT d'un couple culture bioagresseur correspond à une valeur faible, moyenne ou forte, qui est attribuée en fonction de l'IFT moyen national correspondant à la famille de ce bioagresseur (IFT insecticides, IFT herbicides, IFT fongicides, IFT autres produits), recueilli dans la bibliographie. Entre 0 et 1, l'IFT sera considéré comme faible, entre 1 et 2 comme moyen et entre 2 et 3 comme fort. Nous n'avons pas pu distinguer spécifiquement le nombre de traitements ciblant chaque bioagresseur. L'IFT ne prenant pas en compte les traitements de semences, nous avons attribué par défaut la valeur moyenne à l'IFT de tout couple culture/bioagresseur pour lequel un traitement de semences est homologué et utilisé couramment.

La note « **enjeu phytosanitaire** » est issue de l'agrégation des valeurs attribuées à ces 3 variables réalisée avec le logiciel Dexi (Bohanec, 2009⁶³) selon une fonction d'utilité qui attribue un poids de 25% à chacune des variables « fréquence » et « nuisibilité » et un poids de 50% à la variable IFT. La variable « enjeu phyto » prend également 3 valeurs: faible, moyen, fort.

Remarque :

La variabilité de l'IFT entre culture peut être très importante entre filières. En effet, l'IFT total du blé est de 4 à 5 alors que celui de la pomme est compris entre 35 et 43. Pour notre étude, nous avons souhaité mettre davantage l'accent sur l'enjeu phytosanitaires des couples culture/bioagresseur toutes filières confondues pour établir et hiérarchiser les priorités de manière globale, en inter filière. Pour cela, quelle que soit la culture considérée, les seuils attribués aux classes qualitatives de l'IFT sont identiques. Ce choix nous a conduit à estomper dans notre indicateur « enjeu phyto » certaines disparités importantes d'IFT de familles de bioagresseurs, au sein des cultures très consommatrices de produits phytosanitaires.

⁶³ Bohanec, M., 2009. DEXi: Program for Multiattribute Decision Making, Version 3.02. Jozef Stefan Institute, Ljubljana, <http://www.wai.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html>.

Annexe II : Guide d'entretien auprès des conseillers

Pour chaque couple culture/bioagresseur identifié :

Dans votre région, vos agriculteurs rencontrent-ils ce bioagresseur ? Cause-t-il des dégâts ?
Fait-il l'objet de mesures de protection des cultures ?

Pour chaque couple culture/bioagresseur identifié, rencontré dans la région, et ne disposant pas de RdD de lutte chimique :

Comment ce bioagresseur est-il géré dans la culture ? Est-il l'objet d'intervention chimique systématique ? Est-il l'objet d'autres modes de contrôle ou de lutte ? N'est-il pas maîtrisé ?

Pour chaque RdD de lutte chimique identifiée :

1. Utilisez-vous cette RdD dans votre conseil ?
2. Les agriculteurs que vous suivez appliquent-ils cette RdD ?
3. A quelle fréquence estimez-vous que la RdD conduit à une utilisation de pesticides équivalente à un traitement systématique à dose pleine ?
4. Que pensez-vous de l'efficacité de cette RdD ?
 - a. Pour la gestion du bio agresseur (absence de pertes économiques) :
 - b. Pour la réduction de l'usage des pesticides (par rapport à un traitement préventif systématique)
5. Connaissez-vous une autre RdD de lutte chimique pour la gestion de ce bioagresseur dans cette culture, ou avez-vous adapté cette RdD à votre contexte/situation/ agriculteurs ?
 - a. Si oui, RdD :

Provenance (vous-même, agriculteurs, instituts...) :
6. Avez-vous un commentaire, une suggestion concernant cette RdD ?

Y a-t-il d'autres bioagresseurs qui n'auraient pas été recensés et qui causent des dégâts à cette culture, et/ou qui font l'objet de lutte chimique ?

Annexe III : Personnes ressources, ayant été consultées lors d'entretiens individuels

Grandes Cultures :

- Pour les céréales à pailles, cinq conseillers de chambre d'agriculture : Michael Geloën dans la Nièvre, Christophe Vivier, dans l'Yonne, Sébastien Piaud, en Seine-et-Marne, Bertrand Omon, dans l'Eure, et en Emmanuel Mérôt Loire-Atlantique ;
- Pour les cultures de maïs, trois conseillers de chambres d'agriculture : Benoît Gassman dans le Haut-Rhin, Emmanuel Mérôt, en Loire-Atlantique et Aline Van de Walle, en Midi-Pyrénées ;
- Pour le colza 5 conseillers : Michael Geloën dans la Nièvre, Christophe Vivier et Jean-François Dobrecourt dans l'Yonne, Sébastien Piaud, en Seine-et-Marne et Emmanuel Mérôt en Loire-Atlantique ;
- Pour le tournesol une conseillère : Aline Van de Walle, en Midi-Pyrénées ;
- Pour la féverole, un conseiller en Seine-et-Marne : Sébastien Piaud;
- Pour la betterave, les conseillers de chambre d'agriculture nous ont redirigés vers l'ITB, et nous avons réalisé un entretien avec l'équipe ITB de gestion des bioagresseurs au niveau national (Céline Gouwie, Agnès Champeil, Emilien Quillot). Cette particularité dans la collecte des données pour cette filière pourra expliquer les différences de qualité de formalisation de gestion des bioagresseurs au niveau national.

De manière transversale, concernant les RdD : Jean-Marie Nolot, de l'INRA, Marc Délos, SRAL, et Emeric Emonet, d'Arvalis, Anne Schaub, de l'ARAA, Jérôme Dury, de l'INRA, Olivier Naud, du Cemagref, Bertrand Léger, du Cémagref.

Vigne : Guillaume Morvan, CA de l'Yonne, et Alexandre Davy de l'IFV, et David Lafond, de l'IFV.

Pommiers : Sylvaine Simon, de l'INRA, Aude Alaphilippe, de l'INRA.

Cultures légumières : Elodie Puig (Invivo), Yannick Trottin-Caudal (CTIFL), Daniel Izard (Chambre d'agriculture 84 / APREL), Philippe Fraisse (SILEBAN), Marie-Lisa Brachet (CTIFL), Anne Terrentroy (CA13 et APREL), Laurent Nivet (UNILET) et Sylvain Lheureux (AgroTransfert Picardie).

Relecteurs en cultures légumières :

- Relecteurs partiels : Elodie Puig (Invivo), Yannick Trottin-Caudal (CTIFL), Philippe Fraisse (SILEBAN), Marie-Lisa Brachet (CTIFL), Anne Terrentroy (CA13 et APREL), Laurent Nivet (UNILET), Benoit Jeannequin (INRA) Amélie Lefèvre (INRA), Daniel Izard (Chambre d'agriculture 84 / APREL).
- Relectures intégrales : Vianney Estorgues (CA 29) et Marine Launais (INRA).

Annexe IV : Exemples de règles de décision formalisées

UN EXEMPLE DE RDD EN VITICULTURE, D. Lafond, IFV

- Culture(s) concerné(es) : Vigne
- Bioagresseur (s) concerné(s) : Excoriose (*Phomopsis viticola*)
- Objet de la décision : **Opportunité d'intervention fongicide**
- Domaine de validité de la RdD
 - Contexte pédoclimatique : Tous
 - Caractéristiques du SdC : Agriculture raisonnée (tolérer les dégâts, intervenir en fonction des observations), variétés sensibles et très sensibles
 - Bornes temporelles : Stade D (feuilles visibles) à E (2-3 feuilles étalées)
 - Techniques avec lesquelles elle doit être combinée pour fonctionner : choix variétal, taille (supprimer les sarments contaminés si possible, et les éliminer de la parcelle)
- Domaine d'utilisation de la RdD : Idem domaine de validité
- Objectifs de la RdD :
 - Maîtriser l'excoriose : absence de dommage de récolte pour la campagne en cours, maîtrise de son développement pour les années suivantes
- Résultats attendus et critères d'évaluation de la RdD
 - Dommages de récolte nuls (dégâts tolérés)
 - Développement de la maladie (% de ceps touchés l'année suivante \leq % de ceps touchés cette année)
- Solution
 - **Si** lors de la taille, 20% de ceps sont contaminés, **alors** envisager une lutte chimique contre l'excoriose
 - **Si** temps sec lors de la période de sensibilité de la vigne (Stades D à E), **alors** impasse
 - **Sinon**, réaliser un traitement systémique au stade D
 - **Sinon**, impasse
 - Critères de décision (éléments qui vont guider le choix d'une solution) :
 - Nombre de ceps contaminés lors de la taille
 - Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus
 - Extrêmement rarement, les traitements peuvent avoir des effets sur le mildiou, les années où il est très précoce
- Sources et références : IFV, Guide technique viticulture durable 2006 CRA Bourgogne

UN EXEMPLE DE RDD EN SYSTÈME LÉGUMIER DE PLEIN CHAMPS, V. Estorgues, CA Finistère

- ▶ Culture(s) concerné(es) : chou-fleur d'hiver : récolté de décembre à mai
- ▶ Bioagresseur (s) concerné(s) : puceron cendré *Brevicoryne Brassicae*
- ▶ **Objet de la décision : Opportunité d'intervention insecticide**
- ▶ Domaine de validité de la RdD :
 - ▶ Contextes pédoclimatiques : climat océanique breton, sans doute extrapolable à la Normandie
 - ▶ Contextes biologiques : forte pression de pucerons de juillet à octobre
 - ▶ Contexte économique : Prix du chou-fleur ≈ 0,38 €/chou ; coût intervention ≈ 40 €
 - ▶ Bornes temporelles : fin août à fin octobre
 - ▶ Type de SdC : Tous types sauf AB;
- ▶ Domaine d'utilisation de la RdD : idem domaine de validation
- ▶ Objectifs de la RdD : Éviter les pertes économiques dues aux pucerons cendrés
- ▶ Résultat attendu et **critères d'évaluation** de la RdD : Coût du traitement < gain réalisé grâce au traitement
- ▶ Solution
 - ▶ **Si** plus de 1% des choux ont l'ensemble de leur cœur recouvert de pucerons, **alors** réaliser une intervention insecticide sur toute la parcelle, **sinon** impasse
 - ▶ Critères de décision : Nb choux au cœur recouvert de pucerons; rigoureusement, 4*100 choux obs. en 4 endroits de la parcelle observés toutes les 2 semaines ; simplification : seuil atteint dès le premier chou obs. en traversant la parcelle
 - ▶ Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus : intervention environ 1 an/3
- ▶ Sources et références : Estorgues, Cochard, CA Finistère, Techniques culturales chou fleur 2005

UN EXEMPLE DE RDD CADRE EN ARBORICULTURE FRUITIERE, mars 2009, A. Alaphilippe et S. Simon (communication personnelle) INRA domaine de Gotheron,

Cette RdD cadre se décline en trois RdD élémentaires, chacune étant appliquée dans un système de culture différent.

Objectif : lutter contre la 2ème génération de carpocapse

Résultat attendu et **critères d'évaluation** de la RdD: faible population de larves hivernantes (seuil : 1 larve/bande piège) ou faible niveau de dégâts sur les pommes récoltées (seuil : 2%)

Vergers de pommiers / disponibilité de l'ensemble des produits phyto De juillet à août, pendant la phase d'activité de la deuxième génération de carpocapse (période de risque bornée par le modèle INOKI et observations, ex. pièges à phéromone/kairomone)					
	Dégâts carpo <0,3%	Dégâts carpo>0,3% sans décrochage ¹	Dégâts carpocapse >0,5% sans décrochage ¹	Dégâts carpocapse >0,5% avec décrochage ¹	Dégâts carpocapse >5%
RAI	Intervenir pendant tout le vol en traitant aussi souvent que la rémanence du produit le permet				
E C O	Continuer les contrôles	Continuer les contrôles	Intervenir pendant le pic de vol aussi souvent que la rémanence du produit le permet	Intervenir pendant tout le vol en traitant aussi souvent que la rémanence du produit le permet	Intervenir pendant tout le vol en traitant aussi souvent que la rémanence du produit le permet
BIO	Continuer les contrôles	Intervenir pendant le pic de vol aussi souvent que la rémanence du produit le permet		Intervenir pendant tout le vol en traitant aussi souvent que la rémanence du produit le permet	

¹ Evolution différente des populations par rapport aux courbes modélisées

- ▶ **RAI** : Limiter les effets non intentionnels ; intervenir à bon escient, productif sans prise de risque, efficacité privilégiée
- ▶ **ECO** : Préserver l'équilibre ; Limiter les intrants, lutte chimique en dernier recours, prise de risques contrôlée
 - RdD combinée avec confusion sexuelle, gestion des fonds de cueille et éclaircissage manuel sur foyer en fin de première génération ;
- ▶ **BIO** : production en agriculture biologique ; préserver l'équilibre, optimiser les intrants, gérer les verrous techniques
 - RdD combinée avec confusion, gestion des fonds de cueille et éclaircissage manuel sur foyer en fin de première génération ;

Annexe V : Illustration des concepts de règle de décision élémentaire, règle de décision cadre et règle de décision complexe

Cas de figure 1 : Plusieurs RdD élémentaires comme des déclinaisons d'une RdD complexe

Si deux RdD élémentaires ont été conçues par la même personne, le même concepteur, et ont le même objectif alors il s'agit alors de plusieurs déclinaisons d'une même **RdD complexe**, en fonction de différents contextes. Les déclinaisons selon les contextes peuvent être opérées par un ou des paramétreurs, le concepteur de la RdD assurant la cohérence dans la manière de réaliser le paramétrage. Dans ce cas, les éléments du contexte responsables, entre deux RdD élémentaires, d'une variation des valeurs-seuil des critères de décision ou des options de la solution peuvent être inclus dans les critères de décision de la solution de la RdD complexe.

Exemple de RdD complexe (Flénet, 2004), que l'on peut décomposer en 3 RdD élémentaires :

- Culture(s) concernée(s) : Lin fibre de printemps
- Bioagresseur (s) concerné(s) : Toutes maladies
- Objet de la décision : Opportunité d'intervention fongicide
- Domaine de validité de la RdD : non renseigné
- Domaine d'utilisation de la RdD :
 - Bornes temporelles : toute la campagne
 - Tous types de systèmes de culture et toutes techniques mises en œuvre
- Objectifs de la RdD et résultats attendus de la RdD : maximiser la marge de la culture
- Solution :
 - *Enoncé* : adapter le nombre d'interventions fongicide annuelles au potentiel de rendement de la culture
 - *Critères de décision / seuil* : Potentiel de rendement
 - Potentiel de rendement de 25q/ha : 0 fongicide
 - Potentiel de rendement de 30q/ha : 1 fongicide
 - Potentiel de rendement de 35q/ha : 2 fongicide
 - *Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus* : non renseigné
- Sources et références : Flénet, 2004

Cas de figure 2 : Plusieurs RdD élémentaires aux objectifs identiques synthétisables en une RdD cadre

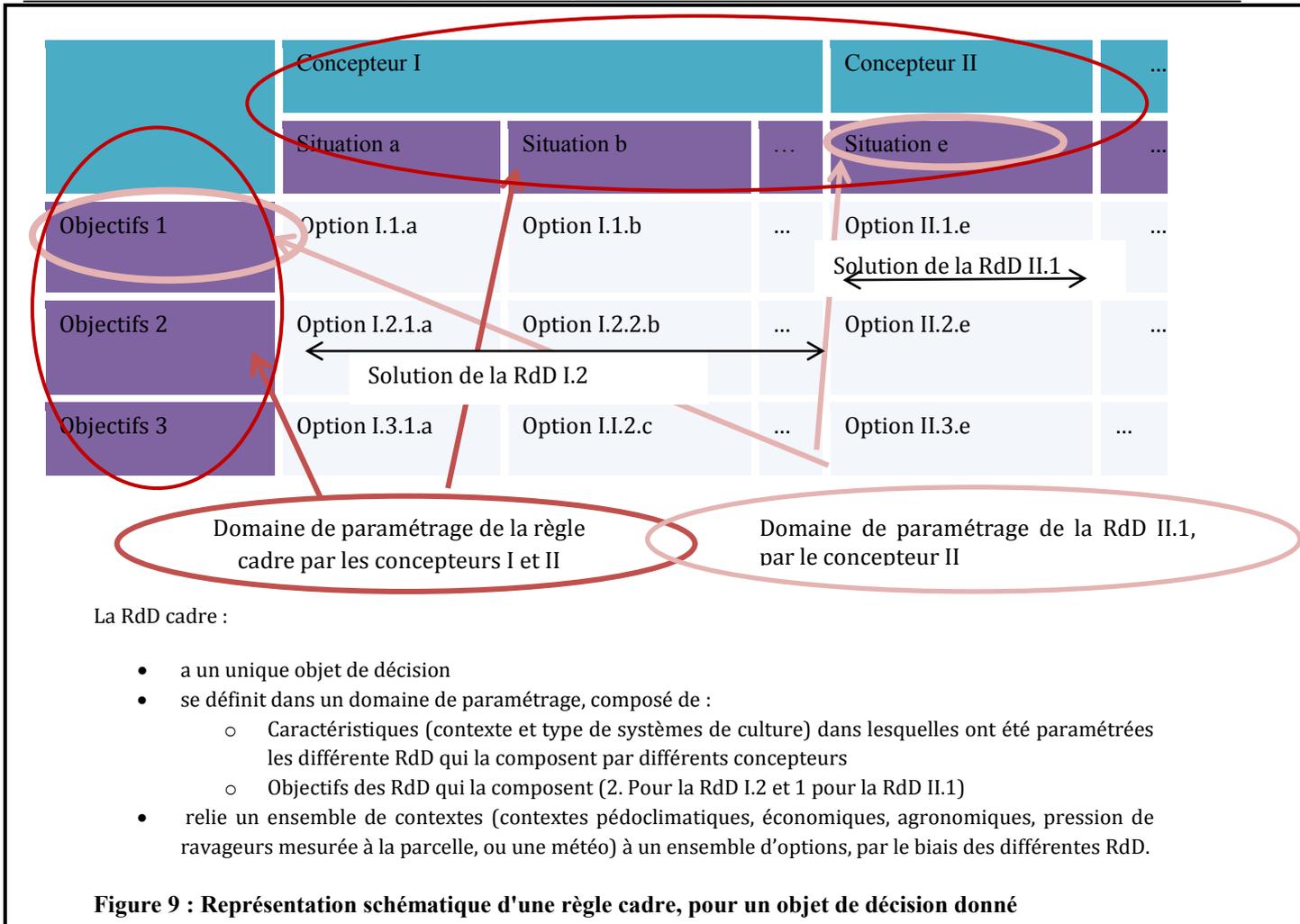
Si deux RdD élémentaires ont le même objectif, mais ont été conçues par deux personnes, deux concepteurs différents ou ont été déclinées sans cohérence dans la manière d'opérer, on ne peut pas vérifier que la logique de paramétrage de ces deux RdD est totalement cohérente avec la manière dont était conçue la RdD originelle. On ne peut donc pas affirmer qu'il s'agit de 2 RdD élémentaires déclinées à partir d'une même RdD complexe et nous considérerons donc qu'il s'agit de **deux RdD différentes, synthétisables en 1 RdD cadre**.

Exemple : une RdD cadre, déclinée dans deux contextes différents, composée de deux RdD élémentaires :

- Culture(s) concernée(s) (commun aux 2 RdD) : Blé tendre d'hiver
- Bioagresseur (s) concerné(s) (commun aux 2 RdD) : Cécidomyies
- Objet de la décision (commun aux 2 RdD) : Opportunité d'intervention insecticide
- Domaine de validité de la RdD (commun aux 2 RdD) : non renseigné
- Domaine d'utilisation de la RdD :
 - Bornes temporelles (communes aux 2 RdD) : de début épiaison à floraison
 - Type de SdC (commun aux 2 RdD) : Tous types de SdC et toutes techniques mises en œuvre
 - Régions :
 - **RdD 1 : Bourgogne**
 - **RdD 2 : Picardie**
- Objectifs de la RdD et résultats attendus de la RdD (commun aux 2 RdD) : non renseigné
- Solution :
 - *Enoncé* (commun aux 2 RdD) : dès les premières captures de cécidomyies, si conditions météorologiques favorables, et si observation de cécidomyies sur les épis en position de ponte le soir, alors réaliser une intervention insecticide, sinon impasse
 - *Critères de décision / seuil* : Captures de cécidomyies, adultes en position de ponte le soir sur les épis, et conditions météorologiques favorables (commun aux 2 RdD)
 - **RdD1 : En Bourgogne : température > 15°C**
 - **RdD 2 : En Picardie : température > 12 °C**
 - Type d'observation (commun aux 2 RdD) : Cuvette jaune, observation de cécidomyies au champ et météo
 - *Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus* : non renseigné
- Sources et références : Arvalis, 2009a, CA Picardie, 2006

La Figure 5 présente une RdD cadre schématique, qui agglomère deux RdD, la II.a et la I.b, et la

Figure 6, cette même représentation schématique de RdD cadre appliquée à un exemple (cécidomyies du blé).



RdD d'opportunité de lutte chimique contre la cécidomyie en blé tendre d'hiver	Concepteur I pour : Bourgogne		Concepteur II pour Picardie		
		Pas de captures de cécidomyies Ou T<15°C Ou pas d'observation de cécidomyies en position de ponte le soir sur les épis	Captures de cécidomyies T>15°C Et cécidomyies en position de ponte le soir sur les épis	Pas de captures de cécidomyies Ou T<12°C Ou pas d'observation de cécidomyies en position de ponte le soir sur les épis	Captures de cécidomyies T>12°C Et cécidomyies en position de ponte le soir sur les épis
Objectifs : renseignés	non	Impasse	Intervention insecticide	Impasse	Intervention insecticide

- Domaine d'utilisation de la RdD cadre :
 - Bornes temporelles : De début épiaison à floraison
 - Type de SdC : Tous types de systèmes de culture et toutes techniques mises en œuvre

Figure 10 : Exemple d'une règle cadre, pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre la cécidomyie en blé tendre d'hiver

Cas de figure 3 : Plusieurs RdD élémentaires aux objectifs différents synthétisables en une RdD cadre

Lorsque deux RdD élémentaires ont des objectifs différents, nous les considérons comme deux RdD distinctes, que nous rassemblons au sein d'une RdD cadre. Un exemple de RdD cadre déclinée en fonction d'objectifs différents est présenté en Annexe IV.

Annexe VI : Présentation des ateliers de travail RdD

Pour trois des filières étudiées dans cette étude, des ateliers de travail ont été organisés.

Ces ateliers ont mobilisé différentes personnes ressources, connaissant, mettant au point ou diffusant des règles de décision ou des outils d'aide à la décision (cf. listes ci-dessous).

Les objectifs des ateliers de travail consistaient à:

- Discuter, amender, puis valider le recueil de règles de décision d'opportunité de lutte chimique réalisé ;
- Identifier et formaliser les besoins en termes de RdD et OAD ;
- Confronter le recueil des RdD et OAD aujourd'hui disponibles aux besoins identifiés ;
- Ebaucher des pistes de travail et les prioriser.

Déroulement des ateliers :

Avant la tenue des ateliers, des tableaux présentant les RdD recueillies et formalisées ont été envoyés aux participants. Pour **compléter et valider ce recueil**, différentes questions ont été posées aux experts au cours de l'atelier :

- Les RdD recueillies vous semblent-elles correspondre à celles que vous connaissez ? Avez-vous des compléments à apporter aux RdD ou à leur description ?
- Quelles autres RdD connaissez-vous pour les bioagresseurs étudiés ?
- Etes-vous satisfait des RdD disponibles pour ce bioagresseur ? De quoi d'autre auriez-vous besoin ?

Les discussions autour de ces tableaux, nous ont permis de repérer certains besoins en termes de RdD et des pistes de travail envisageables.

Ensuite, afin de **mieux identifier ces besoins et de les formaliser**, nous avons proposé aux groupes de travail une réflexion sur les règles de décision idéales dont il faudrait disposer pour contribuer à la réduction de l'utilisation des pesticides, tout en s'adaptant à la diversité des situations de production et des objectifs des agriculteurs.

Cette réflexion théorique a été structurée autour de l'identification du critère de décision ou de la combinaison des critères de décision les plus pertinents à mobiliser pour la mise au point d'une RdD « idéale », sans contrainte, ni de coût d'acquisition de l'observation, ni de disponibilité de connaissance.

Les classes de critères de décision considérés sont :

Critère de décision	Définition
Observations des auxiliaires	Prise en compte des auxiliaires en vue de favoriser les régulations biologiques.
Observation. des autres bioagresseurs	Critère de décision mobilisant la prise en compte d'interactions entre les différents bioagresseurs (exemple : prise en compte d'autres maladies ou d'autres bioagresseurs, non ciblés directement par la décision, pour décider d'intervenir sur une maladie)
Observation des dégâts du bioagresseur ciblé	Critère de décision mobilisant un constat de dégât visuel à la parcelle (pour les maladies: symptômes; pour les ravageurs: morsures sur feuilles...)
Etat végétatif de la culture	Critère de décision mobilisant l'état végétatif de la culture : croissance, pousse, vigueur, volume de feuillage... (attention, le stade phénologique n'est pas pris en compte comme critère de décision mais comme borne temporelle)
Présence du bioagresseur dans la parcelle	Observation de présence du bioagresseur, directe ou avec des pièges <u>dans la parcelle</u> (exemple : capture de spores pour les maladies, captures d'insectes)
Observations Régionales du bioagresseur	Observation du bioagresseur, ou de ses dégâts, directement ou avec des pièges, <u>mais à l'extérieur de la parcelle</u> (région par exemple, dans un BSV, chez des voisins...)
Historique du bioagresseur	Présence, dégâts ou dommages du bioagresseur constatés les années précédentes
Données ou prévisions météorologiques pour épidémiologie	Données ou prévisions météorologiques pour utiliser un outil, ou un modèle même rudimentaire ("si pluie, intervenir": un modèle est sous-jacent à cette règle de décision)
Historique des pratiques sur la culture	Autres techniques mises en œuvre avant la décision ou dont la mise en œuvre future est décidée, et mobilisées comme critère de décision (exple : effeuillage...)
Historique des pratiques avant la culture	Autres techniques mises en œuvre les années précédentes, et mobilisées comme critère de décision

Pour un sous-échantillon de couples culture/bioagresseur étudiés, les participants aux ateliers se sont exprimés sur l'intérêt des différents critères de décision mobilisables dans une RdD idéale, en justifiant leur choix :

- Critère de décision très pertinent à mobiliser,
- Critère de décision utile et intéressant à mobiliser mais qui pourrait évoluer pour mieux répondre aux besoins,
- Elément de connaissance informatif mais non pertinent à mobiliser dans la décision
- Critère de décision sans intérêt

Parallèlement, les RdD aujourd'hui disponibles et recueillies ont été analysées selon les critères de décision qu'elles mobilisent. Ceci permet donc de pouvoir confronter l'existant aux besoins exprimés afin de :

- identifier s'il existe des RdD mobilisant les critères de décisions les plus pertinents : sont-elles suffisantes ? doit-on les améliorer et comment ?
- identifier des RdD ne mobilisant que pour partie des critères de décision pertinents : comment les améliorer ?
- identifier des RdD très peu pertinentes et ne mobilisant aucun des critères de décision jugés pertinents par le groupe de travail : pourquoi ?

Sur ce constat, le groupe de travail a proposé des pistes de travail de deux natures :

- des travaux de conception et de test de RdD sur la base des connaissances aujourd'hui disponibles. Il s'agit de couple culture/bioagresseur bien connus pour lesquels l'essentiel du travail consiste à mieux formaliser les choses, à identifier des variables intéressantes pour renseigner les critères de décision et développer des indicateurs de décision ;
- des travaux de recherche visant à améliorer la connaissance des bioagresseurs, des interactions entre bioagresseurs/pratiques culturales/contexte pédoclimatique.

Participants à l'atelier « grandes cultures »

Marc Delattre	Dijon Céréales
Marc Délos	SRAL
François Dumoulin	CA de l'Oise
Michael Geloën	Chambre d'Agriculture (CA) de la Nièvre
Yann Lamy	Fédération nationale du négoce agricole
Emmanuel Mérot	CA Loire-Atlantique
Jean-Louis Pasquereau	Membre de l'Association Française de la Protection des Plantes
Nathalie Landé	CETIOM
Marie-Sophie Petit	CRA Bourgogne
Sébastien Piaud	CA Seine-et-Marne
Delphine Tailliez-Lefèvre	Invivo

Participants à l'atelier « vigne »

Michel Badier	CA Loir et Cher
Claire Cottet	Invivo
Laurent Delière	INRA
Perrine Dubois	CA Loire Atlantique
Dominique Forget	INRA
Guillaume Gastaldi	CA Loire Atlantique
Jacques Grosman	SRAI
David Lafond	IFV
Claude Magnien	SRAI
Pascale. Pienne	CIVC
Didier Sauvage	CA Saône et Loire
Ludovic Sossi	CA Marne

Contribution écrite de :

François Dal (SICAVAC)
Guillaume Morvan (CA Yonne)
Hélène Verriez (CAPL)

Participants à l'atelier « Pomme »

Pascal Borioli	GRCETA
Bertrand Bourgouin	SRAI
Gilles Orain	INRA
Jean-Louis Sagnes	CA Tarn et Garonne
Sylvaine Simon	INRA
Sophie Stevenin	CA Drôme
Franziska Zavagli	CTIFL

Contribution écrite de :

Marie Bruyninckx, CA Haute Savoie
Catherine Miny, SCICA Castang.

Annexe VII : Règles de décision cadre commentées par bioagresseur pour les céréales à pailles

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.

Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

L'IFT du blé tendre est en moyenne pour la France de 4 (INRA, 2009a), dont 1.4 en herbicide, 1.6 en fongicide, 0.3 en insecticides et 0.7 pour les autres produits. Cet IFT moyen est inférieur ou égal, suivant les régions, à l'IFT des itinéraires techniques raisonnés⁶⁴ du blé tendre. Pour le blé dur, il est de 2.6 au total, dont 1.1 pour les herbicides, 1.2 pour les fongicides 0.2 pour les insecticides et 0.2 pour les autres produits.

L'IFT de l'orge est en moyenne de 3.2, dont 1.3 pour les herbicides, 1.2 pour les fongicides, 0.2 pour les insecticides et 0.5 pour les autres produits.

1.	<i>Septoriose – Programmes fongicides annuels toutes maladies blé tendre d'hiver</i> _____	234
2.	<i>Fusariose des épis du blé</i> _____	239
3.	<i>Helminthosporiose et Rhynchosporiose</i> _____	243
4.	<i>Oïdium</i> _____	245
5.	<i>Piétin échaudage</i> _____	247
6.	<i>Piétin verse</i> _____	247
7.	<i>Rouilles</i> _____	249
8.	<i>Traitements de semences contre les maladies</i> _____	251
9.	<i>Limaces</i> _____	255
10.	<i>Pucerons d'automne</i> _____	257
11.	<i>Pucerons des épis</i> _____	257
12.	<i>Cicadelles</i> _____	259
13.	<i>Cécidomyies orange du blé</i> _____	261
14.	<i>Les maladies et ravageurs à faibles enjeux</i> _____	263
15.	<i>Traitements de semences des céréales à pailles contre les ravageurs</i> _____	265

⁶⁴ L'ITK raisonné du niveau 1 et l'ITK économe du niveau 2a sont définis dans l'étude Ecophyto R&D dont il est question (INRA, 2009a)

Niveau 1 : « Limitation du recours aux pesticides par le raisonnement des traitements en fonction de seuils d'intervention adaptés »

Niveau 2a : « Niveau 1 + mise en œuvre de méthodes prophylactiques et alternatives à l'échelle de l'itinéraire technique d'une culture de la rotation »

Tableau 69 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture contre la septoriose pour les céréales à pailles

Culture	Bornes temporelles	Solution	Critère de décision /Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Sources	Nb RdD ⁶⁵
Blé tendre d'hiver	Stade 2 tendres à fin montaison	Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	20% des 3 dernières feuilles avec des symptômes	Observation au champ	SdCI : Présence sur F3 définitive et épisodes pluvieux contaminants (+ 1 RdD)	Délos, 2009 RMT SdCi Arvalis, 2007 Arvalis <i>et al.</i> , 2011j CA Picardie, 2006	1
			50% des 3 dernières feuilles avec des symptômes	Observation au champ			1
			50% des 3 ^{èmes} feuilles touchées (> 5% de la surface nécrosée)	Suivre les recommandations de Presept entrées : météo, données pédoclimatiques, pression biotique) pour les observations			1
			Présence sur F3 définitive au stade 51 ou F1 et F2 définitive				1
			20% des F4 définitives touchées par la septoriose	Prélever 20 plantes disséminées dans la parcelle et garder le maître brin			1
Blés	Stade dernière feuille étalée (DFE)	Intervenir en cas de risque météorologique, sinon impasse	Risque météorologique (et réserve utile du sol)		<i>Recueillie en Côte d'Or</i> Sols moyens à profonds : intervention au plus tard à 2ème feuille étalée Sols superficiels et pluviométrie des jours passés >10mm , intervenir à DFE en modulant les doses suivant l'état de la parcelle Sols plus superficiels et pluviométrie des jours passés < 10 mm , n'intervenir qu'en cas de pression avérée, sinon impasse	Dijon céréales, 2011d, 2011e; CA Côtes d'Or 2011f	4
Blé tendre d'hiver		Suivre les recommandations du modèle Presept à 1/2 doses		Modèle Presept (entrées : météo, données pédoclimatiques, pression biotique)	<i>Recueillie dans la Nièvre</i>	CA Nièvre 2007	1
Blé dur		Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	25% de plantes avec symptômes sur F3 définitive 20% F3 déployées avec symptômes	Observation au champ	Variété résistante : impasse	CA Nièvre, 2010 ; Seuil maestria (PV, Arvalis)	2
Céréales d'hiver	Stade 2 tendres à fin gonflement	Si Presept n'indique pas de risque : • si pas de taches sur F3 alors assurer la protection jusqu'à (grain laiteux-10j.), • Sinon, si on constate des taches sur F3; ou si Presept indique un risque et le seuil d'intervention n'est pas atteint, alors assurer la protection jusqu'au grain laiteux Sinon, si Presept indique un risque , • et si seuil atteint avant DF, assurer la protection jusqu'à DF • sinon, si le seuil est atteint à DF : ○ si pas risque fusariose alors assurer la protection jusqu'à fin gonflement ○ sinon, si risque fusariose alors assurer la protection jusqu'à début floraison	Risque climatique Observation de symptômes Risque de fusariose	Presept (entrées : météo, données pédoclimatiques, pression biotique) Grille de risque fusariose (contexte pédologique et techniques mises en œuvre)	RdD recueillie pour la Picardie, pour des variétés non tolérantes Pour variété tolérante : Si Presept indique un risque, et si le seuil est atteint avant la dernière feuille (DF) : • Si pas de nouvelles sorties de taches prévues (Presept), attendre la sortie DF • Sinon, si sorties de nouvelles taches prévues assurer la protection jusqu'à DF	F. Dumoulin, CA Picardie, -groupe de travail atelier RdD en grandes cultures	2
Blé tendre d'hiver		Si seuil atteint alors intervention. Sinon, si le seuil n'est pas atteint, mais si potentiellement il y a une incubation, consulter un modèle épidémiologique pour estimer le risque. Si risque fort, intervenir, si très faible, impasse. Si risque moyen, mesurer le stock d'inoculum à l'aide du kit Elisa pour estimer la contamination.	Observations de symptômes Modèles épidémiologiques. Inoculum	Modèles épidémiologiques (entrées : météo, données pédoclimatiques, pression biotique) Kit Elisa		M. Délos – gpe de travail RdD grandes cultures	1

65 Nombre de RdD ayant servis à synthétiser la RdD cadre

1. Septoriose – Programmes fongicides annuels toutes maladies blé tendre d’hiver

17 RdD ont été recueillies pour la l’opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre la septoriose, regroupées en 11 RdD cadre. Ces RdD cadre sont présentées dans le Tableau 69 pour le blé et toutes céréales et dans le Tableau 71 pour le triticale. Nous analyserons dans cette partie les RdD cadre concernant l’opportunité de lutte chimique en culture. Celles qui concernent les traitements de semences seront développées dans la partie 8 de cette annexe.

La septoriose est l’une des maladies les plus nuisibles sur les cultures de blé tendre d’hiver. C’est autour de cette maladie que se dessinent les stratégies fongicides appliquées sur cette culture.

Il existe de multiples RdD d’opportunité d’intervention fongicide pour lutter contre cette maladie, dont des exemples de solutions sont présentés dans le tableau. Ces RdD sont peu formalisées. Elles n’ont pas d’objectifs, même si on peut imaginer qu’elles sont généralement issues de seuils de nuisibilité économique (primaire, c’est-à-dire sur la culture, ou secondaire, c’est-à-dire par exemple les effets de contamination à long terme de la parcelle...). Elles n’ont que rarement un élément de domaine de validité, et leurs solutions sont imprécises (quel délai avant retour à l’observation ? Délai avant un deuxième traitement ? Modalité des impasses : impasse définitive ou sur une période ?). On remarque que les solutions de ces RdD ne mentionnent jamais l’option « sinon, faire une impasse ». Nous l’avons ajoutée, la supposant implicite, mais l’absence de cette partie de la solution peut provoquer une incertitude dans le cas où les seuils ne sont pas atteints.

Ces seuils d’interventions sont multiples, et les critères de décision sont très variables mais semblent pertinents : conditions météorologiques (pour estimer le développement de la maladie), résistance variétale (pour évaluer la nuisibilité de la maladie en fonction de la tolérance ou la résistance de la variété), type de sol (pour évaluer la nuisibilité de la maladie en fonction du potentiel de rendement)... Ces critères ne sont que très rarement, voire jamais, tous pris en compte dans une même règle de décision.

Pour évaluer le risque, il est possible d’avoir recours à plusieurs mesures et outils d’aide à la décision : mesures des symptômes à la parcelle, simulation de l’évolution de la maladie via des outils de modélisation (Presept, Septo lis) fondés sur des modèles agro-climatiques.

D’après les entretiens réalisés, en pratique, le nombre d’interventions se décide en amont de la campagne, et en fonction de la nuisibilité économique des maladies (dépendant des potentiels de rendement, donc entre autres du type de sol et de la variété cultivée, et des prix de vente de la culture et d’achat des fongicides), et du niveau de tolérance de l’agriculteur aux dégâts, dommages et pertes, qui dépend lui-même des objectifs de l’agriculteur pour son système de culture.

Ce nombre de traitements varie d’un à deux généralement sur la campagne (souvent un seul traitement en production intégrée, deux en protection raisonnée). Une fois ce nombre de traitements décidé, il s’agira de les positionner, en fonction de l’apparition des symptômes des maladies, soit environ :

- le premier au stade 2 nœuds (en protection raisonnée seulement) ;
- le deuxième au stade dernière feuille étalée

Tableau 70 : RdD cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre la septoriose, en triticales

Culture	Bornes temporelles	Objectif	Solution	Critère de décision /Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Sources	Nb RdD ⁶⁶
Triticale	Début épiaison		Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	Symptôme	Observation au champ		Laroche, Bernicot, 2000	1
Triticale	DFE		Une seule intervention	<i>(Quel critère?)</i>		<i>Recueillie en Bourgogne</i>	CA Bourgogne, 2008	1

⁶⁶ Nombre de RdD ayant servis à synthétiser la RdD cadre

Le positionnement exact de ces interventions se fera en fonction des seuils de déclenchement recueillis dans les RdD, et le choix des produits dépendra des pressions de chaque maladie mesurées et évaluées par rapport aux seuils des RdD, au climat et aux recommandations annuelles des BSV et des conseillers techniques. Les maladies observées et gérées par ces programmes sont la septoriose, l'oïdium et les rouilles. La fusariose sera quant à elle gérée selon les observations par l'ajout d'un produit ou d'une matière active lors d'un des traitements.

Tableau 71 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre les fusarioses pour les céréales à pailles

Culture	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé tendre d'hiver	A partir du stade 2 nœuds	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide			Si les critères de décision sont remplis, alors une intervention fongicide, sinon impasse	Note de risque de 2a et conditions extrêmement pluvieuses ou note de risque de 2b à 3 et pluie entre épiaison et floraison, ou note de risque à partir de 4	Grille d'évaluation du risque Conditions météorologiques	<i>Recueillie en Bourgogne – Franche-Comté</i>	Arvalis, 2009b	1
Blé	Entre épiaison et floraison	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide	Sensibilité variétale Succession de cultures Travail du sol		Si les critères de décision sont remplis, alors intervention fongicide, sinon impasse	Pluie entre épiaison et floraison		<u>Sur variété sensible ou sur parcelle à risque (grille) dans la Nièvre :</u> Pluie entre épiaison et floraison <u>SdC raisonné, Boigneville :</u> 100% d'humidité pendant 48h <u>SdCI (mise en place de techniques prophylactiques) :</u> impasse	Arvalis, 2007 SdCI CA Nièvre, 2010b	3
Blé	A phase épiaison Et à début floraison	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide			Si critères de décision remplis, réaliser une intervention fongicide	Pluies persistantes et températures supérieures à 15°C	Grille de risque à la parcelle d'Arvalis		SdCI Document maestria	1
Orge Triticale	Début ou courant floraison jusqu'à épiaison	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide	Taille de la parcelle		Si risque (<i>comment quantifier et combiner les facteurs de risque ?</i>), alors réaliser une intervention fongicide, sinon impasse	Pluies lors de la floraison, température <u>Facteurs de risque:</u> Succession (maïs, sorgho, céréales à pailles) Travail du sol superficiel ou absent Adventices (folle avoine)	Modèle climatique Grille de risque Interventions signalées par les BSV		Délos, 2009	1
Céréales d'hiver	Semences	Parcelle	Opportunité de traitement de semences	triage des semences, successions de culture		Traitement de semences (<i>Comment quantifier et combiner les critères de décision ?</i>)	Facteurs de risque: rotations courtes, précédent maïs		<i>Recueillie en Côte d'Or</i>	CA Côte d'Or, 2011c	1

2. Fusariose des épis du blé

Sept RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre la fusariose ont été recueillies et regroupées en cinq RdD cadre, présentées dans le Tableau 71. Parmi ces RdD cadre, trois concernent l'opportunité de lutte chimique en culture et seront analysées dans cette partie. Une autre concerne les traitements de semences et sera analysée dans la partie 8 de cette annexe.

Le raisonnement des traitements fongicides contre la fusariose sur blé tendre se fait à partir d'une évaluation de risque selon deux critères : une évaluation d'un risque parcellaire, et/ou une évaluation d'un risque météorologique.

La RdD peut être formalisée sous forme d'une grille de risque associée à des préconisations (Arvalis, 2009a) :

Précédent	Travail du sol	Sensibilité variétale	RECOMMANDATIONS	
Céréales à pailles, colza, pois, féverole, tournesol	Labour	Peu sensible	1	1 : Pas de traitement fongicide spécifique quelles que soient les conditions climatiques. 2a : Pas de traitement spécifique vis-à-vis des fusarioses, sauf si les conditions sont extrêmement pluvieuses et persistantes. 2b et 3 : Le risque peut encore être minimisé avec une variété moins sensible. Pas de traitement spécifique contre la fusariose sauf si le climat est humide pendant la période épiaison – début floraison. 4 : Il est préférable de modifier le SdC. A défaut, réaliser un broyage fin et une incorporation des résidus après la récolte. Envisager un traitement anti fusariose efficace, sauf si climat sec pendant la période épiaison début floraison. 5 et 6 : Situations à éviter en modifiant le SdC ou la variété. Traiter systématiquement.
		Moyennement sensible	1	
		Sensible	2b	
	Non labour	Peu sensible	2a	
		Moyennement sensible	2a	
		Sensible	2b	
Betterave, pomme de terre, soja et autres	Labour	Peu sensible	2a	
		Moyennement sensible	2a	
		Sensible	2b	
	Non labour	Peu sensible	2a	
		Moyennement sensible	2a	
		Sensible	3	
Maïs sorgho (maïs fourrage)	Labour	Peu sensible	2a	
		Moyennement sensible	2b (2a)	
		Sensible	3	
	Non labour	Peu sensible	4 (3)	
		Moyennement sensible	5 (4)	
		Sensible	6 (5)	

Le critère de décision combine alors les facteurs de précédent cultural, technique de travail du sol et sensibilité variétale, ainsi que les conditions météorologiques.

Dans les brochures techniques diffusées par les chambres d'agriculture, cette RdD est souvent simplifiée.

Par exemple (Chambre d'agriculture de la Nièvre, 2011) : Si le précédent est un maïs et s'il pleut à floraison, alors réaliser une seule intervention fongicide, sinon impasse.

Pour le blé dur, culture plus sensible à la fusariose que le blé tendre, la période de sensibilité est plus longue, et donc la fréquence de traitement plus élevée : si le précédent est un maïs et s'il pleut entre épiaison et floraison, alors réaliser une seule intervention fongicide, sinon impasse

Enfin, dans de nombreux cas on ne prend en compte que le facteur climatique. Par exemple, dans les systèmes de culture innovants (RMT SdCI, document interne), en système raisonné, la RdD se décline comme suit :

Entre la phase épiaison et début floraison, si les pluies sont persistantes et les températures supérieures à 15°C, réaliser une seule intervention fongicide, sinon impasse.

La diversité de ces RdD montre la diversité et la combinaison des facteurs qui peuvent être pris en compte pour décider de l'opportunité d'une intervention chimique à la parcelle contre la fusariose. Malgré cela, aucune de ces RdD n'a d'objectif formulé. On peut toutefois noter que pour ce bioagresseur qui représente un enjeu particulier en termes de sécurité sanitaire, la prise en compte d'autres techniques culturales et d'éléments du système de culture dans lequel on intervient est effective.

D'après les entretiens, la décision des agriculteurs se fonde sur ces critères, mais dans certaines situations, suite à plusieurs années d'attaque, ils réalisent des traitements systématiques, couplés avec les autres fongicides appliqués.

Tableau 72 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre l'helminthosporiose et la rhynchosporiose à la parcelle pour les céréales à pailles

Culture	Bio agresseur	Bornes temporelles	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation/ outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé tendre d'hiver	Helminthosporiose	A partir du stade dernière feuille étalée			Si seuil atteint, alors intervention fongicide avec une association triazole et strobilurine, sinon impasse	Présence d'helminthosporiose confirmée sur l'un des 3 derniers étages foliaires OU sur la 3 ^{ème} feuille	Observations au champ	Plutôt au Nord de la Loire et surtout en Champagne	Arvalis, 2009a	1
Blé tendre d'hiver	Helminthosporiose	A partir du stade dernière feuille étalée	Tenir compte des sensibilités variétales et des facteurs de risque (TCS, rotation)		Si seuil atteint, alors intervention fongicide avec une association triazole et strobilurine, sinon impasse	Passage sur la 3 ^{ème} feuille	Observations au champ	<i>Recueillie dans la Nièvre</i>	CA Nièvre, 2010b	1
Orges	Helminthosporiose Rhynchosporiose	2 nœuds jusqu'à la sortie des barbes			Si seuil, alors intervention	Présence helminthosporiose sur l'une des 3 feuilles supérieures ou présence de rhynchosporiose (premiers symptômes)	Observation au champ	En Raisonné: RdD de déclenchement du programme En SdCi : <u>Variété fourragère résistante</u> : sinon impasse <u>Variété brassicole sensible</u> : sinon une intervention unique à sortie des barbes	RMT SdCi Seuils maestria	3
Orge d'hiver	Helminthosporiose Rhynchosporiose	2 nœuds jusqu'à la sortie des barbes			Construction du programme fongicide : choix entre 1 ou 2 traitements. Si année sèche ou variété peu sensible ou année sans présence d'aucune maladie entre 1 et 2 nœuds ou stades de la culture qui s'enchainent rapidement et / ou année tardive, un seul traitement à DFE. sinon 2 traitements (1 nœud et DFE)	Météo de l'année, sensibilité variétale, observations et croissance de la culture	Observation au champ	En Raisonné: RdD de déclenchement du programme En SdCi : <u>Variété fourragère résistante</u> : si présence d'helminthosporiose ou rhynchosporiose sur l'une des 3 feuilles supérieures, intervention, sinon impasse <u>Variété brassicole sensible</u> : si présence d'helminthosporiose ou rhynchosporiose sur l'une des 3 feuilles supérieures, intervention, sinon une intervention unique à sortie des barbes	RMT SdCi Seuils maestria	3
Orge d'hiver	Rhynchosporiose		Facteurs de risque: Sensibilité variétale ou orge de printemps semée à l'automne Semis précoce		Si signalement par les avertissements agricoles, alors réaliser une intervention fongicide	20% des 3 dernières feuilles touchées (au stade 31-52)	BSV	Facteurs de risque: Sols froids et humides (limons battants) Déclinaison variété sensible : dès l'apparition	Délos, 2009	2
Orge printemps	Rhynchosporiose	Début montaison			Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	Apparition précoce de rhynchosporiose	Observations au champ	<i>Recueillie en Bourgogne</i>	CRA Bourgogne, 2007	1

3. Helminthosporiose et Rhynchosporiose

Neuf RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre l'helminthosporiose et la rhynchosporiose ont été recueillies dans le cadre de cette étude (2 exclusivement pour l'helminthosporiose sur le blé, 3 exclusivement pour la rhynchosporiose sur l'orge et 4 pour les deux maladies sur l'orge). Elles ont été regroupées en six RdD cadre (deux pour chaque catégorie) qui sont présentées dans le Tableau 72. Toutes ces RdD cadre concernent l'opportunité de lutte chimique en culture.

Pour les cultures de blé, il existe des RdD d'opportunité d'intervention fongicide contre l'helminthosporiose, mais elles sont rarement mobilisées, car les interventions fongicides contre la septoriose maîtrisent également l'helminthosporiose. Par contre, l'helminthosporiose et la rhynchosporiose sont deux maladies clés des programmes fongicides de l'orge.

Pour **l'orge d'hiver**, la RdD d'opportunité d'intervention fongicide contre l'helminthosporiose et la rhynchosporiose (Chambre d'agriculture de Bourgogne 2008a; et 2009a ; Arvalis, 2009a ; RMT SdCI) est une RdD de déclenchement d'un programme fongicide décidé à l'avance. Ces programmes sont décidés antérieurement à la conduite de la culture, et le choix du nombre de traitements, de un ou de deux est fondé sur une pression régionale, le choix de la variété (sa résistance) et les débouchés de commercialisation. Certaines années, pour les programmes comprenant deux traitements, une RdD en culture permet de réaliser une impasse sur l'un des traitements, en cas de conditions météorologiques particulières (années sèches).

En **orge de printemps** (Chambre d'agriculture de Bourgogne, 2007), en général, un traitement fongicide est décidé à l'avance au stade dernière feuille. Seules les années à forte pression de maladie, début montaison, on mobilise des RdD d'opportunité d'intervention fongicide pour lutter contre l'oïdium ou la rhynchosporiose : un premier traitement peut être ajouté en cas d'apparition précoce d'oïdium ou de rhynchosporiose.

Tableau 73 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium pour les blés et pour l'orge de printemps

Culture	Bornes temporelles	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	observation/outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé tendre d'hiver		Sensibilité variétale	Maîtriser l'oïdium en culture	Si seuil atteint, alors intervention fongicide spécifique, sinon impasse		Observations au champ	<i>Recueillie en Bourgogne – Franche-Comté</i> Cas « général » : Variété résistante : 50% de feuilles portent des symptômes Variété sensible : 20% <u>SdC production intégrée Boigneville</u> (objectif : limiter l'utilisation de pesticides) : impasse	Arvalis, 2009b Arvalis, 2007 CA Nièvre, 2010b	3
Blé tendre d'hiver		Sensibilité variétale	Maîtriser l'oïdium en culture	Si seuil atteint, alors intervention fongicide spécifique, sinon impasse		Observations au champ	<i>Recueillie pour la Nièvre et la Picardie</i> Variété résistante : 50% des feuilles portent au moins 10 pustules Variété sensible 20%	CA Nièvre, 2001b CA Picardie <i>et al.</i> , 2006	2
Blés	A partir de 1 nœud			Si seuil atteint, alors intervention fongicide spécifique, sinon impasse		Observations au champ	<i>Recueillie en Bourgogne – Franche-Comté</i> Variété résistante : si 50% des F1-F2-F3 sont atteintes Variété sensible : si 20% des F1-F2-F3	Arvalis <i>et al.</i> , 2009b Arvalis, 2007 Dijon céréales, 2011e	2
Blés Orge d'hiver	Stade 1/2 nœuds			Si seuil, alors intervention, sinon impasse		Observation au champ	Raisonné : 35 F3 et F4 porteuses sur 40 Blé en SdCI : impasse	RMT SdCI	3 (1 oh, 1blé, 1 SdCi blé)
Blés				Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	50% des feuilles portent des pustules sur au moins 5% de la surface	Observation au champ sur 20 feuilles		Arvalis dans RMT SdCI	1
Blé, orge, seigle, triticale	Epi 1cm-2noeuds			Si seuil atteint, alors intervention fongicide spécifique, sinon impasse	50% des plantes atteintes	BSV Indicateur de risque climatique (pluies, et températures depuis la levée)		INRA, 2009a	1
Orges	Avant la sortie des barbes			Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	20% d'une des 3 dernières feuilles touchées		Recueillie en Bourgogne	Arvalis et al 2011j	1
Orge de printemps	Début montaison			Si seuil atteint, alors intervention fongicide spécifique, sinon impasse	Dès l'apparition des premiers symptômes (taches)	Observations au champ	Recueillie en Bourgogne	CA Bourgogne 2007	1

4. Oïdium

Quatorze RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre l'Oïdium ont été recueillies dans le cadre de cette étude (10 exclusivement pour le blé, 1 exclusivement pour l'orge d'hiver, 1 exclusivement pour l'orge de printemps, 1 à la fois pour l'orge d'hiver et de printemps, et 1 à la fois pour le blé, l'orge, le seigle et le triticale) et ont été regroupées en huit RdD cadre, présentées dans le Tableau 73. Toutes concernent l'opportunité de lutte chimique en culture.

D'après les entretiens, l'oïdium est une maladie qui peut constituer des enjeux importants en termes de protection des cultures certaines années et dans certaines situations. Les traitements contre cette maladie se décident en fonction des symptômes observés. Là encore, plusieurs règles de décision ont été recueillies, sans objectif précisément formulé, et avec des critères de décision légèrement différents. On distingue deux groupes RdD cadre différentes.

Les deux premières RdD cadre se distinguent uniquement par la précision de l'observation à réaliser. Elles se basent sur des symptômes sur feuilles et sont déclinaées en fonction du type de système de culture. Pour le blé tendre d'hiver, le critère de décision le plus diffusé (CA Nièvre, 2010b ; Arvalis, 2009a, Chambre d'Agriculture de Côte d'Or 2011g, Arvalis *et al.*, 2011j) sera la proportion de feuilles portant des symptômes d'oïdium (seuil de 20% pour les variétés sensibles et de 50% pour les variétés résistantes), tandis que selon d'autres auteurs (CA Picardie *et al.*, 2006) ce critère est plus précis : ce sera la proportion de feuilles portant au moins 5 pustules (mêmes seuils en fonction des variétés). En « système de culture intégré » (recensement de seuils d'intervention pour le RMT SdCI, document interne), le seuil est supposé ne jamais être atteint (impasse systématique). En « itinéraire technique intégré », on prend donc en compte le même seuil de fréquence d'apparition de la maladie, mais à un niveau de sévérité plus élevé.

La troisième RdD cadre en blé tendre d'hiver s'appuie sur un critère de décision d'observations **des trois dernières feuilles**. A partir du stade 1 nœud, pour les variétés résistantes, si 50% des feuilles F1, F2, et F3 sont atteintes, réaliser une seule intervention fongicide, sinon faire l'impasse. Pour les variétés sensibles, le seuil est de 20% des feuilles F1, F2 ou F3.

Il existe encore d'autres critères de décision et seuil pour cette RdD mais nous ne les commenterons pas tous. Par exemple, l'INRA, dans Ecophyto R&D (INRA, 2009a) propose une solution « simplifiée » qui est la suivante : du stade épi 1 cm à 2 nœuds, si 50% des plantes portent des symptômes d'oïdium, alors réaliser une intervention fongicide, sinon impasse.

Dans presque tous les cas, on s'appuie sur une observation au champ, sans préciser la méthode d'échantillonnage. Cette RdD pourrait faire l'objet d'une harmonisation et de précision : quel échantillonnage pour renseigner le critère de décision ? Quel critère de décision prendre en compte (les plantes, toutes les feuilles, les 3 dernières feuilles ?) Quels objectifs vise la RdD ?

En pratique ces RdD sont peu appliquées pour le blé tendre d'hiver. L'oïdium est géré par des mesures prophylactiques en amont (en triticale aussi, notamment à travers le choix d'une variété résistante à l'oïdium) et à travers les programmes fongicides établis à l'avance pour la lutte contre un cortège de maladies, et ajustés au niveau des doses et des choix de produits en fonction des observations de chaque maladie.

Pour l'orge de printemps, la RdD d'opportunité d'intervention chimique contre l'oïdium peut entraîner une intervention spécifique au stade début montaison (Chambre d'agriculture de Bourgogne, 2007).

Tableau 74 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre le piétin échaudage et le piétin verse

Culture	Bio agresseur	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé tendre d'hiver	Piétin échaudage	Semences	Parcelle	Opportunité de traitement de semences	Succession de cultures, date de semis, rappuyage du semis		Traitement de semences un an sur 2	Facteurs de risque: successions de cultures hôtes ou amplificatrices, présence de graminées, semis précoces et mal rappuyés		Recueillie en Côte d'Or Si pas de monoculture de blé : impasse systématique	CA Côte d'Or 2001c	2
Orge Triticale	Piétin échaudage	Semences	Parcelle	Opportunité de traitement de semences			Si risque, traiter les semences un an sur 2	Risque (<i>quel diagnostic du risque ?</i>) Hiver peu pluvieux			Delos, 2009	1
Blé d'hiver Orge d'hiver Triticale	Piétin verse	Entre épi 1cm et 2 nœuds	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide	Choix variétal		<ul style="list-style-type: none"> • Si risque à la parcelle, alors observation • Si risque météorologique, et si seuil d'observation atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse • Ou si risque à la parcelle et seuil de 35% atteint, alors intervention • Sinon impasse 	Si risque à la parcelle >8 <ul style="list-style-type: none"> • Si plus de 15% des pieds sont porteurs de taches (6/40) et risque météorologique (modèle TOP) • Si risque à la parcelle moyen, ou risque fort (>8) et pas de risque météorologique seuil de 35% des pieds 	Observation au champ Grille de risque à la parcelle SRPV Modèle TOP	Définie pour variété sensible (note GEVES<5)	CA Nièvre, 2010b Arvalis, 2007 Arvalis, 2009b RMT SdCi CA Picardie, 2006	8

5. Piétin échaudage

Trois RdD, regroupées en deux RdD cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre le piétin échaudage ont été recueillies dans le cadre de cette étude et sont présentées dans le Tableau 74. Le piétin échaudage est une maladie qui fait l'objet d'une intervention spécifique en traitement de semence, systématique un an sur 2, lorsque des céréales à paille se succèdent.

Cette intervention n'a pas d'objectif explicite précis, mais montre l'importance de la diversification des cultures dans la succession, qui permet d'éviter un traitement de semences, en limitant le risque sanitaire.

6. Piétin verse

Une RdD cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre le piétin verse a été synthétisée à partir des 8 RdD recueillies dans le cadre de cette étude et est présentée dans le Tableau 74. Le piétin verse est une maladie qui peut faire l'objet d'une intervention fongicide spécifique en culture.

Pour lutter chimiquement contre le piétin verse, la RdD diffusée par de nombreux organismes s'appuie sur plusieurs critères de décision combinés (Arvalis 2011, Arvalis 2009a) :

- une grille de risque réalisée par la SRPV, qui évalue un risque à la parcelle *a priori* (Seuil : 8) en fonction du précédent cultural, du type de sol, du travail du sol, de la date de semis et de la résistance variétale, et qui est légèrement différente dans chaque région. On fait l'hypothèse qu'il s'agit d'une adaptation à la pression régionale de la maladie, au climat, ou une adaptation empirique par rapport aux différents facteurs de risque.

- la météo, qui permet d'estimer un risque d'évolution de la pression de la maladie ;

- enfin, dans le cas d'un risque à la parcelle combiné à une météo favorable, des observations, qui évaluent la présence de la maladie.

Cette règle prend donc en compte plusieurs critères de décision et leur combinaison, ce qui est intéressant.

Par contre, comme de nombreuses règles déclinées précédemment, elle n'est accompagnée d'aucun objectif spécifique (éviter les pertes économiques ? éviter les dommages en culture ? éviter les dégâts en culture ? maximiser le rendement ?). De plus la méthode d'échantillonnage n'est pas précisée.

D'après les entretiens, cela signifie qu'en pratique, avant la période de sensibilité, le risque parcellaire est évalué pour savoir s'il faut ou non surveiller les parcelles. Dans certains cas, lorsque le risque est très élevé, cette première évaluation conduira à des interventions systématiques, et lorsque le risque est très faible, à des impasses systématiques. Pour le conseil, le facteur météorologique n'est pas toujours pris en compte, car trop incertain, et le seuil de 15% de pieds porteurs de la maladie observés est retenu pour toutes les parcelles présentant un risque.

Enfin, toujours d'après les entretiens, le risque régional est parfois prédominant et permet de décider d'impasses systématiques ou de traitements systématiques.

Tableau 75 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre les rouilles à la parcelle

Culture	Rouille	Bornes temporelles	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé tendre d'hiver, blé dur, triticale	Rouille brune	A partir du stade 2 nœud	Tenir compte des sensibilités variétales		Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	Premiers symptômes, ou pustules sur l'une des 3 dernières feuilles visibles ou sur F3 (dépend de sensibilité variétale)	Observation au champ	<i>Recueillie en Bourgogne</i>	Arvalis et al 2011g, 2011e, Dijon céréales 2011d, CA Nièvre, 2010b	4 (1 pour triticale)
Blé	Rouille brune				Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	Seuil du srpv : 50% des F3 touchées	Observation au champ	RMT : si possible faire un suivi régulier des températures et repérer les épisodes pluvieux non contaminants (températures < 10 °C)	RMT SdCI	2
Blé	Rouille brune	Fin montaison			Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	50% des F3 porteuses de pustules ou présence sur F2	Observation au champ		RMT SdCI	1
Blé	Rouille brune				Suivre le modèle spirouille		Outil spirouille		Delos, 2009	1
Blé tendre d'hiver	Rouille jaune	Epi 1cm			Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	Foyers actifs (pustules pulvérulentes)	Observation au champ	Recueillie en Bourgogne – Champagne	Arvalis, 2009b	1
Blé tendre d'hiver, triticale	Rouille jaune	A partir d'1 nœud	Choix variétal		Si seuil, alors intervention fongicide, sinon impasse. Tenir compte des sensibilités variétales (Comment ?)	Premières pustules	Observation au champ	Recueillie pour la Nièvre	CA Nièvre 2010b	1
Blé tendre d'hiver Triticale	Rouille jaune				Si alertes du BSV et indication du modèle, réaliser une seule intervention, sinon impasse	Conditions climatiques	BSV Modèle Yello	Variétés dont la résistance s'installe en phase de montaison : de stade épi 1 cm jusqu'à gonflement Variétés sensibles : de stade épi 1 cm jusqu'à floraison	Delos, 2009	4 (2 blé, 2 triticale)
Blé tendre d'hiver	Rouille jaune	Début montaison-fin floraison			Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse		Observation au champ	Variété pure : Premières pustules Mélange variétal : foyer évolutif	CA Nièvre, 2010b Arvalis, 2009b INRA UMR BIO3P Rennes, 2007	2
Orge	Rouille naine				Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	20% des trois dernières feuilles touchées	Observation au champ		Delos, 2009	1
Avoine	Rouille couronnée	Epiaison			Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	Si rouilles observées dans d'autres cultures et conditions climatiques favorables	Observation au champ		Delos, 2009	1
Seigle	Rouille dispersée	Du stade 2 nœuds jusqu'à fin floraison	Date de semis, choix variétal		Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	Présence de pustules sur l'une des 3 dernières feuilles définitives	Observation au champ		Delos, 2009	1

7. Rouilles

Dix-neuf RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre les rouilles ont été recueillies dans le cadre de cette étude et sont présentées dans le Tableau 75. La majorité de ces RdD concernent la rouille brune (8 RdD, regroupées en 4 RdD cadre) et la rouille jaune (8, regroupées en 4 RdD cadre également). Une RdD a été recueillie pour la rouille couronnée de l'avoine, pour la rouille naine de l'orge d'hiver, ainsi que pour la rouille dispersée du seigle. Toutes ces RdD concernent l'opportunité de lutte chimique en culture.

Les rouilles peuvent faire l'objet d'interventions spécifiques, ou être intégrées dans les programmes fongicides globaux raisonnés et déterminés à l'avance.

Les rouilles peuvent faire l'objet d'interventions spécifiques, ou être intégrées dans les programmes fongicides globaux raisonnés et déterminés à l'avance.

Il existe des RdD d'opportunité d'intervention fongicide spécifique, pour la rouille naine de l'orge, pour la rouille couronnée de l'avoine et pour la rouille dispersée du triticale (Délos, 2009).

Les RdD d'opportunité d'intervention fongicide contre la rouille brune en blés s'appuient sur des critères de fréquence des symptômes. Il existe deux seuils différents en fonction des auteurs. Selon Arvalis (Arvalis *et al.* 2011b ; Arvalis, 2009a), l'intervention doit être déclenchée dès l'apparition de pustules sur l'une des 3 dernières feuilles visibles ou sur la F3, en fonction de la sensibilité variétale, alors que selon la SRPV le seuil d'intervention est de 50% des F3 touchées. En « protection intégrée » (objectif implicite de tolérance des dégâts et d'évitement des pertes économiques dues à la maladie), ce critère est complété par la prise en compte de la météo, pour augmenter la fréquence des impasses, dans le cas où la météo n'est pas favorable au pathogène (RMT SdCI).

Pour la rouille jaune, (Arvalis, 2009a ; CA Picardie *et al.*, 2006), le seuil d'intervention le plus diffusé est au stade 1 nœud, dès l'apparition de pustules dans la parcelle. Cette RdD cadre se décline, en plusieurs solutions, suivant la mise en place ou non de techniques prophylactiques. Dans le cas où un mélange de variétés aux résistances différentes a été semé, le seuil d'intervention devient la présence de foyer évolutif. Ainsi, si le foyer reste circonscrit à une tache dans la parcelle, une intervention est évitée (RMT SdCI, document interne).

Une autre règle, pour les variétés sensibles, ne faisant pas appel à l'observation et conduisant vraisemblablement à des traitements plus nombreux s'appuie sur un critère unique de risque météorologique (Délos, 2009).

En pratique, ces règles sont très peu mobilisées. Les traitements fongicides des programmes décidés à l'avance permettent la gestion des rouilles. Les seuls cas où ces RdD sont mobilisées sont les années exceptionnellement sèches, où le programme fongicide n'est pas déclenché par l'apparition de septoriose. Ces années-là, les RdD d'opportunité d'intervention contre les rouilles sont alors mobilisées pour déclencher les programmes fongicides.

Tableau 76 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de traitement de semences des céréales à pailles contre les pathogènes

Culture	Bio agresseur	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé d'hiver Avoine de printemps Avoine d'hiver Orge d'hiver	Charbon nu	Semences	Parcelle	Opportunité de traitement de semences	Date de semis, qualité des semences		Traitement de semences				CA Côte d'Or 2011c, Delos, 2009	1
Blé d'hiver	Carie commune	Semences	Parcelle	Opportunité de traitement de semences	Rotation, date de semis, repousses et graminées en parcelle et en bordure, qualité des semences		Traitement de semences	Facteurs de risque: levée lente, semis tardifs, étés secs, passages d'outils contaminés			CA Côte d'Or 2011c, Delos, 2009	1
Céréales d'hiver	Fusariose	Semences	Parcelle	Opportunité de traitement de semences	Triage des semences, successions de culture		Traitement de semences	Facteurs de risque: rotations courtes, précédent maïs		Règle recueillie en Côte d'Or	CA Côte d'Or 2011c	1
Blé tendre d'hiver	Piétin échaudage	Semences	Parcelle	Opportunité de traitement de semences	Succession de cultures, date de semis, rappuyage du semis		Traitement de semences un an sur 2	Facteurs de risque: successions de cultures hôtes ou amplificatrices, présence de graminées, semis précoces et mal rappuyés		Règle recueillie pour les monocultures de blé en Côte d'Or	CA Côte d'Or 2011c	1
Blé tendre d'hiver	Piétin échaudage	Semences	Parcelle	Opportunité de traitement de semences	Succession de cultures, date de semis, rappuyage du semis		Traitement de semences systématique en alternant les produits			Règle recueillie pour les monocultures de blé	Delos, 2009	1

8. Traitements de semences contre les maladies

Cinq RdD, qui constituent cinq RdD cadre pour l'opportunité de traitement de semences, ont été recueillies dans le cadre de cette étude et sont présentées dans le Tableau 76. En céréales d'hiver, au moins un traitement de semences est réalisé quasiment systématiquement, pour lutter contre les maladies principales. Les traitements de semences systématiques englobent généralement une protection contre :

- la carie commune du blé, les fusarioses, et la septoriose en blé tendre ;
- l'helminthosporiose et les fusarioses, et souvent contre le charbon nu de l'orge en orge d'hiver.

Dans les cas où deux céréales à pailles se succèdent, un traitement contre le piétin échaudage est ajouté.

Les cas où les traitements de semences contre les maladies sont raisonnés à la parcelle en fonction des risques parcellaires, de l'origine des semences et de l'historique de la parcelle sont rares et il n'a pas été réellement répertorié de règle de décision. En général, il est conseillé de prendre en compte un risque et des facteurs de risque sont répertoriés, mais ils ne sont pas hiérarchisés, la manière de les mesurer et de les quantifier n'est pas énoncée. Ces RdD ne sont pas opérationnelles. Nous noterons une exception, la décision de traitement de semences spécifique contre le piétin échaudage en cas de deuxième paille un an sur 2 (le risque de contamination est important en cas de deux céréales à pailles, ce qui induit le traitement de semences, mais la réglementation limite celui-ci à une année sur 2).

On notera qu'il existe un produit biologique pour le traitement des semences sur blé, seigle, épeautre et triticales, à base de *Pseudomonas chlororaphis*, bactérie présente naturellement dans le sol : le Cerall®, généralement utilisé en agriculture biologique, efficace contre carie, fusariose et septoriose. Cependant, ce type de traitement est peu efficace sur la carie. Si les semences sont contaminées par de la carie commune, il est recommandé de ne pas les semer, y compris avec un traitement de semences, et de s'en procurer de nouvelles (la certification en semences biologiques ne tolère aucune spore de carie commune).

La question qui se pose, est de savoir si ce ou ces traitements de semences sont tous justifiés et s'il est possible de les raisonner en fonction d'un risque parcellaire. Comment évaluer ce risque parcellaire d'attaques de pathogènes et décider de l'opportunité de ces traitements de semences ?

Tableau 77 : Règles de décision cadre pour l'opportunité d'intervention fongicide dans les céréales à pailles contre les autres pathogènes

Culture	Bio agresseur	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé tendre d'hiver	Toutes maladies	Gaine éclatée	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide	Opportunités de traitements fongicides		Si aucun seuil d'intervention fongicide n'est jamais atteint, traiter avec une spécialité efficace sur septoriose et rouille à 1/3 de dose	Traitements antérieurs	Recueillie en Picardie pour un ITK intégré	CA Picardie, 2006	1
Blé tendre d'hiver	Toutes maladies	Dernière feuille étalée	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide	Choix variétal Retard date de semis Baisse de la densité de semis	Utiliser le moins d'intrant possible	Viser le traitement unique au stade dernière feuille	Pression parasitaire	Recueillie en Bourgogne en conduite bas intrants	CRA Bourgogne, 2009b	1
Orge d'hiver	Toutes maladies	Campagne	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide	Densité de semis plus basse Retard de la date de semis Réduction de la fertilisation	Utiliser le moins d'intrant possible	Réaliser un seul traitement entre les stades 2 nœuds et sortie dernière feuille, sinon, si forte pression de maladie, réaliser 2 traitements à dose réduite, stade 1 nœud puis sortie dernière feuille	Pression maladie	Recueillie en Bourgogne en conduite bas intrants	CRA Bourgogne, 2009a	1
Blé dur	Toutes maladies	Stade 2 nœuds	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide			Si végétation belle + forte pression (BSV), traitement, sinon revenir à épiaison	Pression biotique Développement culture	BSV	Document maestria	1
Blé dur	Toutes maladies	Epiaison	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide			Si végétation belle et si 2 dernières feuilles touchées, traitement, sinon revenir à floraison	Développement culture Observation symptômes	Observations	Document maestria	1
Blé dur	Toutes maladies	Floraison	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide			Traiter selon conditions climatiques	Développement culture Observation symptômes	Météo	Document maestria	1

Tableau 78 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles, contre les limaces, à la parcelle

Culture	Echelle temporelle	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Céréales à pailles	Pré semis		Si le seuil est atteint, réaliser une intervention chimique au semis, et une autre intervention si pluviométrie importante; sinon, impasse	Météo Limaces piégées Dégâts observés Seuils : si le temps est humide et la température entre 9°C et 16 °C : apparition des 1 ^{ères} limaces Sinon : dès 1 ^{ers} dégâts	Piège alimentaire - piège refuge Observation au champ : chercher sous mottes de terre ou sous les pierres	Facteurs de risque: Parcelles en SCV	Délos, 2009	1
Céréales à pailles		éviter les dégâts(?) de limaces	Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Météo Limaces piégées 1 limace par piège en moyenne et temps doux et humide	pose de 5 pièges par parcelle Piège alimentaire + piège refuge : tuiles+appâts		Seuil maestia RMT SdCI	1
Céréales à pailles	Avant semis ou au semis		Si seuil1 et si dégâts en culture, alors traitement Si seuil 2, alors traitement 15 jours avant le semis ou en post semis pré levée Si seuil 3 traitement 15 jours avant semis+ traitement en post levée+ lutte physique et contrôle cultural Sinon impasse	Limaces piégées Seuil 1 : 1 à 20 limaces / m ² Seuil 2 : 20 à 50 limaces / m ² Seuil 3 : plus de 50 limaces par m ² Facteur de risque : Parcelle ayant déjà subi des attaques	Piège refuge : Piège (INRA-Bayer) de 50x50cm: moquette imputrescible recouverte d'une feuille d'aluminium plastifiée, augmentant l'isolation thermique, avec un film plastique sur le dessous, microperforé, retenant l'eau 4 pièges par parcelle pour évaluer le nombre de limaces/m ²	<i>Recueilli en Bourgogne et Franche-Comté</i> Facteurs de risque : Parcelles ayant supporté un couvert ou proches de friches ou de bois ; Travail superficiel sans labour ponctuel et tardif ; Rotations courtes ; Précédent colza ou blé ; Semis tardif ; Faible densité de semis et lit de semences mal refermé	Arvalis, 2009b	1
Céréales à pailles	Avant semis ou au semis		Si seuil1 et si dégâts en culture, alors traitement Si seuil 2, alors traitement 15 jours avant ou au semis Si seuil 3 traitement 15 jours avant semis et au semis Sinon impasse	Limaces piégées Seuil 1 : Moins de 5 limaces / m ² Seuil 2 : 5 à 15 limaces / m ² Seuil 3 : plus de 50 limaces /m ²	Piège refuge : Piège (INRA-Bayer) de 50x50cm (cf. ci-dessus) ; Minimum 3 pièges par parcelle pour évaluer le nombre de limaces/m ²	<i>Recueillie dans l'Yonne</i>	CA Yonne, 2007	1
Céréales à pailles			Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	Météo Limaces piégées 5 à 6 limaces/m ² OU 5 à 6 limace par parcelle et temps doux et humides	Observation au champ Pièges		Bayercrop science	1
Céréales à pailles	jusqu'au stade 2-3 F		Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Dégâts observés : dès dégâts visibles	Observation au champ	plus de 10 jours après une intervention chimique précédente (persistance)	Seuil maestia RMT SdCI	1
Blés d'hiver	De la levée jusqu'au stade 2-3 feuilles		Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	Limaces piégées Dégâts observés 5 à 6 limaces /m ² et dégâts observés ou 15 à 20 limaces / m ²	Piège alimentaire + piège refuge : à la surface du sol, un carré de 50X50cm en carton ou une tuile ou un sac recouvert par une bâche plastique. En condition sèche, humidifier le sol. Sous le piège disposer des granulés d'anti limace pour éviter que les limaces ne quittent le piège	<i>Recueillie en Bourgogne</i> Surtout parcelles argileuses, motteuses ou avec des résidus de culture abondants	Arvalis <i>et al.</i> , 2011a	1
Orge d'hiver	Avant semis à la levée		Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	Présence avant le semis et avant la levée	Piégeage BAYER	<i>Recueillie dans la Nièvre</i>	CA Nièvre, 2007	1
Triticale	Jusqu'au semis		Protection précoce, au plus tard au moment du semis	Risque parcellaire		<i>Recueillie en Bourgogne</i>	CA Bourgogne, 2008b	1

9. Limaces

Neuf RdD cadre pour l'opportunité de lutte chimique contre les limaces sont présentées dans le Tableau 78. Les règles de décision d'opportunité de lutte chimique contre les limaces sont nombreuses. Elles sont pourtant toutes très peu formalisées (absence d'objectifs, de niveaux de tolérance aux dégâts dommages et pertes, absence de prises en compte d'éléments de contexte, de combinaisons de techniques...) et contradictoires. Elles ne peuvent donc pas être regroupées, et chacune d'elle constitue une RdD cadre.

Il s'agit essentiellement de RdD permettant de décider d'une intervention chimique au semis, qui s'appuient sur l'observation du nombre de limaces pendant l'interculture au moyen de piégeages. La technique de piégeage est très explicite, mais ces RdD ont des seuils différents, sans qu'on puisse en identifier la raison. Ainsi, pour un même contexte et une même observation, suivant la RdD que l'on mobilise, on aboutira à une intervention différente, sans que les objectifs de ces RdD ne soient formulés.

Des exemples de ces seuils ont été recueillis et sont présentés dans le Tableau 78. (Chambre d'agriculture de l'Yonne, 2007 ; Arvalis *et al.* 2011a, ...)

Il existe une grille d'évaluation du risque limaces développée par de Sangosse et l'ACTA, qui permet de donner une note de risque par parcelle, en fonction des techniques culturales mises en œuvre, et qui prend en compte certaines interactions entre ces techniques. Mais cette grille ne donne pas directement de préconisations et n'est pas associée à une RdD.

D'après les entretiens avec les conseillers, les agriculteurs décident des interventions anti-limaces en fonction non pas de seuils de nuisibilité économique validés et adoptés, mais de leur tolérance au risque, et de leur appréhension face à ce bioagresseur. Celle-ci dépend de facteurs subjectifs mais aussi de l'historique des dommages de récolte causés par les limaces dans l'exploitation.

Tableau 79 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre les pucerons à l'échelle de la parcelle

Cultures	Ravageur	Bornes temporelles	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Céréales d'hiver	Pucerons d'automne	Semences	Opportunité de traitement de semences	Traitement en végétation / date de semis/ rotation/ densité de semis	Limiter les populations de pucerons et la JNO	Réaliser un traitement de semences ou attendre et réaliser un traitement en végétation si nécessaire	Automne doux et sec, semis précoces et clairs, présence de repousses de céréales-friches ou maïs à proximité	Semis précoce (ex : Picardie avant le 05/10) Semis tardif : impasse	Recueillie en Picardie et Côte d'Or	CA2 Côte d'Or 2011c CA Picardie 2006,	2
Céréales d'hiver	Pucerons d'automne	D'octobre à janvier	Opportunité d'intervention insecticide			Seuil de présence: Présence voisine de 2% de plantes porteuses pendant 3 semaines ou si la somme des (%plantes porteuses*semaines de présence) = 6 ou si 10% de plantes porteuses Signallement par avertissements agricoles	Indicateur de risque climatique basé sur la température moyenne journalière et l'ensoleillement Piège à succin Piège coloré Dénombrement en végétation	Observation au champ		Delos, 2009	1
Blé tendre d'hiver Orge d'hiver	Pucerons d'automne	Stade de 1 feuille à 3 feuilles	Opportunité d'intervention insecticide	Date de semis		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	à 1 F : 5% des pieds porteurs à 2 F : 10% des pieds porteurs à 3 F : 20% des pieds porteurs ou, 10 jours consécutifs de présence sur la parcelle	Observation au champ	Semis tardif : impasse Semences traitées : impasse	CA Yonne, 2008, CA Picardie 2006,	5
Blé tendre d'hiver	Pucerons d'automne	Novembre - Décembre	Opportunité d'intervention insecticide			Si présence de pucerons plus de 10 jours en novembre ou en décembre, traitement insecticide, sinon impasse	Risque faible	Observation au champ	Recueillie en Bourgogne Pour les semis tardif	CRA Bourgogne, 2005	1
Blé d'hiver Orge d'hiver Triticale Avoine H.	Pucerons d'automne	Dès le semis	Opportunité d'intervention insecticide	Date de semis, traitement de semences		Si seuil atteint, alors intervention insecticide avec pyréthrianoïdes, sinon impasse	10% de pieds porteurs ou pucerons sur la parcelle plusieurs semaines	Observation au champ	Recueillie en Bourgogne Semis avant le 15/10 surtout si semences non traitées	CA Bourgogne, 2008b	1
Orge d'hiver	Pucerons d'automne	Dès la levée	Opportunité d'intervention insecticide			Si automne chaud, intervention dès le stade 1 F en surveillant jusqu'à plusieurs jours de gel pour un renouvellement	10% de pieds porteurs	Observation au champ	Recueillie en Bourgogne Semences non traitées	CA Bourgogne, 2008a	1
Blé Orge Avoine Triticale	Pucerons des épis	De début épiaison à grain laitieux	Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Nombre d'épis touchés par au moins un puceron/ Auxiliaires	Observation au champ de pucerons momifiés, pontes de chrysopes et syrphes, dissection des pieds porteurs de pucerons pour observer les larves de syrphes	Raisonné : un épi / 2 colonisé (variante : 1 épi / 2 touché par au moins 1 puceron) Intégré : un épi sur 2 et absence d'auxiliaires	Arvalis <i>et al.</i> , 2011f Arvalis 2009a Dijon céréales 2011b RMT SdCI	3

10. Pucerons d'automne

Onze RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre les pucerons d'automne, ont été recueillies dans le cadre de cette étude et sont regroupées en six RdD cadre, présentées dans le Tableau 79. Deux RdD, regroupées en une RdD cadre, concernent l'opportunité de traitements de semences ; les neuf autres concernent l'opportunité d'intervention en culture. Nous allons présenter une RdD, la plus couramment diffusée.

Objet de la décision : Opportunité d'intervention insecticide

Domaine de validité de la RdD :

- *Contexte pédoclimatique* : non renseigné
- *Caractéristiques du SdC* : la plupart des SdC, hors agriculture biologique, à date de semis classique et sans traitement de semences
- *Bornes temporelles* : dès la levée, jusqu'à fin octobre ou début novembre

Objectifs de la RdD : non renseigné

Résultats attendus et critères d'évaluation de la RdD : non renseigné (pas de perte de rendement ? Pas de perte économique ?)

Solution : *Enoncé* :

- **RdD1** (Arvalis et al 2011a, Arvalis, 2009b): observation directe au champ : Si 10% des pieds sont porteurs de pucerons ou si les pucerons sont présents sur la parcelle soit 10 jours consécutifs soit plusieurs semaines en cumulé, alors réaliser une intervention insecticide, sinon faire l'impasse.
- *Critères de décision* : le critère de décision est basé sur les observations au champ, mais l'échantillonnage n'est pas précisé.
- *Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus* : dans le domaine de validité de la RdD c'est-à-dire en semis précoce ou classique et sans traitement de semences, il y a généralement un traitement insecticide à l'automne, qui vise principalement les pucerons ou les cicadelles, et qui a des effets sur ces deux insectes. Ce traitement est généralement déclenché par des observations. il peut être déclenché par des conditions météorologiques favorables ou être fait simultanément à des interventions de désherbage.

Dans l'Yonne, ce seuil est plus précis (Chambre d'agriculture de l'Yonne, 2010) : au stade 1 feuille, 5% des pieds sont porteurs pucerons ou 10% au stade 2 feuilles ou 20% au stade 3 feuilles.

Cette RdD d'opportunité fondée sur une observation à la parcelle ne permet pas ici de diminuer réellement l'usage des phytosanitaires. Par contre la mise en place de mesures prophylactiques (retard de la date de semis) est extrêmement efficace. Dans ce cas, il n'y a pas d'intervention insecticide, sauf les années à climat exceptionnel, pour lesquelles des alertes sont indiquées par la SRPV afin d'étendre les bornes temporelles et d'appliquer cette RdD jusqu'à fin décembre, y compris dans les SdC intégrés.

11. Pucerons des épis

Trois RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre les pucerons d'automne, ont été recueillies dans le cadre de cette étude et regroupées en une seule RdD cadre, présentée dans le Tableau 79. Cette RdD cadre, comme les autres, n'a pas d'objectif formulé. Elle propose des solutions pour deux types de systèmes de culture : les systèmes de culture « raisonnés » et les systèmes de culture « intégrés ».

- **« Raisonné »** : Si un épi sur deux est porteur d'au moins un puceron, alors réaliser une seule intervention insecticide, sinon impasse. (variante : 1 épi / 2 touché par au moins 1 puceron)
- **« Intégré »** : Si un épi sur deux est porteur d'au moins un puceron et qu'il n'y a pas d'auxiliaire, alors réaliser une seule intervention insecticide, sinon impasse.

Cette RdD conduit à une intervention insecticide assez rare (environ un an sur 5 à un an sur 10), mais qui détruit la faune auxiliaire et peut ainsi avoir un impact sur les dynamiques des insectes ravageurs, en diminuant leur prédation et favorisant leur prolifération, pendant plusieurs années.

Tableau 80 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre les cicadelles

Culture	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation/outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé d'hiver Orge d'hiver	Semences	Parcelle	Opportunité de traitement de semences	Traitement en végétation possible/ date de semis/ rotation (Semis avant le 15/10)		Réaliser un traitement de semences ou attendre et réaliser un traitement en végétation si nécessaire	Facteurs de risque: automne doux et sec, temps ensoleillé, semis précoces, présence de repousses de céréales, graminées sauvages, parcelle bordée de haies ou bois		Intégré (date de semis tardive) : impasse	INRA 2009b CA Côte d'Or 2011c	2
Blé d'hiver Orge d'hiver (autres céréales d'hiver ?)	Dès le début de la levée à fin octobre - début novembre		Opportunité d'intervention insecticide	Date de semis (Semis avant le 15/10)		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	A chaque endroit, cette action fait sauter devant soi au moins 5 cicadelles et le temps est ensoleillé	Observation au champ : choisir une période ensoleillée, la plus chaude de la journée, parcourir la parcelle à 5 endroits sur 5 mètres linéaires	Intégré (date de semis tardive): impasse, sauf si message d'alerte SRPV les années à climat exceptionnel. Dans ce cas, extension des bornes temporelles jusqu'à fin décembre, voire mars et application de la solution du système raisonné	Arvalis et al 2011a RMT SdCI	2
Blé d'hiver Orge d'hiver (autres céréales d'hiver ?)	Dès le début de la levée à fin octobre - début novembre		Opportunité d'intervention insecticide	RdD d'opportunité de lutte chimique pucerons d'automne Pas de traitement contre pucerons date de semis (Semis avant le 15/10)		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	30 cicadelles capturées en cumulé par piège et par semaine	Relevé hebdomadaire de piège jaune englué format A4	Solution définie en système de culture raisonné ; En intégré (date de semis tardive): impasse, sauf si message d'alerte SRPV les années à climat exceptionnel. Dans ce cas, extension des bornes temporelles jusqu'à fin décembre, voire mars et application de la solution du système raisonné	Arvalis 2009a Arvalis et al., 2011a	2

12. Cicadelles

Six RdD, regroupées en trois RdD cadre, ont été recueillies dans le cadre de cette étude pour l'opportunité de lutte chimique contre les pucerons d'automne et sont présentées dans le Tableau 80. Deux d'entre elles, regroupées en une RdD cadre, concernent l'opportunité de traitement de semences ; les autres concernent l'opportunité d'intervention en culture. Les deux RdD les plus courantes sont décrites selon le formalisme du recueil.

Objet de la décision : Opportunité d'intervention insecticide

Domaine de validité de la RdD :

- *Contexte pédoclimatique* : non renseigné
- *Caractéristiques du SdC* : la plupart des SdC, hors agriculture biologique, à date de semis classique et sans traitement de semences
- *Bornes temporelles* : dès la levée, jusqu'à fin octobre ou début novembre

Objectifs de la RdD : non renseigné

Résultats attendus et critères d'évaluation de la RdD : non renseigné (pas de perte de rendement ? Pas de perte économique ?)

Solution :

- *Enoncé* :
 - **RdD1** (Arvalis *et al.* 2011a ; Arvalis, 2009b): observation directe au champ : choisir une période ensoleillée, la plus chaude de la journée, parcourir la parcelle à 5 endroits sur 5 mètres linéaires. Si à chaque endroit de la parcelle cette action fait sauter devant soi au moins 5 cicadelles, et si pas d'intervention insecticide contre les pucerons d'automne alors réaliser une intervention insecticide, sinon faire l'impasse.
 - **RdD2** (CRA Bougogne *et al.* 2011a) : si 30 cicadelles capturées en cumulé par piège et par semaine, et si pas d'intervention insecticide contre les pucerons d'automne, réaliser une intervention insecticide, sinon impasse
- *Critères de décision* : dans un cas le critère de décision s'appuie sur des observations au champ, dans l'autre cas sur le nombre de cicadelles capturées dans les pièges englués du réseau de la SRPV. Dans un cas la décision se base donc sur une pression à la parcelle, et dans l'autre sur une pression plus régionale évaluée par les réseaux de surveillance.

Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus : dans le domaine de validité de la RdD, c'est-à-dire en semis précoce ou classique, et sans traitement de semences, il y a généralement un traitement insecticide à l'automne, qui vise principalement les pucerons ou les cicadelles, et qui a des effets sur ces deux insectes. Parfois ce traitement est déclenché par des observations, mais étant donné sa fréquence il est souvent déclenché par la décision d'une intervention de désherbage et est fait simultanément pour des raisons d'organisation du travail, ou du fait des conditions météorologiques favorables.

La RdD d'opportunité d'intervention chimique ne permet pas ici de diminuer l'usage des produits phytosanitaires. Par contre la mise en place de mesures prophylactiques (retard de la date de semis) est extrêmement efficace. Dans ce cas, il n'y a pas d'intervention insecticide, sauf les années à climat exceptionnel, pour lesquelles des alertes sont indiquées par la SRPV afin d'étendre les bornes temporelles et d'appliquer cette RdD jusqu'à fin décembre, y compris dans les SdC intégrés.

Tableau 81 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique dans les céréales à pailles contre les cécidomyies du blé

Culture	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé dur d'hiver blé tendre hiver	Début épiaison à floraison	Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	10 cécidomyies dans la cuvette en 24h et présence de femelles pondueuses le soir sur l'épi	Cuvette jaune	Systèmes bas intrants et potentiel de rendement plus faibles (sols hydromorphes) : impasse	Dijon Céréales 2011c CA Nièvre 2007	2
Blé dur d'hiver blé tendre hiver	Début épiaison à floraison	Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Météo et adultes en position de ponte	Cuvette jaune conditions météorologiques	Bourgogne, Franche comté : dès premières captures T>15°C pas de vent Picardie : T>12°C	Arvalis 2009a, CA Picardie, 2006	2
Blé dur d'hiver blé tendre hiver	Début épiaison à floraison	Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	10 captures d'adultes en 24 h dans une cuvette jaune. En l'absence de cuvette, l'observation est à réaliser en fin de journée. Si présence constatée et au moins 50 % des épis sortis, l'intervention est nécessaire.	Cuvette jaune		Dijon céréales, 2011d CA Nièvre, 2010b	1

D'autres RdD d'opportunité de lutte chimique en culture contre les cécidomyies sont très proches, avec des seuils qui varient un peu :

- 10 cécidomyies dans la cuvette en 24h et une douzaine de cécidomyies en position de ponte ;
- Présence d'adultes sur les épis le soir.

13. Cécidomyies orange du blé

Cinq RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre les cécidomyies, regroupées en trois RdD cadre sont présentées dans le Tableau 81. Elles concernent toutes une opportunité d'intervention en culture. Les cécidomyies sont des ravageurs qui peuvent occasionner des pertes de récoltes très importantes de manière ponctuelle et localisée. Nous allons développer deux RdD d'opportunité de lutte chimique, les plus fréquemment rencontrées, qui ne diffèrent que par leurs critères de décision :

Objet de la décision : Opportunité d'intervention insecticide

Domaine de validité de la RdD :

- *Contexte pédoclimatique* : non renseigné, mais RdD parfois régionalisées
- *Caractéristiques du SdC* : la plupart des SdC, hors agriculture biologique
- *Bornes temporelles* : stade épiaison à floraison

Objectifs de la RdD : non renseigné

Résultats attendus et critères d'évaluation de la RdD : non renseigné (pas de perte de rendement ? Pas de perte économique ?)

Solution :

- *Enoncé* : Si un épi sur deux est porteur d'au moins une cécidomyie, alors réaliser une intervention insecticide, sinon impasse
- *Critères de décision* : observation des cécidomyies piégées dans la cuvette jaune à la parcelle, météo et cécidomyies en position de ponte dans la culture. Les observations doivent être réalisées quotidiennement, et le traitement renouvelé si nécessaire (la rémanence des produits étant de deux jours, un traitement peut être renouvelé deux jours après (BayerCropScience, Urvoy 2005)
 - o **RdD1** (Arvalis, 2011c, Omnès, 2010) : piéger les cécidomyies au niveau de la parcelle. Lorsqu'on atteint un seuil de 10 cécidomyies piégées dans la parcelle en 24h, on déclenche une observation à la parcelle, le soir. Si on observe sur les épis, des cécidomyies en position de ponte, on déclenche une intervention insecticide
 - o **RdD2** (Arvalis, 2009a, CA Picardie, 2006, Urvoy 2005) : seuil plus bas mais qui prend en compte des facteurs plus nombreux : il n'y a pas de seuil quantitatif de capture de cécidomyies. Dès qu'une cécidomyie est capturée dans la cuvette jaune de la parcelle, et si la température est supérieure à un certain seuil (différent en fonction des auteurs et des régions), et qu'il n'y a pas de vent le soir (<7km/h), on déclenche les observations à la parcelle. Ensuite de la même façon que pour l'autre RdD, si on observe des adultes en position de ponte dans la parcelle, on déclenche une intervention insecticide
- *Fréquence d'itération des différentes options et effets attendus* : intervention insecticide assez fréquente, en fonction de la sensibilité des agriculteurs ; certaines années et dans certaines régions, il peut y avoir jusqu'à 4 interventions

La première RdD a un seuil plus élevé, qui tolère plus de présence de cécidomyies, mais est plus contraignante (pas de prise en compte de la météo pour décider de l'observation ni du traitement). Si les observations sont mal faites ou ne sont pas faites, un traitement pourra avoir lieu alors que les conditions météorologiques empêcheraient la ponte de la cécidomyie dans les épis, seule source de dommages. ‘

En pratique, d'après les entretiens avec les conseillers, il est important de noter que ces deux RdD ne sont pas toujours appliquées de cette manière par les agriculteurs, et ce pour diverses raisons :

- les observations le soir, à la tombée de la nuit, sont contraignantes et difficiles ;
- les agriculteurs ne disposent pas tous de cuvettes jaunes.

Les agriculteurs déclenchent généralement le traitement en fonction des pièges réalisés dans des cuvettes jaunes d'autres parcelles ou diffusés par le conseil, ou décident en fonction des observations de voisins, ou de conseillers.

Tableau 82 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture dans les céréales à pailles contre maladies et ravageurs à faibles enjeux

Culture	Bio agresseur	Bornes temporelles	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé printemps	Larve de criocères		Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil, intervenir avec Protéus®	1 larve par talle	Observation au champ	Suisse. En France, faute de gros dégâts constatés, il n'y a pas de seuil de nuisibilité.	Dijon Céréales, 2011b	1
Céréales à pailles	Larve de criocères			Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Seuil SPV: 3-5 larves/talle	Observation au champ	Recueillie dans la Nièvre	CA Nièvre, 2010b	1
								Seuil Arvalis : 1-2 larves/feuille ou 10% de la surface de la F1 dévorée				1
Orge de printemps Blé tendre d'hiver	Tordeuse des céréales	Autour du stade gonflement		Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Orgep : 10% de pieds porteurs de larves Blé BTH : 15%	Observation au champ Surveiller surtout les bordures de bois	Recueillie dans la Nièvre	CA Nièvre 2010b	2
Céréales à pailles	Zabre	Campagne	Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Première attaque	Observation au champ	Recueillie en Bourgogne – Franche-Comté	Arvalis 2009a	1
Céréales à pailles	Zabre	Campagne	Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Dégâts significatifs observés en bordure de la parcelle	Observation au champ		Delos, 2009	1
Orge printemps	Mouche mineuse	Mi-avril à juin		Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	10 larves par talle	Observation au champ	Recueillie en Bourgogne – Franche-Comté	Arvalis, 2009 Ca Nièvre 2010b	1
Céréales à pailles	Mouche mineuse	Mi-avril à juin		Opportunité d'intervention insecticide			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	80% des F1 portant des dépôts de mines	Observation au champ	Recueillie en Bourgogne – Franche-Comté	SRPV in Arvalis, 2009 et CA Nièvre 2010b	1

14. Les maladies et ravageurs à faibles enjeux

Les bioagresseurs qualifiés de maladies et ravageurs « à faibles enjeux » sont des bioagresseurs dont le risque de dommages et/ou la fréquence de présence est faible et qui ne représentent pas un enjeu majeur en protection des cultures céréalières, mais aussi des ravageurs pour lesquels il n'existe pas de traitement phytosanitaire, et pour lesquels il n'y a pas d'enjeu dans le cadre du Plan Ecophyto 2018. Il s'agit du rhizoctone et de la pourriture des racines pour les maladies, des cèphes et aiguilloniers, mouches mineuses, larves de criocères, tordeuses des céréales, mouches des semis, et oscinies, mouches jaunes, mouches grises, tipules, tordeuses des céréales, acariens de courbure du blé, punaises pentatomides, tenthrèdes des céréales et zabres pour les ravageurs.

Pour le rhizoctone, la pourriture des racines, les mouches jaunes, les acariens de courbure du blé, les punaises pentatomides, les tenthrèdes des céréales et les cèphes, il n'existe aucun traitement homologué en cultures céréalières. Les tipules et les mouches des semis et oscinies sont des ravageurs assez rares pour lesquels il existe des traitements de semences, mais qui ne sont pas ciblés par les RdD même si certains conseils peuvent parfois en préconiser (Chambre d'Agriculture de Côte d'Or, 2011c). Par contre des mesures prophylactiques, en accord avec la gestion d'autres bioagresseurs, peuvent être mises en place (semis tardifs, succession culturale diversifiée, enfouissement des résidus de culture).

Pour les larves de criocères, les zabres, les mouches mineuses et les tordeuses des céréales, il existe des RdD d'opportunité d'intervention insecticide qui sont présentées Tableau 82. Toutefois, il est important de noter que d'après les entretiens réalisés avec les conseillers de chambres d'agriculture, ces RdD ne sont pas réellement ciblées par le conseil, même si elles figurent dans certaines brochures techniques (notamment Arvalis, 2009a, Arvalis 2009b). Toujours d'après les personnes enquêtées, ces RdD ne sont que très rarement appliquées par les agriculteurs, qui préfèrent tolérer d'éventuels dégâts que de passer du temps à les observer, s'approvisionner en intrants... Notons toutefois que dans le cas où ces ravageurs deviendraient problématiques, des alertes pourraient être diffusées par les BSV pour remobiliser ces RdD existantes. Ces RdD sont, elles aussi, très peu formalisées, et ne contiennent pas d'objectif ni de domaine de validité.

Enfin, pour le cas de la mouche grise, ravageur relativement peu fréquent, il existe une RdD d'opportunité de traitement de semences intéressante, qui mérite d'être citée, non pas par rapport aux enjeux en termes de réduction des phytosanitaires, mais par rapport au fait qu'il s'agit d'une RdD de traitement de semences combinant différents critères de décision (cf. annexe suivante sur les traitements de semences, Tableau 83).

Tableau 83 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de traitement de semences des céréales à pailles contre les ravageurs

Culture	Bio agresseur	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Blé tendre d'hiver	Tous ravageurs			Raisonner les traitements de semences en fonction du contexte et du SdC (pas réellement de RdD)	Date de semis		Ex : Nièvre sols limon sableux hydromorphes à faible réserve hydrique : Si semis avant le 15/10 : Celest® 0,1 + 1/2 Férial®, sinon, Celest® 0,2 Ex Haute-Saône sols hydromorphes peu drainés : traitement de semences classiques T2 (Celest®) en semences certifiées ou semences de fermes triées et traitées à façon	CA Nièvre, 2007	2
Blés Orge	Mouche grise	Construction de succession culturale ; Densité de semis ; Implantation du semis		<i>Pas réellement de RdD opérationnelle</i>	Niveaux de ponte enregistrés au cours de l'été précédent dans les fissures du sol Rigueur hivernale et risques parcellaires Risque régional (sol et pression biotique)	4 cuvettes jaunes / parcelle dans précédent cultural		Arvalis <i>et al.</i> , 2011i ; Délos, 2009 ; Arvalis, 2009b	1
Blé tendre d'hiver Triticale	Mouche grise	Rotation ; Date de semis ; Densité de semis ; Implantation du semis		Si 3 des 4 critères sont remplis, réaliser un traitement de semences, sinon impasse	<ul style="list-style-type: none"> Parcelle en zone à risque (dont sol crayeux) Précédent à risque (betteraves, endives, ...) Semis après le 20/10 Semis à une densité <de 30% aux recommandations des CA 		Recueillie en Picardie	CA Picardie <i>et al.</i> , 2006	1
Blés d'hiver	Mouche grise	Rotation ; Date de semis ; Densité de semis ; Travail du sol ; Choix variétal		Si risque, traitement de semences	Facteurs de risque: précédent oignons, pois, préparation du sol superficielle, semis tardifs clairs et profonds, sols soufflés, variété sensible au froid et à faible tallage, hiver rigoureux		Recueillie en Côte d'Or	CA Côte d'Or, 2011c	1
Céréales d'hiver	Pucerons d'automne Cicadelles	Traitement en végétation possible/ date de semis/ rotation/ densité de semis	Limiter les populations de pucerons et la JNO	Réaliser un traitement de semences ou attendre et réaliser un traitement en végétation si nécessaire	Automne doux et secs, semis précoces et clairs, présence de repousses de céréales-friches ou maïs à proximité		Exple Picardie : Semis avant le 05/10 : TS Semis tardif : impasse	CA Picardie <i>et al.</i> , 2006	2
Céréales d'hiver	Taupins	Date de semis, travail du sol, rotation		Si risque, réaliser un traitement de semences (pas de traitement en végétation), sinon impasse	Facteurs de risque: semis de printemps, précédent prairies de graminées, jachères, cultures pérennes sans travail du sol, sol meuble et riche en MO, hiver doux			CA 21, 2011c ; Délos, 2009 ; CA58 2010c ; CA Allier, 2011	1
Céréales d'hiver	Zabre	Rotation		Si risque, traitement de semences	Facteurs de risque: rotation à base de céréales d'hiver		Recueillie en Côte d'Or et Nièvre	CA58 2010c ; CA 21, 2011c	1
Orge de printemps	Taupins			Si risque, traitement de semences spécifiques	Situations à risque		Recueillie en Bourgogne	CA Bourgogne, 2007	1

15. Traitements de semences des céréales à pailles contre les ravageurs

Huit RdD cadre pour l'opportunité de traitement de semences ont été recueillies, et sont reprises dans le Tableau 83.

Pour les ravageurs aériens d'automne (pucerons et cicadelles), des RdD d'opportunité de traitement de semences en fonction du type du système de culture mis en place sont disponibles. En cas de semis précoce, il est conseillé de faire un traitement de semences, afin de protéger la culture contre les pucerons d'automne et les cicadelles sans avoir recours à un traitement insecticide en culture.

Pour lutter contre les taupins, seul un traitement de semences est possible. La RdD conseille de réaliser un traitement de semences en cas de risque de taupins, et donne des facteurs de risque, mais il n'y a pas de mesure précise, de seuil, ni de lien logique entre les différents facteurs, leurs combinaisons, et leurs intensités. Cette RdD est très peu claire (Délos, 2009, Chambre d'agriculture de l'Allier, 2011).

Annexe VIII : Règles de décision cadre commentées par bioagresseur pour le colza

Avertissement

**Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil.
Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas
vocation à fournir un guide pour les conseillers.**

**Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est
présentée partie II, p27.II**

**Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole,
sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens
individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.
Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.**

L'IFT du colza est en moyenne pour la France de 6 (INRA, 2009a), dont 1.8 en herbicide, 1.1 en fongicide, 2.8 en insecticides et 0.4 pour les autres produits.

L'IFT pour les itinéraires techniques raisonnés⁶⁷, est selon l'INRA (2009a) de 6, donc supérieur à l'IFT moyen actuel pour toutes les régions sauf pour la Bourgogne.

1.	<i>Le sclérotinia du colza</i> _____	269
2.	<i>L'oïdium et toutes maladies confondues du colza</i> _____	271
3.	<i>Le phoma du colza</i> _____	273
4.	<i>Les autres maladies du colza : alternariose et cylindrosporiose</i> _____	275
5.	<i>Les limaces</i> _____	277
6.	<i>Les méligèthes du colza</i> _____	279
7.	<i>Charançons de la tige et du bourgeon terminal du colza</i> _____	281
8.	<i>Petites et grosses altises</i> _____	283
9.	<i>Pucerons</i> _____	287
10.	<i>La tenthrède de la rave</i> _____	289
11.	<i>Les charançons des siliques</i> _____	289

⁶⁷ L'ITK raisonné du niveau 1 et l'ITK économe du niveau 2a sont définis dans l'étude Ecophyto R&D dont il est question (INRA, 2009a)

Niveau 1 : « Limitation du recours aux pesticides par le raisonnement des traitements en fonction de seuils d'intervention adaptés »

Niveau 2a : « Niveau 1 + mise en œuvre de méthodes prophylactiques et alternatives à l'échelle de l'itinéraire technique d'une culture de la rotation »

Tableau 84 : Règles de décision cadre de lutte chimique contre le sclérotinia du colza
Objet de la décision : opportunité de lutte chimique contre le sclérotinia en culture
Echelle : parcelle

Bornes temporelles	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaison	Source	Nb RdD ⁶⁸
A la floraison			Si seuil 1 impasse, et nouvelles mesures dans la parcelle quelques jours après, si seuil 2 et conditions météo, réaliser une intervention	Nombre de fleurs contaminées Seuil 1 : <30% Seuil 2 > 30% Et météo (condition de pluie et températures élevées qui entraînent la contamination)	Kit pétale Modèles climatiques	Recueillie en Bourgogne	Arvalis <i>et al.</i> , 2011b	1
A partir de stade G1			Si seuil, alors intervention unique, sinon impasse	Suivant niveau de risque ; Risque climatique : chaud et humide (t° >11°C pendant 1 des 15 premiers jours de la floraison)	Grille Cetiom		RMT SdCI	1
Chute des pétales	En SdCI : Traitement Contans sur résidus de récolte		Solution d'intervention fongicide dépendant du type de système de culture	Suivant niveau de risque : <ul style="list-style-type: none"> • Epidémiologique • Agronomique (Nb cultures sensibles dans la rotation) • Historique (Attaques années antérieures) • Climatiques (humides en mars, humidité relative pendant la floraison >90% dans le couvert plus de 3 jours et t° journalière >10°C) 	Kit pétale Cetiom, modèles climatiques	Raisonné : intervention fongicide unique systématique SdCI (pas de précédent tournesol ou colza) : Suivant niveau de risque	Seuil maestria RMT SdCI CA Nièvre, 2010b	2
Chute des pétales			Si risque, intervenir une fois, sinon impasse	Rotations : colza et/ ou tournesol plus d'un an sur 4 Pression importante de l'année Et humidité lors de la chute des pétales		Recueillie pour la Saône et Loire	CA Saône et Loire <i>et al.</i> , 2008c	1
15 jours après chute des pétales	RdD pour la 1ere intervention fongicide		Si période humide alors deuxième intervention	Période humide	Météo		Seuil maestria RMT SdCI	1

⁶⁸ Nombre de RdD ayant servis à synthétiser la RdD cadre

1. Le sclérotinia du colza

Nous avons recensé 6 règles de décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le sclérotinia du colza, synthétisables en 5 règles cadre, qui s'appliquent à différents stades de la culture. Aucune de ces règles de décision ne mentionne un objectif clairement formulé.

La première RdD consiste à diagnostiquer un risque de sclérotinia pour la période à venir. Elle intervient à la floraison de la culture, et consiste à mesurer l'inoculum dans la culture. Si celui-ci est faible, il est possible de décider d'une impasse. Les 3 règles de décision recensées qui interviennent à la chute des pétales sont très proches. Il s'agit de prendre en compte à la fois l'inoculum présent et mesuré à la parcelle, à la fois les conditions météorologiques nécessaires à la contamination de la culture par la maladie, et dans certains cas, les mesures prophylactiques et les mesures de lutte biologique mises en œuvre sur la parcelle.

Dans la pratique, la règle de décision la plus utilisée, d'après les entretiens réalisés auprès des conseillers, est de réaliser une intervention fongicide au stade chute des pétales, si un inoculum est présent, quelles que soient les conditions météorologiques. Suivant les régions, cela conduit à des traitements inutiles à des fréquences plus ou moins importantes quand on diagnostique les parcelles témoins non traitées (fréquence d'intervention superflue estimée entre 1an/2 et 4 ans/5 selon les régions et les personnes interrogées), mais ces conditions météorologiques sont trop difficiles à prévoir, et le critère de décision n'est pas assez défini. Il est arrivé que des impasses soient faites en tenant compte des conditions météorologiques et qu'elles aient conduit à des pertes économiques importantes. Ainsi les RdD élaborées ne sont pas jugées fiables, et sont peu appliquées. Dans la pratique toujours, l'intervention fongicide en culture contre le sclérotinia se raisonne en même temps que celle contre l'oïdium (se reporter à l'annexe IV.2).

La dernière règle cadre pour lutter contre le sclérotinia consiste à renouveler l'intervention fongicide, si les conditions météorologiques sont particulièrement humides et surtout si la période de sensibilité du colza, c'est-à-dire la floraison, se prolonge (plus de trois semaines selon les personnes interviewées).

Ces interventions ont non seulement des conséquences sur l'environnement, mais aussi sur les coûts de production des agriculteurs. Il semble important de pouvoir les diminuer. Il pourrait y avoir cinq voies pour cela :

- Identifier des mesures prophylactiques efficaces, qui permettent d'éviter toute contamination de sclérotinia, ou de diminuer l'inoculum primaire ;
- Rechercher des variétés résistantes au sclérotinia. Même si des recherches sont actuellement en cours (Gauthier, 2011), aucune variété n'est actuellement résistante ou tolérante à cette maladie.
- Mettre en œuvre la lutte biologique à moyen et long terme, grâce notamment à l'utilisation des champignons parasites des sclérototes, *Coniothyrium minitans*, pour réduire l'inoculum du sol. Nous ne savons pas si cette mesure seule peut être suffisante, et à partir de combien d'années elle peut permettre une efficacité permettant des impasses en fongicides.
- Identifier de nouvelles pistes de diagnostic du risque sclérotinia pour l'année en cours, plus fiables ;
- A défaut, concevoir des fongicides qui aient une action curative, ce qui permettrait de réagir plus tard, et seulement dans les cas où la maladie se développe.

Tableau 85 : Règles de décision cadre pour la lutte chimique contre l'oïdium et les autres maladies du colza :
Objet de la décision : opportunité d'intervention fongicide en culture

Maladie	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaison	Source	Nb RdD
Oïdium	Stade G1 jusqu'à mi-mai	Parcelle			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Présence sur les plantes	Observation au champ	Raisonné : si présence sur les plantes, intervention, sinon impasse SdCI : Impasse	Seuils maestria RMT SdCI	2
Oïdium	Début floraison jusqu'à 6 ou 7 semaines avant la récolte	Parcelle			Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	Premiers symptômes d'oïdium observés début floraison et après le stade G1; Risque sclérotinia	Observation au champ	Sud méditerranéen : Traitement systématique dès la floraison Reste de la France, sans risque sclérotinia : si les premiers symptômes d'oïdium ont été observés début floraison (F1), intervenir au stade G1 ; si des symptômes apparaissent après le stade G1, intervenir dès leur apparition; sinon impasse Reste de la France, à risque sclérotinia : 1 ou 2 passages contrôlent les 2 maladies : intervenir au stade G1 avec un produit efficace contre le sclérotinia et l'oïdium, après le stade G1 si apparition de symptômes d'oïdium, intervenir avec un anti-oïdium.	Cetiom site internet consulté le 14/12	3
Toutes maladies		Parcelle	Contans, WG®, Choix variétal Construction de la succession culturale		Adaptation du programme fongicide au contexte (autres techniques mises en œuvre, objectifs du SdC)			ITK Bas intrants : Intervention unique systématique à la chute des premiers pétales avec un programme polyvalent (sclérotinia, oïdium, alternaria...) Saône-et-Loire, rotation longue et variété peu sensible à l'oïdium et à l'alternaria : impasse systématique (la rotation évite le risque sclérotinia et la faible sensibilité variétale évite les autres maladies)	CA Bourgogne 2009c Villard et Chaumont, 2008	2

2. L'oïdium et toutes maladies confondues du colza

Nous avons recensé 5 règles de décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium du colza, synthétisables en 2 règles cadre, l'une se déclinant dans différents types de systèmes de culture, l'autre dans différents contextes. Les règles de décision recueillies étaient assez homogènes et cohérentes entre elles. Aucune de ces règles de décision ne mentionne un objectif clairement formulé.

Ces règles de décision prennent en compte des critères de risque géographique (dus aux pressions biotiques), et des observations dans la parcelle.

Par rapport aux règles de décision recueillies pour lutter contre les maladies du blé, les règles de décision pour lutter contre les maladies du colza ont des solutions un peu mieux formalisées. En effet, la description des solutions intègre plusieurs maladies, le sclérotinia et l'oïdium, maladies qui sont effectivement gérées ensemble dans la pratique, d'après les entretiens réalisés auprès des conseillers. Il y a donc moins de distance entre les règles de décision préconisées et celles pratiquées. Deux règles de décision, synthétisables en une RdD cadre, pour décider de l'opportunité d'une intervention fongicide à large spectre ont été recueillies dans cette étude.

D'après les entretiens, dans la pratique, l'opportunité d'intervention fongicide pour le colza d'hiver se décide rarement en fonction de l'observation d'oïdium dans les parcelles. Les programmes fongicides sont gérés en globalité pour l'ensemble des maladies, en s'articulant autour du sclérotinia et de l'oïdium, c'est-à-dire en orientant le choix des produits et de leurs doses respectives en fonction des conditions climatiques.

Par exemple, si le kit pétale est positif (>30%) comme cela arrive très souvent, et si le climat est humide, alors la majorité des agriculteurs réalisera une intervention fongicide au stade G1, avec seulement un anti sclérotinia. Par contre, si l'année est moins humide, la dose de fongicide anti sclérotinia diminuera, mais un fongicide efficace sur l'oïdium sera ajouté. Si l'année est très sèche, la dose de l'anti oïdium augmentera et la dose de l'anti sclérotinia diminuera.

Une éventuelle intervention supplémentaire est raisonnée en fonction de la pression des maladies de l'année (surtout l'oïdium) et du stade de la culture (surtout si la floraison dure plus de 3 semaines).

Tableau 86 : Règles cadre d'opportunité de lutte chimique contre le phoma du colza

Echelle spatiale	Contexte	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaison	Source	Nb RdD
Parcelle	Tous (pris en compte dans les RdD)			Développement de la culture ; Disponibilité en azote Densité de peuplement, élongation de l'hypocotyle Date de semis		<p>Région à forte pression et variété peu sensible : Si levée précoce et forte disponibilité en azote et stade B6 non atteint ; ou si levée tardive ; ou si levée à date normale avec forte disponibilité en azote et forte densité ; ou si élongation de l'hypocotyle, réaliser une intervention fongicide unique. Sinon impasse</p> <p>Région à pression moyenne à faible et variétés peu sensibles : Si conditions agronomiques défavorables (semis tardif, élongation...), réaliser une intervention unique, sinon impasse</p> <p>Région à pression moyenne et faible et variété très peu sensible : impasse</p> <p>Région à forte pression phoma et variété très peu sensible : Si forte disponibilité en azote (>100 u à l'automne), si de levée précoce et si le colza a moins de 6 feuilles (B6), réaliser une intervention fongicide unique, sinon impasse</p>	cetiom site internet consulté le 14/12	4
Parcelle			Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	$G2 > 3,5^{69}$	$G2 = \frac{(n2+3n3+5n4+7n5+9n6)}{\sum n}$ n1 nb d'individu classe 1...		Arvalis et al., 2011b	1

⁶⁹ 6 classes de sévérité de la nécrose au niveau du collet : 1 : 0 symptôme visible ; 2 : de 0 à 25% de la surface nécrosée ; 3 : de 25 à 50% ; 4 : de 50 à 75% ; 5 : de 75 à 100% ; 6 : 100 % ou plante versée à cause du phoma à l'observation. in Modulation des apports azotés sur colza : évaluation expérimentale et analyse au moyen du modèle CERES - rape des gains potentiels et aléas R. ROCHE, J.N. AUBERTOT, A. JULLIEN, D. MAKOWSKI, B. GABRIELLE, P. HUET Version provisoire

3. Le phoma du colza

Il existe des règles de décision pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le phoma du colza en culture : 5 RdD ont été recueillies dans le cadre de cette étude, synthétisables en 2 RdD cadre. Il est toutefois important de noter que les variétés actuellement cultivées sont généralement peu sensibles ou très peu sensibles, en particulier dans les zones à risque.

D'après les entretiens réalisés auprès des conseillers, la lutte chimique contre le phoma du colza n'est pas pratiquée.

Tableau 87 Règle de décision de lutte chimique contre l'alternaria du colza

Objet de la décision : opportunité d'intervention fongicide contre l'alternaria du colza

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Contexte	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Source	Nb RdD
	Parcelle		Raisonné en même temps que la lutte contre le sclérotinia		Si seuil, réaliser une intervention fongicide unique, sinon impasse	Taches d'alternaria sur siliques	Observation au champ	Cetiom, site internet	1

Tableau 88 Règle de décision de lutte chimique contre la cylindrosporiose du colza

Objet de la décision : opportunité d'intervention fongicide contre la cylindrosporiose du colza

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Contexte	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Source	Nb RdD
Printemps, reprise de la végétation			A raisonner avec la protection contre le sclérotinia	Limiter les pertes de rendement et préserver le peuplement et prévenir les contaminations précoces des organes floraux dès leur différenciation	Si très forte attaque précoce, à l'automne, alors intervention à l'automne ; Si apparition de symptômes à l'automne, alors intervention fongicide au printemps, à la reprise de la végétation ; Si progression de la maladie sur les bractées et les pédoncules floraux, intervenir à nouveau 3 semaines après sinon impasse	Symptômes sur feuilles à l'automne		Cetiom site internet consulté le 14/12	1

4. Les autres maladies du colza : alternariose et cylindrosporiose

Les autres maladies du colza sont assez rares, et peuvent faire l'objet d'interventions fongicides spécifiques de manière ponctuelle. Les RdD qui régissent ces interventions sont très peu formalisées : elles n'ont pas d'objectif spécifique, pas de méthode d'échantillonnage explicite, et sont très génériques (pas d'adaptation à différents contextes ou à différents types de systèmes de culture).

En pratique, d'après les entretiens réalisés, en général, les traitements fongicides contre le sclérotinia en floraison freinent l'alternaria présent. Mais l'apparition de nouvelles taches d'alternaria sur siliques, en confirmant la fin de la rémanence du traitement fongicide appliqué pour lutter contre le sclérotinia, peut justifier un traitement spécifique. Cela se produit parfois en période orageuse. Contre la cylindrosporiose du colza, il y a très peu d'interventions fongicides.

Tableau 89 : Règle de décision d'opportunité de lutte chimique contre les limaces du colza

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exples déclinaisons	Source	Nb RdD
Prélevée	Parcelle			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	1 limace par piège et temps doux et humides	5 pièges par parcelle (tuiles+appâts)		Seuil maestria RMT SdCI	1
Prélevée	Parcelle			Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	1 limace/m ²	Pièges à limaces Bayer		Baycrop science 2 CA Côte d'or, 2011g CA Côte d'Or 2011f	1
Prélevée	Parcelle		Lutter contre les limaces	Observer la présence de limaces, et en cas de présences réaliser une application en plein avant le semis	Présence	Pièges à limaces Bayer	Recueillie dans la Nièvre	CA Nièvre 2010a	1
Dès la levée, jusqu'au stade 2-3 feuilles	Parcelle	plus de 10 jours après une intervention chimique précédente (persistance)	Lutter contre les dégâts	Si dégâts visible, intervention, sinon impasse	Dégâts visibles	Observation au champ		Seuil maestria Document seuils RMT	1
Depuis la levée jusqu'au stade 3-4 feuilles				Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Présence sur jeunes plantes	Observation au champ	Recueillie en Bourgogne	Arvalis, 2011b	1

5. Les limaces

Pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les limaces dans le colza, nous avons recueilli 5 RdD que nous n'avons pas réellement pu regrouper en règles cadre. En effet, ces RdD sont imprécises et parfois contradictoires, tout comme pour les limaces en céréales.

Trois RdD ont été recensées pour la lutte chimique en prélevée, avec 3 seuils différents : une limace par piège, pour 5 pièges par parcelle, soit 5 limaces par parcelle ; une limace par m² ; ou une limace par parcelle ; sans que les objectifs ou le contexte ne permettent d'identifier les différentes situations dans lesquelles mobiliser l'une ou l'autre de ces RdD.

En culture, deux RdD ont été identifiées, toutes les 2 très imprécises : il peut s'agir de dégâts visibles (intervenir dès le premier dégât ? Quelle observation réaliser ?), ou de présence de limaces.

Une seule RdD, d'opportunité de lutte chimique en culture, formule explicitement un objectif. Il s'agit de lutter contre les dégâts des limaces. Une autre RdD propose un objectif, qui reste vague : lutter contre les limaces. Cela signifie-t-il qu'on ne tolère pas leur présence ? Qu'on souhaite lutter contre les dommages ? Les pertes économiques ?

En pratique, d'après les entretiens réalisés, les décisions sont prises en fonction de la tolérance de l'agriculteur à la vue des limaces, et en fonction de son historique :

- Historique par rapport aux dégâts subis sur la parcelle ;
- Historique par rapport aux traitements réalisés antérieurement : certains agriculteurs estiment que la fréquence des interventions nécessaires augmente chaque année, et privilégient ainsi une absence d'intervention au profit du développement des auxiliaires.

Il semble donc difficile de formaliser des RdD à analyser pour ce couple culture/bioagresseur.

Il pourrait être intéressant de réaliser des études à long terme sur l'effet des pesticides sur la faune auxiliaire, et donc leur impact indirect sur les populations de limaces. Cela permettrait de prendre en compte aussi les effets négatifs des pesticides à long terme sur les populations de limaces dans la décision d'intervention molluscicide.

Il est important de noter qu'il existe une lutte chimique autorisée en agriculture biologique pour lutter contre les limaces, qui reste sélective.

Tableau 90 : Règles de décision cadre de lutte chimique contre les méligèthes du colza
 Objet de décision : opportunité d'intervention insecticide en culture contre les méligèthes du colza

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité/ exemples déclinaisons	Source	Nb RdD
Stade D1	Parcelle		Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Nombre de méligèthes par pied de colza Etat de la culture	Observation au champ	SEUILS : Cas général : <ul style="list-style-type: none"> • Si colza sain et vigoureux, 3 méligèthes par pied ; • Si colza handicapé et peu vigoureux, 1 méligèthe par pied SdCi : 10 à 20 méligèthes par pied	BSV et Cetiom dans Seuil maestria RMT SdCi	2
Stade D1			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Nombre de méligèthes par pied Seuil : 3 à 4	Comptage sur 25 plantes consécutives	RdD recueillie dans la Nièvre pour un colza sain et vigoureux	CA Nièvre, 2010b	1
Stade boutons accolés jusqu'au stade boutons séparés	Parcelle		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Nombre d'insectes par pied Seuil : 2	Moyenne d'un comptage sur 50 pieds	RdD recueillie en Saône et Loire	CA Saône-et-Loire <i>et al.</i> , 2008c	1
Stade E	Parcelle		Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Nombre de méligèthes par pied de colza Etat de la culture	Observation au champ Seuil d'alerte (qui doit déclencher des observations régulières): 2 méligèthes par pied	SEUILS : Cas général : <ul style="list-style-type: none"> • Si colza sain et vigoureux, 6 à 9 méligèthes par pied ; • Si colza handicapé et peu vigoureux, 2 à 3 méligèthes par pied SdCi : 10 à 20 méligèthes par pied	BSV et Cetiom dans Seuil maestria RMT SdCi	2
Stade E			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Nombre de méligèthes par pied Seuil : 7 à 8	Comptage sur 25 plantes consécutives	RdD recueillie dans la Nièvre pour un colza sain et vigoureux	CA Nièvre, 2010b	1
Stade boutons séparés jusqu'aux premières fleurs	Parcelle		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Nombre d'insectes par pied Seuil : 4	Moyenne d'un comptage sur 50 pieds	RdD recueillie en Saône et Loire	CA Saône-et-Loire <i>et al.</i> , 2008c,	1

6. Les méligèthes du colza

Huit règles de décision pour la lutte chimique contre les méligèthes en culture, synthétisables en six règles de décision cadre, ont été recueillies dans le cadre de cette étude.

La lutte chimique contre les méligèthes du colza intervient généralement à deux stades de la culture : au stade D1 et au stade E. On peut constater qu'à chacun des stades, il y a différentes règles de décision pour décider de l'opportunité d'intervention insecticide contre les méligèthes. Ces RdD ont les mêmes seuils, mais leurs méthodes d'échantillonnage sont plus ou moins bien explicitées.

D'après les entretiens, la méthode d'échantillonnage est primordiale dans la prise de décision. En effet, si on compte les méligèthes sur les pieds les plus hauts, il est fréquent de surestimer la présence des méligèthes. Voici donc un exemple pour lequel la méthode d'observation et de diagnostic de la situation est extrêmement importante pour la décision d'intervention chimique.

Toujours d'après les entretiens, beaucoup d'agriculteurs n'appliquent pas ces règles de décision, mais réalisent une intervention chimique dès qu'ils observent des méligèthes dans leur culture. D'autres n'interviennent jamais au stade D1, quel que soit le nombre de méligèthes présentes dans la parcelle, et interviennent au stade E si à ce moment-là le seuil est toujours dépassé. Il semblerait que dans ces situations, on n'ait pas mis en évidence de différence de rendement significative entre ceux qui ont réalisé une intervention insecticide au stade D1 et ceux qui ont fait une impasse.

Lorsque des mesures prophylactiques ont été mises en œuvre, et notamment le semis de 15% de colza plus précoce dans la même parcelle, ces mêmes RdD sont utilisées, mais les seuils sont atteints plus rarement. La mise en place de telle mesure semble donc davantage recommandée pour diminuer l'utilisation de pesticides qu'un travail sur une RdD d'opportunité de lutte chimique. D'autre part, il semblerait que la faune auxiliaire pourrait avoir un impact assez important sur les populations de méligèthes, mais on manque de connaissances sur ce sujet.

Tableau 91 : Règles de décision cadre de lutte chimique contre les charançons et du bourgeon terminal et de la tige du colza

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb Rdd
Charançon de la tige du colza	Entre apparition des premiers entre-nœuds et le stade E	Parcelle		Si conditions réunies, alors intervention, sinon impasse	Présence et tige inférieure à 20 cm	Cuvettes jaunes		Seuil maestria RMT SdCi	1
	Jusqu'à une hauteur de tige de 20 cm			Si seuil, traiter immédiatement	1 piqûre par plante	Signalées par BSV (à la place ou en complément de l'observation ?)		INRA 2009a	1
	De reprise de végétation au stade E			Si seuil atteint, alors intervention insecticide 8 à 10 jours après, sinon impasse	Premières captures :	Cuvette jaune attention à distinguer le charançon de la tige du chou et le charançon de la tige du colza	RdD recueillie pour la Nièvre	CA Nièvre, 2010b	1
Charançon du bourgeon terminal	De la levée jusqu'à l'entrée de l'hiver	Parcelle		Si seuil atteint, alors intervention insecticide localisée 8-10jours après, sinon impasse	Premières captures	Cuvette jaune		CA Côte d'or, 2011a Site internet du Cetiom CA Yonne 2009a ...	1
	Mi-octobre à entrée hiver	Parcelle		Si les conditions sont réunies, traitement dans les 8 10 jours qui suivent les premières captures	Concomitance de l'arrivée des charançons avec le stade sensible du colza Développement du colza Présence d'adultes dans la cuvette	Cuvette jaune	En général : Concomitance de l'arrivée des charançons avec le stade sensible du colza Production intégrée, Saône et Loire : Intervention seulement si le colza n'est pas bien développé à l'arrivée des charançons dans la cuvette à l'automne	Villard et Chaumont, 2008 Seuil maestria RMT SdCi	2

7. Charançons de la tige et du bourgeon terminal du colza

Nous avons recueilli 3 RdD pour le charançon de la tige, et 3 RdD pour le charançon du bourgeon terminal, synthétisées respectivement en 3 et 2 RdD cadre. D'après les entretiens, le charançon de la tige est un insecte très dommageable, tandis que la nuisibilité du charançon du bourgeon terminal du colza a été moins bien établie.

Ces couples cultures-bioagresseurs disposent donc de RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique. Toutefois ces RdD recueillies ne comportent pas d'objectif formulé.

a. Charançon de la tige

Parmi ces 3 RdD cadre, 2 sont très proches. Elles diffèrent par leurs bornes temporelles : l'une commence à l'apparition des premiers entre-nœuds, et contient un critère de décision supplémentaire sur l'état de la culture au moment de l'observation (tige inférieure à 20 cm), tandis que l'autre commence à la reprise de la végétation, et ne tient pas compte du développement de la culture.

Enfin, la troisième RdD cadre prend en compte non seulement la présence du ravageur dans la parcelle, mais aussi ses dégâts sur les plantes (piqûres). Cependant cette RdD semble peu diffusée, et nous n'avons pas rencontré de conseiller qui la recommande.

b. Charançon du bourgeon terminal

Comme pour le charançon de la tige, ces deux RdD cadre sont très proches. La distinction est faite, car l'une des deux règles ne prend en compte qu'une période (de la levée jusqu'à l'entrée de l'hiver) tandis que l'autre prend également en compte le stade de la culture (concomitance de la période de sensibilité et de la présence du ravageur). Cette deuxième règle cadre est aussi déclinée pour les systèmes de culture « intégrés », pour lesquels on ajoute un critère de développement de la culture.

Pour toutes ces règles cadre, dans la pratique, il s'agit surtout de décider de la date d'intervention, et de réaliser un traitement insecticide au moment du pic de vol. En effet, si ce pic n'est pas bien identifié et que l'intervention est prématurée, les insectes reviennent et il faut intervenir à nouveau, ce qui provoque des utilisations de produits phytosanitaires supplémentaires.

Le charançon de la tige peut faire de très gros dégâts sur les colzas, en particulier sur sol profond. Les interventions ont lieu presque tous les ans, mais sont nécessaires. Par contre, pour le charançon du bourgeon terminal, les conseillers ont des doutes sur le lien entre leur présence et les dommages qu'on peut constater dans le colza. De plus ils remettent en question l'efficacité des interventions. Enfin, ils estiment que sur un colza vigoureux, l'insecte a plus de difficulté à atteindre le bourgeon terminal et ne pourra pas endommager la culture.

Il est toutefois signalé que certains agriculteurs ne réalisent une intervention chimique que dans les cas où on constate un début de vol franc (et non pas dès le premier charançon du bourgeon terminal présent dans les cuvettes), ce qui conduit à une intervention moins fréquente, de l'ordre d'un an sur 3 ou un an sur 4.

Tableau 92 : Règles de décision cadre d'opportunité de lutte chimique (traitement de semences et lutte chimique en culture) contre les altises du colza

	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemple de déclinaison	Source	Nb RdD
Petites altises	De la levée à 3 feuilles			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	8 pieds sur 10 avec des morsures	Observation au champ : surveillance de bordures en priorité. Seuil d'alerte à 3 pieds / 10 avec morsures		Seuil maestria Arvalis <i>et al.</i> , 2011b	1
	De la levée à 3 feuilles			Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	Morsures sur feuilles : infestation massive et précoce		RdD recueillie pour l'Yonne	CA Yonne, 2009a	1
Grosses altises	Fonction des autres RdD	Opportunité d'intervention en préventif		Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	80% de pieds touchés	Surveillance de bordures en priorité. Seuil d'alerte : 3 pieds /10 avec morsures	Si traitement préventif : à partir du 10 octobre Si pas de traitement préventif : de la levée au stade 2 feuilles vraies	Cetiom, site internet Seuil maestria	2
	De 5-6 feuilles à la reprise de la végétation			Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	3 pieds / 10 avec des morsures	Observation au champ	RdD recueillie pour l'Yonne	CA Yonne, 2009a	1
				Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	30 captures d'altises en cumulé, ou 3 pieds/10 avec morsures, ET colza peu développé	Pièges et/ou observation au champ	RdD recueillie pour la Saône-et-Loire	CA Saône-et-Loire, 2008a	1
	Automne-hiver			Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	8 pieds / 10 portant des morsures ET 30 captures cumulées en cuvette	Observation au champ et cuvette jaune	RdD recueillie pour la Bourgogne	Arvalis <i>et al.</i> , 2011b	1
Grosse altise (larve)	De 5-6 feuilles à la reprise de la végétation	Opportunité d'intervention contre charançon BT		si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	70% des pieds avec une galerie larvaire	Observation mensuelle au champ	Si intervention contre le charançon du bourgeon terminal : pas d'intervention spécifique Sinon : appliquer le seuil	Cetiom, site internet ; CA Yonne, 2009a ; INRA, 2009a ; RMT SdCI ; Seuil maestria Dijon céréales, 2011a	2
Toutes altises	Semences			En fonction du type de SdC			Productif : traitement systématique Intégré : pas d'intervention	Seuil maestria RMT SdCI	0
	Du stade cotylédons au stade 3 feuilles			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Nombre d'adultes capturés et morsures	Pièges Observation au champ	<ul style="list-style-type: none"> Intégré : surveillance de bordures en priorité. Seuil d'alerte : 3 pieds/10 avec morsures Seuil d'intervention : adultes dans les cuvettes et morsures sur tous les pieds Autre SdC : 3 pieds / 10 avec morsures ou 30 adultes piégés en 1 à 2 semaines 	RMT SdCi ; Délos, 2009 Villard et Chaumont, 2008	2
	Levée-3 feuilles			Si seuil atteint, alors intervention localisée, sinon impasse	30% des plantes portent des morsures	Observation au champ	Recueillie en Côte d'Or Surtout : bordure de bois ou anciennes parcelles de colza, vent du sud	CA Côte d'Or, 2011b	1

8. Petites et grosses altises

Les cultures de colza sont sensibles aux petites et grosses altises de la levée jusqu'au stade 2 feuilles vraies, puis aux grosses altises du stade 5-6 feuilles à la reprise de végétation (soit pendant la période de repos végétatif).

Nous noterons tout d'abord l'absence de RdD pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences contre les petites et grosses altises du colza. Cependant, à partir des informations recueillies, nous avons pu élaborer une règle de décision cadre qui consiste à réaliser un traitement de semences systématique en système de culture productif, et une impasse systématique sur le traitement de semences en système de culture « intégré ». Cela ne concerne que les semences de ferme, les semences commerciales étant généralement traitées automatiquement. Il serait intéressant de mieux formaliser ce lien entre type de système de culture et décision, en passant notamment par les objectifs, et les techniques mises en œuvre : s'agit-il de tolérer plus de dégâts ? S'agit-il d'accepter un risque ? Ou enfin s'agit-il de considérer que la mise en œuvre de techniques alternatives à la lutte chimique permet de couvrir un risque dans un système et non dans l'autre ? En répondant à cette question, il serait peut être possible d'en tirer des RdD pour adapter la décision de traitement de semences à différents contextes. D'après les entretiens, parmi les agriculteurs qui utilisent leurs semences de fermes, environ la moitié réalise un traitement de semences. D'après d'autres sources (CNDSF), seuls 20% des agriculteurs qui sèment leurs semences de ferme réalisent un traitement de semences insecticide. Il serait intéressant de comparer les parcelles avec des semences traitées, aux parcelles sans traitement de semence mais avec un traitement en culture, pour estimer l'intérêt des impasses de traitement de semences.

Il faut noter que certains traitements de semences ne se décident pas forcément à l'échelle du système de culture, mais peuvent se décider à l'échelle de la filière. En effet, pour le colza, les semences fermières ne représentent que 30% de la production totale de colza en France (CNDFS, document en ligne). Pour ces semences, les traitements se décident tous à l'échelle du système de culture. Pour les semences commerciales, en fonction certains sont systématiques, d'autres sont optionnels (notamment les traitements insecticides).

En culture, nous pouvons constater que les RdD cadre pour lutter contre les altises sont très nombreuses : 2 RdD (2 RdD cadre), concernent les petites altises ; 7 RdD (5 RdD cadre) concernent les grosses altises ; et 3 RdD (3 RdD cadre) concernent à la fois les petites et grosses altises. Certaines sont déclinées dans différents contextes, et notamment par rapport à la réalisation ou non de traitements préventifs, ainsi qu'au type de SdC dans lequel on les mobilise (« productif » ou « intégré »). D'autres font partie des RdD qu'on appelle contradictoires, c'est-à-dire qu'elles donnent des seuils différents, sans qu'on puisse savoir dans quelle situation mobiliser un seuil plutôt qu'un autre et ainsi les synthétiser en RdD cadre. C'est pourquoi le nombre de RdD cadre reste très important, et est assez proche du nombre de RdD recueillies.

On notera l'importance de ces différences : un groupe de RdD se fonde plutôt sur un seuil d'intervention à 30% de pieds avec des morsures d'altises, tandis qu'un autre groupe de RdD est fixé à un seuil de 80%. En observant ces seuils qui s'appliquent dans des contextes identiques, il semblerait qu'il puisse y avoir deux origines à ces contradictions :

- Soit la base de connaissance mobilisée pour élaborer ces RdD est différente, et les seuils de nuisibilité qui en découlent le sont aussi. Dans ce cas, il faudrait réaliser un travail d'harmonisation de ces seuils de nuisibilité, afin d'aboutir à des RdD plus cohérentes.
- Soit les objectifs de ces RdD sont différents. Il est d'ailleurs probable que les déclinaisons des RdD dans les systèmes de culture « productifs » et « intégrés » proviennent aussi d'objectifs différents, et notamment de tolérance aux dégâts et dommages différents. Malheureusement ces objectifs ne sont pas clairement formulés.

D'après les entretiens, l'importance des interventions chimiques contre les altises dépendra des régions, des dates de semis pratiquées, du type de fertilisation... En effet, un semis précoce permet d'éviter la concomitance entre l'arrivée des altises et la phase de sensibilité du colza (Cetiom zone Sud, 2011), et donc limiter le nombre d'interventions. Lorsque les semences sont déjà traitées, il n'y a quasiment jamais d'intervention contre les altises (petites et grosses) avant le stade 2 feuilles.

Tableau 93 : Règles de décision cadre d'opportunité de lutte chimique contre les pucerons du colza

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Pucerons (pucerons verts et pucerons cendrés)	Jusqu'au stade 6 feuilles, environ 6 semaines après la levée	Parcelle	Opportunité de traitement de semences		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	2 pieds sur 10 porteurs de pucerons	Observation au champ	RdD recueillie pour les semences non traitées (<i>Pour les semences traitée : impasse systématique ?</i>)	Dijon Céréales, 2011a ; Délos, 2009 CA Yonne, 2009a CA Côte d'Or, 2011b ; Seuil maestria RMT SdCI ; Dijon Céréales, 2011a Délos, 2009	1
Pucerons verts	Automne	Parcelle			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	1 puceron sur au moins 20 % des plantes	Observation au champ		Bayercropscience [3]	1
Pucerons cendrés	Automne	Parcelle			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	1 puceron sur au moins 10 % des plantes	Observation au champ		Bayercropscience [3]	1
Pucerons cendrés	De courant montaison à mi- floraison	Portion de parcelle			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Observation des colonies Observation de la présence d'auxiliaires	Gérer séparément (pour l'observation et pour la solution) les bordures et l'intérieur de la parcelle : observer différents points de la parcelle	Seuil d'intervention général : quelques colonies en différents points de la parcelle Seuil SdCI : idem ET absence de syrphes ou pucerons momifiés	Seuil maestria RMT SdCI Seuil général ; BSV et Cetiom dans RMT SdCI	2
Pucerons cendrés	A partir de mi floraison	Portion de parcelle			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Nombre de colonies visibles / m ² Présence d'auxiliaires	Gérer séparément (pour l'observation et pour la solution) les bordures et l'intérieur de la parcelle	Général : 2 colonies visibles / m ² SdCI : idem ET absence de syrphes ou pucerons momifiés	Seuil maestria RMT SdCI BSV/CETIOM dans RMT SdCI CA Nièvre, 2010b Arvalis <i>et al.</i> , 2011i Bayer CropScience [3] CA Côtes d'Or, 2011f et 2011g	2

9. Pucerons

Sept RdD ont été recueillies pour lutter contre les pucerons du colza en culture, et synthétisées en cinq RdD cadre, dont trois s'appliquent au puceron cendré, une s'applique au puceron vert, et une à tous les pucerons. Par contre, aucune RdD n'a été recueillie pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences.

Dans ces RdD cadre, les objectifs et les méthodes d'échantillonnage pour réaliser les observations ne sont pas explicités. Cela est d'autant plus gênant pour la RdD cadre de lutte chimique à la floraison contre les pucerons cendrés, qui mentionne de gérer ces zones séparément, les pucerons étant plus concentrés en bordure de parcelles.

Ces cinq RdD cadre correspondent à trois périodes différentes. En automne, les trois premières RdD cadre sont contradictoires. En effet, les RdD de Bayer se distinguent des autres : elles indiquent des seuils de nuisibilité de 10% de plantes porteuses d'au moins un puceron cendré et 20% de plantes porteuses d'au moins un puceron vert, tandis que les autres sources (Dijon céréales, CA Yonne...) indiquent un seuil de 20% de plantes porteuses d'au moins un puceron, quel que soit ce puceron. La présence de pucerons cendrés dans les parcelles de colza à cette époque reste assez exceptionnelle.

Les deux RdD cadre restantes interviennent au printemps : la première entre la montaison et la mi-floraison du colza, la deuxième à partir de la mi-floraison. Ces RdD semblent assez bien définies. Elles ont toutes les 2 une déclinaison en système de culture « intégré » qui prend en compte la présence d'auxiliaires, ce qui correspond sans doute à un objectif de tolérance plus importante aux dégâts. Ces déclinaisons ne précisent pas à partir de quel seuil de présence d'auxiliaires ou de leurs effets (pucerons cendrés momifiés) il faut moduler la décision.

Malgré cela, il est important de noter qu'il n'y a pas de différenciation des seuils d'intervention en fonction de différents types de sols, climats, variétés ou encore de techniques prophylactiques éventuellement mises en œuvre. Ces règles de décision restent extrêmement génériques.

D'après les entretiens réalisés, les pucerons sont rarement la cible d'interventions chimiques. D'une part leur présence est assez rare, d'autre part ils restent localisés. De plus la décision d'intervenir au printemps est prise en même temps que la décision d'intervenir contre les charançons des siliques, et les produits chimiques régulent les populations des deux insectes en même temps.

Tableau 94 : Règles de décision cadre d'opportunité de lutte chimique (traitement de semences et en culture) contre les autres ravageurs du colza : tenthrède de la rave et charançon des siliques

Bio agresseur	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Tenthrède de la rave	De la levée jusqu'au stade 6 feuilles			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Présence de larves avec des dégâts sur feuilles supérieurs au ¼ de la surface végétative	Observation au champ	RdD recueillie pour la Bourgogne	Arvalis <i>et al.</i> , 2011b	1
				Si seuil, alors intervention, sinon impasse	1 à 2 larves par plante	Observation au champ		cetiom.fr	1
		Opportunité de traitement de semences		Si on constat des dégâts en culture, intervenir le soir, sinon impasse	Etat de la culture	Observation au champ	RdD recueillie pour la Côte d'Or Semences traitées : impasse Semences non traitées : défoliation importante et colza faible	Dijon Céréales, 2011a	2
	de la levée au stade 6-8 feuilles			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	10 larves/m ²	Observation au champ	RdD recueillie pour l'Yonne	CA Yonne, 2009a	1
Charançon des siliques	Entre stades G2 et G4	Gestion des cécidomyies (les blessures de charançons sont des portes d'entrée pour la cécidomyie)		Si seuil atteint, alors intervention insecticide éventuellement seulement en bordure, sinon impasse	1 pied sur 2 porteur	Observation au champ séparément en bordure et à l'intérieur des parcelles, sur la hampe principale moyenne réalisée sur des plantes consécutives (exemple: 4 fois 5 plantes) (explicité dans BSV/CETIOM in RMT SdCi)	ITK Bas intrants (hypothèse sur l'objectif implicite : tolérer les dégâts et dommages, éviter les pertes économiques): Impasse systématique (justifié par la difficulté de positionner le traitement, faible nuisibilité, localisation des dégâts en bordure et capacités de compensation de la culture)	CA Côtes d'Or, 2011g Arvalis <i>et al.</i> , 2011b CA Bourgogne, 2009c CA de l'Yonne, 2008	3
	Entre stade bourgeon accolé D1 et silique bosselées G4			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse. Un traitement en bordure est souvent suffisant	1 charançon pour 2 plantes	Signalé par AA (en complément des observations ou à la place ?)		INRA, 2009a CA Nièvre, 2010b Arvalis <i>et al.</i> , 2011h Dijon céréales, 2011z	1

10. La tenthrède de la rave

La tenthrède de la rave est un ravageur assez rare de début de cycle mais très dommageable. Nous avons recueilli 5 RdD pour décider de l'opportunité de la lutte chimique en culture, synthétisables en 4 RdD cadre. Ces règles cadre sont très contradictoires. Aucune d'elle n'a d'objectif formulé, et les seuils sont très différents :

- Présence de larves avec des dégâts sur feuilles supérieurs au $\frac{1}{4}$ de la surface végétative
- 1 à 2 larves par plante
- Etat de la culture
- 10 larves/m²

Les méthodes d'échantillonnage ne sont pas explicitées.

D'après les entretiens, ce ravageur étant très rare et localisé mais causant d'importants dégâts, les interventions sont, elles-aussi, rares et localisées dans les parcelles régulièrement sujettes à des attaques, mais ne respectent pas de seuil. La RdD pratiquée serait : avant le stade 6 feuilles du colza, dès qu'on observe une tenthrède ou des dégâts dans la parcelle, réaliser une intervention insecticide. Certaines années, si des tenthrèdes et des charançons de la tige sont présents à l'automne à deux périodes différentes, il peut y avoir deux interventions insecticides, mais en général une même intervention suffit pour maîtriser les deux bioagresseurs.

11. Les charançons des siliques

Le charançon des siliques, ravageur de fin de cycle, est peu dommageable. Nous avons recueilli quatre RdD synthétisées en deux règles cadre pour sa maîtrise. Ces deux RdD cadre sont assez proches, mais se distinguent d'une part par leurs bornes temporelles, et d'autre part par le seuil d'intervention. Elles n'ont pas d'objectif formulé. La première RdD a en effet des bornes temporelles plus restreintes, et commence plus tard (stade G2) que la deuxième (stade D1). Les deux RdD ont des seuils différents mais qui ne se contredisent pas forcément : le premier est d'un pied sur 2 porteur de charançons des siliques, le deuxième d'un charançon observé pour deux plantes. La méthode d'échantillonnage du premier est d'observer au champ les bordures et l'intérieur des parcelles séparément, et de regarder la présence de charançon des siliques sur la hampe principale de plantes consécutives. La deuxième s'appuie sur les avertissements agricoles.

D'après les entretiens réalisés, le charançon des siliques ne fait pas souvent l'objet d'intervention chimique, et ces RdD sont peu appliquées en raison de la faible nuisibilité de ce ravageur (les bordures sont traitées environ un an sur quatre).

Annexe IX : Règles cadre commentées par bioagresseur pour la culture de tournesol

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.

Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

L'IFT du tournesol est en moyenne pour la France de 2,1 (INRA, 2009a), dont 1.6 en herbicide, 0.1 en fongicide, 0.2 en insecticides et 0.3 pour les autres produits. Il s'agit d'une culture assez robuste, relativement peu consommatrice de pesticides actuellement. De plus, l'IFT pour les itinéraires techniques optimisés⁷⁰, du niveau 1 est selon l'INRA (2009a) de 2.7, donc supérieur à l'IFT moyen actuel et pour les itinéraires techniques économes, du niveau 2a⁷⁰. de 1,2.

- 1. Traitements de semences contre les maladies du tournesol : mildiou et fonte des semis 293**
- 2. La lutte chimique contre les maladies en culture : phomopsis et phoma _____ 295**
- 3. Les ravageurs : ravageurs du sol et pucerons _____ 297**

⁷⁰ L'ITK raisonné du niveau 1 et l'ITK économe du niveau 2a sont définis dans l'étude Ecophyto R&D dont il est question (INRA, 2009a)

Niveau 1 : « Limitation du recours aux pesticides par le raisonnement des traitements en fonction de seuils d'intervention adaptés »

Niveau 2a : « Niveau 1 + mise en œuvre de méthodes prophylactiques et alternatives à l'échelle de l'itinéraire technique d'une culture de la rotation »

Tableau 95 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de traitements de semences contre les maladies du tournesol

Bio agresseur	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Effets prévisibles	Source	Nb RdD
Mildiou	Choix variétal Lutte contre fonte des semis et botrytis		Pour les variétés sensibles, réaliser un traitement de semences	Sensibilité variétale à la maladie	Grille de risque intégrant la rotation et le type de sol (<i>comment la mobiliser ?</i>)	Assure une protection contre pythium et phytophtoram ou botrytis en fonction des produits choisis	Délos, 2009	1
Mildiou			Traitement de semences	Surtout en cas d'humidité autour du semis			INRA, 2009a	1
Mildiou		Eviter l'apparition de résistances aux traitements de semences	Eviter le traitement de semences systématique dans une même parcelle. Si régions où aucune nouvelle race de mildiou n'est apparue récemment et où les conditions de culture du tournesol sont peu à risque (rotations longue, absence de mouillères, pas d'attaque de mildiou depuis 10 ans), avec des variétés résistantes à toutes les races de mildiou identifiées, ou avec des variétés résistantes à une majorité de races présentes, sur les bassins de production où la ou les races auxquelles elles sont sensibles n'ont pas été détectées par le réseau de surveillance alors Utiliser des semences non traitées dans les parcelles	Variétés, régions, pression biotique, Succession culturale			Cetiom (site internet)	1
Fonte des semis – Botrytis	Traitements de semences contre mildiou		En fonction du risque, choisir un produit qui a des effets sur la fonte de semis due au Botrytis (mefenoxam)	Risque (<i>quel diagnostic?</i>)			Délos, 2009	1

1. Traitements de semences contre les maladies du tournesol : mildiou et fonte des semis

Pour décider de l'opportunité des traitements de semences contre le mildiou du tournesol et contre la fonte des semis (*Botrytis cinere* responsable de la pourriture grise), nous n'avons pas recueilli de réelle règle de décision, mais plutôt des éléments permettant d'orienter les décisions. En effet, ces règles ne permettent pas de prendre une décision objectivement, en s'appuyant sur des critères bien définis avec des indicateurs bien définis.

Le mildiou fait l'objet d'une réglementation très stricte, qui vise à limiter le développement de résistances contre les fongicides. Ainsi on ne peut pas semer sur une même parcelle deux années de suite des semences de tournesol traitées contre le mildiou. En général, les semences de tournesol sont traitées contre le mildiou, sauf dans certains cas précis : deux semis de tournesol consécutifs, ou absence de risque (estimer en fonction des mesures agronomiques (succession culturale, choix de variété résistante) adoptées et/ou de l'absence de risque régional).

Pour la fonte des semis, la règle est beaucoup plus floue : il est question de prendre en compte un risque, sans aucun éléments décrivant la manière d'estimer ce risque et de le diagnostiquer ni les critères à considérer. Nous n'avons pas réellement d'information sur le niveau d'utilisation de traitements de semences spécifiques contre la fonte des semis

Tableau 96 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture contre les maladies du tournesol

Bio agresseur	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Effets prévisibles	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Phoma	Stade limite de passage du tracteur	Apport de bore Traitement contre phomopsis		En fonction des contextes de production (cf. déclinaison) adapter le nombre d'interventions contre le phoma au nombre d'interventions contre le phomopsis et au nombre d'apports de bore	Autres interventions à réaliser et variété		Traitement spécifique contre le phoma qui risque de favoriser les attaques de phomopsis	<p>En situation à fort potentiel de rendement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • sur variété résistante au phomopsis, si application de bore, envisager un traitement anti phoma, sinon impasse • sur variété très peu sensible au phomopsis, si traitement contre le phomopsis ou application de bore recommandés, envisager un traitement anti phoma, sinon impasse • sur variété peu sensible au phomopsis, si traitement contre le phomopsis recommandé, envisager également un traitement contre le phoma ; sinon, envisager un traitement en association avec l'apport de bore et qui soit efficace à la fois contre le phoma et le phomopsis <p>Dans les autres situations : impasse</p>	Cetiom, site internet	4
Phomopsis	Stade limite de passage du tracteur en végétation	Gestion du phoma (maladies antagonistes)		Si nécessité d'intervenir, réaliser une intervention fongicide, sinon impasse	Signalée par AA/ observations?	Asphodel, SRPV (modélisation du phomopsis permettant de connaître les périodes de contamination potentielles)		Facteurs de risques : vallée, semis précoce, variété sensible	Délos, 2009	1
Phomopsis	Stade limite de passage du tracteur (LPT)	Choix variétal		En fonction des contextes de production (cf. déclinaisons), réaliser une intervention au stade limite de passage du tracteur, ou le nombre d'interventions recommandé par le BSV	Hauteur de végétation : 55 à 60 cm Recommandations BSV		<p>Variété résistante : aucun traitement</p> <p>Variété très peu sensible et risque régional fort : 1 traitement en fonction du BSV, sinon aucun traitement</p> <p>Variété peu sensible et risque régional fort ou moyen : si parcelle favorable au phomopsis (sols profonds, moyennement profonds avec un peuplement très fort (>65 000 plantes levées) ou des reliquats élevés au semis ou des semis précoces ou très précoces) : Si recommandation BSV avant le stade LPT, intervention, sinon, 1 intervention au stade LPT sinon, 0 à 1 traitement selon BSV</p> <p>Dans les autres situations : impasse</p>	Cetiom, site internet	4	

2. La lutte chimique contre les maladies en culture : phomopsis et phoma

Nous avons recueilli neuf RdD pour décider de l'opportunité de la lutte chimique contre les maladies en culture pour le tournesol, synthétisables en trois RdD cadre. Les maladies concernées sont le phoma (4 RdD, 1 RdD cadre) et le phomopsis (5 RdD, 2 RdD cadre). Ces règles de décision cadre sont fondées sur des critères d'organisation du travail (stade limite de passage du tracteur, combinaison d'interventions à effets synergiques ou antagonistes) et sur des risques globaux (sensibilité variétale et risque régional). Elles sont assez bien renseignées, notamment sur la manière dont doivent être combinées les interventions de lutte chimique contre ces deux maladies, un traitement spécifique anti-phoma risquant en effet de favoriser les attaques de phomopsis.

Toutefois, de nombreux critères ne sont pas, ou pas assez pris en compte : les risques parcellaires (historiques) ; le potentiel de rendement (pris en compte seulement pour la lutte contre le phoma), qui permettra de déterminer l'importance potentielle des dommages de récolte ; les prix, qui permettront de déterminer l'importance des pertes économiques éventuelles ; et les autres techniques mises en œuvre qui peuvent avoir une influence sur le développement de ces maladies (par exemple la date de semis).

D'après l'entretien réalisé, certains de ces critères sont pris en compte par les producteurs, notamment le potentiel de rendement : suivant le type de système de culture et le potentiel de rendement, les agriculteurs vont mobiliser ces RdD ou réaliser des impasses systématiques. Les agriculteurs qui ont des contrats oléiques respecteront systématiquement la RdD d'opportunité de lutte chimique contre le phomopsis, tandis que d'autres, hors contrat, qui ont des potentiels de rendements faibles conduiront leur culture avec un minimum d'intrants et feront des impasses systématiques.

Nous pouvons constater que ces RdD et RdD cadre n'ont pas d'objectif formulé.

Tableau 97 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture contre les ravageurs du sol du tournesol

	Echelle temporelle	Contexte	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Source	Nb RdD
Limaces				Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	1 limace/m ²	Piégeage	Bayercrop science (2)	1
	Semis			Si seuil atteint, alors réaliser une intervention molluscicide, sinon impasse	Apparition des premiers dégâts ou des premières limaces et temps humide et température entre 9 et 16°C	Observation au champ : à chercher sous mottes de terre ou sous les pierres, ou à surveiller à l'aide d'un piège à limaces.	Délos, 2009	1
	Prélevée			N'intervenir que si nécessaire (si inter rang large, application localisée sur la ligne de semis). Intervenir au moment du semis ou juste après, et continuer de surveiller les parcelles à la levée en cas de sol humide en surface ou de pluie.	Limaces attendues? (<i>quelle mesure ou estimation?</i>)		Cetiom, site internet	1
					En situation à risque, traitement systématique. Les observations conduiront éventuellement à une deuxième intervention. Pas de préconisation formelle	Risque (<i>quel diagnostic ?</i>)	Pièges à limaces	Aline Vandewalle
Taupins		Facteur de risque : précédent prairie ou culture fourragère ou jachère sans travail du sol pendant au moins 2 ans ou autre culture sensible avec dégâts de taupins		Réaliser une intervention insecticide préventive	Risque : parcelle et prévision hivernale et bilan campagne précédente	Mesure du risque : Grilles de risques taupins Piégeages : pots pièges, phéromones (comment cela intervient-il dans la décision ?) Historique et dégâts antérieurs	Délos, 2009	1

Tableau 98 : Règles de décision cadre pour l'opportunité de lutte chimique en culture contre les pucerons du tournesol

Echelle temporelle	Contexte	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Source	Nb RdD
Levée/ formation du bouton floral			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Plus de 10% des plantes avec symptômes de crispation	Observation au champ Cetiom : si attaque faible à nulle, renouveler l'observation après 8 jours, si les pucerons semblent s'installer, renouveler l'observation après 3-4 jours ; si intervention, renouveler l'observation après 8 jours	CA Côtes d'Or 2011f CA Nièvre 2011 ; Arvalis <i>et al.</i> 2011f, Dijon céréales 2011b ; CA Côtes d'Or 2009d, 2009f ; Cetiom"	1
Avant 5 feuilles			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	30 à 50 pucerons par plante ou plus de 10% des feuilles avec des symptômes de crispation		Arvalis <i>et al.</i> , 2011g, 2011i ; CA Seine-et-Marne 2011a	1
Avant 5 feuilles			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	30 à 50 pucerons par plante		Dijon Céréales, 2011b ; Arvalis <i>et al.</i> , 2011i, 2009c ; Délos, 2009	1
De 5 feuilles à bouton étoilé	Bourgogne		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	50 à 100 pucerons par plante ou plus de 10% des feuilles avec des symptômes de crispation		Arvalis <i>et al.</i> , 2011g, 2011i	1
Entre 5 feuilles et bouton étoilé	Bourgogne		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	50 à 100 pucerons par plante		Dijon Céréales, 2011b Arvalis <i>et al.</i> , 2011i, 2009c Délos, 2009	1

3. Les ravageurs : ravageurs du sol et pucerons

a. Les ravageurs du sol

Concernant les limaces, nous avons recueilli 4 RdD qui correspondent à 4 RdD cadre. Comme dans les autres cultures, ces RdD sont très peu claires (pas d'objectif formulé, observations bien renseignées mais seuils multiples, solutions souvent imprécises comme par exemple « si nécessaire, ... »...). Et comme pour les autres cultures, d'après les entretiens, les RdD pratiquées par les agriculteurs dépendent beaucoup de leur tolérance à la présence de limaces, de l'historique...

Pour décider de l'opportunité de la lutte chimique contre les taupins, nous avons recueilli une seule RdD très imprécise, qui consiste à prendre en compte le risque parcellaire. Toutefois, la façon de diagnostiquer ou d'évaluer ce risque parcellaire n'est pas définie.

b. Les pucerons

Concernant les pucerons, nous avons recueilli 5 RdD qui correspondent à 5 RdD cadre.

- L'une, qui s'applique tout au long de la culture du tournesol, et qui a comme critère de décision la seule observation des dégâts sur tournesol ;
- Deux RdD cadre, qui s'appliquent entre la levée du tournesol et le stade 5 feuilles ; le critère de décision de l'une est uniquement le nombre de pucerons observés, tandis que celui de l'autre RdD est le nombre de pucerons observés ou les dégâts observés ;
- Deux RdD cadre qui s'appliquent entre le stade 5 feuilles et le stade bouton étoilé, et qui se déclinent selon les mêmes critères que les précédentes.

Toutes ces RdD cadre sont très génériques et ne se déclinent pas en fonction du contexte (pédoclimatique, économique, techniques mises en œuvre...) ou d'objectifs, qui ne sont d'ailleurs pas formulés. Les méthodes d'échantillonnage ne sont pas explicitées.

D'après l'entretien réalisé en Midi-Pyrénées, les pucerons sont peu fréquents, et l'atteinte des seuils encore moins, et les interventions chimiques sont rares.

Annexe X : Règles de décision cadre commentées par bioagresseur pour la culture de lin

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.

Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

1.	<i>Les maladies du lin</i>	301
a.	Traitement de semences	301
b.	Les RdD pour décider de l'opportunité d'interventions fongicides contre le cortège de maladies du lin en culture	301
c.	Les RdD pour l'opportunité d'intervention fongicide en culture contre chaque maladie : botrytis, septoriose, brunissure kabatiella, oïdium, et phoma	301
2.	<i>Les ravageurs du lin</i>	303

Tableau 99 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de traitement de semences et de lutte chimique en culture contre les maladies du lin.

Bio agresseur	Echelle temporelle	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaison	Source	Nb RdD
Toutes maladies	Campagne	Opportunité d'intervention fongicide		Si conditions humides en préfloraison, réaliser une intervention fongicide, et la renouveler si les conditions humides continuent en cours de floraison	Conditions météorologiques		Lin graine d'hiver	Cetiom, 2011	1
Toutes maladies	Campagne	Opportunité d'intervention fongicide	Maximiser la marge	Adapter le nombre d'intervention fongicides aux potentiels de rendement	En fonction du potentiel de rendement		Lin fibre d'hiver : Potentiel de rendement 25q/ha : 1 fongicide Potentiel de rendement 30q/ha : 2 fongicides Potentiel de rendement 35q/ha : 3 fongicides Lin fibre de printemps : Potentiel de rendement 25q/ha : 0 fongicide Potentiel de rendement 30q/ha : 1 fongicide Potentiel de rendement 35q/ha : 2 fongicides	Flénet, 2004	6
Oïdium	De 50 cm à mi floraison	Opportunité de traitement fongicide		Si recommandation, réaliser une intervention fongicide, sinon impasse	Observation des premières étoiles mycéliennes sur les feuilles	Signalement par réseau CTR et AA pour observations à la parcelle	Facteurs de risque : Sensibilité variétale	Délos, 2009	1
Oïdium		Opportunité de traitement fongicide		Si conditions réunies, réaliser une intervention fongicide, sinon impasse	Premiers symptômes et conditions météo favorables au développement de l'oïdium		Lin fibre	Brochard et Druesne, 2006	1
Phoma		Opportunité de traitement fongicide		Traitement préventif et précoce avant l'apparition des symptômes	Conditions climatiques: orages, conditions chaudes et humides <i>(Quelles mesures et quantification de ces critères ?)</i>		Production de semences	Délos, 2009	1
Botrytis	Semences	Opportunité de traitement de semences		Si risque, alors intervention, sinon impasse	Risques de contamination de la parcelle <i>(Quelles mesures et quantification du risque ?)</i>			RMT SdCI	1
Botrytis		Opportunité de traitement fongicide		Si nécessaire, traitement curatif à base de triazoles au début du printemps <i>(Comment juge-t-on cela nécessaire ?)</i>	Périodes printanières avec brouillard intense		Surtout parcelles en bas fond, humides, sensibles au froid	Délos, 2009	1
Septoriose	Mi- floraison	Opportunité, positionnement et choix de produit lutte chimique	Eviter l'utilisation de produits curatifs	Si nécessaire, traitement préventif à base de triazoles appliqué à mi-floraison <i>(Comment juge-t-on cela nécessaire ?)</i>	Humidité persistante pendant la floraison			Délos, 2009	1
Brunissure Kabatiella	A l'automne, au stade 3-4 cm	Opportunité de traitement fongicide		Si nécessaire, traitement préventif à base de triazoles <i>(Comment juge-t-on cela nécessaire ?)</i>	Parcelles riches en MO			Délos, 2009	1

1. Les maladies du lin

Nous avons recueilli 14 RdD (9RdD cadre) pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les maladies du lin.

a. Traitement de semences

Le traitement de semences contre le botrytis est le seul à faire l'objet de conseil. Pour les autres traitements de semences (brunissure, alternariose), nous n'avons trouvé aucun élément pour prendre la décision d'appliquer ou non ces produits. La RdD pour décider de l'opportunité de traitement de semences contre le botrytis est extrêmement imprécise : il n'y a pas d'objectifs formulés, pas de domaine de validité pour cette RdD, et la solution est imprécise, avec un critère de décision peu clair. En effet, cette RdD suggère de prendre en compte des risques de contamination de la parcelle mais n'indique pas comment estimer ou diagnostiquer ces risques.

b. Les RdD pour décider de l'opportunité d'interventions fongicides contre le cortège de maladies du lin en culture

Concernant les interventions fongicides en culture, nous avons recueilli 7 RdD pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre l'ensemble des maladies, ou plus exactement pour décider du nombre de traitements fongicides. Parmi ces 7 RdD, l'une correspond à une RdD cadre, et 6 à une autre RdD cadre déclinée en fonction de différents potentiels de rendement.

La première est destinée au lin graine d'hiver, et s'appuie sur un critère de décision météorologique très peu explicite : en fonction de l'humidité lors de la préfloraison et de la floraison, une à deux interventions fongicides seront réalisées. Mais la manière de définir des « conditions humides » n'est pas mentionnée. De plus, la RdD ne propose pas explicitement une impasse en cas de conditions sèches. Enfin, les objectifs de la RdD ne sont pas explicités.

La seconde est destinée aux cultures de lin fibre d'hiver et de printemps. Il s'agit seulement d'adapter le nombre d'interventions fongicides aux différents potentiels de rendement, afin de ne réaliser une intervention que si elle est rentable économiquement. Cette RdD a été élaborée en comparant différentes parcelles traitées et non traitées, mais ne prend pas en compte la présence des maladies, ni les conditions qui peuvent être favorables ou non à leur développement. Elle reste donc très partielle concernant les critères de décision considérés.

c. Les RdD pour l'opportunité d'intervention fongicide en culture contre chaque maladie : botrytis, septoriose, brunissure kabatiella, oïdium, et phoma

Six RdD ont été recueillies pour décider de l'opportunité d'un traitement spécifique contre 5 maladies du lin : botrytis, septoriose, brunissure kabatiella, oïdium, et phoma. Nous avons trouvé très peu de RdD d'opportunité d'intervention fongicide en culture dont les critères seraient des observations de présence de maladie, ou de dégâts en culture, dans la littérature du conseil. La principale source qui nous a permis de recueillir ces RdD, (Délors, 2009) n'est pas diffusée auprès des agriculteurs. Ces RdD sont souvent très imprécises, et consistent à prendre en compte des facteurs de risque sans que la mesure de ces risques ne soit réellement explicitée. Un conseil d'intervention contre le botrytis semble peu cohérent avec l'absence de produit homologué contre cette maladie pour le lin en culture (ACTA, 2012).

Seul l'oïdium fait l'objet d'une RdD diffusée dans le conseil (Brochard et Druesne, 2006) et s'appuie sur l'observation de symptômes et des conditions météorologiques. Ce deuxième critère de décision reste peu explicite. Pour cette unique RdD cadre, nous n'avons pas répertorié d'objectif, de domaine de validité, ni de déclinaison en fonction de différents contextes.

Il faut signaler que pour contrôler la brunissure, il existe des tolérances variétales, mais qu'elles sont souvent insuffisantes.

Tableau 100 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre les ravageurs du lin

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaisons	Source	Nb RdD
Altises du lin	Cotylédons à stade inférieur à 5cm	Parcelle		Si seuils, alors intervention, sinon impasse	Observation de dégâts Etat du couvert Présence du ravageur		Lin fibre en raisonné : Dès la présence de morsures sur les cotylédons Lin fibre en SdCI Développement handicapé du lin par les destructions de "têtes" et présence de ravageurs	RMT SdCi	2
Altises du lin	Dès le fendillement du sol par la poussée des plantules jusqu'au stade <4cm de hauteur	Parcelle		Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Levées de plantules difficiles avec par la suite des conditions climatiques sèches Dès la présence d'altises sur cotylédons et premières feuilles		RdD recueillie pour les sols battants	Délos, 2009	1
Altises du lin	De la levée jusqu'au stade 4-5 cm	Parcelle		Si seuils, alors intervention, sinon impasse	Observation de dégâts Observation de la présence du ravageur dans le cœur des têtes (lin graine de printemps)		Lin graine de printemps Seuil : dès observation de piqûres et de déformation, et observation d'insectes dans le cœur des têtes Lin graine d'hiver Si 25% de plantes sont mordues	Cetiom, site internet	2
Thrips	Entre levée et floraison	Parcelle		Si seuil, alors intervention et impasse pendant 3 semaines, sinon impasse	Nombre de thrips récolté	Passer la main sur le sommet des plantes avec la paume humide	Lin fibre en raisonné : 5 thrips par fauchage Lin fibre en SdCI : objectif : tolérer les dégâts et dommages, éviter les pertes économiques 5 thrips par fauchage et apparition de têtes déformées, collées Lin graine d'hiver : (à partir de la reprise de végétation) Seuil 3 à 4 Lin graine de printemps : Seuil : présence de thrips	RMT SdCi Délos, 2009 Cetiom, 2011 Cetiom, 2007 Cetiom, site internet	5

2. Les ravageurs du lin

Nous avons recueilli 10 RdD d'opportunité de lutte chimique contre les ravageurs du lin, synthétisées en 4 RdD cadre. Ces RdD ont beaucoup de déclinaisons en fonction des types de systèmes de culture dans lesquels elles sont utilisées (lin graine, lin fibre, culture de printemps, culture d'hiver ; système de culture en « protection intégrée », en « protection raisonnée »). Ces RdD et RdD cadre n'ont pas d'objectif formulé. Nous ne savons pas si l'existence de différentes RdD valables en système de culture en « protection intégrée » et en « protection raisonnée » est due à des objectifs différents, ou à des mesures prophylactiques mises en œuvre préalablement. Les critères de décision sont peu explicités (il y a rarement un seuil quantitatif, pas de méthode d'échantillonnage).

Pour les altises du lin, nous avons synthétisé trois RdD cadre qui présentent des critères de décision et un formalisme de la solution différents. Toutefois, deux de ces RdD cadre sont définies dans des domaines de validité différents (l'une pour le lin fibre et l'autre pour le lin graine) et ne se contredisent donc pas. Une autre est définie pour des cultures en sols battants, type de sol qui n'est pas exclu des deux premières. Cette RdD cadre est donc contradictoire.

Pour les thrips, 5 RdD ont pu être synthétisées en une seule RdD cadre, chacune ayant un domaine d'utilisation restreint. C'est un couple culture/ravageur qui bénéficie de RdD assez bien définies, surtout en comparaison avec les autres RdD de notre recueil.

Annexe XI : Règles cadre commentées par bioagresseur pour la culture de betterave

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.

Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

L'IFT de la betterave est en moyenne pour la France de 4,2 (INRA, 2009a), dont 2,1 en herbicide, 1,4 en fongicide et 0,7 en insecticide. De plus, l'IFT pour les itinéraires techniques optimisés, du niveau 1⁷¹ est selon l'INRA (2009a) de 4,8, donc supérieur à l'IFT moyen actuel et pour les itinéraires techniques économes, du niveau 2a.de 2,6. La marge de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires est donc assez importante, si l'on réussit à transiter du système actuel vers des itinéraires techniques économes.

1.	<i>Les maladies de la betterave</i> _____	307
2.	<i>Les ravageurs de la betterave</i> _____	309
a.	<i>Traitement de semences contre les pucerons verts</i> _____	309
b.	<i>Les limaces</i> _____	309
c.	<i>Les insectes de début de cycle</i> _____	310
d.	<i>Les altises</i> _____	310
e.	<i>Les pucerons (pucerons verts et pucerons noirs)</i> _____	310
f.	<i>La noctuelle défoliatrice</i> _____	310
g.	<i>Les pégomyies</i> _____	310
h.	<i>Les teignes</i> _____	310

⁷¹ L'ITK optimisé du niveau 1 et l'ITK économe du niveau 2a sont définis dans l'étude Ecophyto R&D dont il est question (INRA, 2009a)

Tableau 101 : Règles de décision cadre d'opportunité de lutte chimique en culture contre les maladies de la betterave

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples déclinaison	Source	Nb RdD regroupées dans la RdD cadre : nb RdD
Toutes maladies	du 1 ^{er} juillet au 15 août	Parcelle	Date de récolte Choix variétal	Limiter le développement des maladies et les pertes de rendement Résultat attendu : pas de perte économique due au bioagresseur (perte de récolte < coût d'une intervention)	La 1 ^{ère} maladie qui arrive au seuil déclenche un 1 ^{er} traitement	Observation du nombre de feuilles avec symptômes : Cercosporiose : 5% Oïdium : 15% Rouille : 15% Ramulariose : 5%	Observation de 100 feuilles de la couronne moyenne prélevées au hasard dans la parcelle	Risque régional cercosporiose fort : observations cercosporiose dès le 15 juin Risque régional cercosporiose faible : observation dès le 1 ^{er} juillet Récolte avant le 12/10 : observations jusqu'au 05/08 Récolte après le 12/10 : observation jusqu'au 15/08	ITB, 2012	4
Toutes maladies	15 jours après le 1 ^{er} traitement jusqu'au 31/08					Observation du nombre de feuilles avec symptômes : Cercosporiose : 20% Oïdium : 30% Rouille : 40% Ramulariose : 20%		Risque régional cercosporiose fort : continuer les observations cercosporiose jusqu'au 05/09 Risque faible : jusqu'au 31/08 Variété résistante à l'oïdium : pas d'observation de l'oïdium Variété non sensible à la rouille : pas d'observation des symptômes de rouilles	ITB, document de travail interne	8
Toutes maladies	15 jours après le 2 ^{ème} traitement jusqu'au 31/08					Observation du nombre de feuilles avec symptômes : Cercosporiose : 25% Oïdium : 30% Rouille : 40% Ramulariose : 20%		Risque régional cercosporiose fort : continuer les observations cercosporiose jusqu'au 05/09 Risque faible : jusqu'au 31/08 Variété résistante à l'oïdium : pas d'observation de l'oïdium Variété non sensible à la rouille : pas d'observation des symptômes de rouilles	ITB, document de travail interne	8

1. Les maladies de la betterave

L'ITB a mis au point des RdD pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide à large spectre en culture contre les maladies foliaires de la betterave : cercosporiose, oïdium, rouille et ramulariose. Ces maladies sont toutes gérées ensemble. Nous avons recueilli 20 RdD synthétisées en 3 RdD cadre qui se succèdent et correspondent chacune à une intervention différente.

Au niveau du domaine de validité, ces RdD cadre sont définies dans tous les types de contextes, et déclinées en différentes modalités, en fonction d'un niveau de risque régional dépendant du climat, des variétés semées et de leur résistance à différentes maladies, et de la date de récolte.

Elles ont toutes le même objectif, qui est de limiter le développement des maladies et les pertes de rendement. Les critères de décision de ces RdD élémentaires sont des observations du nombre de feuilles avec symptômes pour chaque maladie. La méthode d'échantillonnage est bien décrite, et les seuils sont clairs.

Nous pouvons donc dire que pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre les maladies de la betterave, les RdD sont disponibles et assez bien formalisées, pour un objectif de maximisation du rendement. Toutefois, il n'y a pas de RdD adaptée à des objectifs différents (tolérance aux dégâts, dommages, pertes), et on ne constate pas non plus de RdD adaptée à certains aspects du contexte (type de sol, potentiel de rendement, prix...). Il serait vraiment intéressant de pouvoir préciser le domaine de validité de ces RdD cadre et différencier des RdD élémentaires pour certains de ces éléments de contexte pertinents.

Toutefois, d'après l'entretien réalisé, si cette RdD est appliquée scrupuleusement dans le cadre des 200 parcelles qui font l'objet d'une observation hebdomadaire du programme vigiculture, il est moins évident que les agriculteurs réalisent les observations. L'objectif de ce réseau d'observation est d'alerter les agriculteurs lorsque les maladies sont observées dans ces parcelles de référence pour qu'ils aillent dans leurs parcelles diagnostiquer la situation localement. Cependant, certains se fient uniquement aux observations réalisées dans ces parcelles de référence pour décider de l'opportunité de leur intervention.

Tableau 102 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre les ravageurs de la betterave

Bio agresseur	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation/outil	Domaine de validité / Exples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Pucerons verts	Semences (TS)			Si risque, alors faire un traitement de semences spécifique, sinon impasse	Risque (<i>quel diagnostic?</i>)	Risque parcellaire : historique + climatologie + zone à risque		ITB, 2012	1
Limaces				Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	1 à 5 limaces/m ²	Pièges		Bayercrop science2	1
Limaces	De la levée à 6 F étalées		Limiter les pertes de pieds Résultat attendu : pas de perte économique due au bioagresseur (perte de récolte < coût d'une intervention)	Si conditions réunies, intervention molluscicide, sinon impasse	Présence de dégâts importants, ou de populations importantes et conditions climatiques humides	Observation au champ		ITB, 2012	1
Mulots, Campagnol	Du semis à la levée			Si conditions réunies, alors appâts raticides empoisonnés, sinon impasse	Présence de galeries dans le pourtour des parcelles et climat sec et produit homologué	Observation au champ		ITB, 2012	1
Tipules	De la levée à 8 F étalées	TS		Si seuil atteint, alors traitement de rattrapage molluscicide avec micro granulés sur sol humide, sinon impasse	Présence de tipules et début d'attaque	-Dégâts sur betteraves -Présence de ravageurs au pied des betteraves ou par piégeage		ITB, 2012	1
Noctuelle terricole	De la levée à 6 F étalées	TS		Si dégâts importants, alors traitement insecticide, sinon impasse	Dégâts observés	Vérifier la présence du ravageur au pied des betteraves		ITB, 2012	1
Altises	Semis à fin juin	TS	Limiter les pertes de rendement Résultat attendu : pas de perte économique due au bioagresseur (perte de récolte < coût d'une intervention)	Si seuil atteint, alors intervention avec insecticide, sinon impasse	30% de betteraves avec nombreuses piqûres	Observation de 20 betteraves		ITB, 2012	1
Altises	Juillet et août	TS		Si seuil atteint, alors intervention avec insecticide, sinon impasse	50% de betteraves avec nombreuses piqûres	Observation de 20 betteraves		ITB, 2012	1
Pucerons verts	Du stade 2 F à couverture du rang	TS pucerons	Eviter la jaunisse	Si seuil atteint, alors intervention avec insecticide, sinon impasse	Observation du 1 ^{er} puceron vert dans la parcelle	Observation au champ	Définie si pas de traitement de TS pucerons	ITB, 2012	1
Tous pucerons		TS pucerons		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	1 puceron vivant sur 100 plantes observées	Observation au champ		INRA, 2009a	1
Tous pucerons		TS pucerons		Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Dès les premières colonies sur betteraves	Observation au champ		ITB, 2011	1
Noctuelle défoliatrice	De juin à fin août		Limiter les pertes de rendement Résultat attendu : pas de perte économique due au bioagresseur (perte de récolte < coût d'une intervention)	Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	50 % de betteraves avec perforations et présence de betteraves avec chenilles vivantes ou déjections	Observation de 20 betteraves		ITB, 2012	1
Pégomyies	De stade 2 F à fin juin			Si seuil atteint, alors intervention insecticide et surveillance sinon impasse	10 % de plantes avec galeries et présence de betteraves avec asticots dans les galeries	Observation de 20 betteraves		ITB, 2012 Délors, 2009	1
Pégomyies	De juillet à août			Si seuil atteint, alors intervention insecticide et surveillance, sinon impasse	50 % de plantes avec galeries et présence de betteraves avec asticots dans les galeries	Observation de 20 betteraves		ITB, 2012 Délors, 2009	1
Teignes	Couverture du sol à 15 août			Si seuil atteint et fortes chaleurs possibles, alors réaliser 2 interventions à 10 jours d'intervalle, sinon impasse	10 % de plantes avec chenilles Météo	Observation de 20 betteraves		ITB, 2012	1
Teignes	15 août à fin août			Si seuil atteint et fortes chaleurs possibles, alors réaliser une seule intervention, sinon impasse	10 % de plantes avec chenilles Météo	Observation de 20 betteraves (BSV Normandie : pas d'échantillonnage ni de prise en compte de la météo))		ITB, 2012 Métais <i>et al.</i> , 2011	2

2. Les ravageurs de la betterave

Nous avons recueilli 17 RdD pour lutter contre onze ravageurs de la betterave. Toutes les RdD issues de l'ITB ont le même objectif : limiter les pertes de rendement, ou limiter les pertes de pieds. Il s'agit donc de tolérer les dégâts mais pas les dommages de récolte. Les autres RdD recueillies n'ont pas d'objectif explicitement énoncé. Pour toutes ces RdD, il n'y a pas réellement d'adaptation en fonction de contextes différents (types de sol, climat, potentiel de rendement, mesures prophylactiques mises en œuvre...), à l'exception de quelques adaptations en fonction de quelques RdD qui prennent en compte des techniques mises en œuvre en amont (traitement de semences, date de semis).

Le Tableau 103 présente le nombre de traitements insecticides pour les différentes cultures, en fonction d'un traitement de semence insecticide (imprimo) ou pas (standard, c'est-à-dire uniquement traitement de semences fongicide). Nous pouvons constater que de 2003 à 2008, les cultures qui n'avaient pas fait l'objet de traitement de semences insecticides faisaient l'objet de beaucoup plus d'interventions insecticides en culture. Dans ces cas-là, nous pouvons nous demander si, suivant l'impact environnemental des produits utilisés en culture et en traitement de semences, il n'est pas effectivement préférable de réaliser des traitements de semences systématiques, afin de limiter le nombre d'interventions en culture.

Par contre, depuis 2009, on constate que le nombre d'interventions en culture est sensiblement le même pour les cultures à traitement de semences insecticides ou sans. Cela peut être dû à des pressions biotiques plus faibles, à une plus grande prise en compte de facteurs environnementaux, à un coût d'intrants qui a augmenté... Ou à une combinaison de ces facteurs.

Dans tous les cas, on peut penser que pour les années 2009 et 2010, les traitements de semences insecticides auraient pu être évités. Des RdD fiables pour en décider pourraient être intéressantes à mettre au point.

Tableau 103 : Nombre de traitements insecticides moyen pour les cultures de betterave en France par année et en fonction du type de traitement de semences (source : ITB d'après l'enquête SITE)

Nombre de traitements								
nbre total microg+veg	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
imprimo	0.8	0.8	0.45	0.8	0.9	0.5	1.3	1.3
standard	0.5	0.7	1.97	2.5	2.3	2.4	2.4	3.2
Total	0.7	0.8	0.86	0.9	1.1	0.9	1.1	1.8

a. Traitement de semences contre les pucerons verts

La RdD pour décider de l'opportunité de traitement de semences contre les pucerons verts est extrêmement imprécise, et consiste seulement à prendre en compte un risque. La manière de diagnostiquer ce risque n'est pas explicitée. D'après l'entretien réalisé, la totalité de la sole française en betterave est semée avec des semences traitées selon le traitement standard, et 98% de la sole française en betterave est semée en semences traitées aussi avec un insecticide qui vise les pucerons verts (imprimo).

b. Les limaces

Nous avons recueilli deux RdD pour décider de l'opportunité d'intervention molluscicide : l'une s'appuie sur un critère de nombre de limaces observées, l'autre sur des dégâts observés. La deuxième, issue de l'ITB, semble donc se placer à un niveau plus curatif que la première, issue de BayerCropScience.

c. Les insectes de début de cycle

Même s'il existe des RdD pour décider de l'opportunité d'intervention chimique en début de cycle contre les tipules, les noctuelles terricoles et les pucerons verts, elles conduisent rarement à des interventions chimiques. En effet, en général le traitement de semences suffit pour la protection des cultures.

La noctuelle terricole par exemple, qui peut causer, dans de rares cas, de graves dommages à la culture, se rencontre dans les parcelles après le stade 6 feuilles étalées, lorsque la betterave est assez développée pour supporter sa présence sans dommage. D'après l'entretien réalisé, à titre d'exemple, en 2010, une seule des 45 parcelles de l'ITB a fait l'objet d'une intervention.

d. Les altises

Deux RdD synthétisées (2 RdD cadre) ont été recueillies pour la lutte chimique contre les altises. Elles s'appuient sur un critère de décision d'observation du nombre de betteraves avec des piqûres. L'application de cette RdD conduit assez rarement à des interventions, et lorsque c'est le cas, une seule intervention suffit. A titre d'exemple, en 2010, sur 45 parcelles de l'ITB, une seule a fait l'objet d'une intervention, et en 2011, une dizaine.

e. Les pucerons (pucerons verts et pucerons noirs)

Pour les 2% des surfaces semées en semences n'ayant pas fait l'objet d'un traitement spécifique contre les pucerons, il existe des RdD d'opportunité d'intervention insecticide. Les seuils de ces RdD sont assez différents et contradictoires, sans qu'il n'y ait réellement d'explication par des objectifs ou des domaines de validité différents. Toutefois, comme nous l'avons mentionné, cela concerne très peu de surface, et le critère de décision reste une observation de la présence de pucerons dans la parcelle, avec dans tous les cas un seuil d'intervention très bas.

f. La noctuelle défoliatrice

Il s'agit d'un ravageur assez fréquent, et dont la présence est très variable. D'après l'entretien réalisé, cette RdD peut générer 0 à 2 traitements suivant les années, mais en général cela varie entre 0 et 1 traitement.

g. Les pégomyies

Il s'agit d'un insecte très localisé en fonction des régions. On le retrouve comme ravageur principal en Normandie et près du littoral. Dans ces régions, le traitement de semences est efficace jusqu'à deux feuilles pour protéger la culture, mais doit parfois être relayé par un traitement en végétation. Il peut y avoir la même année jusqu'à trois générations de pégomyies. Lorsqu'une intervention est réalisée, la surveillance doit donc être maintenue, et une deuxième intervention peut être nécessaire. Dans les autres régions, cette RdD ne conduit quasiment jamais à des interventions insecticides.

h. Les teignes

Les teignes sont aussi des ravageurs localisés, dont la présence est observée surtout les années à climat chaud et sec dans les zones du Loiret et de l'Est de l'Aube, parfois dans le Calvados. Ces 2 RdD sont mobilisables à des périodes différentes (entre couverture du sol et 15 août, et après le 15 août) ; la première RdD peut conduire deux traitements insecticides, la deuxième à un seul.

Annexe XII : Règles de décision cadre commentées par bioagresseur pour la culture de maïs

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.

Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

Le maïs grain a un IFT moyen de 1.9 (INRA, 2009a) se répartissant suivant les familles de bioagresseurs de la façon suivante : IFT herbicide : 1.4, IFT fongicide : 0, IFT insecticide : 0.4 et IFT autres produits : 0.1.

1.	<i>Les maladies du maïs</i> _____	313
a.	Les traitements de semences: charbon du maïs et fonte des semis _____	313
b.	Helminthosporiose : _____	313
c.	Les autres maladies : fusariose, rhizoctone, et toutes maladies _____	313
2.	<i>Les traitements de semences contre les ravageurs du maïs</i> _____	315
3.	<i>Les traitements en culture contre les limaces du maïs</i> _____	317
4.	<i>Les traitements en culture contre les insectes du maïs hors pucerons : pyrales, chrysomèles, cicadelles, scutigérelles, sésamies et noctuelles terricoles</i> _____	319
a.	La pyrale du maïs _____	319
b.	La chrysomèle _____	319
d.	La sésamie _____	319
e.	Scutigérelle, cicadelle et noctuelle terricole _____	319
5.	<i>Les traitements en culture contre les pucerons du maïs</i> _____	321

Tableau 104 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre les maladies du maïs

Bio agresseur	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Effets prévisibles	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Charbon du maïs		Choix variétal		Si risques, traitement de semences ou du sol, car pas de lutte chimique en culture <i>Comment mesurer et quantifier le risque en fonction des critères de décision ?</i>	Dégâts déjà observés dans la parcelle et risques de submersion par l'eau			Facteurs de risque: Variété sensible	Délos, 2009	1
Fonte de semis	Semences			Traitement de semences	Héritabilité parcellaire		Maîtrise du Mildiou	Surtout monocultures de maïs Surtout en Alsace	Délos, 2009	1
Helminthosporiose		Succession culturale Choix des variétés Broyage et enfouissement des résidus		Si seuil, 2 traitements fongicides, sinon traitement unique	Développement précoce des maladies, ou forte pression parasitaire			Tous et surtout semis tardifs Surtout production de semences	Délos, 2009	1
Helminthosporiose		Succession culturale Choix des variétés Broyage et enfouissement des résidus Décision d'intervention chimique		Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Observation des symptômes : feuilles touchées et nombre de pieds atteints Disponibilité de produits		Maîtrise de l'antracnose et de la rouille	Maïs semence et maïs doux : <u>Seuil</u> : une feuille entourant l'épi est touchée Maïs grain : si pas de disponibilité de triazoles efficaces, <u>seuil 1</u> : 15% de pieds (strobilurines) <u>Sinon seuil 2</u> : 50% de pieds (flusilazole)	Délos, 2009	2
Helminthosporiose				Si seuil atteint, alors intervention fongicide, sinon impasse	Observation des symptômes et du nombre de pieds touchés	Observations régulières sur 2 placettes de 10 pieds dans la parcelle		RdD recueillie pour l'Aquitaine Maïs doux, et maïs semences : au moins une tache visible sur les feuilles encadrant l'épi Maïs grain : 50% des pieds sont touchés	Fredon Aquitaine et FDGDON 64, 2011	2
Fusariose prod mycotoxines		Choix variétal, date de semis, date de récolte, enfouissement des résidus, maîtrise des autres maladies et ravageurs		Si impossibilité de mettre en œuvre les solutions alternatives, traitement (avec Horizon®)	Bilan campagne précédente, stress hydrique, prévision hivernale Mise en œuvre d'autres techniques			Maïs semences (surtout si héritabilité parcellaire ; Stress hydrique direct ou indirect)	Délos, 2009	1
Rhizoctone	Semis			Fongicide dans la ligne de semis ou sur les jeunes plantes	Secteurs à dégâts ponctuels				Délos, 2009	1
Toutes maladies	Campagne			Si production de semences ou localisation dans la plaine de l'Adour ou contournement de résistance génétique, alors utilisation de lutte chimique	Contournement de résistance Production de semences				Délos, 2009	1

1. Les maladies du maïs

Nous avons recueilli dix RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les maladies du maïs : cinq pour décider de l'opportunité de lutte chimique en culture contre l'helminthosporiose, synthétisées en 3 RdD cadre, une pour décider de l'opportunité d'une intervention fongicide contre la fusariose, une pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le charbon du maïs, une pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le rhizoctone, une pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre toutes les maladies du maïs.

a. Les traitements de semences: charbon du maïs et fonte des semis

Pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences contre le charbon du maïs, il faut prendre en compte la sensibilité variétale et l'historique de la parcelle. Il s'agit en effet d'une maladie qui se transmet par le sol et par l'eau. Les parcelles potentiellement submersibles sont donc plus sensibles.

Nous avons recueilli une RdD très imprécise pour l'opportunité de traitement de semences contre la fonte des semis (causée par *Fusarium roseum* et *Pythium ultimum*). Comme pour la plupart des RdD recueillies pour l'opportunité de traitement de semences contre des maladies dans toutes les cultures, elle suggère de prendre en compte un risque dont le diagnostic n'est pas défini. Cette maladie peut toutefois être maîtrisée par le contrôle génétique (Carlier, 2000).

b. Helminthosporiose :

L'helminthosporiose est la maladie principale du maïs. Ces 5 RdD varient en fonction du type de maïs cultivé (maïs semences, maïs doux, maïs de consommation, maïs grain). La première (Délos, 2009) consiste à élaborer un programme fongicide à l'avance et à choisir le nombre d'interventions fongicides à réaliser pour la campagne, entre 1 et 2, en fonction de la pression de la maladie et de la précocité de son développement. Les autres s'appuient sur l'observation des symptômes au champ pour décider ou non d'intervenir, et ont des seuils différents (contradictaires).

L'IFT moyen fongicide en France étant toujours d'environ 0 pour le maïs, nous pouvons constater que ces RdD ne sont pas appliquées ou qu'elles conduisent à une impasse systématique. Ceci est sans doute dû au développement et à l'utilisation de variétés résistantes. D'après les entretiens réalisés, la pression maladie est très faible car il existe peu de variétés sensibles cultivées. En Haut-Rhin, il y a peu d'application de ces RdD, un risque régional peut parfois être pris en compte. Seuls quelques agriculteurs réalisent systématiquement une intervention fongicide en même temps que l'intervention insecticide contre la pyrale.

La lutte chimique ne représente pas réellement de forts enjeux pour cette maladie qui peut être maîtrisée par les résistances variétales.

c. Les autres maladies : fusariose, rhizoctone, et toutes maladies

Nous avons recueilli une seule RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre la fusariose du maïs. Cette maladie est inféodée à la parcelle, et peut être maîtrisée par de nombreuses techniques alternatives à la lutte chimique : date de semis, date de récolte, enfouissement des résidus... Pour la production de maïs semences, il existe une RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique, qui consiste à intervenir dès lors que les techniques alternatives n'ont pas été pratiquées. D'après les entretiens réalisés, on manque de connaissances et d'outils pour maîtriser cette maladie, qui, du fait de sa production de mycotoxine, pose des problèmes sanitaires, en particulier pour le marché à destination de l'alimentation humaine.

Nous avons enfin recueilli une RdD pour décider d'un programme fongicide toutes maladies et une RdD pour l'opportunité d'une intervention contre le rhizoctone au semis qui n'est pas réellement claire, mais il s'agit d'une maladie peu fréquente, d'après les entretiens..

Tableau 105 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de traitement de semences contre les ravageurs du maïs

Bio agresseur	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/Seuil	Observation /outil	Effets prévisibles	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Corbeaux	Effaroucheurs Dispositifs pyro optiques ; Limitation des nichoirs ; Pièges ; Effet de certains insecticides		Intervention en préventif avec répulsif	Risque				Délos, 2009	1
Taupins			Si risque, intervention en préventif avec traitement de semences néonicotinoïdes puis microgranulés carbamate ou pyréthrinoides	Risque (historique rotation, climat à la levée, dégâts antérieurs)	Pièges et grilles de risque		Sols riches en MO, terres noires humifères	Délos, 2009	1
Taupins Oscinies et géomyza	Traitement de semences (TS) oscinies		Si pas de traitement de semences sur cette parcelle les 2 années précédentes, traitement de semences	(<i>Quel critère ?</i>) Réglementation (maximum un an sur trois pour une parcelle)			RdD recueillie dans l'Yonne valable pour : Semis avant le 15/05 à une densité <110000 graines/ha pas sur maïs doux et pas sur maïs porte graine mâle	CA Yonne 2008	1
Taupins et Oscinies	Lutte chimique oscinies Rotation Déchaumage Interculture Aménagements paysagers		Si absence de risque, impasse, sinon lutte chimique dans la raie de semis ou traitement de semences	Risque annuel : -Semis précoce et/ou démarrage rapide de la culture (variété ou engrais starter) - Année sèche			RdD recueillies pour la Bourgogne <u>Absence de risque (contexte):</u> -sols calcaires, d'alluvions argileuses, ou inondables -sol non hydromorphe et peu acide -Parcelles en culture avec peu de céréales à paille -Pas de précédent prairies -Déchaumage en été, ou moutarde en IC -auxiliaires prédateurs favorisés -semis peu profond	CA Bourgogne, 2010 Villard <i>et al.</i> , 2008	3
Oscinies et géomyza	TS taupins et lutte chimique scutigérelles		Si risque, traitement de semences	En fonction de la pression biotique (par secteur géographique)		Efficace sur taupins, scutigérelles, chrysomèle (mais non homologué)	RdD recueillie dans le Haut Rhin	B. Gassmann	1
Oscinies et géomyza			Intervention uniquement en préventif en fonction de la sensibilité des parcelles avec microgranulés (à effet systémique ou vapeur) dans la ligne de semis ou traitement de semences	Culture dont le développement est lent, les sols lourds, le climat froid ou humide				Délos, 2009	1
Chrysomèle			Traiter les semences ou le sol au semis				Monoculture de maïs, semis précoces	Délos, 2009	1

2. Les traitements de semences contre les ravageurs du maïs

Nous avons recueilli 9 RdD de traitement de semences contre les ravageurs du maïs

Les oiseaux sont des ravageurs extrêmement nuisibles pour le maïs, étant donné que pour certaines parcelles, localisées à proximité de nichoirs, ils peuvent conduire à la perte de toute la culture peu de temps après le semis. Pour lutter contre ces ravageurs, on dispose de peu de techniques, y compris pour les techniques alternatives. En lutte chimique, il existe des répulsifs mais leur efficacité reste limitée. Afin de décider de l'opportunité d'un traitement de semences avec des répulsifs, nous avons recueilli une RdD qui dit de prendre en compte un risque en fonction de la localisation de la parcelle et d'éventuelles mesures préventives mises en œuvre, sans que le diagnostic de ce risque ne soit explicité.

Pour tous les traitements de semences contre les ravageurs du maïs (taupins, oscinies, géomyza, chrysomèle), nous avons recueilli des RdD très imprécises, et nous n'avons pas pu les regrouper en RdD cadre. Ces RdD sont basées sur la prise en compte des risques ou des absences de risques à la parcelle, en fonction de certains facteurs de risques, qui ne sont ni quantifiés ni hiérarchisés. La décision reste donc très incertaine. De plus, ces RdD n'ont pas d'objectif explicité ni de domaine de validité. Enfin, parfois ces RdD prennent en compte des critères liés à la réglementation (notamment pour les taupins et oscinies).

D'après les entretiens réalisés, les traitements de semences sont assez fréquents. Les taupins notamment peuvent causer de gros dommages de récolte. Il existe une grille de risque, mais elle est jugée peu fiable, car certaines années, malgré un risque évalué comme faible, de nombreux dommages ont été subis. En l'absence de règle fiable, c'est souvent l'historique de la parcelle ou de l'exploitation agricole qui va orienter la décision de l'agriculteur. Un agriculteur qui aura subi de gros dommages aura tendance à réaliser des traitements de semences systématiques.

Tableau 106 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de traitement en culture contre les limaces du maïs

Bio agresseur	Echelle temporelle	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Effets prévisibles	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Limaces	présemis		Si risque, alors traiter avant ou au semis (mode d'intervention dépend du type de limaces présentes), sinon impasse	Facteurs de risque : semis direct ou présence de limaces dans le piège avant semis	Piège		RdD recueillie pour la Saône-et-Loire	A. Villard, <i>et al.</i> , 2008	1
Limaces			Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	5 à 10 limaces/m ²	Piège			Bayercrop science 2	1
Limaces	Levée		Si conditions réunies, alors intervention molluscicide, sinon impasse	Si temps pluvieux, froid ou préparation motteuse et apparition de dégâts ou présence dans le piège	Observation au champ Piège		RdD recueillie pour la Saône-et-Loire	A. Villard, <i>et al.</i> , 2008	1
Limaces	Levée		Si seuil atteint, alors intervention molluscicide, sinon impasse	dégâts en culture	Observation au champ		RdD recueillie pour le Haut Rhin	Benoit Gassmann, CA Haut-Rhin (entretien individuel)	1

3. Les traitements en culture contre les limaces du maïs

Nous avons recueilli quatre RdD pour décider de l'opportunité d'intervention contre les limaces, à la parcelle, avant le semis et à la levée. Ces RdD sont à la fois imprécises et contradictoires : l'une prend en compte des observations de présence de limaces, par piégeage, l'autre y ajoute des critères agronomiques (techniques de semis). Pour les RdD applicable en post semis, l'une prend en compte des critères météorologiques, la présence de limaces et l'observation de dégâts, tandis que l'autre ne prend en compte que l'observation de dégâts, et une troisième la seule présence de limaces mesurée grâce à des pièges. Cette dernière ne comporte même pas de borne temporelle. Ces RdD n'ont pas d'objectif explicite, ni de résultat attendu explicite, ni de domaine de validité.

D'après les entretiens, les limaces ne sont pas des ravageurs fréquents dans les cultures de maïs, en particulier dans les zones de monoculture.

Tableau 107 : Règles de décision cadre pour l'opportunité d'intervention chimique en culture contre les pyrales, chrysomèles, cicadelles, scutigérelles, sésamies et noctuelles terricoles du maïs

Bio agresseur	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Effets prévisibles	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Pyrale		Opportunité de lutte biologique ⁷²		Si seuil et si la lutte biologique n'est pas recommandée, alors intervention chimique en G2, sinon impasse.	- 0,5 larves / plante dans la zone en G1 l'année antérieure - ou 1/3 des plants touchés en G1 dans la zone et pluie en G2 - ou 10% de pontes cumulées observées dans la parcelle	Modèles climatiques et dates levées /Piégeages phéromones		Zones à 2 générations	Délos, 2009	1
Pyrale				Si seuil atteint, alors intervention chimique Si une parcelle fluctue autour de ce seuil, réaliser un comptage pour l'année en cours. (seuil de nuisibilité INRA :12 à 15% de pieds porteurs de pontes)	Nb de chenilles par plante à l'automne précédent Seuil : 1 chenille par plante en moyenne		Pullulation de pucerons si intervention chimique	RdD recueillie pour la Nièvre	CA Nièvre, 2010b	1
Chrysomèle				Traitements insecticides aériens	Arrêtés de lutte			Monoculture de maïs, semis précoces et surtout sols argileux à bonne porosité, proches des axes de transport <i>(pas de préconisation explicite pour les autres situations : impasse ?)</i>	Délos, 2009	1
Cicadelles				Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	Ponctuations blanches couvrant 10% de la surface de la feuille située sous l'épi (rare)			RdD recueillie pour la Nièvre	CA 58, 2010b	1
Scutigérelle		Contrôle culturaux		Intervention uniquement en préventif et localisée avec carbamates ou tefluthrine microgranulé, en cumul avec contrôles culturaux	Risque (historique rotation, type de sol, dégâts antérieurs, climat à la levée)	Pièges et grilles de risques		Sols légers et humides, peu calcaires, mal rappuyés	Délos, 2009	1
Sésamie				Si l'un des critères météorologiques est rempli et si seuil atteint réaliser une intervention, sinon impasse. Eviter traitement G1 sur les semis atteignant 3 feuilles. Un gel notable en période de nymphose (15/04 au 01/05) peut détruire une partie importante de population et permettre d'éviter une intervention.	Dénombrement en végétation pour la première génération. Seuil : 0,6 à 0,8 larves / plantes l'année précédente T°hiver>12°C ou hiver non pluvieux	Modèles climatiques et dates de levées - piégeage phéromones		Zones à pression pyrales	Délos, 2009	1
Noctuelle terricole	du stade 2 à 7 feuilles			Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	Symptômes			RdD recueillie pour la Saône-et-Loire	Villard, <i>et al.</i> , 2008 ; CRA MP <i>et al.</i> , 2011a	1

⁷² trichogrammes si pyrale dominante et population inférieure à 3 larves par pied

4. Les traitements en culture contre les insectes du maïs hors pucerons : pyrales, chrysomèles, cicadelles, scutigérelles, sésamies et noctuelles terricoles

a. La pyrale du maïs

Nous avons recueilli trois RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre les pyrales du maïs, synthétisées en deux RdD cadre. La première est fondée sur un critère de nombre de larves présentes sur les plantes, de nombre de plantes touchées, et de nombre de pontes observées à la parcelle, l'année précédente. Il s'agit d'historique d'observations de dégâts et de bioagresseur à la parcelle, et/ou dans la région. La deuxième RdD est uniquement fondée sur un critère de décision d'observation de populations larvaires avant la culture (à l'automne).

D'après les entretiens réalisés, la pyrale est l'insecte le plus dommageable de la culture de maïs. Dans certaines zones, la pression est faible et les interventions sont rares (Loire-Atlantique) mais dans d'autres la pression est forte et les techniciens de la filière peuvent exercer une pression sur les agriculteurs en raison de l'enjeu sanitaire de cet insecte dont les lésions sont des portes d'entrée à la fusariose. Ainsi, dans les zones à forte pression, et donc à risque régional important, beaucoup d'agriculteurs réalisent une intervention systématiquement, et le raisonnement de la lutte chimique contre la pyrale se fait davantage sur le positionnement de l'intervention que sur son opportunité. Ce positionnement doit se faire pendant le pic de vol. Toutefois, ce pic de vol n'est pas facile à prévoir, et l'observation à la parcelle des pyrales demandent un certain savoir-faire dont ne disposent pas tous les techniciens de coopératives ni tous les agriculteurs, ainsi qu'un travail fastidieux. Les interventions se font souvent au stade limite de passage du tracteur dans le maïs, en particulier pour les agriculteurs qui ne disposent pas d'enjambeur. Le critère de décision d'opportunité d'intervention pour les RdD pratiquées est donc plutôt le risque régional ou local de présence de la pyrale.

Il faut signaler qu'il existe un mode de lutte biologique pour lutter contre cet insecte (utilisation de trichogrammes), ainsi que des mesures prophylactiques (broyages des résidus, date de récolte...).

b. La chrysomèle

La chrysomèle est un insecte qui est soumis à réglementation, mais qui n'apparaît que dans les zones à monoculture de maïs. Dans ce cas, les interventions se font géographiquement, dans un rayon d'un km autour d'une capture. Il faut noter que cette intervention a un impact sur les taupins. La chrysomèle est donc un bioagresseur qui peut être géré en évitant toute monoculture de maïs.

d. La sésamie

La sésamie est un insecte pour lequel les pressions locales peuvent être très différentes. D'après les entretiens réalisés, il n'y a pas ou très peu d'interventions qui ciblent spécifiquement la sésamie dans certaines zones (ex : Haut-Rhin, Loire-Atlantique) tandis que dans d'autres (ex : Midi-Pyrénées), c'est un ravageur stratégique pour les interventions insecticides. L'opportunité d'une intervention insecticide se décide s'il y a une conjonction entre le début du pic de vol de la sésamie et le stade de sensibilité de la culture, ce qui dépend des zones, et des dates de semis. En Midi-Pyrénées, cela est assez fréquent. Toutefois, ce traitement est généralement positionné pour lutter en commun contre la pyrale et la sésamie. Sa date est donc essentielle.

e. Scutigérelle, cicadelle et noctuelle terricole

Ces ravageurs sont assez rares, et d'après les entretiens réalisés, ils ne font généralement pas l'objet d'intervention en lutte chimique, excepté dans certains cas (noctuelle terricole en Loire Atlantique : une seule intervention dès l'observation des symptômes ; scutigérelles en Midi-Pyrénées, en cas de semis précoce).

Tableau 108 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique en culture contre les pucerons du maïs

Bio agresseur	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Pucerons <i>Sitobion</i>	Avant 10 feuilles			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	500 pucerons par plante	Observation au champ		Délos, 2009	1
Pucerons <i>Sitobion</i>	De 3 à 10 feuilles			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	500 pucerons/ plante (avec nombreux ailés) ou production de miellat sur les feuilles à proximité de l'épi	Observation au champ	RdD recueillie pour la Bourgogne	Arvalis <i>et al.</i> , 2011d, 2011g Arvalis [2]	1
Pucerons <i>Sitobion</i>	après 10 feuilles (début juillet à début août)			Si seuil atteint, alors intervention avant la sortie des soies, sinon impasse	1000 pucerons par plante et de nombreux ailés et miellat sur les feuilles de part et d'autre du futur épi	Observation au champ	RdD recueillie pour la Bourgogne	Villard <i>et al.</i> , 2008 CA Nièvre, 2010b	1
Pucerons <i>Metopolophium</i>	de 3 f à 4 feuilles	si pas de traitement de semences		Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	5 pucerons par plante	Observation au champ	RdD recueillie pour la Saône-et-Loire	A Villard <i>et al.</i> , 2008	1
Pucerons <i>Metopolophium</i>	de 4 à 6 feuilles	si pas de traitement de semences		Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	10 pucerons par plante	Observation au champ	RdD recueillie pour la Saône-et-Loire	Délos, 2009	1
Pucerons <i>Metopolophium</i>	de 6 à 8 feuilles	si pas de traitement de semences		Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	20 à 50 pucerons par plante	Observation au champ	RdD recueillie pour la Saône-et-Loire	Arvalis <i>et al.</i> , 2011d, 2011g	1
Pucerons <i>Metopolophium</i>	de 8 à 10 feuilles			Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	100 pucerons par plante	Observation au champ	RdD recueillie pour la Saône-et-Loire	CA Nièvre, 2010b	1
Pucerons <i>Rhopalosiphum</i>	A partir du stade 5-6 feuilles			Si les populations se développent avec peu de mortalité (surtout si les auxiliaires sont peu nombreux), intervention, sinon impasse	Panicules touchées, et développement des populations sans mortalité	Quand quelques panicules sont touchées, observer tous les jours les parcelles		Arvalis [2]	1
Pucerons <i>Rhopalosiphum</i>	A partir du stade 5-6 feuilles			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	1 panicule / 2 colonisée	Observation au champ	RdD recueillie pour la Bourgogne	Hervillard <i>et al.</i> , 2011 CA Yonne, 2009b CA Nièvre, 2010b	1
Pucerons <i>Rhopalosiphum</i>	Début juillet-début août			Si seuil atteint, alors intervention insecticide, sinon impasse	Développement des populations et absence d'auxiliaires seuil : 5% des panicules portent des colonies	Observation au champ	RdD recueillie pour la Bourgogne	Arvalis <i>et al.</i> , 2011c, Arvalis <i>et al.</i> , 2011d, 2011g	2
Pucerons <i>Rhopalosiphum</i>	Début juillet-début août			Si développement des colonies et absence d'auxiliaire, alors intervention, sinon impasse	Développement des colonies et absence d'auxiliaire	Observation au champ	RdD recueillie pour la Saône-et-Loire	Villard <i>et al.</i> , 2008	1
Pucerons <i>Rhopalosiphum</i>	stade floraison			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	1 plant sur 2 est colonisé	Observation au champ		Délos, 2009	1

5. Les traitements en culture contre les pucerons du maïs

Nous avons recueilli 13 RdD d'opportunité de lutte chimique contre les pucerons, synthétisées en 12 RdD : 3 RdD pour les pucerons *Sitobion*, qui correspondent chacune à un stade de la culture, 4 pour les pucerons *Metopolophium*, qui correspondent elles aussi à quatre stades différents, et 6 RdD pour les pucerons *Rhopalosiphum*, regroupées en 5 RdD cadre, correspondant à trois stades différents de la culture. Ces dernières comportent quelques contradictions au niveau des critères de décision et des seuils associés.

Toutefois les pucerons sont des ravageurs assez peu présents sur la culture de maïs, et qui causent peu de dommages. Ces RdD sont dans l'ensemble plus ou moins appliquées, mais les interventions chimiques qui ciblent les pucerons sont assez rares. En pratique, l'opportunité d'intervention insecticide se décide davantage en fonction de l'état de la culture (si la culture est stressée et qu'on observe des pucerons, alors intervention, sinon impasse) plutôt qu'en fonction d'observations de présence du ravageur.

Annexe XIII : Règles cadre commentées par bioagresseur pour la culture de féverole

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie. Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

1.	<i>Les maladies de la féverole</i> _____	325
2.	<i>Les traitements en culture contre les sitones de la féverole</i> _____	327
3.	<i>Les traitements en culture contre les bruches de la féverole</i> _____	327
4.	<i>Les traitements en culture contre les pucerons de la féverole</i> _____	329
5.	<i>Les traitements en culture contre les thrips de la féverole</i> _____	329
6.	<i>Les traitements en culture contre les limaces de la féverole</i> _____	329

Tableau 109 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique (en culture et semences) contre les maladies de la féverole

Bio agresseur	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Effets prévisibles	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Mildiou	Semences			Si risque, traitement de semences	Bilan campagne précédente Conditions humides et T<20°C			Surtout si graines à potentiel de contamination	Délos, 2009	1
Anthraxnose			Eviter perte économique par perte de qualité = éviter les dégâts visuels sur gousse	Si seuil, intervention fongicide, sinon impasse	1 ^{ères} taches sur feuilles à hauteur des premières gousses			Recueillie en Seine et Marne, féverole à destination de l'alimentation humaine (Egypte) : borne temporelle jusqu'à la récolte Recueillie en Midi-Pyrénées : de début floraison à fin floraison	CRA Midi Pyrénées <i>et al.</i> , 2011c S. Piaud CA 77 communication personnelle (UNIP ICTF)	2
Anthraxnose				Intervenir en fonction des conditions météorologiques	Conditions météorologiques		Efficace sur botrytis En productif, cela peut amener jusqu'à 3 traitements	« productif » : traitement systématique contre l'anthraxnose début floraison. Si temps humide (pluie supérieure à 30 mm et humidité persistante), ré-intervenir 15 jours plus tard « intégré » : impasse sauf si dans les 10 jours qui suivent la floraison, un temps humide et chaud persiste pendant plusieurs jours.	RMT SdCI	2
Rouille	Début floraison + 15-20 jours à fin floraison			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Dès les premières pustules	Observation au champ		SdCI : si présence au stade début floraison+15-20 jours, intervention, sinon impasse Raisonné : si présence au stade floraison +15 - 20 jours, intervention, sinon intervention fin floraison	RMT SdCI	2
Rouille	Stade floraison des nœuds médians à début remplissage des grains	Traitement fongicide contre le botrytis		Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Dès les premières pustules	Observation au champ		Recueillie pour : • Seine et Marne • Pour Midi Pyrénées	Arvalis et UNIP, 2011 ; CRA Midi Pyrénées <i>et al.</i> , 2011b	1
Botrytis		Date et densité de semis (Favorisé par semis précoce et dense)		Un à deux traitements fongicides à début floraison	Pas de critère de décision		Efficace sur anthracnose et rouille	Favorisé par une hygrométrie élevée	Délos, 2009	1
Botrytis	De début à fin floraison			Si seuil, réaliser une intervention fongicide, sinon impasse	dès l'apparition des premières taches				CRA Midi Pyrénées <i>et al.</i> , 2011b	1
Toutes maladies				Une à deux interventions : la 1 ^{ère} vers floraison lorsque les premiers symptômes apparaissent, puis une 2 ^{ème} quelques jours après si nécessaire	Si nécessaire (<i>quel diagnostic?</i>)			Déclinaison recueillie en Seine et Marne : Adaptation du programme aux maladies en présence: Si pluies fréquentes, risque d'anthraxnose : chlorothalonil; Si temps sec et pustules de rouille: triazole	S. Piaud CA 77 communication personnelle Délos, 2009	2

1. Les maladies de la féverole

Nous avons recueilli une seule RdD pour décider de l'opportunité d'un traitement de semences contre les maladies de la féverole. Il s'agit du mildiou. La solution de cette RdD est très imprécise : il s'agit de réaliser un traitement de semences en cas de risque. Or ce risque n'est pas défini, seuls certains éléments sont donnés : climat, bilan de la campagne précédente ; à partir de quel niveau considère-t-on que le bilan est tel qu'il faut réaliser un traitement de semences ?

Nous avons recueilli quatre RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre l'antracnose, synthétisée en deux RdD cadre, trois RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre la rouille, synthétisées en deux RdD cadre, deux RdD d'opportunité d'intervention fongicide contre le botrytis, correspondant à 2 RdD cadre, une RdD d'opportunité de traitement de semences contre le mildiou et enfin, une RdD d'opportunité d'intervention chimique contre toutes les maladies. Une seule de ces RdD a un objectif formulé : ne tolérer aucun dégât visuel ; cette exigence s'explique par le fait que le débouché vers l'alimentation humaine implique des difficultés de commercialisation dès lors que des dégâts visuels sont présents. Ainsi cet objectif d'éviter tout dégât visuel correspond aussi à un objectif d'éviter tout dommage.

D'après l'entretien réalisé en Seine Maritime, l'antracnose est la maladie principale de la féverole, et conduit à réaliser des interventions environ deux ans sur 3.

Certaines RdD cadre d'opportunité de lutte chimique en culture contre les maladies se déclinent en fonction du débouché de la culture : les objectifs de ces RdD, mêmes implicites ne se déclineront pas de la même manière suivant si les dommages de récolte ne proviennent que des pertes quantitatives de rendement ou également de pertes qualitatives de récolte dues à des dégâts visuels.

Les critères de décision de ces RdD sont généralement des observations de symptômes sur les plantes. Dans quelques cas seulement (RdD d'opportunité de lutte chimique contre l'antracnose) il s'agit de conditions météorologiques.

Tableau 110 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les sitones et les bruches de la féverole

Bio agresseur	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	
Sitones	Jusqu'au stade 6-7 feuilles			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Nombre d'encoches et état de la culture	Observation au champ	Facteur de risque : Zones avec présence d'autres légumineuses Encoches sur la totalité des feuilles Déclinaison Seine et Marne : Encoches sur la totalité des plantes et féverole mal développée Protection intégrée : impasse	S. Piaud CA77, communication personnelle Arvalis et UNIP, 2011 Délos, 2009 Arvalis et UNIP, 2011	3
Sitones	Jusqu'au stade 6 feuilles	Opportunité de traitement de semences (TS)		Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Observation du nombre d'encoches sur les plantes	Observation au champ	Pas de traitement de semences : Intervention si fortes infestations (en moyenne 5 à 10 encoches, morsures, sur les plantes) TS : impasse	Seuil maestia ; RMT SdCi Arvalis [3]	2
Sitones	Jusqu'au stade 8 feuilles			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	de 5 à 10 encoches par plante sur les premières feuilles et T>12°C	Observation au champ	Recueillie pour Midi – Pyrénées	CRA Midi-Pyrénées <i>et al.</i> , 2011c	1
Bruches	Du stade jeune gousse 2cm à fin floraison +3-4 jours			Si conditions climatiques réunies, réaliser une intervention insecticide, sinon impasse.	Si Tmax>20°C deux jours consécutifs et si Tjours suivant>20°C Ou si indication de Bruchi lis ®	Bruchi – Lis ®	Si débouché en alimentation humaine, semences ou meuneries : 2ème intervention 7 jours plus tard si les conditions sont à nouveau réunies, sinon impasse	Arvalis et UNIP, 2011 Seuil maestia ; RMT SdCi	2
Bruches	Floraison			Si présence de bruches, traiter en végétation avec un insecticide dès la formation des jeunes gousses, sinon impasse	Températures maxi de 20°C pendant 2 à 3 jours		Facteur de risque : Parcelles semées le plus tôt et fleurissant précocement	Délos, 2009	1

2. Les traitements en culture contre les sitones de la féverole

Nous avons recueilli 7 RdD correspondant à 3 RdD cadre pour la lutte chimique contre les sitones. Ces RdD cadre s'appliquent au même stade, et dépendent : d'observations d'encoques sur les plantes, du débouché de la culture, d'autres techniques mises en œuvre (traitement de semences notamment) et des objectifs (tolérance aux dégâts, dommages et pertes). Ces RdD s'appliquent en fonction de critères de décision renseignés par des observations qui n'ont pas de méthode d'échantillonnage explicite pour réaliser les observations permettant de renseigner le critère de décision.

D'après les entretiens réalisés, les objectifs implicites de tolérance aux dégâts et à certains dommages, en « protection intégrée », conduisent généralement à éviter toute intervention chimique contre les sitones, bien que nous n'ayons pas recueilli de RdD formalisée dans la documentation.

3. Les traitements en culture contre les bruches de la féverole

Les bruches sont l'objet de beaucoup d'interventions chimiques. Il s'agit de couvrir toute la période de sensibilité de la culture, en réalisant une intervention chimique tous les 8 jours pendant la période d'activité des bruches. Ainsi le bon déclenchement du premier traitement peut permettre d'éviter une intervention. Ces interventions pourraient bénéficier de plus d'outils pour évaluer le risque réel encouru avec les bruches, en fonction du nombre de bruches présentes, du climat, de l'état de la culture...

Les marges de manœuvre concernant les interventions insecticides sont faibles pour la féverole. En effet, les féveroles destinées à l'alimentation humaine, pour l'export, doivent respecter les réglementations des pays dans lesquels elles sont commercialisées, qui peuvent exiger une limite de 1.5 à 3 % de « grains bruchés » Caillier, 2005). On peut donc émettre l'hypothèse que ces 1.5% de dégâts correspondent aux résultats attendus des RdD d'opportunité de lutte chimique contre les bruches de la féverole.

La lutte chimique serait plus efficace si les interventions étaient coordonnées collectivement (Taupin, P. cité dans Caillier, 2005), car la bruche, très mobile, peut se réfugier dans d'autres parcelles de féverole lors des interventions, et revenir ensuite. Nous ne savons pas si une gestion collective de cet insecte est mise en place à des échelles régionales.

Tableau 111 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les autres ravageurs de la féverole : pucerons, thrips et limaces

Ravageur	Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Observation /outil	Domaine de validité / Exemples de déclinaisons	Source	Nb RdD
Pucerons noirs	A la floraison			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	2 à 5 % de pieds porteurs de pucerons ailés et absence de miellat depuis au moins 24h	Ensemble de la parcelle		Délos, 2009	1
Pucerons noirs	De levée à floraison			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	40 -60% des plantes occupées et absence de miellat depuis au moins 24h	Echantillon de 10X5 plantes		Délos, 2009	1
Pucerons noirs	Début floraison à fin floraison + 15 jours			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Nombre de tiges avec manchons Evolution des populations de pucerons	Observation au champ	Seuil raisonné : 20% de tiges avec manchons SdCI : manchon sur plus de 20% et absence d'auxiliaire ou pas de diminution des populations de pucerons	Seuil maestria ; RMT SdCi (seuil raisonné : Soufflet Atlantique) ; Arvalis et CRA Centre, 2011	2
Pucerons noirs				Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Nombre de tiges avec manchons Evolution des populations de pucerons	Observation au champ	Seuil raisonné : 10% de tiges avec manchons SdCI : manchon sur plus de 20% des tiges et absence d'auxiliaire ou pas de diminution des populations de pucerons	Seuil maestria ; RMT SdCi (seuil raisonné : BSV)	2
Pucerons noirs				Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Nombre de tiges avec colonies et produit utilisé : Karaté K : 10% Pirimor G : 20%	Observation au champ ⁷³ Manchon : tache noire sur la tige, sur au moins 1cm de long		Site internet de l'UNIP Arvalis et UNIP, 2011	1
Pucerons verts	Avant la floraison			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	30 pucerons par plante			Délos, 2009	1
Thrips				<i>Pas de solution identifiée</i>	Présence de thrips sur la partie aérienne de la plante			Délos, 2009	1
Limaces	Présemis			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	1 limace par piège et temps doux et humide	5 pièges par parcelle (tuiles+ appâts)		Seuil maestria ; RMT SdCi	1
Limaces	Semis			Si seuil, alors intervention, sinon impasse	Apparition des 1 ^{ers} dégâts ou des 1 ^{eres} limaces, si le temps est humide et la température est entre 9 et 16°C	Observations sous mottes de terre ou pierres, ou piège à limaces.		Délos, 2009	1
Limaces	En culture, jusqu'au stade 2-3 feuilles	Plus de 10 jours après une intervention chimique	lutter contre les dégâts	Si dégâts visible, intervention, sinon impasse	dégâts visibles	Observation au champ		Seuil maestria ; RMT SdCi	1

⁷³ D'après Arvalis (document interne 2012 du groupe harmonisation des protocoles en grandes cultures) l'observation consiste à parcourir la parcelle en diagonale sur 100 m minimum, en effectuant au moins 10 notations (estimation moyenne sur 10 plantes à chaque notation) puis repérer les plantes portant un « manchon » de pucerons et leur affecter une note comprise entre 0 et 4

4. Les traitements en culture contre les pucerons de la féverole

Les pucerons verts sont des insectes peu présents, tout au moins en Seine Maritime, et ne font généralement pas l'objet d'intervention spécifique.

Pour lutter contre les pucerons noirs de la féverole, nous avons recueilli 7 RdD, synthétisées en 5 RdD cadre. Ces RdD sont assez contradictoires :

La RdD « de référence » proposée par l'UNIP permet de décider d'une intervention insecticide en fonction du nombre de plantes colonisées par des pucerons, et du produit utilisé : pour un produit moins efficace mais à spectre d'action plus large, ce seuil d'intervention est de 10%, pour un produit très efficace il est de 20%. Dans les brochures techniques consultées, ces seuils sont transmis sans précision du produit utilisé : parfois il s'agit de 10%, parfois de 20%. Cette imprécision risque de provoquer des situations avec des interventions inutiles, ou des situations avec des interventions trop tardives et peu efficaces. De plus, si l'UNIP préconise une observation du nombre de tiges avec colonies, les autres documents parlent de nombre de plantes avec manchons. Il s'agit encore d'une imprécision qui peut avoir des conséquences sur les décisions prises. Enfin, les méthodes d'échantillonnages ne sont généralement pas précisées.

En « protection intégrée », seul le produit efficace est utilisé dans la lutte contre les pucerons noirs. Le seuil de 20% est donc celui qui est appliqué, mais avec une réserve : l'absence d'observation d'auxiliaires de culture (ou de leur activité). Nous émettons l'hypothèse que cela répond à un objectif implicite qui pourrait être : « tolérer des dégâts en culture et favoriser les régulations biologiques ».

5. Les traitements en culture contre les thrips de la féverole

Les thrips sont des ravageurs contre lesquels nous avons recueilli une RdD très partielle, qui préconise de rechercher les thrips sur la partie aérienne de la plante, sans toutefois définir clairement quelle intervention réaliser dans quelle situation (Délos, 2009).

D'après les entretiens, et d'après la bibliographie (DRAF du Centre, Chambre d'agriculture de l'Allier, documents en ligne) cet insecte est très peu nuisible et ne nécessite pas d'intervention chimique. Nous ne savons pas dans quelles mesures les agriculteurs réalisent des traitements insecticides qui ciblent cet insecte.

6. Les traitements en culture contre les limaces de la féverole

Nous avons recueilli 3 RdD d'opportunité d'intervention chimique contre les limaces de la féverole. Ces RdD sont mobilisables à des stades cultureux différents : soit avant le semis, avec un critère de décision de nombre de limaces piégées et des conditions météorologiques, soit au semis, avec un critère de décision qui s'appuie sur les dégâts constatés, le nombre de limaces observées, et les conditions météorologiques, soit dix jours après une première intervention, en fonction de dégâts observés. D'après les entretiens réalisés, les dégâts de limaces sont assez rares dans la féverole.

Nous n'avons pas réellement d'information sur l'application de ces RdD mais si l'on se base sur l'«IFT autres produits» moyen du pois en France d'une valeur de 0 (INRA, 2009a), les interventions contre les limaces sont très rares

Annexe XIV : RdD recueillies pour la lutte chimique contre les adventices

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie. Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

Culture	Bio agresseur	Echelle temporelle	Objet de la décision	contexte	Système de culture	Objectif	Solution	Critères de décision/Seuil	Effets prévisibles	Source
Blés d'hiver	Vivaces	Présemis	Opportunité d'intervention herbicide	Boigneville	Raisonné	Avoir des sols propres au semis avec ou sans labour	Glyphosate courant septembre à début octobre	Présence de vivaces		Arvalis, 2007
Blé tendre d'hiver	Toutes les adventices	Pré semis	Opportunité d'intervention herbicide	Haute-Saône Sols hydromorphes peu drainés		Lutter contre les limaces et faire lever la flore adventice	Si absence de vivaces, travail superficiel puis semis, si vivaces, traitement à base de glyphosate avant le semis	Types d'adventices en présence		CRA Bourgogne, 2005
Toutes céréales	Toutes les adventices	Printemps	Opportunité de désherbage chimique de rattrapage	Yonne Terres de plateau	Précédent colza Précédent chanvre		Si présence d'adventices, réaliser un désherbage chimique	Présence d'adventices		CA Yonne, 2008
Blé tendre d'hiver	Toutes les adventices	SdC	Opportunité d'intervention herbicide	Picardie	Itinéraire technique intégré	Eviter les pertes de rendement et éviter d'augmenter le salissement de la parcelle Réduire les intrants à l'échelle du système de culture	Ne pas traiter si la densité d'adventices observée après désherbage dans la culture est inférieure ou égale à la densité observée après désherbage dans la culture précédente dans la rotation, qui a une date de semis comparable	Densité d'adventices observée Historique parcellaire		CA Picardie et al., 2006
Blé tendre d'hiver	Toutes les adventices		Opportunité d'intervention herbicide	Yonne Terres de plateau	Précédent colza Précédent chanvre	Implanter la culture sans usage de pesticides	Réaliser au minimum deux déchaumage et éviter le glyphosate, sauf si présence de vivace	Espèces présentes dans la parcelle		CA Yonne, 2008
Orge d'hiver	Dicotylédones	Automne	Choix de produit/Opportunité d'intervention herbicide	Bourgogne			First, Pareo, 0,5 à 0,7l/ha ou Chamois 0,6 à 0,8l/ha ou Dieze 0,8 à 1 l/ha ou Carat 0,5 à 0,75l/ha ou Prowl ou Celtic 1,5 à 2l/ha ou Foxpro 0,6 à 0,8l/ha	Présence de dicotylédones jeunes : véroniques, pensées, capelles, matricaires, repousses de colza; sanves, myosotis, lamiers		CA Bourgogne, 2008a
Orge d'hiver	Dicotylédones	Automne	Choix de produit/Opportunité d'intervention herbicide	Bourgogne			Allie 12 à 15g/ha ou Cameo 15g/ha ou Harmony M 30 à 45g/ha	Présence de dicotylédones jeunes : géraniums, et/ou ombellifères		CA Bourgogne, 2008a
Orge d'hiver	Gaillet	Printemps	Choix de produit/Opportunité d'intervention herbicide	Bourgogne			Rattrapage avec Starane 0,4l/ha ou Kart 0,9l/ha	Forte infestation de gaillet		CA Bourgogne, 2008a
Orge d'hiver	Pâturin	Prélevée ou stade 1-2 feuilles	Choix de produit/Opportunité d'intervention herbicide	Bourgogne			Chlortoluron 1500 à 1800g/ha	Vulpins, pâturins et ray-grass	Efficacité contre vulpins et ray-grass	CA Bourgogne, 2008a
Orge d'hiver	Pâturin	Stade 3 feuilles	Choix de produit/Opportunité d'intervention herbicide	Bourgogne			Isoproturon 1000 à 1200 g/ha	Vulpins et / ou pâturins	Efficace contre vulpins	CA Bourgogne, 2008a

Culture	Bio agresseur	Echelle temporelle	Objet de la décision	contexte	Système de culture	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Effets prévisibles	Source
Orge d'hiver	Ray-grass	Pré semis	Choix de produit/Opportunité d'intervention herbicide	Bourgogne			Désherbage précoce d'automne (Chlorotoluron 1500 à 1800 g/ha)	Ray grass présent	Efficace contre pâturins et vulpins	CA Bourgogne, 2008a
Toutes cultures	Toutes les adventices	Culture	Opportunité d'intervention herbicide	Picardie	ITK intégré	Eviter les traitements en aveugle pour adapter les décisions aux observations de la flore présente et éviter les pollutions des herbicides de pré levée	Si produits homologués en post-levée, ne pas faire de traitements de prélevée	Disponibilité des produits		
Triticale	Toutes les adventices	De 3 feuilles à stade épi 1cm	Opportunité et mode de désherbage	Bourgogne			<p>Si dicotylédones et graminées :</p> <p>Si pâturins et ray grass, Hussard of 1 à 1,25l+huile ou Archipel à 150g ou Absolu ou Atlantis à 300g+huile ;</p> <p>Si pâturins, ray grass et vulpins, Archipel à 200g, ou Absolu ou Atlantis à 500g + huile ;</p> <p>- Si forte infestation en pensées et véroniques, à renforcer avec First 0,3 à 0,5l, ou avec Harmony M 35 g si présence de géraniums ou ombellifères, en plus ;</p> <p>Si uniquement dicotylédones, et jusqu'au stade 1-2 nœuds :</p> <p>Toutes dicotylédones sauf sénéçons et scandix, First 0,5 à 1l en évitant les gelées lors de l'application, jusqu'à fin tallage</p> <p>Si toutes dicotylédones sauf fumeterres et gaillets, Harmony m 45 à 60g ;</p> <p>-Si toutes dicotylédones sauf véroniques, fumeterres et gaillets, allie 20 à 25g ;</p> <p>-Si toutes dicotylédones, Alle express 50g ;</p> <p>-S dicotylédones sauf pensées et scandix, et peu de charbons, Mextra 1,5 à 2l</p> <p>Si uniquement graminées et jusqu'à 1-2 nœuds :</p> <p>-Si Raygrass et folle avoine, Illoxan CE 0,8 à 1,5l+1l huile suivant stade ray grass</p> <p>Si vulpins ou folle avoines, Celio 0,3 à 0,5L + huile selon stade des adventices</p>	Populations d'adventices, conditions météorologiques		
Triticale	Toutes les	De épi 1cm à	Opportunité	Bourgogne			Si forte infestation de chardons, un	Populations d'adventices,		CA Bourgogne,

Culture	Bio agresseur	Echelle temporelle	Objet de la décision	contexte	Système de culture	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Effets prévisibles	Source
	adventices	1-2 nœuds	d'intervention herbicide				rattrapage tardif avec Chardex 2l est possible	conditions météo		2008b
Triticale	Toutes les adventices	Prélevée	Opportunité et mode de désherbage	Bourgogne			<p>Si pâturins, agrostides, ray grass véroniques et géranium, quelques pensées, utiliser Defi 4 à 5 l, en enterrant bien les grains. Eviter en cas de sols asphyxiants et/ ou de système racinaire mal implanté; éviter de traiter sur sol filtrant si des précipitations importantes sont à craindre, éviter les conditions de gel, de froid prolongé et d'amplitude thermique forte</p> <p>Si pâturins, agrostides, véroniques, pensées coquelicots, capselles, utiliser Prowl 400 2,5l sur des semis effectués à une profondeur d'au moins 2 cm en sol non motteux; ne pas traiter sur des sols filtrants ni au moment de la levée du triticale</p>	Populations d'adventices, conditions météorologiques		CA Bourgogne, 2008b
Triticale	Toutes les adventices	Stade 2 feuilles	Opportunité et mode de désherbage	Bourgogne			<p>Si pâturins, agrostides, ray grass véroniques et géranium, quelques pensées, utiliser Defi 4 à 5 l, en enterrant bien les grains. Eviter en cas de sols asphyxiants et/ ou de système racinaire mal implanté; éviter de traiter sur sol filtrant si des précipitations importantes sont à craindre, éviter les conditions de gel, de froid prolongé et d'amplitude thermique forte</p>	Populations d'adventices, conditions météorologiques		CA Bourgogne, 2008b
Maïs	Liseron	Après 6-8 feuilles	Produit et dose d'intervention herbicide	Bourgogne			Banvel 450,2 en fractionné, reconduits si nécessaires	Présence de renouées liseron uniquement		Dijon céréales, 2011b Arvalis <i>et al.</i> 2011i
Maïs	Liseron	Entre 2 et 6 feuilles	Produit et dose d'intervention herbicide	Bourgogne			Banvel 45 0,4 repris par Banvel 45 0,2 (ou Casper 0,1) après 6-8 feuilles	Présence de renouées liseron uniquement		Dijon céréales, 2011b Arvalis <i>et al.</i> 2011i
Colza d'hiver	Toutes les adventices	Prélevée	Choix de produit herbicide	Nièvre		Lutter contre les adventices	Napropamide à incorporer superficiellement, ou clomazone (bien doser pour éviter les ralentissements de levée). Si non labour, ou parcelles grêlées, adjonction de glyphosate (360g)			CA Nièvre 2010a

Culture	Bio agresseur	Echelle temporelle	Objet de la décision	contexte	Système de culture	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Effets prévisibles	Source
Colza d'hiver	Toutes les adventices	Stade 2-3 feuilles	Opportunité d'intervention herbicide	Côte d'or			Si seuil, intervenir avec un antigraminée foliaire dès 2-3 feuilles du colza et à adventices jeunes avec températures supérieures à 10°C et hygrométrie supérieure à 60%	Présence importante de repousses ou graminées adventices		CA Côte d'or 2011a
Maïs	Toutes les adventices		Opportunité et choix de produit d'intervention herbicide	Sécheresse (inefficacité des herbicides)	Herbicides racinaires de prélevée		Intervenir si adventices jeunes (graminées <2 feuilles, dicot < 4 feuilles) le matin. Si peu de risque vivaces: callisto 0,5+ritmic0,5 +/- casper 0,1 ou elumis 0,65 +/-casper 0,1 ou hydri 75+ritmic0,5, à renouveler après 6 feuilles si nécessaire Si risques vivaces banvel 0,4 à 0,6 avant 6 feuilles renouveler éventuellement à 0,2 après 6 feuilles Si dicot difficiles et vivaces , casper, 0,2 à 0,3 puis 0,1	Hygrométrie d'au moins 50% si possible 70%, si possible températures entre 15 et 25°C		Dijon Céréales, 2011c
Toutes cultures	Toutes les adventices	SdC	Opportunité d'intervention herbicide	Boigneville	Raisonné	Contenir la flore adventice pour éviter des pertes de rendement et réduire au plus bas les coûts de désherbage	Si note de satisfaction du précédent > ou = 8,5 alors pas d'herbicide d'automne sur céréales et uniquement une base Tréflan sur colza. Si note de satisfaction du précédent <8,5 alors herbicide d'automne sur céréales d'hiver, sur colza programme renforcé. Au printemps, n'appliquer des herbicides que sur des adventices observées	Adventices observées lors du précédent cultural : note de satisfaction		Arvalis, 2007
Toutes cultures	Repousses de pommes de terre	SdC	Opportunité de désherbage chimique		Succession culturale avec pomme de terre et cultures sensibles aux repousses de pommes de terre (betterave, maïs...)	Limiter le nombre de relevées de pommes de terre dans les cultures sensibles	Si présence dans la parcelle de repousses de pommes de terre, intervention en intercultures et/ou dans les céréales par des produits adaptés	Présence de repousses de pomme de terre		ITB, 2012
Betterave sucrière	Adventices	Semis jusque 3 semaines après le semis	Opportunité de désherbage chimique			Limiter les pertes de rendement, les entraves à la récolte et le stock de graines adventices	Si observation dans la parcelle de levée d'adventices et selon les conditions météo, réaliser un désherbage chimique au plus tard 3 semaines après le semis	Observation d'adventices Conditions météorologiques		ITB, 2012
Betterave sucrière	Adventices	Semis à juin	Opportunité de désherbage chimique		Premier désherbage réalisé	Limiter les pertes de rendement, les entraves à la récolte et le stock de graines	Si observation de relevée d'adventices avant 70% de couverture des betteraves ou stade 4 feuilles des adventices, et selon les conditions météo, réaliser un	Relevées d'adventices Stade cultural Conditions météorologiques		ITB, 2012

Culture	Bio agresseur	Echelle temporelle	Objet de la décision	contexte	Système de culture	Objectif	Solution	Critères de décision/ Seuil	Effets prévisibles	Source
						adventices	désherbage chimique au plus tard 3 semaines après le semis			
Betterave sucrière	Chardons Laiterons	Semis à juin	Opportunité de désherbage chimique				Si présence de chardons et/ ou laiters et selon les conditions météorologiques, réaliser 2 désherbage chimiques à 10 jours d'intervalle, sinon impasse	Présence de chardon et/ ou laiters Conditions météo		ITB, 2012
Betterave sucrière	Graminées	Présemis	Opportunité de désherbage chimique				Si infestation avant le semis, alors intervention avant le semis avec un herbicide non sélectif	Infestation de graminées		ITB, 2012
Betterave sucrière	Graminées	Semis à juin	Opportunité de désherbage chimique				Si infestation de graminées, passage spécifique graminicides	Infestation de graminées		ITB, 2012
Betterave sucrière	Cuscute	Semis à récolte	Opportunité de désherbage chimique			Eradiquer la cuscute	Si présence d'une cuscute, alors intervention chimique avec herbicide total	présence d'une cuscute dans la parcelle ou son pourtour		ITB, 2012

Annexe XV : Liste des OAD recueillis pour les céréales à pailles, par culture et par bioagresseur

Avertissement

Ce travail est un recueil d'outils d'aide à la décision (OAD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les outils d'aide à la décision recensés et étudiés, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les OAD présentés dans ces annexes sont issus d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit d'outils d'aide à la décision mentionnés dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie. Certaines de ces OAD peuvent être obsolètes, réfutés, invalides.

Tableau 112 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique : toutes cultures et grandes cultures

Culture	Bioagresseur	Nom et origine	Objectif de protection des cultures	Principe de l'outil : objet de décision
Toutes cultures	Tous bioagresseurs	Agrométéo Syngenta	Optimiser l'efficacité des pulvérisations en fonction des conditions météorologiques	Détermination des conditions météorologiques pour réaliser une pulvérisation chimique (tous produits confondus)
Toutes cultures	Adventices	Facilidose Cheminova Agro		Décision de la dose de glyphosate en fonction de la culture et de l'adventice
Grandes cultures	Adventices	Decid'herb Collectif (INRA, Arvalis, Cetiom, ITB, ITL, UNIP, ACTA)	Gérer les adventices à l'échelle d'une rotation en limitant l'impact environnemental	Décision de l'opportunité et des modalités d'un traitement herbicide
	Limaces	Piège à limaces (Bayer-INRA, De Sangosse) ⁷⁴	Piège intégré dans différentes RdD contradictoires pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide	Piégeage de limaces : nombre de limaces piégées

⁷⁴ Différents outils sont proposés par différents organismes, mais sont basés plus ou moins sur le même principe : poser un carré d'environ 50 cm * 50 cm de différents types de matériaux afin de créer un microclimat plus chaud et plus humide, et disperser des granulés pour attirer les limaces.

Tableau 113 : Présentation des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les maladies des céréales à pailles

Culture	Bio agresseur	Nom et origine	Objectif	Principe de l'outil		Source
				Objet de décision	Critères de décision	
Céréales à pailles	Toutes maladies	Fongimètre Syngenta		Diagnostic des niveaux de risque à la parcelle pour chaque maladie et proposition d'un programme fongicide	<ul style="list-style-type: none"> Région Pratiques culturales 	Aubertot <i>et al.</i> , 2005a
Blés, triticale, Pois et Maïs	Maladies et ravageurs (+ accidents climatiques et carences)	Diagnolis® Arvalis		Diagnostic d'un accident Fiche descriptives du bioagresseur (ou carence ou accident climatique) Préconisations d'intervention	<ul style="list-style-type: none"> Observations 	http://www.arvalis-infos.fr/view.jsp?obj=arvoad&id=122&hasCookie=false&hasRedirected=true (consulté le 22/02/2012)
Blé tendre	Toutes maladies	Cryptolis® Arvalis		Gestion des programmes fongicides		Aubertot <i>et al.</i> , 2005a
Blés		SEPALE + Invivo		Pilotage des fongicides du blé : définition des programmes fongicides et ajustement en saison	<ul style="list-style-type: none"> Risques parcellaires Météo 	Document Outils d'aide à la décision, 2011
Blés		Atlas maladies du blé BASF Agro®		Préconisation à la parcelle pour les interventions fongicides	<ul style="list-style-type: none"> Caractéristiques parcellaires Sorties de Septo-Lis et de Stadi Lis Conditions optimales de pulvérisation 	Document Outils d'aide à la décision, 2011
Blé tendre d'hiver	Rouille brune	Optidose F500 BASF	Raisonner les doses	Plaquette papier pour optimiser la dose du fongicide contre la rouille brune		Aubertot <i>et al.</i> , 2005a
Blés d'hiver	Fusarioses	Sativum Fusa® BayerCrop Science		Prévention du risque fusariose sur blé et décision de l'opportunité d'intervention fongicide, de la dose et le choix du produit	Pratiques agronomiques (date de semis, succession culturale, travail du sol)	En ligne : http://sativumfusa.baycropscience.fr/servlet/srt/sativumfusa/create
Blés d'hiver		Myco-lis® Arvalis		Définition des dates optimales de traitement contre la fusariose	Détermination des toxines produites en fonction du précédent cultural du type de sol de la variété et du climat	Document Outils d'aide à la décision, 2011
Céréales à pailles		Grille de risque Arvalis		Opportunité d'intervention fongicide contre la fusariose	<ul style="list-style-type: none"> Pratiques culturales Variétés 	Grille de risque fusariose, Arvalis
Blé tendre hiver	Septoriose des feuilles	Septo lis Arvalis®	Maximiser la marge brute	Raisonner le traitement contre la septoriose : déclencher le premier traitement avant l'apparition des symptômes	<ul style="list-style-type: none"> Contamination (modèle climatique et épidémiologique) Variété (résistance et précocité) Date de semis. 	
Céréales à pailles	Piétin verse	Grilles de risque SRPV Arvalis®		Opportunité d'intervention fongicide spécifique	<ul style="list-style-type: none"> Contexte pédoclimatique Pratiques culturales Variété Climat 	

Tableau 114 : Présentation des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les ravageurs et les adventices des céréales à pailles

Culture	Bio agresseur	Nom et origine	Objectif	Principe de l'outil		Source
				Objet de décision	Critères de décision	
Céréales à pailles Colza	Insectes : cécidomyies charançons, grosses altises...	Cuvette jaune Cetiom®	Suivant RdD	Outil de diagnostic (piège) intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention insecticide	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'insectes piégés 	Cf. chapitre RdD
Céréales à pailles	Insectes : cicadelles, ...	Piège jaune englué	Suivant RdD	Outil de diagnostic (piège) intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention insecticide	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'insectes piégés 	Cf. chapitre RdD
Orge Céréales à pailles	Pucerons d'automne	Aphi.net INRA – BayerCropScience ®	Maximiser la marge ⁷⁵	Raisonnement des traitements insecticides contre les pucerons vecteurs de la JNO	<ul style="list-style-type: none"> • Prévission des populations de pucerons (modèle thermo dépendant) • Estimation des dégâts 	INRA, 2006, INRA et UMR Bio3P de Rennes
Céréales à pailles	Pucerons des épis	Colibri BayerCropScience ®	Maximiser la marge ⁷⁵	Conseil de date optimale de traitement	<ul style="list-style-type: none"> • Prévission des populations de pucerons • Estimation des dégâts 	INRA et UMR Bio3P de Rennes
Céréales à pailles	Adventices	CIBlé online BayerCropScience ®		Positionnement des traitements herbicides foliaires des céréales à pailles	<ul style="list-style-type: none"> • Conditions climatiques • Type de sol • Variété semée • Date de semis • Produits à appliquer 	

⁷⁵ Objectif implicite déduit du principe de l'outil : juger de la rentabilité marginale de l'intervention

Tableau 115 : Présentation générale des outils d'aide à la décision recueillis en lutte chimique pour les autres cultures

Culture	Bioagresseur	Nom et origine	Objectif de protection des cultures	Principe de l'outil		Source
				Objet de décision	Critères de décision	
Colza	Sclérotinia	Kit pétale Cetiom	Raisonnement des traitements fongicides contre le sclérotinia du colza	Opportunité d'un traitement fongicide contre le sclérotinia	<ul style="list-style-type: none"> Mesure de l'inoculum Estimation du risque de contamination des pétales en fonction des conditions météorologiques 	
Colza Céréales à pailles	Insectes : charançons, altises, cécidomyies...	Cuvette jaune Cetiom		Outil de diagnostic (piège) intégré dans des RdD d'opportunité d'intervention insecticide	<ul style="list-style-type: none"> Nombre d'insectes piégés 	
Tournesol	Phomopsis	Grille de risque Cetiom		Opportunité d'un traitement fongicide contre le phomopsis		Aubertot <i>et al.</i> , 2005a
Betterave	Adventices	Betsy ITB		Choisir le traitement herbicide de post émergence le mieux adapté, sur la base de préconisations régionalisées. Consulter des fiches illustrées décrivant produits de traitements et adventices des cultures.		
Maïs	Pyrale Scutigérelle Sésamie	Piège à phéromones ⁷⁶		Outil intégré dans une RdD de date d'intervention insecticide	Prévision du pic de vol à partir d'une modélisation et du nombre d'insectes capturés	
Maïs	Adventices	Opti'maïs Agrobio 35	Eviter les pertes économiques Limiter l'usage des herbicides	Opportunité et choix du mode de désherbage (mécanique ou chimique)	<ul style="list-style-type: none"> Historique parcellaire (techniques mises en œuvre : succession culturale, travail du sol, fertilisation...) Observation d'adventices (espèce et densité) 	Réseau GAB/FRAB de Bretagne, site internet
Féveroles	Bruches	Bruchi-lis® Arvalis		Opportunité d'intervention insecticide (déclenchement d'une série d'interventions)	<ul style="list-style-type: none"> Stade de la culture Conditions météorologiques 	Arvalis [4], document en ligne

⁷⁶ Il existe différents pièges, mais nous ne les avons pas tous répertoriés

Légende :

	Critère de décision le plus pertinent
	Critère de décision utile et intéressant mais qui pourrait évoluer pour mieux répondre aux besoins
	Elément de connaissance informatif mais non pertinent à mobiliser dans la décision
	Critère de décision sans aucun intérêt

Couple à enjeu phyto⁷⁷ fort

Couple à enjeu phyto moyen

Couple à enjeu phyto faible

Couple à enjeu phyto non renseigné

Lettre : Les lettres dans les cases représentent les RdD cadre existantes: une RdD cadre est identifiée par une lettre (correspondant aux lignes des tableaux du recueil de RdD, par ordre alphabétique). Chaque fois qu'une RdD mobilise un critère de décision, la lettre la représentant est placée dans la colonne correspondante.

Exemple: pour le couple Céréales à pailles / Rouille brune (1^{ère} ligne du tableau), la RdD « a » mobilise à la fois le critère de décision "observation de dégât" et "historique des pratiques", la RdD « c » mobilise uniquement le critère de décision "observation de dégât", la RdD « b » mobilise à la fois le critère de décision "observation de dégâts" et "données météo", et la RdD « d » mobilise uniquement le critère de décision "données météo".

⁷⁷ Enjeu phyto est un indicateur basé sur trois variables : la fréquence du bioagresseur, sa nuisibilité, et l'IFT.

Annexe XVI : Pertinence des catégories de critères de décision à mobiliser dans les règles de décision pour un échantillon de couple culture - bioagresseurs en grandes cultures, et RdD existantes

(cf. méthodologie, Annexe VI)

Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD								
	Obs. des autres bioag et auxiliaires	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. Dans parcelle	Obs. région. Bioag	Histo. bioag	Données météo pr épidémio	historiques pratiques sur la culture	Historique pratiques avant la culture
Céréales à pailles/ rouille brune		abc					bd	a	
Céréales à pailles/ rouille jaune		abd			c		c	bc	
Céréales à pailles/ septoriose		abcdeghijkl		k	cgjk		cfgjk	cghijk	
Céréales à pailles / oïdium		abcdefgh						abc	
Orge/ helmintho et rhyngo		abcd					d	cd	
Céréales à pailles/ piétin verse		a					a	a	a
Colza/ alternaria		a							
Féverole alimentation humaine/ bruche					a		ab		
tournesol / phomopsis			b		ab		a	ab	
Colza/ charançon de la tige du colza		b	a	ac					
Colza/ charançon du bourgeon terminal			b	ab					
Colza/ sclerotiniose				ac	d	c	abcde		cd
Céréales à pailles/ cécidomyie				abc			b		
Betterave / pucerons verts en culture				a					
Céréales à pailles/ fusariose des épis	Adventices hôtes?						abcd	abcd	abcd
Maïs/ pyrale	Manque de connaissance			a		ab	a		
Blé / puceron d'automne				abcde			(a ; imprécis)		
"Pois/ sitone"									
Féverole/ sitone		abc					c		
Céréales à pailles/ limaces grises		adfg	H	abcdegh		ci	abe		
Colza/ limaces grises		d		abce					
Betterave/ pucerons verts semence						a	a	a	a
Toutes cultures/ adventices		=présence							
Maïs/ scutigérelles						a	a		a
Maïs/ taupin	c		c			a	a	abc	abc
Betterave/ pégomyie		ab		ab					

Annexe XVII : Règles cadre commentées par bioagresseur pour la culture de la vigne

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie. Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

1.	Le mildiou de la vigne	349
2.	L'oïdium de la vigne	355
3.	Les interventions chimiques contre le mildiou et l'oïdium	358
4.	Le botrytis ou pourriture grise de la vigne	361
5.	L'excoriose de la vigne	365
6.	Le black-rot de la vigne	367
7.	Le brenner, ou rougeot parasitaire	371
8.	La nécrose bactérienne	373
9.	Les cicadelles vectrices de la flavescence dorée	375
10.	Les tordeuses de la vigne	377
11.	Les acariens rouges et jaunes de la vigne	381
12.	Les phytoptes de la vigne : acariens agents d'acariose (<i>Calepitrin vitis</i>) et acariens agents de l'Erinose (<i>Colomerus vitis</i>)	383
13.	Les cicadelles vertes (ou cicadelle des grillures)	385
14.	La cochenille	385
15.	Les cicadelles blanches : <i>Metcalfa pruinosa</i>	385
16.	Les thrips	385
17.	La pyrale	387
18.	Les mange-bourgeons : noctuelles terricoles et boarmies	387
19.	Traitements du sol contre les nématodes, vecteurs du court noué	389
20.	Traitements du sol contre les escargots	389
21.	Les adventices	391

D'après INRA, 2009b, l'IFT de la vigne est en moyenne pour la France de 13.8, dont 11.3 pour les fongicides, 1.4 pour les ravageurs + autres produits, et 1.1 pour les herbicides.

Facteurs de décision pour la prise de décision de déclenchement des interventions fongicides (Agreste, 2006) :

- Interventions automatiques : 3%
- Connaissances sur l'historique de la parcelle : 42%
- Observation des parcelles en cours de campagne : 82%
- Recommandation des services de la protection des végétaux : 48%
- Conseil des distributeurs des coopératives : 56%
- Recommandation des organismes de développement (instituts techniques, chambres d'agriculture...) : 42%
- Recommandation de la presse : 5%

Facteurs de décision pour la prise de décision de déclenchement des interventions chimiques contre les ravageurs (Agreste, 2006) :

- Interventions automatiques : 3%
- Connaissances sur l'historique de la parcelle : 36%
- Observation des parcelles en cours de campagne : 71%
- Recommandation des services de la protection des végétaux : 53%
- Conseil des distributeurs des coopératives : 58%
- Recommandation des organismes de développement (instituts techniques, chambres d'agriculture...) : 47%
- Recommandation de la presse : 6%

Tableau 116 : Règles de décision cadre de positionnement de la 1^{ère} intervention chimique contre le mildiou de la vigne

Echelle temporelle	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation / outil	Champ de validité/ Exemples de déclinaison	Source	Nb de RdD
Printemps	Empêcher les contaminations primaires	Si risque mildiou printanier moyen à élevé, intervenir juste avant la sortie des premières taches. Sinon, si risques mildiou printaniers faibles, intervenir après la découverte effective des 1 ^{ères} taches.	Prévision ou observation de la sortie des taches Risque mildiou en sortie hiver	Nombreux suivis biologiques et outils (modèles notamment) utilisés pour évaluer les risques mildiou et date probable de sortie des 1 ^{ères} taches. Données communiquées dans les AA et bulletins d'informations techniques.	RdD recueillie pour la Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1
A partir de 1 ^{ère} feuille étalée	Cerner le démarrage de l'épidémie au vignoble	Si conditions réunies, alors déclenchement du programme fongicide anti mildiou	Conditions simultanées nécessaires pour les contaminations primaires : <ul style="list-style-type: none"> • Organes de conservation du mildiou matures • Pluies d'au moins 2 mm avec une température moyenne journalière égale ou supérieure à 10,5°C sur un sol déjà humide (en année sèche, lors d'un enchaînement d'épisodes pluvieux ou sur une pluie qui apporte un cumul d'eau important, • Vitesse de pousse (poussant) • Présence de symptômes au vignoble 	Maturité des organes de conservation : modèle Potentiel Système (variables d'entrée : données météo, données agronomiques et antériorité de la parcelle), dont les résultats sont diffusés dans le BSV Météo Observation à la parcelle	RdD recueillie en Bourgogne <u>En Champagne Ardennes</u> , la phase de sensibilité de la vigne démarre au stade éclatement du bourgeon. <u>Déclinaison Maine et Loire</u> : sensibilité à partir du stade 4-5 feuilles Température supérieure à 11°	CRA Bourgogne, 2011g Dubois et Gastaldi, CA 49, com/ pers.	2
A partir de l'éclatement des bourgeons	Bloquer les contaminations suivantes susceptibles d'entraîner des dégâts	Quand date probable d'apparition des premières taches, ou date effective d'apparition des premières taches, déclencher la première intervention chimique.	Date probable ou effective d'apparition des premières taches : <ul style="list-style-type: none"> • Maturation des œufs d'hiver • Pluie d'au moins 2 mm avec T ° > 11 °C 			BASF [1]	1
		Si foyers primaires détectés, déclencher le 1er traitement, sinon attendre	Détection de foyers primaires, risque donné par les modèles en sortie d'hiver	Observations au champ, modèles. Foyers primaires à chercher sur végétation basse ⁷⁸ , à proximité du sol, ou sur plantules issues de semis de pépins de raisin, sur les parcelles connues comme les plus sensibles de l'exploitation		Barbier <i>et al.</i> , 2011	1
entre débourrement et début floraison		En fonction des niveaux de risques parcellaires et de leurs critères de décision respectifs (cf. colonne déclinaisons), débuter les programmes fongicides, sinon attendre.	<ul style="list-style-type: none"> • Prévision des foyers primaires • Détection des foyers primaires et secondaires • Risque mildiou de l'année 	Avertissements agricoles qui informent de la date probable d'extériorisation des foyers primaires et de l'observation de foyers repérés au cours des prospections Observations au champ	RdD recueillies en PACA <u>En parcelles humides, difficiles d'accès ou avec faible portance</u> : Prévision de sortie des foyers primaires <u>En parcelles sans risque spécifique (non humide, difficile d'accès ou avec faible portance)</u> : Fort risque mildiou de l'année et prévision de sortie des foyers primaires Ou risque mildiou de l'année faible et détection effective des foyers primaires <u>En parcelles peu sensibles</u> : Détection des foyers secondaires	AREDVI, 2003	3

⁷⁸ Les observations peuvent aussi se faire sur toute la végétation (Verriez, coopérative-agricole-Provence-Languedoc, communication personnelle)

1. Le mildiou de la vigne

La lutte contre le mildiou contribue à hauteur de 35 à 46% à l'IFT fongicide pour les niveaux de rupture 1 et 2, et jusqu'à 56% pour le niveau 3. (INRA, 2009b)⁷⁹. Ainsi, nous approchons une valeur par excès de l'IFT mildiou à hauteur de 46% de l'IFT fongicide, soit 5.2, en considérant que les stratégies de protection raisonnée sont les plus représentées en France par rapport à l'adoption de méthodes alternatives ou à l'agriculture biologique (INRA, 2009b). Cette valeur reste uniquement indicative et sert d'ordre de grandeur pour comparer l'utilisation des produits phytosanitaires relative à chaque bioagresseur (par exemple, le niveau de rupture 0 n'est pas pris en compte par cette approximation).

Pour lutter spécifiquement et uniquement contre le mildiou de la vigne, 17 RdD, synthétisables en 14 RdD cadres ont été recueillies. Ces RdD visent à appuyer les viticulteurs dans la conduite d'une stratégie de lutte chimique préventive, le mildiou étant l'une des maladies majeures de la vigne et pouvant occasionner des pertes de récolte très importantes voire totales.

Ces RdD peuvent être regroupées en deux catégories, selon l'objet de la décision :

- positionnement de la 1^{ère} intervention (Tableau 116) ;
- positionnement et opportunité des interventions suivantes (Tableau 117 et Tableau 118) ;

Pour **positionner la 1^{ère} intervention**, 5 RdD cadre ont été synthétisées à partir des 8 RdD recueillies.

Deux de ces RdD cadre (CRA Bourgogne, 2011g et BASF [1]) s'appuient sur les conditions qui doivent être réunies pour le démarrage de l'épidémie au vignoble, décrites de manière précise dans les BSV.

Les quatre autres utilisent comme critères de décision, soit la prévision de la sortie des foyers primaires, approche similaire à la 1^{ère} RdD cadre puisque cette prévision s'appuie sur les mêmes conditions que celles mentionnées dans la 1^{ère} RdD cadre, soit directement l'observation dans le vignoble de la sortie des foyers primaires et/ou secondaires. De premier abord, attendre d'observer les premiers symptômes dans le vignoble pour intervenir semble être intéressant pour réduire l'utilisation de pesticides. Cependant, positionner la 1^{ère} intervention trop tard amène un risque de développement explosif de la maladie, ce qui provoquerait un nombre d'interventions conséquent, et des risques pour la récolte. A l'inverse, la positionner trop tôt est inutile car son efficacité sera fortement amoindrie au moment des contaminations secondaires. Pour optimiser le recours aux pesticides, le positionnement de la 1^{ère} intervention est donc une décision capitale pour les viticulteurs. Ces trois RdD cadre utilisent également comme critère de décision le risque mildiou évalué en sortie hiver, mais ne précisent pas comment évaluer ce niveau de risque.

-
- ⁷⁹ Le niveau 0 : stratégie de protection permanente contre les bioagresseurs du stade « trois feuilles » à la véraison de la vigne.
 - Niveau 1 : stratégie de protection raisonnée traitements phytosanitaires conditionnés par des indicateurs
 - Niveau 2 : adoption de méthodes alternatives aux pesticides pour au moins une catégorie de bioagresseurs (adventices, insectes et acariens, agents pathogènes).
 - Niveau 3 : respect du cahier des charges de l'agriculture biologique.

Tableau 117 : Règles de décision cadre recueillie pour l'opportunité et le positionnement des interventions chimiques contre le mildiou de la vigne, de la 1ère intervention à fermeture de la grappe

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation/outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
	Positionnement des interventions ⁸⁰			En fonction des critères de décision, renouveler les interventions (<i>Quelle quantification et hiérarchie des critères de décision ?</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Détection des 1^{ers} foyers Etat sanitaire de la parcelle et ses environs sensibilité de la vigne (max à floraison) Vitesse de pousse Pluviométrie / risques à l'échelle régionale 			Barbier <i>et al.</i> , 2011	1
Campagne	Intervalles des interventions	Autres RdD d'opportunité et d'intervalles entre les interventions anti mildiou	« Maîtriser le potentiel de récolte (qualité et volume) Optimiser l'utilisation des intrants	Si attaque déclarée, réaliser deux interventions rapprochées à 4-5 jours d'intervalle avec un fongicide reconnu pour son activité curative, sinon appliquer les programmes classiques	Attaque déclarée de mildiou (<i>Comment définir l'attaque déclarée ?</i>)	Observation au champ	RdD recueillie pour la Bourgogne et pour PACA	CRA Bourg.2006 ; AREDVI, 2003	1
Du 1 ^{er} traitement à la fermeture de la grappe	Opportunité et positionnement des renouvellements	Opportunité et positionnement des interventions anti-oïdium ⁸⁰	Préserver l'environnement et la sécurité de l'utilisateur »	En fonction des critères de décision, positionner les interventions de la stratégie de lutte préventive continue (en particulier si lutte mixte mildiou-oïdium) (<i>Quelle quantification et hiérarchie des critères ?</i>)	Risques mildiou et situation phytosanitaire dans le vignoble, croissance végétative, pluviosité, prévisions météorologiques	Risque mildiou évalué par le modèle Milvit. Données communiquées dans les AA.		CRA Bourgogne 2006	1
Entre floraison et fermeture de la grappe	Opportunité et intervalles entre les interventions fongicides	Choix de produit ⁸⁰		Protection préventive, à réaliser en fonction du risque : - Si année très défavorable au mildiou (ex. 1985), une impasse totale peut être envisagée. - Sinon, si année à risque faible à modéré (cas le plus habituel), en fonction de la rémanence maximale des produits, renouveler les interventions - Sinon, si année à risque plus élevé (ex : 2000), réduire l'intervalle de temps entre 2 interventions	Risque annuel mildiou Rémanence des produits	Avertissements agricoles qui informent du risque mildiou global permettant de choisir la périodicité des renouvellements et les spécialités à utiliser.	RdD recueillie pour PACA	Aredvi, 2003	1

⁸⁰ Non signalé dans cette RdD mais à combiner avec lutte chimique contre les autres maladies : black rot et rougëot parasitaire (ou brenner).

Pour renseigner les critères de décision, toutes ont recours à des outils permettant de suivre le développement du mildiou (modèles épidémiologiques tel que le modèle Potentiel Système, utilisé notamment pour la réaction des BSV ; suivis biologiques) et diffusent les données obtenues dans les AA, bulletins d'informations techniques et BSV.

En pratique, d'après les entretiens réalisés, la plupart des agriculteurs ne mobilisent pas eux-mêmes ces RdD. Les BSV diffusent des messages d'alerte et d'évaluation du risque de contamination des maladies, et ces BSV sont interprétés par des conseillers et déclinés pour les agriculteurs en recommandations, avec des « RdD finales » telles : « cette année, à partir du 08 mai, vous interviendrait avant la première pluie ». Toujours d'après ces entretiens, la date de la première intervention est cruciale pour l'objectif de réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires. Toutefois, il semble qu'en général (excepté années exceptionnelles) cette date de la première intervention ne varie pas énormément (en Bourgogne, généralement entre le 10 et le 20 mai).

De plus, en pratique, les interventions peuvent être initiées avant les contaminations simulées par le modèle, même si on ne voit pas de taches surtout à floraison (Dubois et Gastaldi, CA Maine-et-Loire, communication personnelle).

Pour décider de l'opportunité et du positionnement **des interventions suivantes**, 9 RdD, synthétisées en 9 RdD cadre, ont été recueillies. Ces RdD s'appuient de manière générale sur le risque mildiou de l'année (fortement corrélé avec les conditions météorologiques, épisodes pluvieux en particulier), la situation phytosanitaire du vignoble, les interventions précédentes (objectif d'assurer une protection continue en se basant sur la rémanence des produits), certains critères étant communs à plusieurs RdD mais plus ou moins nombreux, plus ou moins détaillés, et plus ou moins précis, selon les RdD. Une RdD a été recueillie dans le cas d'une attaque déclarée (lutte curative), et une RdD (Morvan, CA 89) prend en compte la croissance de la vigne et le matériel disponible comme critère de décision, afin d'ajuster la lutte chimique aux seules feuilles le nécessitant. Cette RdD a été mise au point suite à des observations de techniciens dans des parcelles de viticulteurs, et une partie, le traitement du haut de la végétation, a été testée dans 5 situations différentes.

Parmi ces RdD cadre synthétisées, celles qui sont mobilisables en fin de programme fongicide conseillent généralement d'effectuer la dernière intervention entre les stades « fermeture de la grappe » et « véraison », l'une envisage également 1, voire 2, interventions après véraison. Les critères de décision mobilisés pour gérer la fin des interventions/l'opportunité d'interventions supplémentaires sont communs à plusieurs RdD, mais plus ou moins nombreux selon les RdD.

De manière générale, pour l'ensemble des RdD recueillies, les critères de décision ne sont pas suffisamment précis. Ainsi, si l'on prend l'exemple de la RdD conseillant d'intervenir en cas d'attaque déclarée de mildiou, il n'est pas précisé à partir de quel niveau de contamination des vignes, la RdD doit être appliquée. Un viticulteur souhaitant appliquer cette RdD ne saurait donc pas avec certitude s'il doit ou non intervenir un cas d'attaque de mildiou dans sa parcelle.

Enfin, aucune de ces RdD ne précise si l'objectif visé est de limiter au maximum les dégâts, dommages de récolte ou pertes économiques. Il est toutefois probable qu'elles visent une tolérance aux dégâts très faible, voire nulle, car plusieurs générations de mildiou peuvent se succéder au cours d'une campagne via des contaminations secondaires et repiquages. Il est donc préférable de mettre en place une protection renforcée en début de contamination, pour éviter les contaminations suivantes et ainsi limiter le nombre d'interventions et les dommages de récolte.

Tableau 118 : Règles de décision cadre recueillie pour l'opportunité des interventions chimiques contre le mildiou de la vigne après la fermeture de la grappe

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Exples déclinaison	Source	Nb RdD
Entre fermeture de la grappe et véraison	Opportunité d'intervention fongicide	Opportunité et intervalles d'interventions fongicides anti mildiou de floraison-à fermeture de la grappe ⁸¹		<p>Si année à risque très faible, alors ne pas réaliser d'intervention systématique.</p> <p>Si année à risque modéré, alors réaliser 1 à 2 applications de cuivre à dose réduite.</p> <p>Si année à risque plus élevé ou forte présence de mildiou, alors continuer les interventions anti-mildiou aux mêmes intervalles qu'entre floraison-et fermeture de la grappe</p>	Risque annuel mildiou	Avertissements agricoles, observation au champ		Aredvi, 2003	1
Entre fermeture de la grappe et mi- véraison	Fin de protection fongicide	Interventions fongicides précédentes ⁸¹		En fonction des critères de décision choisir la date de la dernière intervention fongicide <i>(Quelle hiérarchisation et quantification des critères ?)</i>	Risque mildiou (<i>Pas de seuil</i>) Prévisions météorologiques	Risque mildiou évalué par le modèle Milvit. Données communiquées dans les AA.		Aredvi, 2003; CRA Bourgogne 2006	1
		Intervalles des interventions fongicides du stade floraison ⁸¹ à fermeture de la grappe		Si critère rempli, poursuivre les interventions fongicides jusqu'au stade mi- véraison, sinon arrêter la protection au stade "fermeture de la grappe"	Dégradation de l'état sanitaire du feuillage principal et/ou des grappes	Observation au champ	Recueillie pour Champagne-Ardenne, et Bourgogne en année à faible risque	CICV 2010b	1
		Mode d'intervention		Si à fermeture de la grappe la vigne est saine et arrête de pousser, alors arrêter la protection fongicide contre le mildiou. Si vigne saine mais pousse encore active, poursuivre la protection jusqu'à début véraison en traitant les jeunes feuilles uniquement (fermeture des sorties du bas du pulvérisateur). Si vigne non saine, poursuivre protection jusqu'à début véraison en application sur toute la végétation.	Etat sanitaire de la culture, type de pulvérisateur et vigueur		Recueillie dans l'Yonne	Morvan, CA 86, com. Pers.	1
De véraison à 21 jours avant la récolte	Opportunité d'intervention fongicide	81		En fonction des critères de décision (agencement dans la grille), réaliser une impasse, 1, ou 2 interventions.	Présence de mildiou (parcelle et région) Pluviométrie Nature des interventions précédentes	Grille d'aide à la décision d'intervention cuprique		AREDVI, 2003	1

⁸¹ Non signalé dans cette RdD mais à combiner avec lutte chimique contre les autres maladies : black rot et rouget parasitaire (ou brenner)

Signalons des techniques de contrôle cultural qui permettent de limiter le développement de cette maladie (CRA Bourgogne, 2006), en limitant les expositions aux contaminations :

- Epamprage (élimination des rameaux près du sol) ;
- Elimination des plantules, repousses de pépins.

Tableau 119 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium

Echelle temporelle	Objet de la décision	Objectif	Autres RdD impliquées	Solution	Seuil/critère de décision	Observation /outil	Effets prévisibles	Champ de validité/ Déclinaisons	Source	Nb RdD
De 2-3 feuilles étalées à 10-12 F. étalées	Début de la protection fongicide		82	Si parcelle « à drapeaux », (de mycélium blanc-gris à la base de la tige du rameau et aspect fripé des jeunes feuilles, majoritairement Sud-Est), commencer les interventions dès 2-3 feuilles étalées. Sinon, si parcelle sensible, débiter à 5-6 feuilles étalées Sinon, en fonction de la région et du cépage, débiter de 7-8 feuilles étalées jusqu'à 10-12 feuilles étalées	Sensibilité parcellaire : historique du bioagresseur -Parcelle à drapeau (majoritairement Sud-Est) -Parcelle sensible	Observations au champ les années antérieures		Maine-et-Loire : jusqu'au stade boutons floraux séparés (Dubois et Gastaldi, CA 49, communication personnelle)	Bayer [4] et Bayer [5] Documents en ligne	1
De 2-4F étalées à la fermeture de la grappe	Début de la protection fongicide		82	En fonction des critères de décision, déclencher le 1 ^{er} traitement puis protection continue (interventions à intervalle fixe déterminé par la rémanence du produit) jusqu'à la fermeture de la grappe (comment combiner, quantifier et prioriser les critères de décision ?)	Sensibilité des cépages Conditions locales Traitement l'année précédente ; Produit utilisé				Barbier et al., 2011	1
Campagne précédente A partir du stade 7-8 F étalées	Début de la protection fongicide		82	Si critères de décision remplis, alors traiter dès le stade 7-8 feuilles étalées, sinon possibilité de retarder l'intervention jusqu'au stade 10 -12 feuilles	Exposition à l'oïdium les années précédentes Bourgogne : Cépages : Sensibilité variétale (variété résistante : Sauvignon notamment)	Observations au champ les années précédentes		Champagne-Ardenne : Attaques sur grappes à la vendange précédente Bourgogne Exposition à l'oïdium les années précédentes ET sensibilité variétale Maine-et-Loire : jusqu'aux boutons floraux séparés	CRA Bourgogne, 2011h CIVC 2011d et Dubois et Gastaldi, CA 49, com. pers	3
De 7-8F étalées à la fermeture de la grappe	Fréquence des interventions Choix de produit	« Maîtriser le potentiel de récolte (qualité et volume) Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et la sécurité de l'utilisateur »	82	Si situation à risque, préférer un fongicide curatif, réduire l'intervalle entre interventions (intervalles précisés dans le document, pour chaque produit). Si situation normale, intervalles classiques (en fonction de la rémanence du produit) entre traitements pour maintenir une protection continue. Autres RdD : Si décision d'intervenir contre rougeot parasitaire, black-rot et oïdium, choisir des spécialités bénéficiant d'une homologation pour ces 3 usages Sinon, choisir une spécialité quelconque homologuée sur oïdium	Situation à risque : dégâts d'oïdium sur grappes l'année n-1 ; Produit utilisé Décisions d'opportunité d'intervention fongicide contre brenner,	Observation au champ année n-1		RdD recueillie pour la Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1
Campagne	Opportunité d'intervention		82	Si attaque déclarée, réaliser 2 interventions à 3-5 jours d'intervalle (avec du dinocap ou du soufre pour poudrage)	Attaque déclarée d'oïdium	Observation au champ	Soufre : ralentit l'érynose	RdD recueillie pour la Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1
Floraison	Opportunité d'intervention fong supplémentaire		82	Si situation à risque et si oïdium observé sur feuilles, effectuer une intervention supplémentaire fin floraison, sinon continuer les interventions aux intervalles prévus.	Situation à risque : dégâts d'oïdium l'année précédente Observation d'oïdium ⁸³	Observation au champ		RdD recueillie pour la Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1
Fermeture de la grappe Ou fermeture de la grappe + protection fongicide	Fin de la protection fongicide		82	Si critère=0, en année à risque modéré, arrêt des interventions début fermeture des grappes. Sinon, si critère <10%, en année à risque fort, arrêt fin fermeture des grappes (3 ^{ème} semaine). Sinon, arrêt début véraison Autres RdD de lutte chimique contre l'oïdium	% de grappes présentant des symptômes / Seuil : 10 Pression de l'année 10% à 30% de grappes atteintes d'oïdium	Contrôle de 2-3 grappes par cep sur 20 souches (50 grappes, «choix aléatoire»)			Barbier et al., 2011 Bayer [4] en ligne	1 1
			82	Si seuil, continuer les interventions jusqu'au début de la véraison, Sinon, arrêter les interventions au stade fermeture de la grappe Si seuil, continuer les interventions jusqu'au début de la véraison, Sinon, arrêter les interventions au stade fermeture de la grappe	% de grappes atteintes d'oïdium / Seuils selon région	Echantillonnage (Bourgogne) : sur 20ceps*5 grappes		Seuils : Bourgogne : 5% Champagne-Ardenne:10%	CRA Bourgogne 2011c ; CRA Bourgogne, 2006 ; CIVC 2010b et 2010a	2

⁸² Non signalé dans cette RdD mais à combiner avec lutte chimique contre les autres maladies : botrytis (1^{ère} intervention) black roat et rougeot parasitaire (ou brenner).

⁸³ L'intervention supplémentaire peut aussi dépendre de la qualité de pulvérisation sur les grappes (notamment les pulvérisateurs traitant la végétation par le dessus ou en jets projetés sur végétation vigoureuse)

2. L'oïdium de la vigne

L'oïdium contribue à hauteur de 37 à 47% à l'IFT fongicide, les valeurs les plus élevées étant rencontrées dans le niveau 3 (INRA, 2009b)⁸⁴. Nous attribuerons donc à l'IFT oïdium une valeur approchée par excès de 47%, soit 5.4. Cette valeur reste approximative (par exemple, le niveau de rupture 0 n'est pas du tout pris en compte).

Pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium, 13 RdD, synthétisables en 10 RdD cadres ont été recueillies. De même que pour le mildiou, ces RdD visent à appuyer les viticulteurs dans la conduite d'une stratégie de lutte chimique préventive, l'oïdium pouvant attaquer tous les organes de la vigne (feuilles, rameaux, inflorescences et grappes) et avoir, en conditions favorables, des conséquences très importantes pour l'année en cours et les suivantes : pertes de récolte, altération de la qualité des raisins, affaiblissement de la plante l'année suivante et portes d'entrée pour le Botrytis (par l'éclatement des baies) (CRA Bourgogne, 2008, Vignovin [2]). Les ascospores, à l'origine des contaminations primaires, sont disséminées sur de faibles distances par rapport aux foyers de l'année précédente, tandis que les sporanges, à l'origine des contaminations secondaires, sont disséminés par le vent (Lamarque, C, 2008).

Les RdD cadre synthétisées se distribuent durant la campagne de la façon suivante :

- Trois RdD cadre permettent de déclencher la première intervention et donc le programme fongicide ;
- Quatre RdD cadre permettent de raisonner les interventions en cours de protection : une pour décider de la fréquence des interventions, deux pour décider de l'opportunité d'interventions supplémentaires, et une pour décider du choix de produit à appliquer (en combinant avec des interventions contre le rougeot parasitaire et le black rot, qui sont sensibles à certaines substances actives efficaces sur l'oïdium, afin d'éviter des interventions supplémentaires) ;
- Trois RdD cadre permettent de décider de la fin ou de la poursuite des interventions après fermeture de la grappe.

Les critères de décision sont principalement un risque parcellaire évalué par l'historique des attaques d'oïdium dans la parcelle, et, pour le renouvellement et l'arrêt des interventions, l'observation des symptômes. Sont aussi parfois pris en compte la sensibilité des cépages (dans seulement deux RdD cadres), les interventions fongicides de l'année précédente (dans une RdD cadre) et les observations régionales (une RdD cadre). Un travail est actuellement réalisé dans l'Yonne, pour prendre en compte des critères supplémentaires dans cette décision : sporulation et croissance tardives; observations pré-fermeture pour observer des contaminations qui seraient ensuite invisibles une fois la grappe fermée (données du modèle SOV).

Une RdD recueillie ne figure pas dans ce tableau, car il s'agit davantage d'un constat que d'une RdD : avant floraison, la présence d'oïdium étant extrêmement hétérogène selon les cépages, selon les parcelles et parfois même au sein d'une même parcelle, il est conseillé pour prendre la décision d'intervenir contre l'oïdium, de se fier à sa connaissance de la parcelle (Aredvi, 2003). Ainsi, le

-
- ⁸⁴ Le niveau 0 : stratégie de protection permanente contre les bioagresseurs du stade « trois feuilles » à la véraison de la vigne.
 - Niveau 1 : stratégie de protection raisonnée traitements phytosanitaires conditionnés par des indicateurs
 - Niveau 2 : adoption de méthodes alternatives aux pesticides pour au moins une catégorie de bioagresseurs (adventices, insectes et acariens, agents pathogènes).
 - Niveau 3 : respect du cahier des charges de l'agriculture biologique.

conseil recommande à l'agriculteur de s'appuyer sur sa propre expertise et de la connaissance de sa parcelle pour décider ou non d'intervenir. Il n'y a pas réellement de relation explicite entre une situation constatée et une décision, il s'agit plus d'une pratique empirique.

En pratique, d'après les entretiens réalisés, la lutte contre l'oïdium suit le même schéma que contre le mildiou : un risque est évalué par les BSV et retranscrit en RdD par les conseillers aux agriculteurs. Là encore, la marge de manœuvre principale dans la diminution du nombre d'interventions se situe au niveau de la RdD de déclenchement de la protection fongicide. Or cette décision est très difficile : les critères actuellement mobilisés (essentiellement historique du bioagresseur à la parcelle) ne permettent que de juger de manière approximative d'un risque global à la parcelle. La prévision des contaminations est beaucoup moins bonne pour l'oïdium que pour le mildiou. Dans le Sud-Est, la lutte anti oïdium est systématique, alors que la lutte anti mildiou se raisonne plus en fonction des conditions météorologiques, ce qui est dû à la forte fréquence de l'oïdium dans cette zone.

Pour lutter contre l'oïdium de la vigne, il existe peu de pratiques culturelles alternatives aux fongicides. Il s'agit essentiellement de limiter l'entassement du feuillage pour que les produits pénètrent mieux dans les grappes (CRA Bourgogne 2006). De plus, il n'y a pas de méthode de lutte biologique disponible contre l'oïdium, même si un champignon antagoniste *Ampelomyces quisqualis* est autorisé pour cet usage dans d'autres cultures (site e phy).

Tableau 120 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique commune mildiou et oïdium

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Exemples de déclinaison	Source	Nb de RdD
Campagne	Opportunité et positionnement des interventions fongicide	85	Eviter toute perte de récolte	En suivant les recommandations du POD Mildium et en groupant au maximum les interventions : Avant 5-7F étalées : suivant les sorties de l'outil, intervenir éventuellement contre le mildiou. Entre 5-7F étalées et 8-10F étalées : interventions systématiques contre oïdium, suivant les sorties de l'outil, éventuellement contre mildiou. Au stade mi- floraison : intervention mixte systématique oïdium et mildiou. Entre mi- floraison et fermeture de la grappe : suivant les sorties de l'outil, intervention éventuelle contre mildiou et / ou oïdium Entre début et mi- véraison : intervention systématique contre mildiou.	Processus Opérationnel de Décision POD Mildium	Processus Opérationnel de Décision POD Mildium • Symptômes sur feuilles ou grappes pour l'oïdium et le mildiou • Niveau de risque local • Evènements pluvieux annoncés par Météo France		Cartolaro <i>et al.</i> , 2010 (RdD non opérationnelle pour les agriculteurs actuellement car POD Mildium encore en phase de test)	1
Campagne	Opportunité et positionnement des interventions fongicides	85		Avant 7-8F étalées : protection anti-oïdium inutile, se préoccuper en priorité du mildiou (secondairement du black-rot et du rougeot parasitaire) (cf. RdD de déclenchement de la protection contre le mildiou). Du stade 7-8F étalées à fermeture de la grappe : protection simultanée anti-mildiou et anti-oïdium ; en fonction de la maladie qui exerce la plus forte pression et du choix des produits, déterminer le rythme des interventions Après la fermeture de la grappe : sauf cas particuliers, prendre uniquement en considération le mildiou pour juger de l'opportunité de la poursuite de la protection.	Risques mildiou et oïdium Prévisions météorologiques Situation phytosanitaire dans le vignoble (AB : croissance de la vigne)	AA, BSV, et modèles dont les résultats sont diffusés dans ces bulletins	RdD recueillie en Bourgogne <u>Jeune plantation (1^{ère} et 2^{ème} année) en Champagne-Ardenne :</u> arrêt de la protection anti-mildiou et anti oïdium à 6-7 feuilles étalées <u>AB dans le Centre :</u> -du 1 ^{er} traitement au 1 ^{er} rognage, renouvellement dès que la surface foliaire augmente de 20 à 30% ou que cumul de pluies > à 20 mm -après le 1 ^{er} rognage, uniquement en fonction des pluies et du risque.	CRA Bourgogne, 2006 CIVC, 2010a DAL, SICAVAC (Service interprofessionnel de conseil agronomique de vinification et d'analyses du Centre), com. Pers.	3

⁸⁵ Non signalé dans cette RdD mais à combiner avec lutte chimique contre les autres maladies : black roat et rougeot parasitaire (ou brenner).

3. Les interventions chimiques contre le mildiou et l'oïdium

Quatre RdD (dont un outil d'aide à la décision), synthétisables en 2 RdD cadre, recueillies dans le cadre de cette étude, appuient la gestion des interventions fongicides de la vigne, en particulier celles destinées à protéger la vigne contre le cortège de maladies (mildiou + oïdium).

Ces RdD permettent de décider d'intervenir ou pas contre l'une et/ou l'autre de ces maladies, en fonction des stades de la vigne et de l'observation de symptômes dans le vignoble. L'une des deux se base sur un outil d'aide à la décision qualifié de Processus Opérationnel de Décision (POD), nommé "POD MILDIUM", qui a été élaboré dans le cadre d'un travail de recherche initié à l'UMR Santé Végétale de l'INRA de Bordeaux en 2005. Cet outil étant encore dans sa phase de validation, il n'est pas actuellement utilisé comme OAD. Cette RdD recueillie est encore uniquement pratiquée dans l'expérimentation. La deuxième RdD cadre recueillie informe de la stratégie globale de gestion des interventions fongicides, et prend également en compte le black-rot et le rougeot parasitaire. Une déclinaison, en agriculture biologique, prend en compte le développement de la vigne comme critère de décision, ou plus précisément l'augmentation de la surface foliaire (Dal, com. Pers.)

Si la combinaison des interventions chimiques contre les différentes maladies est extrêmement intéressante, tant au niveau de la protection de la vigne qu'au niveau de la diminution du temps de travail et du nombre de passages dans la parcelle, elle ne permet pas à elle seule de réduire l'impact environnemental de l'utilisation des produits phytosanitaires, étant donné que cette combinaison de traitements ne permet ni de réduire les doses, ni le nombre de produits utilisés (les RdD permettant de combiner les traitements fongicides anti-mildiou et anti-oïdium peuvent permettre la réduction du nombre d'interventions et éventuellement de l'IFT par l'utilisation de produits homologués sur les deux maladies. Cependant ces produits sont très souvent des mélanges de plusieurs substances actives. Donc cela ne se traduirait pas réellement par une diminution de la pression polluante exercée par les pesticides ni par une diminution de l'impact de l'utilisation des produits phytosanitaires sur l'environnement et l'utilisateur).

Par contre, les RdD de déclenchement d'intervention incluses dans l'outil d'aide à la décision POD Mildium (interventions éventuelles) permettent de mieux positionner les interventions de manière préventive en fonction de prévisions de développement des maladies. En limitant ainsi les épidémies dès leur initiation, elles limitent ainsi les interventions suivantes. Les interventions « éventuelles » sont décidées par l'outil, en fonction des observations à la parcelle et des prévisions météorologiques. De plus, si une intervention est jugée opportune, elle ciblera la ou les maladie(s) qui risque(nt) de se développer et non pas le mildiou et l'oïdium systématiquement. Ainsi, elles ont conduit à une diminution entre 23 et 50% du nombre de traitements, et entre 30 et 50% de l'IFT (Delière *et al.*, 2011), par rapport aux stratégies des viticulteurs.

D'après les entretiens réalisés, en pratique, les décisions d'intervention contre ces deux maladies se décident ensemble. Or les RdD concernant les intervalles et le renouvellement des interventions chimiques contre le mildiou et l'oïdium ne permettent pas de faire varier beaucoup l'utilisation de produits phytosanitaires à l'échelle d'une campagne. De plus, l'un des critères les plus importants des agriculteurs pour décider de ces interventions est l'organisation du travail : comme deux maladies qui s'expriment dans des conditions différentes (mildiou et oïdium) doivent être gérées, il est plus sécuritaire pour un agriculteur de réaliser les 2 interventions en même temps plutôt que de faire confiance à la météo, de n'intervenir que contre la maladie la plus probable, et de risquer une intervention supplémentaire quelques jours après (à cause du temps de travail, des dépenses

énergétiques, et du délai de retour à la parcelle des produits). Ainsi, les RdD que nous avons recueillies, qu'elles concernent le mildiou, l'oïdium, ou les deux maladies, et qui sont relatives au renouvellement des interventions sont pratiquées.

Les RdD qui permettent de décider de la première intervention semblent plus pratiquées, mais à travers un dispositif de conseil organisé : les BSV diffusent des données de suivis biologiques, et des sorties de modèle. Ils indiquent un risque général de contamination de la maladie la plus fréquente en fonction du climat (pluviométrie importante : mildiou ; climat plus sec : oïdium) en début de campagne. Ces données, combinées aux prévisions météo, sont interprétées par les techniciens du conseil, qui donnent alors des préconisations aux viticulteurs, à travers des bulletins techniques ou par oral, préconisations qui permettent de déclencher une protection fongicide. Elles sont généralement assez bien suivies. En Bourgogne, l'application de ces préconisations fait généralement varier le début de la protection fongicide de +/- 10 jours, sauf année exceptionnelle.

D'autre part, pour le mildiou et l'oïdium, la réduction des doses des traitements phytosanitaires, est une piste de travail très intéressante en vigne, bien que nous ne l'ayons pas étudiée de manière approfondie. Il semble plus facile à accepter par les agriculteurs de diminuer les doses contre une maladie, plutôt que de réaliser une impasse totale. Certains programmes (l'OAD Optidose, le programme Optipulvé) ont donné des résultats intéressants, en travaillant essentiellement sur les doses de produit et l'adaptation de matériel de traitement.

En Yonne et en Côte d'Or, par exemple, des travaux sont menés, à partir de travaux suisses, pour adapter la dose des traitements anti mildiou et anti-oïdium au volume foliaire constaté dans la vigne, tout en la plafonnant à 70%. (G. Morvan, communication personnelle)

Tableau 121 : Règles de décision de choix entre différentes stratégies fongicides à appliquer durant une campagne pour lutter contre le botrytis

Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source
Choix de programmes fongicides	« Maîtriser le potentiel de récolte (qualité et volume) Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et la sécurité de l'utilisateur »	Lutte préventive complémentaire de mesures prophylactiques dans les parcelles sensibles : En fonction de l'efficacité visée et de la sensibilité des parcelles, choisir entre différents programmes : - 2 interventions : fin floraison, puis au stade Fermeture de la grappe + 7-10 jours - 3 interventions : fin floraison, puis au stade Fermeture de la grappe, enfin au stade fermeture de la grappe + 15-20 jours et au plus tard aux 1 ^{ère} baies vérees (le gain apporté par le troisième traitement est de l'ordre de 10 à 15 % d'efficacité supplémentaire par rapport à une stratégie à 2 interventions) - 1 seule intervention : à positionner au stade fin floraison ou fermeture de la grappe, permettant d'atteindre 50-60% d'efficacité avec une amplitude plus grande que pour 2 ou 3 interventions <i>(Selon quelle hiérarchisation et quelle quantification des critères?)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Objectif de qualité visé⁸⁶ (<i>non explicité, non quantifié</i>) • Sensibilité des parcelles 	Suivi des stades et bilan pré-vendanges	Recueilli pour la Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006
Choix de programmes fongicides	Objectif de qualité visé	Choisir entre les stratégies à 1 ou 2 traitements. Eviter les stratégies à 3 traitements (qui ont un faible gain d'efficacité complémentaire et augmentent la pression phytosanitaire et le risque de sélection des résistances) <i>(Selon quelle hiérarchisation et quelle quantification des critères?)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Objectif de qualité visé⁸⁶ (<i>non explicité, non quantifié</i>) 		Recueilli pour la Champagne-Ardenne	CIVC, 2010a
Opportunité et nombre de traitements à réaliser	Tolérance au risque de l'agriculteur	En fonction du risque parcellaire et des mesures préventives et de l'acceptabilité du risque pour l'agriculteur, choisir entre stratégie à 1 ou 2 interventions. <i>(Comment quantifier et hiérarchiser les objectifs et les critères de décision ?)</i>	Sensibilité parcellaire (en fonction d'attaques précédentes) Mise en place et réussite de mesures prophylactiques	Observation de dégâts à la parcelle, années antérieures	Recueilli pour la Bourgogne	Collectif 2011 et CRA Bourgogne 2011d
Nombre de traitements à réaliser	Objectif de qualité visé	Choisir entre des stratégies à 1 ou 2 traitements <i>(Selon quelle hiérarchisation et quelle quantification des critères?)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité de la parcelle • Objectif de qualité visé⁸⁶ (<i>non explicité, non quantifié</i>) 		PACA	AREDVI, Guide de protection du vignoble 2003
Nombre de traitements à réaliser		Si situation favorable au développement de la maladie (parcelles sensibles, cépages sensibles, conditions météo favorables), réaliser une ou deux applications d'anti-botrytis (parfois trois): <ul style="list-style-type: none"> • Une intervention unique pour les vignobles septentrionaux, ceux de la façade atlantique et méridionaux ; • Si situation plus sensibles, en particulier dans les vignobles septentrionaux, réaliser 2 traitements. <i>(Comment quantifier la sensibilité parcellaire ? Quand réaliser 3 interventions ?)</i>	Situation parcellaire Météo		Cépages sensibles Vignoble (localisation)	Bayer [6] en ligne

⁸⁶ Intègre le cépage, le type de vin produit (arômes recherchés, taux de sucre...) et la date de récolte

4. Le botrytis ou pourriture grise de la vigne

Le botrytis et les maladies cryptogamiques autres que mildiou et oïdium contribuent à hauteur de 17 à 20% à l'IFT fongicide dans les niveaux de rupture 1 et 2 ; et 0 dans le niveau 3 (INRA, 2009b)⁸⁷, soit une valeur approchée par excès d'environ 2.3. Cette valeur reste approximative (par exemple, le niveau de rupture 0 n'est pas du tout pris en compte).

Le botrytis a deux origines de contamination (Lamarque, C., 2008, IFV Sud-Ouest [2]) :

- A la parcelle par ses organes de contamination : les sclérotés, qui restent au sol, et qui proviennent des feuilles et des sarments contaminés et le mycélium qui survit sous l'écorce,
- Par le vent : les conidies, produites par les sclérotés et le mycélium sont les organes de dissémination du botrytis.

Pour décider du nombre d'interventions (de 0 à 3) à réaliser contre le botrytis de la vigne, nous avons recueilli 5 RdD, synthétisées en 5 RdD cadre. Il s'agit de RdD permettant de déterminer le nombre de traitements à réaliser, ou, lorsqu'elles sont plus détaillées, de choix de programmes. Ces RdD sont donc assez stratégiques, et nous n'avons pas réellement trouvé de RdD pour adapter ce nombre d'interventions en cours de campagne, en fonction des conditions annuelles. Parfois la météo est signalée comme critère de décision, ce qui permet de prendre en compte les conditions annuelles, mais la façon de prendre en compte cette météo (par exemple, à partir de quel niveau de pluviométrie doit on décider de réaliser un seul traitement ou plusieurs) n'est pas précisée. Ceci est notamment dû au fait que le réel facteur qui joue sur le développement du botrytis n'est pas la météo au moment où on doit prendre la décision d'intervenir ou pas, mais la météo lors de la maturation des baies. Ainsi, ce facteur reste très incertain.

D'une manière générale, ces RdD sont imprécises. La hiérarchisation et la quantification des critères de décision ne sont pas indiquées. Ce niveau d'imprécision explique que nous n'ayons pas pu regrouper ces RdD en RdD cadre, malgré leurs ressemblances. Toutefois, il est important de signaler que parmi ces 5 RdD cadre, 4 relient une solution à un objectif. Cet objectif reste très peu explicite, et est signalé comme « objectif de qualité » ou « niveau de tolérance de l'agriculteur ». Ces termes intègrent différents facteurs qui sont : le cépage, le type de vin produit (arômes recherchés, taux de sucre...) et la date de récolte. La manière dont ces facteurs vont jouer sur le développement du botrytis, et dont ce dernier influera sur la qualité du vin sont assez imprécises, ce qui explique le peu de formalisation de ces règles de décision. Les solutions restent très générales et ne sont pas explicitées.

En pratique, d'après les entretiens réalisés, il n'y a pas, ou rarement, d'adaptation annuelle. Le nombre d'intervention dépend plus du type de vignoble, et de la tolérance de l'agriculteur aux dégâts visuels, et se pilote généralement en routine. De plus, les agriculteurs qui font des impasses

-
- ⁸⁷Le niveau 0 : stratégie de protection permanente contre les bioagresseurs du stade « trois feuilles » à la véraison de la vigne.
 - Niveau 1 : stratégie de protection raisonnée traitements phytosanitaires conditionnés par des indicateurs
 - Niveau 2 : adoption de méthodes alternatives aux pesticides pour au moins une catégorie de bioagresseurs (adventices, insectes et acariens, agents pathogènes).
 - Niveau 3 : respect du cahier des charges de l'agriculture biologique.

systematiques ou une intervention sont assez courants, tandis que les années à 2 interventions, sont rares, celles à trois interventions quasiment inexistantes. Cette maladie est en effet assez bien gérée par des mesures de contrôle culturel (CRA Bourgogne, 2006, Aredvi 2003, IFV Sud-Ouest [2], Dubois et Gastaldi, CA Maine-et-Loire, communication personnelle) :

- Limitation de la vigueur : diminution des apports d'azote, enherbement
- Ebourgeonnage, effeuillage, et éclaircissage pour aérer les grappes
- Limitation des blessures des baies (sanitaires, par les maladies ou les ravageurs, et blessures mécaniques)
- Poudrage
- Gestion des binages après la fleur
- Enherbement.

Si ces méthodes alternatives sont mises en œuvre, elles font baisser les possibilités de développement du botrytis, sans que cela soit visible à la parcelle. L'effeuillage, par exemple, se fait après l'intervention fongicide. Il semble donc important de prendre en compte la mise en œuvre préalable de ces techniques alternatives pour la décision d'intervention chimique. De plus, la pression biotique de la tordeuse est actuellement rarement prise en compte, mais elle joue beaucoup dans les possibilités de développement de la maladie (Morvan G, communication personnelle).

Une RdD est actuellement en cours de mise au point à l'INRA dans le vignoble Bordelais (Morvan, communication personnelle). Cette RdD prend en compte notamment les critères de décision suivants : sensibilité de la vigne (cépage et vigueur), enherbement, nature du porte-greffe et type de fertilisation.

Enfin, des recherches pour mettre au point des méthodes de lutte biologique sont en cours : utilisation de levures, bactéries, champignons, ainsi que l'utilisation de stimulateurs des défenses naturelles de la vigne (Ivaldi, 2006). Il est actuellement possible d'utiliser *Bacillus subtilis* comme moyen de lutte biologique (Collectif, 2009).

Tableau 122 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de traitement contre l'excoriose de la vigne.

Echelle temporelle	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champs de validité/ exemples déclinaison	Source	Nb RdD
Hiver	Opportunité d'intervention fongicide		<ul style="list-style-type: none"> • Si présence régulière de symptômes, effectuer 2 interventions : l'une dès que 1/3 des bourgeons est au stade D, sortie des feuilles, l'autre dès que 1/3 des bourgeons est au stade 2 feuilles étalées • Si présence éparse de symptômes, possibilité de ne faire qu'une intervention au stade D (50% des bourgeons au stade D, sortie des feuilles) • Sinon, si présence faible de la maladie ou si 2-3 ans de lutte chimique, impasse, et surveillance de l'apparition de symptômes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Symptômes (nécroses à la base des sarments) en hiver • Interventions fongicides les années précédentes 	Observations au champ	<i>Recueillie en PACA</i> D'après Davy, IFV pôle Bordeaux-Aquitaine : pour repérer le stade des bourgeons, regarder 1/3 des bourgeons de la base des astes	AREDVI, 2003, CRA Bourgogne 2011	1
Stade feuilles visible à 2-3 feuilles étalées	Opportunité d'intervention fongicide	Maîtriser l'excoriose : absence de dommage de récolte pour la campagne en cours, maîtrise de son développement pour les années suivantes	<ul style="list-style-type: none"> • Si lors de la taille, 20% de ceps sont contaminés, alors envisager une lutte chimique contre l'excoriose <ul style="list-style-type: none"> ◦ Si temps sec lors de la période de sensibilité de la vigne (Stades D à E), alors impasse ◦ Sinon, réaliser un traitement systémique au stade D • Sinon, impasse 	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination de ceps : 20% • Conditions météo 	Observation lors de la taille de crevasses à la base des sarments	Recueillie en Bourgogne, en Charentes Maritimes, pôle Sud-Ouest de l'IFV ⁸⁸ pour variétés sensibles et très sensibles Pour les parcelles de vignes-mères : lutte chimique stricte	David Lafond, IFV CRA Bourgogne 2006 IFV Sud-Ouest [4], en ligne	2

⁸⁸ L'IFV Sud-Ouest étend son périmètre d'action sur l'ensemble des vignobles suivants :

Gaillac et Vin de Pays des Côtes du Tarn ; Marcillac, Estaing, Entraygues et du Fel ; Fronton, Lavilledieu ; Cahors, Côteaux du Quercy, Vins de Pays du Lot ; Saint Sardos, Côtes du Brulhois ; Floc de Gascogne, Côtes de Gascogne ; Pacherenc du Vic Bilh, Madiran, Côtes de Saint Mont ; Jurançon, Irouleguy ; vin de Pays des Côteaux de l'Ariège.

5. L'excoriose de la vigne

L'excoriose est une maladie cryptogamique. Le botrytis et les maladies cryptogamiques, dont l'excoriose, autres que mildiou et oïdium contribuent à hauteur de 17 à 20% à l'IFT fongicide dans les niveaux de rupture 1 et 2 ; et 0 dans le niveau 3 (INRA, 2009b)⁸⁹, soit une valeur approchée par excès d'environ 2.3. Cette valeur reste approximative (par exemple, le niveau de rupture 0 n'est pas du tout pris en compte).

L'excoriose est une maladie très inféodée à la parcelle. Sa contamination se fait (IFV Sud-Ouest, [4]) :

- Par la conservation du champignon sur les écorces (mycélium et pycnides) ou les bourgeons (mycélium) ;
- Par sa dissémination sur des organes réceptifs, sur de courtes distances ;

Trois RdD, synthétisables en 2 RdD cadre ont été recueillies. Cette maladie est peu fréquente et généralement maîtrisée par le recours à des variétés peu sensibles. Une RdD est associée à un double objectif d'absence de dommage de récolte pour l'année en cours et de maîtrise de la nuisibilité secondaire. C cette RdD a été formalisée avec l'appui d'un ingénieur en protection phytosanitaire de la vigne de l'institut français de la vigne et du vin. Cela explique qu'un objectif ait pu être formalisé, contrairement aux autres RdD recueillies et pour lesquelles l'objectif n'est pas explicitement formulé.

Les critères de décision des RdD recueillies sont les observations de dégâts sur les pieds de vigne lors de l'hiver de la campagne en cours qui permettent d'évaluer l'inoculum, et la météo qui détermine les conditions d'expression de la maladie. Le seuil de dégâts observés sur les pieds au-delà duquel il faut intervenir varie selon les sources (de 10 à 20%). Toutefois, le seuil de 10% est tiré d'un BSV, dans lequel ce seuil est uniquement associé à une recommandation implicite d'impasse. Rappelons que les BSV n'ont pas vocation à recommander des interventions mais à diagnostiquer des risques. Toutefois, certaines recommandations implicites y figurent et nous avons choisi de les faire figurer dans ce document.

D'après les entretiens réalisés, ces RdD semblent bien construites, et satisfaisantes, surtout pour une maladie qui est peu fréquente.

Pour lutter contre cette maladie, il existe un mode de lutte physique : l'élimination et le brûlage des sarments contaminés lors de la taille (CRA Bourgogne, 2006, IFV Sud-Ouest [4]).

-
- ⁸⁹Le niveau 0 : stratégie de protection permanente contre les bioagresseurs du stade « trois feuilles » à la véraison de la vigne.
 - Niveau 1 : stratégie de protection raisonnée traitements phytosanitaires conditionnés par des indicateurs
 - Niveau 2 : adoption de méthodes alternatives aux pesticides pour au moins une catégorie de bioagresseurs (adventices, insectes et acariens, agents pathogènes).
 - Niveau 3 : respect du cahier des charges de l'agriculture biologique.

Tableau 123 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique à la parcelle contre le black rot de la vigne

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectifs	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation/ outil	Champ de validité/ Exple déclinaison	Source	Nb RdD
Stade première feuille étalée atteint	Opportunité d'intervention contre black rot et choix du produit d'intervention	Opportunité d'intervention anti-oïdium	« Maîtriser le potentiel de récolte (qualité et volume) Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et la sécurité de l'utilisateur »	<ul style="list-style-type: none"> Si critères remplis et si pas d'intervention précoce prévue contre l'oïdium, réaliser une intervention spécifique contre le black-rot Sinon, si critères remplis et si intervention précoce contre l'oïdium, utiliser, pour cette intervention, un produit homologué contre les deux maladies Sinon, ne pas réaliser d'intervention contre le black rot 	<ul style="list-style-type: none"> Attaques conséquentes sur grappes l'année précédente Périthèces mûrs Pluie contaminatrice (durée d'humectation suffisante et température égale ou supérieure à 9°C) Opportunité d'intervention anti-oïdium précoce 	Conditions de contaminations primaires annoncées dans les bulletins d'avertissements	<ul style="list-style-type: none"> <u>Zones géographiques ne présentant pas de risque d'infection</u> : impasse systématique <u>Zones géographiques où les risques d'infection sont présents</u> : appliquer la règle 	AREDVI, 2003 CRA Bourgogne, 2006	2
2-3 feuilles étalées campagne	Opportunité d'intervention fongicide contre le black rot	Interventions chimiques mildiou, oïdium et excoriose		<p>Si seuil, réaliser une protection spécifique, en la combinant éventuellement avec celle de l'excoriose ; Sinon, si taux d'attaque entre 1 et 5%, débiter la protection fin floraison en la combinant avec celles du mildiou et de l'oïdium</p> <p>En fonction des pluies, arrêter la protection entre fin floraison et véraison</p> <p>Sinon, si absence d'attaques depuis 2 ou 3 ans, ne pas prendre en compte le black roat dans la protection fongicide.</p>	<p>% (<i>Grappes, plants... ?</i>) de taux d'attaques l'année précédente</p> <p>Seuil : 5%</p> <p>Pluies (<i>comment les prendre en compte pour la décision d'arrêter la protection ?</i>)</p>			Bayer [7]	1
De fin floraison à fermeture de la grappe	Choix de produits fongicides	Interventions anti mildiou et anti oïdium		<ul style="list-style-type: none"> Si critères remplis, lors des interventions anti mildiou et anti oïdium, utiliser des spécialités homologuées sur black rot Sinon, ne pas prendre en compte cette maladie dans les interventions anti mildiou et anti oïdium 	<ul style="list-style-type: none"> Zones géographiques : si attaques les années précédentes, zone à risque d'infection ; sinon zone sans risque d'infection Symptômes 		<ul style="list-style-type: none"> <u>Zones géographiques où les risques d'infection sont présents</u> : systématique <u>Zones géographiques ne présentant pas de risque d'infection</u> : présence de symptômes sur feuilles 	AREDVI, 2003	2
Au stade Fermeture de la grappe	Fin de la lutte chimique	RdD concernant les autres interventions contre le black rot et les interventions contre mildiou et oïdium		<ul style="list-style-type: none"> Si la parcelle présente des symptômes sur grappe, maintenir la protection spécifique jusqu'à pleine véraison, en combinant avec les éventuelles interventions contre mildiou et oïdium. Sinon, arrêter la protection dès que le stade "pleine fermeture des grappes" est atteint 	Symptômes sur grappes			AREDVI, 2003	1

6. Le black-rot de la vigne

Le botrytis et les maladies cryptogamiques autres que mildiou et oïdium contribuent à hauteur de 17 à 20% à l'IFT fongicide dans les niveaux de rupture 1 et 2 ; et 0 dans le niveau 3 (INRA, 2009b)⁹⁰, soit une valeur approchée par excès d'environ 2.3. Cette valeur reste approximative (par exemple, le niveau de rupture 0 n'est pas du tout pris en compte).

Cette maladie peut être considérée comme secondaire (CRA Bourgogne, 2006) dans certaines zones géographiques, notamment dans les zones où les précipitations sont moins importantes (régions méridionales par exemple). Ponctuellement, et sous certaines conditions, elle peut néanmoins causer des dégâts significatifs. Le black-rot est très inféodé à la parcelle (IFV Sud-Ouest [3], Lamarque, C., 2008). En effet, les contaminations se font par des périthèces, des pycnides et un mycélium, qui passent l'hiver au niveau des plants de vigne, puis libèrent des ascospores et des pycnosporos qui contaminent les plantes par éclaboussure. La dissémination se fait de proche en proche, à partir de foyers primaires. Sa nuisibilité s'exerce essentiellement sur la production en cours, autant au niveau quantitatif que qualitatif.

Six RdD, synthétisables en 4 RdD cadre, ont été recueillies dans le cadre de cette étude. Ces RdD peuvent être considérées comme complémentaires. Chaque RdD cadre correspond à une période différente, qui correspond elle-même à une période de sensibilité de la vigne (période de très forte sensibilité des grappes : de la préfloraison à la fermeture de la grappe).

De manière générale, les RdD recueillies précisent de tenir compte des interventions anti-mildiou et anti-oïdium, voire excoriose, de manière à n'effectuer une intervention spécifique anti black-rot que s'il n'y a pas d'intervention à effectuer contre le mildiou et l'oïdium. Dans le cas contraire, ces RdD demandent d'utiliser lors de la lutte contre le mildiou et l'oïdium un produit également autorisé et efficace sur le black-rot. Or les substances actives homologuées sur le black-rot le sont aussi sur mildiou ou sur oïdium. Dans ce cas, le fait de combiner les interventions contre les différentes maladies permet effectivement de limiter l'utilisation de produits phytosanitaires, par rapport à différentes interventions réalisées spécifiquement pour chaque maladie, avec des produits à spectre d'action plus réduit.

Les critères de décision sur lesquels se basent les RdD sont cependant peu explicites, ce qui rend difficile l'application de ces RdD par un viticulteur. Ainsi, au stade fermeture de la grappe par exemple, il est conseillé de maintenir la protection en cas de symptômes sur grappes, mais l'échantillonnage et le seuil à partir duquel on considère qu'une intervention est nécessaire ne sont pas précisés.

-
- ⁹⁰Le niveau 0 : stratégie de protection permanente contre les bioagresseurs du stade « trois feuilles » à la véraison de la vigne.
 - Niveau 1 : stratégie de protection raisonnée traitements phytosanitaires conditionnés par des indicateurs
 - Niveau 2 : adoption de méthodes alternatives aux pesticides pour au moins une catégorie de bioagresseurs (adventices, insectes et acariens, agents pathogènes).
 - Niveau 3 : respect du cahier des charges de l'agriculture biologique.

Par ailleurs, les objectifs visés par ces RdD (tolérance de dégâts / dommages / pertes) ne sont pas formulés.

D'après les entretiens, en pratique, le black-rot est effectivement combiné aux autres interventions fongicides. Il n'y a pratiquement jamais d'intervention spécifique, y compris si des contaminations ont lieu avant le déclenchement des interventions anti mildiou et anti oïdium. Par contre il peut y avoir une adaptation des doses appliquées. Il n'y a pas actuellement de réel besoin en RdD pour décider de l'opportunité d'intervention contre le black rot, mais cela pourrait être le cas si on diminuait le nombre d'interventions et/ou les doses contre le mildiou et l'oïdium.

Pour maîtriser cette maladie, il existe aussi des mesures prophylactiques (IFV Sud-Ouest [3], CRA Bourgogne, 2006, Aredvi, 2003).

- Destruction et brûlage des organes malades : grains desséchés lors de la taille, sarments par brûlage ou enfouissement lors du travail du sol, et feuilles ;
- Arrachage des vignes abandonnées.

Tableau 124 : RdD cadre recueillie pour l'opportunité d'intervention chimique contre le rougeot parasitaire ou brenner

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation/outil	Champ de validité	Source
Grappes séparées à véraison	Parcelle et secteur	Opportunité d'intervention fongicide	Intervention fongicide contre l'oïdium et le mildiou	« Maîtriser le potentiel de récolte (qualité et volume) Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et la sécurité de l'utilisateur »	Si attaque significative l'année précédente et si les organes de conservation sont mûrs à partir du stade 2-3 feuilles étalées, alors effectuer une intervention spécifique avant que ne débute la protection dirigée contre l'oïdium et le mildiou Sinon, si attaques l'une des 2 années précédentes, alors pour la protection anti-mildiou et/ou anti-oïdium, utiliser un produit autorisé également sur le brenner tant que dure la projection des spores. Sinon, impasse.	Parcelle à risques élevés (si a présenté l'une des deux années précédentes une attaque significative de rougeot)	1 observation, à fermeture de la grappe pour estimer l'état sanitaire des feuilles. Informations communiquées dans les AA et bulletins d'informations techniques	Recueillie en Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006

7. Le brenner, ou rougeot parasitaire

Le champignon responsable du Brenner ou rougeot parasitaire, peu nuisible, est inféodé à la parcelle : il se conserve sous forme de mycélium dans les feuilles mortes (IFV [5]). Les spores produits se disséminent en fonction des pluies et du vent vers les feuilles, sur environ une dizaine de mètres (CRA Bourgogne, 2006, CIVC 2010d).

Les BSV proposent d'évaluer le risque de développement du rougeot parasitaire, du stade 3 feuilles étalées au stade fermeture de la grappe, en fonction des critères suivants :

- Maturité des organes de conservation de la maladie ;
- Condition météorologiques : pluies ;

Toutefois, le BSV n'ayant pas vocation à préconiser des interventions, il n'est pas explicitement précisé si, lorsque ces deux critères se conjuguent il faut réaliser une intervention chimique, ni si, dans le cas contraire, il est préférable de faire une impasse.

Cette maladie ne fait pas l'objet de techniques alternatives à la lutte chimique. Cela est sans doute dû au fait qu'elle est peu fréquente et peu nuisible. Elle est sans doute également rarement l'objet d'interventions chimiques spécifiques.

Tableau 125 : RdD cadres recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention chimique pour maîtriser la nécrose bactérienne

Echelle spatiale	Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source	Nb Rd D
Parcelles saines de l'exploitation	Campagne	Opportunité d'intervention fongicide	Choix de technique de récolte et de taille		Si une parcelle de l'exploitation est contaminée : <ul style="list-style-type: none"> • si épamprage mécanique, alors réaliser une intervention fongicide. • Si récolte mécanique, alors intervention fongicide dans les 12h maximum après la récolte • Si grêle, alors intervention fongicide dans les premières heures après la fin de la grêle Sinon, impasse	Une parcelle de l'exploitation contaminée Techniques mises en œuvre : épamprage mécanique, récolte mécanique Météo (grêle)	Observation à la parcelle	Recueillie pour le pôle Sud-Ouest de l'IFV	IFV Sud-Ouest [5] AREDVI 2003	1
Toute la surface viticole d'une exploitation	Taille	Opportunité d'intervention fongicide			Si symptômes observés dans une parcelle, réaliser une application fongicide sur les plaies de taille	Symptômes observés	Observations à la parcelle		AREDVI, 2003	1
Parcelle	Campagne	Opportunité d'intervention fongicide	Lutte contre le mildiou		Si parcelle contaminée : <ul style="list-style-type: none"> • après la taille traiter les plaies appliquer au minimum 2 traitements de printemps, • En cas de lessivage et de fortes pluies (20-25 mm), il est nécessaire de renouveler la protection. • Dès lutte contre le mildiou et jusqu'au stade floraison, réaliser une lutte mixte nécrose-mildiou en utilisant des produits associant les deux matières actives cuivre et dithiocarbamates Sinon, si pas de contamination, impasse	Observation de contamination dans la parcelle Météo	Observation à la parcelle	Recueillie pour le pôle Sud-Ouest de l'IFV	IFV Sud-Ouest [5]	1
Parcelle	Après récolte	Opportunité d'intervention fongicide			Si situation à nécrose bactérienne, intervenir après les vendanges, sinon impasse	Situation à nécrose bactérienne (Comment la caractériser ?)		Plantiers : Suivant la vitesse de croissance des vignes, moduler le rythme de la protection	AREDVI, 2003	2

8. La nécrose bactérienne

La nécrose bactérienne est causée par la bactérie *Xylophilus Ampelinus* qui se développe dans le bois de la vigne. Cette maladie est donc fortement inféodée à la parcelle (IFV Sud-Ouest [5]). Elle est rare, voire absente dans certaines régions, notamment en Bourgogne et en Aquitaine.

Pour lutter contre la maladie, nous avons recueilli 5 RdD correspondant à 4 RdD cadre. Ces RdD permettent de décider de mobiliser des techniques chimiques pour limiter l'extension de la maladie, en cas de contamination d'une parcelle d'une exploitation. Elles régissent l'opportunité d'intervention fongicide sur les plaies de tailles des parcelles non contaminées de l'exploitation en question, et l'opportunité d'intervention fongicide sur les vignes des parcelles contaminées. Les critères de décision de ces RdD sont l'observation des symptômes, la mise en œuvre des techniques culturales (tailles, vendanges, autres luttés chimiques à combiner...) et la météo. L'observation des symptômes permet de diagnostiquer la présence de la maladie dans la parcelle, et les techniques culturales et la météo permettent de diagnostiquer le risque de blessures qui entraînent une contamination.

Des techniques de contrôle cultural (AREDVI, 2003) permettent aussi de mettre en place une prophylaxie, qui vise à limiter les effets de la maladie si elle est diagnostiquée. Dans ce cas, les techniques suivantes sont conseillées :

- Epamprage manuel ou chimique ;
- Pas de travail du sol ;
- Supprimer le dernier rognage avant récolte dans les exploitations ayant des parcelles contaminées ;
- Réaliser les travaux culturaux (épamprage, travail du sol si maintenu, rognage, vendanges) sur les parcelles malades en dernier, limiter le travail du sol au maximum pour éviter les blessures racinaires, et désinfecter le matériel entre deux parcelles ;
- Dans les jeunes vignes avec un foyer cantonné : arracher les ceps contaminés et les brûler ;
- Tailler pendant le repos végétatif complet à l'arrêt de sève, sortir et brûler les bois de taille ;
- Attacher les lattes et arquets rapidement.

Tableau 126 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les cicadelles vectrices de la flavescence dorée de la vigne (*Scaphoideus titanus*)

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champ de validité/ Déclinaisons	Effets prévisibles	Source	Nb RdD
Campagne	Commune	Nombre d'interventions insecticides		Limiter la propagation de la maladie	En fonction des critères de décision, réaliser 1, 2 ou 3 interventions ⁹¹	Contamination les années précédentes Situation de la parcelle Suivi de la réglementation : périmètre de lutte obligatoire (PLO)	Prospection / Observations au champ	Recueilli pour l'Aquitaine • Nouveau foyer hors du PLO ou nouveau foyer important (>30 pieds) dans le PLO : 3 interventions • Commune contaminée avant année précédente ou nouveau foyer faible en année précédente (<30 pieds), dans le PLO : 2 interventions • Communes limitrophes à une commune contaminée en année précédente ou commune dans le PLO mais sans détection de pieds contaminés : 1 intervention	Les interventions ont des effets négatifs sur les autres modes de lutte contre les autres insectes : auxiliaires de culture, confusion sexuelle	Dufour, M. C., 2012	1
Campagne		Nombre d'interventions insecticides			Si critères réunis, réaliser 2 interventions insecticides, sinon 3	Faibles populations de cicadelles Absence de souches contaminées	Observations des populations de cicadelles	Recueilli pour les régions dans lesquelles la maladie est sous contrôle (ni Languedoc-Roussillon, ni Aquitaine, ni Midi Pyrénées, ni Charentes, ni Rhône-Alpes) Vignes mères de greffons et porte-greffes : 3 traitements systématiques		Groupe de travail national flavescence dorée, 2006	2
Après véraison	Zone concernée par un arrêté préfectoral	Choix de produit	Traitement insecticide concomitant pour le choix du produit Dates d'intervention	« Maîtriser le potentiel de récolte en qualité et en volume. Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et garantir la sécurité de l'utilisateur »	Si un traitement cicadelle coïncide avec une intervention contre un autre insecte, choisir un produit polyvalent ⁹¹	Autres interventions insecticides	Arrêté préfectoral. Dates optimales d'intervention indiquées dans les AA Prospection via l'observation de la présence de symptômes de flavescence dorée après véraison en année n-1 ?	Bourgogne		CRA Bourgogne, 2006	1

⁹¹ le plus souvent, lutte collective à l'échelle de la commune mise en place si 1 cep contaminé est détecté sur la commune

9. Les cicadelles vectrices de la flavescence dorée

L'IFT hors fongicide et herbicide, c'est-à-dire pour les insecticides, acaricides et les autres produits, est de 1.4 pour la vigne (INRA, 2009b).

La cicadelle vectrice (*Scaphoideus titanus*) est le vecteur d'une maladie épidémique, la flavescence dorée, responsable de pertes qualitatives et quantitatives (CRA Bourgogne, 2006, Aubertot et al 2005b) pour la récolte en cours de production, mais aussi responsable de dégénérescence de la vigne. Sa nuisibilité est donc à la fois primaire directe, primaire indirecte, et secondaire. Cet insecte effectue son cycle complet dans la parcelle. Il s'agit donc d'un bioagresseur inféodé à la parcelle (CRA Bourgogne, 2006).

Pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre la cicadelle vectrice de la flavescence dorée, quatre RdD ont été recueillies et regroupées en 3 RdD cadre. Ces RdD sont en relation avec une réglementation très stricte, qui vise à éviter la propagation de la maladie de la flavescence dorée.

Les critères de décision principaux sont l'observation régionale de dégâts et l'historique régional de dégâts, qui permettent de déterminer la mise en place des arrêtés de lutte obligatoire. Dans les zones ne faisant pas l'objet de tels arrêtés, c'est-à-dire les zones où l'on n'a pas observé de dégâts, les critères de décision sont l'observation locale des bioagresseurs (cicadelles et flavescence). Ces zones, appelées Périmètres de Lutte Obligatoires (PLO), concernent la commune où la maladie a été observée, et toutes les communes limitrophes. (Dufour, 2012)

Il est important de noter que ces interventions chimiques peuvent influencer sur les autres techniques de lutte (lutte biologique, et contrôle cultural) qui peuvent être mises en place à la parcelle pour d'autres insectes : par exemple, les interventions insecticides vont perturber les régulations biologiques, donc le développement des auxiliaires qui auraient été favorisées par la mise en œuvre de mesures de contrôle cultural, ainsi que la mise en place de la lutte biologique, et de la confusion sexuelle. (Dufour, 2012)

Les techniques alternatives à l'utilisation de produits phytosanitaires pour lutter contre les cicadelles et la flavescence sont, elles aussi, des techniques régies par la réglementation. Il s'agit notamment de l'arrachage des pieds contaminés, voire des parcelles.

Tableau 127 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention contre la 1^{ère} génération de tordeuses de la vigne

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Autres RdD combinées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Déclinaisons	Source	Nb RdD
Entre boutons floraux séparés et début floraison	Par unité d'observation (la parcelle si <1ha ou sous-parcelles de surface < ou = 1ha)	Mise en place de confusion sexuelle Choix du mode de lutte (biologique ou chimique)	« Maîtriser le potentiel de récolte en qualité et en volume. Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et garantir la sécurité de l'utilisateur »	Si pas de confusion sexuelle : Si charge normale et si 50 à 60 glomérules /100 inflorescences, alors intervention, sinon impasse. Si charge de la parcelle très faible (Combien ?), et si 30 glomérules/100 inflo, intervention, sinon impasse Sinon, si confusion sexuelle : Si entre 15 et 50-60 glomérules/100 inflo, intervention curative G1 ou préventive en G2 Si >50-60 glomérules/100 inflo, alors intervention curative en G1 Sinon, impasse	Charge productive de la parcelle Nombre de glomérules pour 100 inflorescences Mise en place de confusion sexuelle	1-2 observations pour compter le nb de glomérules au champ, les AA indiquant les périodes optimales de comptage (vols). Un passage minimum dans chaque tiers de l'unité d'observation, 20 observations de 5 inflorescences successives par poste d'observation droite et à gauche du passage (schéma disponible). Recours possible au piégeage sexuel pour réaliser les observations. Modèles épidémiologiques disponibles en complément pour renforcer le diagnostic	Recueillie pour la Bourgogne Maine et Loire : pas d'intervention	CRA Bourgogne, 2006 : toute la RdD CRA Bourgogne, 2011e, CRA Bourgogne, 2011f, Barbier <i>et al.</i> , 2011 : seuil d'intervention de 50 à 60 Dubois et Gastaldi, CA 49, com. Pers.	1
		Mise en place de confusion sexuelle Choix du mode de lutte (biologique ou chimique)		Si pas de confusion sexuelle : Si 100 glomérules /100 inflorescences, intervention, sinon impasse. Sinon, si confusion sexuelle : Si 30 glomérules pour 100 inflorescences, intervention, sinon impasse	Nb de glomérules avec chenilles vivantes pour 100 inflorescences Confusion sexuelle	Observation au champ ; éventuellement piégeage sexuel.	Seuil en zone confusée recueilli en Champagne-Ardenne Seuil en zone non confusée, recueilli pour la Champagne-Ardenne et le pôle Sud-Ouest de l'IFV	CIVC, 2011c ; CIVC 2010c Barbier <i>et al.</i> , 2011 IFV [6] pour le seuil en zone non confusée	1
	Parcelle	Choix du mode de lutte (biologique ou chimique)		Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	Nb de glomérules pour 100 inflorescences	Observation au champ pendant la campagne	Seuil fluctuant de 30 à 80 dans régions septentrionales, à 200 dans les vignobles méridionaux	ITV, 2003	2
	Parcelle	Choix du mode de lutte (biologique ou chimique)		Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	Seuil variable en fonction des tolérances aux dégâts (<i>comment ? quel niveau de tolérance ?</i>)	Observation au champ pendant la campagne	Seuil de 30 à 100 glomérules sur 100 inflorescences	Bayer [11]	1
	Parcelle			Si dégâts en année n-1 et tordeuses dans les pièges, réaliser un saumurage. Si le saumurage est positif, intervenir, sinon impasse.	-dégâts en année n-1 -piégeage -saumurage	Observation au champ Piège	Recueillie en Provence, Languedoc	Verriez, CAPL com. Pers.	1

10. Les tordeuses de la vigne

D'après INRA (2009b), l'essentiel des interventions chimiques contre les ravageurs de la vigne cible les tordeuses, les autres ravageurs étant plus occasionnels. Ce ravageur, mobile, est un vecteur d'*Aspergillus ochraceus*, bactérie qui peut provoquer des dégâts importants comme la production de toxines dans le vin, et contre laquelle il n'existe pas de moyen de lutte. Il a donc une nuisibilité primaire indirecte.

Ces tordeuses (Eudémis (*Lobesia botrana*) et Cochylis (*Eupoecilia ambiguella*)) se développent durant deux voire trois générations. Les dégâts sont différents suivant la génération :

- En génération 1 (G1), ces ravageurs sont assez peu nuisibles, et une lutte curative dépendant de seuils d'intervention est mise en place. 4 RdD, dont les critères de décision sont l'observation à la parcelle des dégâts de l'insecte et la prise en compte des autres pratiques (notamment la confusion sexuelle), ont été recueillies et synthétisées en 3 RdD cadre. Une autre RdD cadre (Bayer [11]) propose de décliner des RdD différentes en fonction de la tolérance aux dégâts, sans préciser le lien entre le niveau de tolérance et le seuil d'intervention à mobiliser. Enfin, une dernière RdD, spécifique aux zones où la tordeuse a trois générations, a comme critère de décision les bioagresseurs observés à l'aide d'une technique de piégeage.
- En deuxième et troisième génération (G2 et G3), les dégâts principaux sont la perforation des baies par les chenilles qui constitue une porte d'entrée pour le botrytis. Généralement pour lutter contre cette deuxième génération, une lutte systématique, préventive, est mise en œuvre, dont la date dépend des pics de vol (CRA Bourgogne, 2006). Toutefois, nous avons relevé ;
 - 5 RdD pour décider de la mise en œuvre de cette lutte ou non :
 - 3 en fonction de la première génération : l'une qui est peu précise, car elle suggère d'envisager une lutte préventive en fonction des attaques de la première génération, sans donner de solution claire (à quel niveau d'attaques prend-on la décision de mettre en œuvre la lutte chimique ? comment le mesure-t-on ?) (IFV Sud-Ouest [6]), la deuxième, qui permet de décider d'impasses en fonction de la sensibilité parcellaire au botrytis, et des attaques de tordeuses en génération 1, et la dernière, pour décider d'une impasse en cas de dépassement d'un seuil et d'infestations qui ne pourraient plus être gérées par la lutte chimique (impasse inefficacité de la lutte chimique) ; la deuxième RdD est incomplète, car deux situations ne sont pas décrites jusqu'au bout : « raisonner au cas par cas » (type de vin et stratégie botrytis, Morvan, com. pers) et la troisième basée sur les observations de dégâts en G1 (Verriez, com. pers).
 - 2 plus qualitatives, en fonction du vol de G2 : la première avec un seuil de papillons piégés, destiné à identifier un pic de vol, la deuxième avec comme critère de décision l'observation des œufs à l'échelle régionale, par des techniciens dans des parcelles de référence, pour décider de l'opportunité d'intervention dans toute la région ;
 - 1 RdD pour décider de l'opportunité d'une deuxième intervention (en fonction des tordeuses présentes).

Enfin, nous avons recueilli une RdD spécifiques à certaines régions où la tordeuse à 3 générations, pour décider de l'opportunité d'intervention contre cette troisième génération, en fonction des dégâts de la deuxième (Verriez).

Tableau 128 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention à la parcelle contre la 2^{ème} et la 3^{ème} génération de tordeuses de la vigne

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD combinées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Déclinaisons	Source	Nb RdD
	Opportunité d'intervention contre G2	Choix du mode de lutte (biologique ou chimique)		S'il y a plus de 10 papillons : Si 1 grappe attaquée et si le botrytis est présent, ou si 10 grappes attaquées, réaliser une intervention, sinon impasse Sinon, suivant les dégâts de la génération précédente et suivant les dates de vol, réaliser une lutte préventive, sinon impasse	Vol de la G1 Nombre de papillons (seuil : 10) en 10 jours Historique des dégâts de botrytis Dégâts des tordeuses Historique des dégâts des tordeuses (combien ? quelle quantification ?)	Observation au champ pendant la campagne et les années précédentes Piégeage sexuel pour identifier le vol de 2 ^{ème} génération	Recueillie pour la zone Sud-Ouest de l'IFV	IFV Sud-Ouest [6]	1
Fin vol G1 – début vol G2 (Cf. critère de décision)	Opportunité d'intervention contre G2	Choix du mode de lutte (biologique ou chimique)		<ul style="list-style-type: none"> Pour les parcelles particulièrement sensibles au botrytis : Si <5 glom/inflo en G1, réaliser une intervention au cas par cas (type de vin et stratégie botrytis), si >5, alors intervention Pour les parcelles moyennement et peu sensibles au botrytis : Si < 10 glomérules / 100 inflorescences en G1, alors impasse. Sinon, raisonner au cas par cas (type de vin et stratégie botrytis). 	Sensibilité parcellaire au botrytis (années précédentes) nb de glomérules pour 100 inflorescences en G1 Suivi des vols Type de vin produit Stratégie de protection botrytis	Observation au champ	Recueillie pour l'Yonne et la Côte d'Or	Morvan, CA89, com. Pers.	1
	Opportunité d'intervention contre G2	Choix du mode de lutte (biologique ou chimique)		Si seuil atteint, alors intervenir, sinon impasse.	Pic de vol Piégeage : seuil de 10 papillons par jour pendant 4 jours consécutifs	Piège	Recueillie en	Dubois et Gastaldi, CA 49, com. pers	1
	Opportunité d'intervention contre G2	Choix du mode de lutte (biologique ou chimique)		Si pression exceptionnelle, réaliser une intervention complémentaire aux traitements préventifs. Si seuil atteint et perforation, alors impasse, car intervention inutile car chenilles à l'abri dans les baies. Sinon impasse.	Pression exceptionnelle appréciée par les techniciens Perforations	Suivis de l'activité de ponte par les techniciens Observations de perforations au champ	Champagne-Ardenne	CIVC, 2010a CIVC 2012	1
	Opportunité d'intervention contre G2	1 ^{ère} intervention insecticide systématique contre G2		Si seule présence de l'Eudémis et si pontes fraîches en fin de rémanence du traitement, alors envisager une 2 ^{ème} intervention; Si présence à la fois de Cochylis et d'Eudémis, alors envisager une 2 ^{ème} intervention; Sinon, impasse	Présence de l'Eudémis et/ou de la Cochylis	Observations au champ des pontes et des chenilles (le piégeage est insuffisant pour quantifier la présence des tordeuses) Rémanence du traitement de la 1 ^{ère} intervention.		CEPviti CRA Bourg., 2006	1
	Opportunité d'intervention contre G2			Si seuil atteint, alors intervenir, sinon impasse.	Comptage de glomérules en G1/ Seuil : 10%	Observation au champ	Recueillie en Provence, Languedoc	Verriez, CAPL com. Pers.	1
	Opportunité d'intervention contre G3			Si seuil atteint, alors intervenir, sinon impasse.	Comptage de perforations en G2/ Seuil : 10%	Observation au champ	Recueillie en Provence, Languedoc	Verriez, CAPL com. Pers.	1

Il faut noter qu'il existe une lutte biologique contre cet insecte, mais que nous n'avons pas relevé de RdD pour savoir quand mobiliser la lutte biologique ou la lutte chimique. La lutte biologique peut s'appliquer aussi bien en G2 de manière systématique, qu'en G1 et ainsi interagir avec les RdD que nous avons recueillis (nous avons recueilli les RdD pour décider de l'opportunité d'intervention qui s'appliquent à la lutte chimique et à la lutte biologique).

En pratique, d'après les entretiens réalisés et l'atelier, les interventions contre la première génération de tordeuses sont très peu fréquentes, ces seuils sont très rarement atteints.

Par contre, les interventions contre la deuxième et la troisième génération sont beaucoup plus difficiles à raisonner.

Les techniques alternatives à la lutte chimique (INRA, 2009b) sont :

- La lutte biotechnique :
 - la confusion sexuelle, qui respecte la faune auxiliaire et a des effets cumulatifs ; mais chaque type de confusion n'agit que sur un type de tordeuses et une difficulté est qu'elle doit être mise en place de manière collective (minimum : 5 ha)
 - les répulsifs de ponte ;
- La lutte biologique : produits contenant des bactéries *Bacillus thuringiensis* (Bt) ou *Saccharopolyspora spinosa*, et (en cours de recherche) des parasitoïdes d'œufs et de chenilles comme les trichogrammes, des hyménoptères ou des diptères.

Tableau 129 : Règles de décision cadre pour l'opportunité d'intervention acaricide, contre les acariens rouges (*Panonychus ulmi*) et jaunes (*Eotetranychus carpini* ou *Tetranychus urticae*)

Acarien	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation/ outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
Acarien rouge	Entre 1e feuille étalée et stade 5-6 feuilles étalées	Par unité d'observation (parcelle ou portion de parcelle <1ha)		« Maîtriser le potentiel de récolte en qualité et en volume. Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et garantir la sécurité de l'utilisateur »	<u>Si les deux seuils sont atteints :</u> - si %feuilles occupées par les acariens rouges est plus de 20% supérieur au %feuilles occupées par typhlodromes, alors intervenir, - sinon contrôler de nouveau 8 - 10 jours après ; <u>Sinon</u> , alors impasse	Critère : % de feuilles occupées par au moins une forme mobile (acariens rouges et/ou typhlodromes) <u>Seuil 1</u> : 70 % de feuilles occupées par au moins 1 forme mobile <u>Seuil 2</u> : % feuilles occupées par les typhlodromes <= au % feuilles occupées par acariens rouges.	Un passage minimum dans chaque 1/3 de l'unité d'observation ; observation de 100 feuilles (voire 50 si le viticulteur connaît bien sa parcelle), une feuille par cep alternativement à droite et à gauche du passage.	Recueillie en Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1
Acarien rouge	Jusqu'à 5-6 feuilles étalées	Parcelle			Si seuils atteints, alors intervention	Nombre de feuilles occupées par au moins une forme mobile Seuil : 70% (Bourgogne : prise en compte de la présence d'auxiliaires : typhlodrome)	Observations au champ	Recueillie pour Champagne-Ardenne En Bourgogne : 70% de feuilles occupées ET moins de 0,5 typhlodromes/feuille	CICV, 2011c ; CRA Bourgogne, 2011g	2
Acarien rouge	Fermeture de la grappe	Parcelle			Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	Nombre de feuilles occupées par au moins une forme mobile	Observations au champ	Bourgogne : 30% Champagne-Ardenne : 40%	CICV 2011a et 2011b ; CRA Bourgogne 2011b	2
Acarien jaune et rouges	Jusqu'à 5-6 feuilles étalées	Localisée	Date d'intervention		Si critères de décision remplis (rare dans la région), alors intervention acaricide très localisée, sinon impasse	2/3 des feuilles occupées ET période froide qui ralentit la pousse de la vigne	Observations au champ	Recueillie en PACA	AREDVI, 2003	1
Acariens rouges et jaunes	Fermeture de la grappe	Localisée		Maintenir une population suffisamment faible pour éviter un impact sur la maturation des baies	Si seuil atteint et montée de population les jours suivants, alors intervenir, sinon impasse	30% de feuilles occupées Evolution des populations	Observations au champ	Recueillie en PACA	AREDVI, 2003	1
Acarien jaune et rouge	Entre nouaison et véraison	Par unité d'observation (parcelle ou portion de parcelle <1ha)		« Maîtriser le potentiel de récolte en qualité et en volume. Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et garantir la sécurité de l'utilisateur »	<u>Si les deux seuils sont atteints :</u> - si %feuilles occupées par les acariens rouges est plus de 20% supérieur au %feuilles occupées par typhlodromes, alors intervenir, - sinon contrôler de nouveau 8-10 jours après ; <u>Sinon</u> , alors impasse.	Critère : % de feuilles occupées par un moins une forme mobile (acariens et/ou typhlodromes) <u>Seuil 1</u> : 30 % de feuilles occupées par au moins 1 forme mobile <u>Seuil 2</u> : % feuilles occupées par les typhlodromes <= au % feuilles occupées par acariens.	Un passage minimum dans chaque 1/3 de l'unité d'observation ; observation de 100 feuilles (voire 50 si le viticulteur connaît bien sa parcelle), une feuille par cep alternativement à droite et à gauche du passage.	Recueillie en Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1

11. Les acariens rouges et jaunes de la vigne

Pour lutter contre les acariens de la vigne, 8 RdD ont été recueillies et synthétisées en 6 RdD cadre. Les critères de décision sont l'observation du nombre de feuilles occupées par des acariens, et/ou du nombre de feuilles occupées par les auxiliaires (notamment par les typhlodromes), ou de l'évolution des populations d'acariens. Ce dernier critère permet sans doute d'évaluer l'activité des auxiliaires et leur impact sur les ravageurs, ce qui semble encore plus pertinent que de quantifier leur présence. L'état végétatif de la culture est également pris en compte dans l'une des RdD (son développement en fonction du climat).

En matière de lutte chimique, il est conseillé d'utiliser des produits peu toxiques pour les auxiliaires, et éventuellement d'en introduire pour pallier à un déséquilibre des régulations biologiques, en cas d'attaques récurrentes (AREDVI, 2003).

Il existe des méthodes alternatives à la lutte chimique pour maîtriser les acariens, qui sont déjà largement appliquées (INRA, 2009b) :

- La lutte biologique à l'aide des typhlodromes ;
- Les méthodes de contrôle cultural qui favorisent les régulations biologiques (zones écologiques réservoirs, choix de produits phytosanitaires spécifiques).

La présence de ces auxiliaires est réellement prise en compte dans la plupart des RdD d'opportunité d'intervention chimique (trois RdD qui prennent en compte le nombre de feuilles occupées par les typhlodromes, et une RdD qui prend en compte l'évolution de la population de ravageurs). De plus, les RdD ne prenant pas en compte cet élément comme critère de décision ont été recueillies dans des BSV et sont donc assujetties au contexte de la région et de l'année : dans ces BSV, les seuils n'étaient pas atteints et la pression d'acariens rouges était faible. Peut-être que dans une situation différente, la prise en compte des auxiliaires aurait été signalée. Nous supposons donc que ces RdD ne sont pas contradictoires. Les seuils différents recueillis sont diffusés dans des vignobles différents, et la prise en compte des auxiliaires est explicitée dans les brochures techniques indépendamment du contexte (et ne le serait pas dans les BSV consultés car, ces années-là, la pression d'acariens restait très faible).

Toutefois, nous noterons une légère contradiction sur la manière de prendre en compte la présence de ces auxiliaires pour éviter l'intervention chimique : dans un cas (CRA Bourgogne, 2006), il faut que le nombre de feuilles avec au moins un typhlodrome soit supérieur ou de 20% inférieur au nombre de feuilles avec au moins un acarien, et dans l'autre, il suffit de compter une moyenne de 0.5 typhlodrome par feuille (CRA Bourgogne, 2011g, dans un BSV).

En pratique, il semble que les auxiliaires permettent une assez bonne maîtrise des acariens, et les interventions sont très rares.

Tableau 130 : Règles de décision cadre pour l'opportunité d'intervention chimique, à l'échelle de la parcelle, contre les phytophtes, acariens agents d'acariose (*Calepitrin vitis*) et contre les acariens agents de l'Erinose (*Colomerus vitis*)

Phytophte	Echelle temporelle	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
Acariose, (<i>Calepitrin vitis</i>)	Du stade 2-3F étalées au stade grappes séparées	Opportunité d'intervention acaricide		Si présence fréquente de dégâts et d'agents de l'acariose et absence de typhlodrome en nombre important, alors intervention. Sinon, impasse.	Observation de dégâts fréquents en cours de campagne (<i>Quelle fréquence ?</i>) Observation de la présence du typhlodrome (<i>Combien ?</i>)	Observation globale des jeunes pousses une fois par semaine	Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1
Acariose, (<i>Calepitrin vitis</i>)	Été	Opportunité d'intervention et choix de date et de produit	« Maîtriser le potentiel de récolte en qualité et en volume. Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et garantir la sécurité de l'utilisateur »	Si présence de dégâts importants en court d'année, et d'agents de l'acariose et absence de typhlodromes en nombre important, alors réaliser une intervention immédiate. Sinon, et si symptômes réguliers les années précédentes, réaliser une intervention préventive avec du soufre mouillable au printemps suivant, au stade bourgeon dans le coton Sinon, impasse	Forte attaque (<i>Quel seuil ?</i>) Dégâts fréquents années précédentes (<i>quelle fréquence ?</i>) Régularité des symptômes Observation de la présence du typhlodrome (<i>Combien ?</i>)	Une observation du feuillage durant l'été	Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1
Erinose (<i>Colomerus vitis</i>)	Au stade 2-3F étalées puis début véraison	Opportunité d'application de soufre mouillable		Si parcelle fortement infestée, intervention au stade bourgeon dans le coton au printemps suivant, sinon impasse	Parcelle fortement infestée : dégâts et présence (nombreuses boursouflures sur feuilles et présence généralisée) (<i>comment définir fortement et nombreuses ?</i>) <i>Nb : l'observation de la présence du typhlodrome est conseillée mais non reliée à la solution</i>	Observation globale du feuillage 1 fois au printemps et 1 fois durant l'été	Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1
Erinose (<i>Colomerus vitis</i>)	Campagne précédente	Opportunité d'application de soufre mouillable		Si parcelles fortement atteintes l'année précédente, alors application de soufre mouillable au stade bourgeon dans le coton, sinon impasse	Parcelles fortement atteintes l'année précédente. (<i>comment définir fortement ?</i>)		PACA	AREdVI, 2003	1
Acariose et érinose		Opportunité d'intervention et choix de produit		Sur les parcelles attaquées l'année précédente et celles de 2 et 3 ans, observation de 20 bourgeons <ul style="list-style-type: none"> • Si quelques phytophtes sans typhlodromes : traitement au soufre • Si nombreux phytophtes sans typhlodromes : traitement au soufre ou acaricide • Si quelques phytophtes et au moins 0,5 typhlo/feuille : pas de traitement • Si nombreux phytophtes et au moins 0,5 typhlo/feuille : pas de traitement ou soufre • Sinon impasse et réaliser une nouvelle observation 8 à 10 jours plus tard 	Attaques les années précédentes (jusqu'à 3 ans) Présence de phytophtes Présence de typhlodromes (seuil de 0.5)	Observation de bourgeons à la loupe binoculaire	Recueillie pour le Centre	DAL, Sicavac, com. Pers.	1

12. Les phytoptes de la vigne : acariens agents d'acariose (*Calepitrin vitis*) et acariens agents de l'Érinose (*Colomerus vitis*)

Nous avons recueilli 6 RdD, qui correspondent à 6 RdD cadre, pour lutter contre les phytoptes de la vigne. Ces RdD correspondent soit à un des deux ravageurs spécifiquement, soit à des périodes différentes, mais ne sont pas contradictoires.

Les phytoptes sont des ravageurs plutôt inféodés à la parcelle et peu nuisibles. L'acariose, provoquée par *Calepitrin vitis* peut, au printemps, perturber le développement végétatif et la croissance de la vigne et pendant l'été, provoquer des crispations des feuilles, tandis que l'érinose, provoquée par *Colomerus vitis* provoque généralement peu de dommages de récolte, sauf en cas d'attaque forte au printemps, en générant un avortement des fleurs (CRA Bourgogne, 2006 IFV [7]). La nuisibilité de ces acariens est donc primaire directe.

Les critères de décision des RdD recueillies sont essentiellement l'observation des dégâts à la parcelle ou dans une portion de parcelle, accompagnée de l'historique des dégâts du bioagresseur à la parcelle ou l'observation de la présence du bioagresseur à la parcelle. Toutefois ces critères sont peu précis, et rarement quantifiés. Il est question de prendre en compte l'intensité des dégâts (à partir de quand doit-on considérer une attaque comme forte ?), leur fréquence et leur régularité (sans toutefois définir à partir de quelle fréquence considère-t-on que l'intervention est nécessaire). Une RdD (Dal, communication personnelle), extrêmement précise concernant les critères de décision (nombre de typhlodromes par feuilles, présence de phytoptes, attaques les années précédentes), nécessite une observation à la loupe binoculaire.

La magnitude et la probabilité de ces bioagresseurs étant relativement faibles, cela peut expliquer le fait que ces RdD ne soient pas plus précises. D'après les entretiens et les ateliers, les interventions phytosanitaires contre ces bioagresseurs ne sont pas très fréquentes, et les RdD disponibles sont suffisantes. La nuisibilité de l'érinose n'a jamais été prouvée.

En amont de certaines RdD recueillies (celles qui ont pour source CRA Bourgogne, 2006), il est conseillé d'éviter toute intervention insecticide en présence de typhlodromes, acariens prédateurs des phytoptes.

Tableau 131 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre la cicadelle verte de la vigne à la parcelle

Echelle temporelle	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Déclinaison	Source	Nb Rd D
(G1)	Opportunité d'intervention insecticide		Si seuil atteint, alors intervention	100 larves pour 100 feuilles (seuil très sécuritaire)	Protocole d'observation plus ou moins bien défini : <u>Bourgogne (CRA Bourgogne, 2006)</u> : Un passage minimum dans chaque 1/3 de portion de parcelle (<= 1ha) ; recueillir 1 à 3 feuilles par cep au niveau des inflorescences alternativement à droite et à gauche du passage.	Bourgogne, PACA, Pôle Sud-Ouest de l'IFV	<u>Maine et Loire (Gastaldi, Dubois, CA 49, com. Pers.)</u> : Variations selon les cépages : Côt : 30 larves/100 feuilles	CRA Bourgogne, 2011a AREDVI, 2003 IFV Sud-Ouest [8]	3
(G2)	Opportunité d'intervention insecticide		Si seuil atteint, alors intervention	100 larves pour 100 feuilles (seuil très sécuritaire)	<u>PACA (AREDVI, 2003)</u> : Comptages du nb de larves présentes sur la face inférieure de 25 feuilles situées au milieu des sarments (1 feuille / cep)	Bourgogne, PACA, Pôle Sud-Ouest de l'IFV	<u>Provence-Languedoc (Verriez, CAPL, com. Pers.)</u> : 200 larves /100 feuilles	CRA Bourgogne, 2011b AREDVI, 2003 IFV Sud-Ouest [8]	

Tableau 132 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité de lutte chimique contre la cochenille de la vigne

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliqués	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source
Débourrement et période estivale	Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide	Intervention contre les tordeuses de 2 ^{ème} génération	« Maîtriser le potentiel de récolte (qualité et volume) Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et garantir la sécurité de l'utilisateur »	<p><u>Si présence d'enroulement et de cochenilles</u>, alors, quel que soit le niveau d'infestation, intervention spécifique anti-cochenille.</p> <p><u>Si absence d'enroulement</u> :</p> <p>-Si forte infestation, intervention spécifique anti-cochenille.</p> <p>-Si faible infestation et intervention contre tordeuses de G2, intervenir avec un insecticide ayant une efficacité partielle sur cochenilles.</p> <p>-Sinon, impasse</p>	présence d'enroulement Importance de l'infestation (pas de seuil d'intervention défini),	1 observation au printemps, 1 observation durant l'été. Se reporter aux AA et aux bulletins d'informations techniques pour bien positionner le traitement.	Recueillie en Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006

Tableau 133 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité de lutte chimique contre la cicadelle blanche (*Metcalfa pruinosa*) de la vigne

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source
Campagne précédente	Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide		Si très forte population dans les parcelles l'année précédente, alors réaliser une intervention avec un produit neurotoxique visant également d'autres ravageurs (pour lesquels un usage est homologué) Sinon, pas d'intervention	Très forte population l'année précédente (comment quantifier très forte ?)	Observations au champ année n-1	PACA	AREDVI, 2003

Tableau 134 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité de lutte chimique contre les thrips de la vigne

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Déclinaison	Source
Campagne précédente	Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide		En cas de fortes attaques de thrips, réaliser une intervention Sinon, pas d'intervention	Attaques (Quelle mesure ? quelle quantification ?)	Observations au champ	<u>Provence-Languedoc (Verriez, CAPL, com. Pers.)</u> : 10 thrips/ grappe	Bayer [10]

13. Les cicadelles vertes (ou cicadelle des grillures)

Les cicadelles vertes sont des ravageurs relativement peu nuisibles, inféodés à la parcelle.

Pour lutter contre la cicadelle verte, nous avons recueilli deux RdD, qui ont le même critère de décision et le même seuil, mais qui s'applique sur des générations de cicadelles différentes. Ce critère de décision repose sur l'observation de présence du ravageur à la parcelle. Ce seuil est remis en cause par différents organismes, car il n'est pas basé sur une nuisibilité avérée. Ces RdD sont plus ou moins bien décrites suivant les sources au niveau de l'explicitation de la méthode d'échantillonnage et de l'énoncé des objectifs..

Il existe une RdD de choix de produit qui peut permettre de limiter l'utilisation des pesticides, pour lutter contre la cicadelle verte (CRA Bourgogne, 2006) dont la solution est : En cas de dépassement de seuil au cours de l'été et si la protection anti-tordeuses de 2^{ème} génération nécessite un renouvellement, il est préférable d'effectuer un traitement avec un insecticide actif sur les deux ravageurs, positionné au niveau des grappes. Ainsi, cette RdD permet de coupler deux interventions, avec un produit à spectre d'action plus large.

14. La cochenille

La cochenille est un ravageur de la vigne, qui est potentiellement vecteur des virus responsables de l'enroulement. Toutefois, les interactions entre cochenilles et virus de l'enroulement sont encore peu connues (Herrbach en ligne) Si l'enroulement est une maladie du bois, inféodée à la parcelle, la cochenille est un ravageur mobile. La nuisibilité des virus transmis par la cochenille est essentiellement secondaire, mais en cas de forte infestation, la cochenille peut provoquer elle-même des dégâts directs.

Nous avons recueilli une seule RdD pour lutter contre la cochenille (CRA Bourgogne, 2006). Parmi les situations prises en compte dans la RdD, l'une d'elle est peu précise : en cas d'absence d'enroulement et de forte infestation, il est recommandé d'intervenir, sans toutefois que la forte infestation ne soit précisée. Il est indiqué qu'il n'existe pas à l'heure actuelle de seuil d'intervention pour ce ravageur.

Les critères de décision de cette RdD sont l'observation du ravageur et de ses dégâts indirects (enroulement) à la parcelle.

15. Les cicadelles blanches : *Metcalfa pruinosa*

La cicadelle *Metcalfa pruinosa* est un ravageur peu nuisible, inféodé à la parcelle. Nous avons recueilli une RdD pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre les cicadelles *Metcalfa pruinosa*. Toutefois, cette RdD est très rudimentaire. Il s'agit en effet de réaliser une intervention si de « très fortes » populations ont été constatées les années précédentes. Cette approximation est sans doute due au fait que ce ravageur est peu nuisible, peu fréquent, et qu'il n'existe pas de produit chimique homologué contre lui.

Signalons qu'il existe une lutte biologique contre cette cicadelle : des lâchers de parasites *Neodryinus typhlocybae*. Cette lutte biologique est pratiquée dans le Var depuis 1999. (Bayer [12])

16. Les thrips

Pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le thrips, insecte peu fréquent et peu dommageable de la vigne, nous avons recueilli une seule RdD qui est très imprécise.

Tableau 135 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention insecticide contre les pyrales de la vigne

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
De 2-3 feuilles étalées à boutons floraux séparés	Par unité d'observation (la parcelle si <1ha ou sous-parcelles de surface <= 1ha)	« Maîtriser le potentiel de récolte (qualité et volume) Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et garantir la sécurité de l'utilisateur »	Si seuil atteint, alors intervention et observation 15 jours après, sinon impasse.	80% des ceps occupés par au moins une chenille jeune, de 3-4mm (feuilles perforées et refermées)	Passage dans chaque 1/3 d'unité d'observation 1 fois par semaine ; observation de 50 ceps par série de 5 souches à droite et à gauche du passage Périodes de comptages déterminées par les AA et bulletins d'informations techniques.	Recueillie en Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006	1 (il s'agit de la même RdD plus ou moins bien précisée suivant les sources)
	Parcelle		Si seuil atteint, alors intervention	80% des ceps occupés par au moins 1 chenille	Observation au champ	Champagne-Ardenne et Bourgogne	CICV 2011e, CRA Bourgogne, 2011g	
De 2-3 feuilles étalées à boutons floraux séparés	Parcelle		Si seuil atteint, alors intervention	100% des ceps occupés par au moins 1 chenille	Observation au champ : 5 séries de 5 ceps ; Fréquence : une fois par semaine	Champagne	P. Pienne, CIVC, com./pers.	1

Tableau 136 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les mange bourgeons (noctuelles terricoles et boarmies)

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation/outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
Entre le gonflement du bourgeon et 1 ^{ère} feuille étalée	Par unité d'observation d'1ha ou moins (la parcelle ou des portions de parcelle)	Opportunité d'intervention insecticide	« Maîtriser le potentiel de récolte en qualité et en volume. Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et garantir la sécurité de l'utilisateur »	Si seuil atteint, alors intervention dans la parcelle/ zone concernée uniquement, sinon impasse	10 à 15% des ceps avec au moins un bourgeon mangé	Observation au champ, 1 fois par semaine, sur 100 ceps pris alternativement à droite et à gauche (schéma disponible)	Recueillie en Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006 ; CRA Bourgogne, 2011a	1 (il s'agit de la même RdD plus ou moins bien précisée suivant les sources)
Entre le gonflement et l'éclatement du bourgeon	Parcelle	Opportunité d'intervention insecticide		Si seuil atteint, alors intervention, sinon impasse	15% de ceps avec au moins 1 bourgeon évidé	Observation au champ, sur 100 ceps, 20 séries de 5 ceps, pris au hasard à l'intérieur de la parcelle	Recueillie en Champagne-Ardenne	CIVC 2010 ^e et 2011f	

17. La pyrale

La pyrale est un ravageur peu nuisible, peu fréquent, et mobile. Nous avons recueilli deux RdD pour l'opportunité de lutte chimique contre les pyrales de la vigne, plus ou moins bien décrite suivant les sources au niveau de l'explicitation de la méthode d'échantillonnage, de l'énoncé des objectifs et de la précision du critère de décision. Ce critère de décision repose sur l'observation des dégâts du ravageur à la parcelle.

18. Les mange-bourgeons : noctuelles terricoles et boarmies

Les mange bourgeons, noctuelle terricoles et boarmies, sont des ravageurs mobiles, peu fréquents et peu nuisibles. Pour décider de l'opportunité d'une intervention chimique contre ces ravageurs, nous avons recueilli une RdD, qui varie légèrement au niveau de sa méthode d'échantillonnage selon les sources (par exemple, dans Bayer [9], aucune méthode d'observation n'est précisée). Les critères de décision de ces RdD sont les observations de dégâts à la parcelle.

Tableau 137 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les nématodes, vecteurs de court noué

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectifs	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Effets prévisibles	Champ de validité	Source
4 mois avant arrachage de la vigne précédente	Opportunité d'intervention nématocide	Dévitalisation et extirpation des racines (à faire systématiquement)	« Maîtriser le potentiel de récolte en qualité et en volume. Optimiser l'utilisation des intrants Préserver l'environnement et garantir la sécurité de l'utilisateur »	Si présence avérée de court noué, réaliser une désinfection chimique des sols, Sinon, impasse	Présence de court noué ou pourridié sur la parcelle	Observation à la parcelle Analyse du sol (laboratoires)		Précédent vigne	CRA Bourgogne, 2006
Avant implantation	Opportunité d'intervention nématocide	Dévitalisation des racines	Retarder l'apparition des symptômes viraux (<i>Eviter toute nuisibilité secondaire</i>)	Si symptômes observés sur la vigne précédente, désinfecter le sol chimiquement. (<i>Sinon impasse ?</i>)	Présence de symptômes malgré les mesures prophylactiques	Observations à la parcelle Analyse du sol (laboratoires)	Protège contre le pourridié	Précédent vigne	AREDVI 2009; Groupe de travail régional Midi Pyrénées, 2002

Tableau 138 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité de lutte chimique contre les escargots dans la vigne

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/ Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source
Début de végétation (débourrement début floraison)	Parcelle	Opportunité d'intervention molluscicide			Si critères rencontrés, alors appliquer des appâts molluscicides, sinon impasse	Parcelles ayant des problèmes réguliers ou en début de prolifération avant que les escargots n'aient envahi la souche		Recueillie pour PACA	AREDVI, 2003

19. Traitements du sol contre les nématodes, vecteurs du court noué

Les nématodes sont les vecteurs du court-noué, maladie du bois fréquente en Bourgogne, mais rare dans le reste de la France. La vigne peut être contaminée par un porte greffe porteur sain du virus, ou par un nématode (*Xiphinema index*). Ce nématode, plutôt inféodé à la parcelle, peut toutefois se déplacer sur de longues distances, via l'eau et les transports de terre. Il n'existe pas de mode de lutte curative contre le court noué. La lutte chimique se positionne avant l'implantation de la vigne, et vise à désinfecter le sol pour retarder l'apparition et l'expression du virus dans la vigne. Ce bioagresseur a une nuisibilité plutôt faible (Aubertot *et al.*, 2005b) mais secondaire. Nous avons recueilli 2 RdD de lutte chimique qui régissent la désinfection du sol, c'est-à-dire la lutte chimique contre les nématodes (visant le court-noué) (CRA Bourgogne, 2006 et IFV Sud-Ouest [1]), à mettre en œuvre sur une parcelle entre deux cultures de vigne, si on observe des symptômes de court-noué sur la vigne à arracher.

Une autre technique, la dévitalisation des racines de la parcelle à l'aide d'une bouille herbicide avant arrachage des vignes, est préconisée systématiquement de manière préventive pour lutter contre le court-noué et le pourridié (Groupe de travail régional Midi-Pyrénées, 2002, CRA Bourgogne, 2006). Nous n'avons donc pas relevé de règle de décision pour cette opération. Il est important de signaler que le pourridié est une maladie dont le diagnostic conduit à l'arrachage des ceps contaminés. Il faut noter que ces interventions ne sont pas directement dirigées contre la maladie, mais sur le sol et les racines des plantes, qui hébergent les nématodes, hôtes du virus.

Pour lutter contre le court-noué, il existe aussi des mesures prophylactiques (CRA Bourgogne, 2006 et IFV Sud-Ouest [1], documents en ligne), plus efficaces que la lutte chimique :

- **L'élimination des racines d'adventices** par extirpation lors des opérations de préparation du sol ;
- **Délai de retour de la vigne** : délai de 5 à 7 ans avec des cultures non hôtes durant cette période ;
- **Choix de matériel végétal sain** ;
- **Pratiques culturales** : limiter le ruissellement et l'érosion, entretenir les abords de la parcelle, éliminer les repousses de vigne et éviter les apports de terre exogène.

20. Traitements du sol contre les escargots

Pour décider de l'opportunité chimique d'une intervention molluscicide contre les escargots, nous avons recueilli une seule RdD. Les critères de décision de cette RdD reposent sur l'observation de la présence du bioagresseur à la parcelle, et l'historique de la parcelle.

Il s'agit d'un bioagresseur anecdotique pour la vigne.

Tableau 139 : RdD cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention herbicide dans la vigne à l'échelle de la parcelle

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Effets prévisibles	Champ de validité	Source
Campagne	Choix d'une stratégie de désherbage			Privilégier le recours à une technique alternative. Si impossibilité de mettre en place une technique alternative, alors choix d'une technique de désherbage chimique en fonction des objectifs visés par le viticulteur (cf. déclinaisons)	Réalisation de technique alternative (désherbage mécanique, enherbement) Objectifs			Recueillie pour Bourgogne Choisir une stratégie de désherbage en fonction des objectifs : • limiter la concurrence de la flore naturelle sans l'éliminer totalement : technique de l' <u>enherbement naturel maîtrisé</u> • Diminuer les doses d'herbicide de prélevée tout limitant le temps de travail : <u>désherbage mixte</u> - • Maîtriser les levées d'adventices annuelles et bisannuelles et accepter la présence d'adventices en cours de saison : <u>application unique en pré débourrement</u>	CRA Bourgogne, 2006
Campagne	Opportunité d'intervention herbicide	Opportunité d'intervention herbicide		En fonction des critères de décision, réaliser une intervention entre pré-débourrement et fin avril et éventuellement faire une 2 ^{ème} intervention entre floraison et fermeture de la grappe (<i>Sinon impasse ?</i>)	Niveau de salissement de la parcelle et produit choisi	Observations au champ		Recueillie en PACA	AREDVI, 2003
D'octobre à fin janvier	Opportunité d'intervention herbicide	Choix de technique de désherbage		Si ronces en sève descendante, réaliser un désherbage d'automne (post vendanges) Sinon, si présence d'ail et muscari, alors réaliser un désherbage de début d'hiver Sinon éviter toute intervention herbicide à cette période.	Observation de ronces en sève, d'ail et de muscari	Observations au champ	Détruit la flore hivernale	Recueillie pour Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006
	Opportunité de désherbage chimique	Choix d'une technique de désherbage	Limitier la concurrence de la flore naturelle sans l'éliminer totalement	Si flore hivernale fréquente : • Si type Géranium, Erodium intervenir en fonction de sa pression et de son développement. • si type Ray-grass, Carotte, composées à rosettes, Epilobes, détruire la flore début montaison. • Si flore à port rampant, ne pas intervenir. • Quelle que soit la flore, en situations gélives, intervenir avant le débourrement.	Nature et stade de la flore adventice présente Situation gélive	Observations au champ Météo		Technique de gestion des adventices basée sur l'enherbement naturel maîtrisé (E.N.M.) Recueillie en Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006
Fin mai à début juin	Opportunité d'intervention herbicide			Si graminées vivaces, intervenir juste avant épiaison des graminées (fin mai à début juin) (<i>sinon impasse ?</i>)	Présence de graminées vivaces estivales	Observations au champ		Recueillie en PACA	AREDVI, 2003
Période estivale	Opportunité d'une intervention herbicide en complément	Choix d'une technique de désherbage	Maîtriser les levées d'adventices annuelles et bisannuelles et accepter la présence d'adventices en cours de saison	Si adventices vivaces, envisager une intervention complémentaire, sinon impasse	Présence d'adventices vivaces	Observations au champ		Technique de gestion des adventices basée sur l'application unique en pré débourrement Recueillie en Bourgogne	CRA Bourgogne, 2006
Entre véraison et récolte	Opportunité d'intervention herbicide			Si levées importantes, intervenir (éventuellement avec un défanant). Sinon, impasse	Levées importantes	Observations au champ		Recueillie en PACA	AREDVI, 2003
Campagne	Opportunité d'intervention herbicide			Attendre un niveau de salissement suffisant pour intervenir avec un post levée (hauteur maxi 15 cm)	Hauteur des adventices	Observation au champ		Recueillie pour Maine et Loire	Dubois et Gastaldi, CA49

21. Les adventices

D'après Agreste, 2006, en 2006, 10% des surfaces étaient traitées de manière automatique, tandis que pour les 90% restant, les facteurs de décision pour une intervention herbicide étaient (certains étant combinés) :

- Connaissances sur l'historique de la parcelle : 41%
- Observation des parcelles en cours de campagne : 78%
- Recommandation des services de la protection des végétaux : 29%
- Conseil des distributeurs des coopératives : 42%
- Recommandation des organismes de développement (instituts techniques, chambres d'agriculture...) : 30%
- Recommandation de la presse : 4%

On constate donc que si, pour la grande majorité des surfaces, les agriculteurs raisonnent les interventions herbicides, cela reste contre les adventices qu'il y a le plus d'interventions automatiques (10% des surfaces contre 3% pour les maladies et 3% pour les ravageurs). Toutefois, l'IFT adventices, de 1.1, est nettement plus faible que l'IFT hors herbicide. Mise à part les interventions pour maîtriser les adventices, cet IFT inclut également les interventions de dévitalisation des racines avant mise en place d'une nouvelle vigne, et l'épamprage chimique, qui utilisent des pesticides classés dans les herbicides et pour lesquelles nous n'avons pas recueilli de règle de décision.

Pour raisonner les interventions herbicides, nous avons recueilli 8 RdD. La première (CRA Bourgogne, 2006) a pour objet de décision le choix de la stratégie de désherbage, et adapte les options de la solution aux objectifs visés.

Les 3 autres RdD recueillies dans ce document sont quelques RdD d'adaptation de ces stratégies aux conditions annuelles observées dans la parcelle. Les critères de décision sont les adventices observées dans la parcelle.

Les 3 RdD d'opportunité de lutte chimique recueillies en PACA (Aredvi, 2003) sont très peu précises : elles reposent sur des critères de décision « niveau de salissement » sans préciser à quel niveau intervenir, ou « levées importantes » sans préciser comment évaluer l'importance de ces levées...

Enfin, la dernière RdD concerne l'opportunité et le positionnement d'une intervention herbicide en fonction du développement des adventices observées (Dubois et Gastaldi, CA49).

Il faut noter que de nombreuses techniques alternatives à la lutte chimique sont disponibles pour la gestion des adventices en vigne (CRA 2006) :

- Enherbement, désherbage mécanique et tontes ;
- Désherbage thermique ;
- Mulch.

Légende :

	Critère de décision le plus pertinent
	Critère de décision utile et intéressant mais qui pourrait évoluer pour mieux répondre aux besoins
	Elément de connaissance informatif mais non pertinent à mobiliser dans la décision
	Critère de décision sans aucun intérêt
	Couple à enjeu phyto⁹² fort
	Couple à enjeu phyto moyen
	Couple à enjeu phyto faible
	Couple à enjeu phyto non renseigné

Lettre : Les lettres dans les cases représentent les RdD cadre existantes: une RdD cadre est identifiée par une lettre (correspondant aux lignes des tableaux du recueil de RdD, par ordre alphabétique). Chaque fois qu'une RdD mobilise un critère de décision, la lettre la représentant est placée dans la colonne correspondante.

Exemple: pour le couple Céréales à pailles / Rouille brune (1^{ère} ligne du tableau), la RdD « a » mobilise à la fois le critère de décision "observation de dégât" et "historique des pratiques", la RdD « c » mobilise uniquement le critère de décision "observation de dégât", la RdD « b » mobilise à la fois le critère de décision "observation de dégâts" et "données météo", et la RdD « d » mobilise uniquement le critère de décision "données météo".

⁹² Enjeu phyto est un indicateur basé sur trois variables : la fréquence du bioagresseur, sa nuisibilité, et l'IFT.

Annexe XVIII : Pertinence des catégories de critère de décision à mobiliser dans les règles de décision pour un échantillon de couple culture - bioagresseurs en viticulture, et RdD existantes

(cf. méthodologie, Annexe VI)

Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD										
	Auxiliaires	Autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la vigne	Obs. local. Bioag.	Obs. région. Bioag	Histo. bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques : phyto	Histo. pratiques année hors phyto	Histo. Pratique avant l'année
Vigne/mildiou 1ère intervention			bde	b		abce		abcde			
Vigne/mildiou renouvellement			abc	ac		acd		acd	abcd		
Vigne/mildiou après fermeture de la grappe			ade	d		ab		abe	abcde		
Vigne / oïdium 1ère intervention						à discuter	ac		b		
Vigne / oïdium renouvellement			cd				ad		abcd		
Vigne / oïdium arrêt			abc			a					
Vigne / Botrytis							acde	e		abcde	c
Vigne/black rot			cd				abc	ab	abcd		
Vigne/rougeot parasitaire							a		a		
Vigne/acariens rouges et jaunes	abf (peut être e)				abcdef			d			
Vigne/ acariens acariose	bed		bc		bcd		acd				
Vigne/ acariens erinose											
Vigne/mange bourgeon			a								
Vigne/ tordeuses G1			abcd	a	e		e				
Vigne/ tordeuses G2		a b (histo. botrytis)	ad bf (G1)		a (G1) bce	d		b (courbes de vol)	b (stratégie botrytis) e		
Vigne / tordeuses G3			g (G2)								
Vigne/excoriose			ab				a	b	a		

Annexe XIX : Règles cadre commentées par bioagresseur pour l'arboriculture fruitière : cas d'étude du pommier

Avertissement

**Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil.
Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas
vocation à fournir un guide pour les conseillers.**

**Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est
présentée partie II, p27.II**

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole,
sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens
individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.
Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

1.	<i>Les maladies principales du pommier</i> _____	397
	a. La tavelure du pommier _____	397
	i. Les interventions fongicides contre les contaminations primaires _____	399
	ii. Les interventions fongicides contre les contaminations secondaires de la tavelure du pommier 403	
	b. L'oïdium du pommier _____	405
	c. Les autres pathogènes du pommier _____	408
2.	<i>Les ravageurs principaux du pommier</i> _____	409
	a. Le carpocapse du pommier _____	411
	b. Les pucerons du pommier _____	417
	i. Les pucerons cendrés _____	417
	ii. Les pucerons lanigères _____	417
	iii. Les autres pucerons et le cortège des pucerons _____	419

L'IFT de la pomme est en moyenne pour la France de 36.5, dont 21.1 pour les fongicides, 10.9 pour les insectes, et 4.5 pour les autres produits (herbicides contre les adventices 1.8, éclaircissants 2.5, acaricides 0.3, ..., pour les systèmes de culture en protection raisonnée)⁹³ (INRA, 2009c).

Ainsi, l'IFT fongicide est de 21.1, et concerne les maladies principales des vergers de pommiers, qui sont (Aubertot *et al.*, 2005) :

Virus et phytoplasmes

4. Feu bactérien (*Erwinia amylovora*) ;

Maladies fongiques

- Pourridiés (*Armillaria mellea*) sur les différentes espèces fruitières, et en particulier sur le noyer, le mûrier et le figuier ;
- Oïdium du pommier et du poirier (*Podosphaera leucotricha*) ;
- Tavelure du pommier (*Venturia inaequalis*), Tavelure du poirier (*Venturia pirina*) ;
- Moniliose (*Monilia fructigena*) ;
- Autres maladies de conservation (gloeosporioses, ...).

Nous avons traité dans ce recueil la tavelure et l'oïdium du pommier, principales maladies, et le carpocapse et les pucerons, principaux ravageurs responsables de l'utilisation de produits phytosanitaires en France.

L'utilisation d'herbicides, que nous n'étudions pas dans ce cas, représente une faible part de l'utilisation totale de pesticides pour les pommiers, mais reste importante en comparaison des autres cultures de cette étude (IFT herbicide blé tendre d'hiver : 1.4).

93 Niveau 1 Raisonnement des traitements sur la base de seuils ou de modèles épidémiologiques Agriculture raisonnée
Niveau 2 Agriculture intégrée

- Niveau 2a Technique alternative limitant les risques « ravageur »
- Niveau 2b Technique alternative limitant les risques Niveau 2 « maladie »
- Niveau 2c Combinaison de techniques

Niveau 3 Suppression de tout traitement de synthèse (conversion AB) Agriculture biologique

1. Les maladies principales du pommier

a. La tavelure du pommier

La tavelure est un bioagresseur à prendre en compte en priorité pour réduire l'utilisation de pesticides dans les vergers de pommiers. En effet, pour les systèmes de culture à conduite raisonnée de vergers de la variété Golden Delicious⁹⁴ (INRA, 2009c, données de calendriers culturaux en France pour 2006 et/ou pour 2005 à 2007 suivant les données disponibles, corrigées à dire d'experts), la tavelure est responsable de 68 et 85% de l'IFT fongicide. Cette maladie est donc la cause d'une utilisation considérable de pesticides. Rappelons que la moyenne nationale de l'IFT fongicide tous systèmes de culture confondus des vergers de pommiers s'élevait alors à 21.1 (INRA, 2009c).

La tavelure a principalement une nuisibilité primaire très forte. Elle provoque des taches sur feuilles et fruits, et peut entraîner une perte de récolte commercialisable de 100% (INRA, 2009b). Ainsi, cette maladie peut engendrer des pertes économiques très importantes.

Les stratégies de protection phytosanitaire s'articulent en deux temps :

- La protection contre les contaminations primaires, quand sont réunies les conditions suivantes : la concordance entre l'arrivée du stade de sensibilité du pommier, la maturité des périthèces de tavelure dans les feuilles mortes, et la projection des ascospores (provoquée par la pluie), et qui se poursuit durant toute la période de projection des ascospores. L'objectif, de cette protection est d'éviter toute contamination secondaire, et donc d'aboutir à un résultat de 0 dégât visuel à la fin des périodes de contamination primaire.

- Dans un deuxième temps, si les contaminations primaires n'ont pas été bien maîtrisées, une lutte chimique doit être mise en œuvre après celles-ci, pour lutter contre les contaminations secondaires.

Les 12 RdD recueillies (correspondant à 6 RdD cadres) correspondant à ces deux phases se distribuent de la manière suivante :

- 7 RdD (5 RdD cadre) pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide lors des contaminations primaires : cf. Tableau 140 et Tableau 141 ;
- 5 RdD (1 RdD cadre) pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide lors des contaminations secondaires : cf. Tableau 144.

Signalons que pour toutes les RdD recueillies, l'évaluation du stade du pommier se fait par l'observation de 100 organes sur 50 arbres en les répartissant entre bois de deux ans et brindilles couronnées. Le stade est atteint s'il correspond à celui de 75 % des organes observés (Lamarche, 2011 ; Larson-Lambertz, 2011e). Cette information ne figure pas dans ces règles de décision, car dans ce travail nous considérons le stade phénologique de la culture comme une borne temporelle de la RdD, et non pas comme un critère de décision. Mais quand la détermination du stade est délicate, sa prise en compte comme critère de décision pourrait être discutée.

94 Niveau 1 Raisonnement des traitements sur la base de seuils ou de modèles épidémiologiques Agriculture raisonnée

Tableau 140 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions chimiques contre les contaminations primaires de la tavelure du pommier – Partie 1 (en gras sont mises en évidence les nuances entre ces différentes règles de décision)

Echelle temporelle	RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation /outil	Champ de validité / Déclinaisons	Source	Nb RdD
Printemps (période des contaminations primaires : cf. critère de décision)		Eviter l'installation de la maladie pendant les contaminations I et réduire au strict nécessaire le nb d'interventions	Pendant la durée de projection des ascospores, en fonction des critères de décision et des périodes de risque, adapter le rythme des interventions préventives (encadrer les gros pics de projection).	Sensibilité variétale Inoculum à la sortie de l'hiver Projection des ascospores Périodes de risque Prévisions météorologiques Lessivage des traitements précédents, Protection contre les autres maladies Risque de contournement des résistances variétales. <i>(quelle hiérarchisation et quantification de ces critères ?)</i>	Inoculum : observation à la parcelle Projection d'ascospores, et période de risque : Réseaux d'avertissements et modèles (données d'entrée : température et durée d'humectation, importance des projections)	National	SDQPV <i>et al.</i> , 2008	1
Dès le stade C-C3 (contaminations I : cf. critère de décision)		Bien maîtriser les contaminations primaires	Pendant la durée de la projection des ascospores, en fonction des pluies annoncées et de la croissance du végétal, renouveler les interventions pour encadrer les périodes de fortes projections d'ascospores <i>(« En fonction » mais comment ?)</i>	Période des 1 ^{ères} contaminations primaires : suivi de la température, de l'hygrométrie, de la durée d'humectation. Conditions météorologiques (pluies annoncées) Croissance du végétal Risques de contaminations-Projection des ascospores	Prévisions météo Observations dans les parcelles (croissance du végétal) Informations diffusées par les techniciens.		Bayer [15].	1
Du stade C-C3 à la fin de la période de risque (cf. critère de décision et déclinaisons)			Du début de la projection des ascospores, après la période de rémanence de l'intervention précédente, avant chaque pluie et jusqu'à ce que la totalité du stock d'ascospores de l'année ait été projeté, réaliser une intervention fongicide. Si lessivage, réaliser une nouvelle intervention même si la rémanence du produit n'est pas finie	Rémanence des produits utilisés Eventuels lessivages Prévisions météorologiques Stock d'ascospores projetables, contaminations (début de projection des ascospores : à maturité des périthèces)	Evaluation de la situation via : - Modèle SRPV, qui enregistre des contaminations - stock d'ascospores projetables calculé par des modèles et diffusés par des bulletins	Recueillie pour l'Ardèche en 2007	TRON <i>et al.</i> , 2007e, 2007h, 2007k <i>et</i> 2007l ;	1
Période de protection du verger contre la tavelure (contamination I et II) (cf. RdD impliquées)	Opportunité d'intervention contre les contaminations II		Si une contamination intervient et si le verger n'est pas protégé à ce moment-là, alors intervenir : • Pendant les contaminations I, "en stop" (dans les 24h). Si cette intervention n'est pas faite, alors intervenir en curatif dans les 3 jours ; • Pendant les contaminations II, en stop Sinon, impasse.	Contamination : pluie ou humectation de plus de 8h Autres interventions fongicides (préventives)	Observations météo	Recueillie pour l'Ardèche en 2007 Produit de contact disponible (pour intervention dans les 24h) IBS disponible (intervention dans les 3jours)	TRON <i>et al.</i> , 2007i <i>et</i> 2007d	1

Ces RdD n'ont pas d'objectif explicitement énoncé en termes de tolérance aux dégâts, dommages et pertes. Ces règles de décision sont des RdD essentiellement fondées sur la prise en compte de facteurs climatiques propices au développement des maladies, mais elles sont rarement déclinaées en fonction des sensibilités variétales ou d'autres éléments du système de culture qui pourraient influencer sur le développement de la maladie (type de sol, mélanges variétaux, proximité des plants, méthodes prophylactiques mises en œuvre). Seule une RdD cadre considère une partie de ces facteurs (type de sol, mesures prophylactiques) à travers la mesure de l'inoculum.

i. Les interventions fongicides contre les contaminations primaires

En automne, les feuilles tavelées tombent, avec des périthèces. Durant l'hiver et jusqu'au printemps, ils mûrissent et se remplissent d'ascospores. Une faible pluie suffit alors à déclencher leur projection (Crete, 2007). Une fois les ascospores projetées, la contamination des pommiers dépend alors de la température et de l'humectation. Les contaminations primaires ont lieu à partir du stade C du pommier.

Il y a donc trois facteurs de variation de l'importance d'une contamination de tavelure à la parcelle :

- La quantité d'inoculum à la parcelle
- L'importance de la projection des ascospores en fonction des conditions climatiques (température, pluies) et du stock d'ascospores projetables (correspondant à la quantité de spores à maturité lors de la pluie – quantité d'ascospores projetés)
- L'intensité de la contamination de ces spores projetées, qui dépend des conditions météorologiques (durée d'humectation).

Tant que la totalité du stock d'ascospores n'a pas été projetée, il est possible qu'une contamination primaire ait lieu. Afin d'évaluer ces projections, il existe des modèles (Melchior®, Rimpro®), mais aussi des stations avec des capteurs de spores (Cazaubon, 2011e). Ces informations sont diffusées aux agriculteurs dans les BSV et autres bulletins techniques, surtout dans les régions où il existe des réseaux tavelure.

Nous avons relevé deux méthodes de gestion de la protection contre les contaminations primaires.

La première méthode (TRON *et al.*, 2007k et 2007l) pour laquelle nous avons recueilli 4 RdD correspondant à 4 RdD cadre (Tableau 140) diffusées dans le Nord-Ouest de la France (Pays de la Loire, Bretagne, Normandie), et en Ardèche en 2007⁹⁵, consiste à décider des interventions en fonction de la **sensibilité variétale**, de la coïncidence **du stade sensible** (à partir du stade C-C3 du pommier), **de l'intensité de la projection des ascospores** (mesurée par des pièges et/ou évaluée par des modèles qui déterminent la maturité des périthèces de tavelure, comme Melchior®, ou encore estimée en fonction du stock d'ascospores projetables), de la **croissance du pommier** et des **conditions climatiques** favorables à la germination de ces ascospores (pluie). Ainsi, durant la période de sensibilité des cultures, et tant que les ascospores sont projetées (à partir de 5% de projection du stock, jusqu'à 100%), il s'agit d'intervenir à chaque épisode climatique contaminant.

La deuxième méthode pour laquelle nous avons recueilli 3 RdD correspondant à une RdD cadre (cf. Tableau 141, Tableau 142 et Tableau 143) consiste à prendre en compte, en plus, **l'inoculum de la parcelle** et à **affiner le critère météorologique**. Cette méthode a été définie par Mills, Olivier, et

⁹⁵ Signalons qu'en Ardèche à l'heure actuelle, la méthode de raisonnement des interventions préconisée contre la tavelure est la 2^{ème} (Oliver Mills et Lefeuvre) diffusée dans les BSV Rhône-Alpes

reprise par Lefeuvre (Lamarche, 2011 ; Larson-Lambertz, 2011g, Brun *et al.*, 2010). Il s'agit, pour chaque agriculteur, de déterminer son niveau de tolérance aux risques climatiques (cf. Tableau 142), appelé « seuil d'intervention tavelure » ou « courbe de Mills » en fonction du stock d'inoculum initial mesuré à la parcelle à l'automne, de la variété, et enfin du niveau de projection d'ascospores au moment de l'épisode climatique en question. Durant la campagne, les BSV diffusent les niveaux de risque atteints, en fonction de la courbe de Mills (cf. Figure 11), et le niveau de projection des ascospores. Ainsi, un agriculteur qui a une variété peu sensible et qui a observé un inoculum d'automne moyen dans sa parcelle sera face à différentes situations, à partir du début de projection des ascospores (information mesurée par des stations et/ou évaluée par des modèles, et diffusée dans les BSV) :

- En cas de projection des ascospores faible l'agriculteur n'interviendra que si les conditions climatiques sont telles que le risque défini par la courbe de Mills est « Grave » ;
- En cas de projection des ascospores forte, l'agriculteur interviendra dès lors que les conditions climatiques engendreront un risque « Moyen », et a fortiori, « Grave », information diffusée dans les BSV.

Dans l'exemple présenté Figure 11, si entre le 17 et le 19 avril les projections d'ascospores sont faibles, l'agriculteur n'interviendra pas (car les courbes de Mills atteintes sont les courbes Léger et Moyen alors que son « seuil » est Grave), tandis que si la projection des ascospores est importante il aura atteint son « seuil » qui sera alors Moyen, et interviendra. Cette RdD cadre pour décider des interventions fongicides a été recueillie dans différents BSV et documents d'expérimentation, et a été validée et modifiée pour les vergers de production de pommes de table par Lefeuvre (1995). Elle a été adaptée par Pouvreau et al en 1996 aux vergers cidricoles de Normandie. (Benoit M. *et al.*, 2009 ; Brun *et al.*, 2007 ; Simon *et al.*, 2011).

Figure 11 : Exemple de l'estimation du risque tavelure par modélisation en Corse (FREDON Corse, 2008) : courbes de Mills (non modifiées par Lefeuvre)

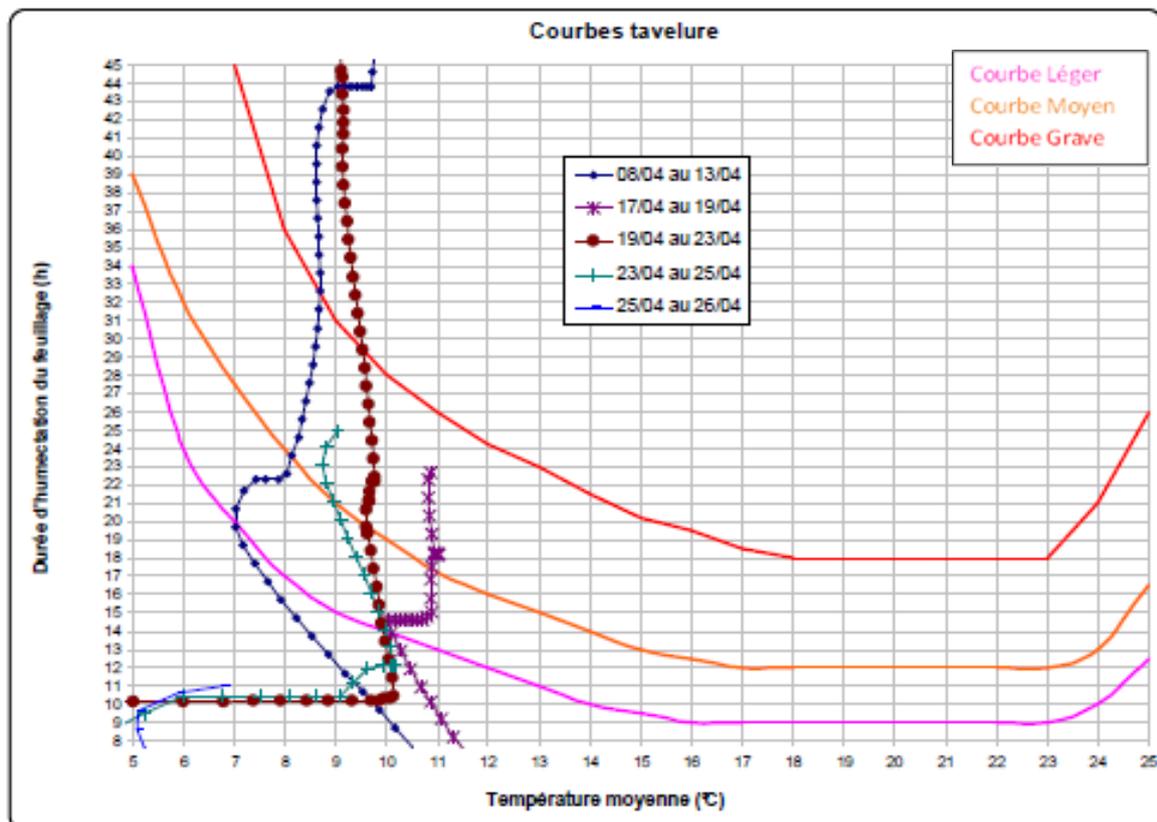


Tableau 141 : Règles de décision cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre les contaminations primaires de la tavelure du pommier –Partie 2-, avec les méthodes de Mills et d'Olivier

Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
Stade C à C3 (printemps)	Choix du niveau de tolérance au risque	Objectifs correspondants aux SdC BIO, ECO et RAI dans les déclinaisons des essais BioREco ⁹⁶	Déterminer le niveau de tolérance de la culture au risque tavelure ou le seuil d'intervention selon le tableau Olivier modifié (cf. Tableau 142). En fonction de l'intensité des projections d'ascospores, si ce niveau de tolérance (« seuil d'intervention ») est atteint, réaliser une intervention fongicide, sinon impasse	Diagnostics du risque diffusés dans les bulletins d'information Niveau de tolérance au risque (seuil d'intervention ou courbe de Mills →cf. choix du « seuil d'intervention » de Mills) Niveau de projection d'ascospore	Niveau de risque diffusé dans les BSV : • Courbe de Mills atteinte (variables d'entrée de la courbe : température et durée d'humectation ; variables d'entrée du « seuil » : tolérance variétale et inoculum →cf. choix du « seuil d'intervention » ou courbe de Mills Tableau 142) • Projection des ascospores mesurée en station ou déterminée par le Modèle Melchior (en fonction de la maturité des périthèces)	Recueillie pour le Nord-Ouest Déclinaison pour les SdC de l'essai Bioreco de l'INRA de Gotheron, variété Melrose ⁹⁶ ; système Bio et Eco : du stade C-C2 jusqu'à ce que 95% des ascospores soient projetés la projection des ascospores est jugée forte ; Déclinaison pour les vergers cidricoles (seuil d'intervention différent)	Lamarche, 2011 Larson-Lambertz, 2011g Brun <i>et al.</i> , 2010	3

Tableau 142 : Tableau Olivier (1986) modifié par Lefeuvre (1995) : choix d'une courbe de Mills comme seuil d'intervention ; détermination du niveau de risque tavelure à partir duquel intervenir (appelé seuil) : angers, léger, moyen ou grave. (X : indéfini)

Variété	Très sensible			Moyennement sensible			Peu sensible		
	Léger	Moyen	Dense	Léger	Moyen	Dense	Léger	Moyen	Dense
Inoculum d'automne									
Intensité des projections d'ascospores (modélisation)	Faible	Moyen	Léger	Grave	Moyen	Léger	X	Grave	Moyen
	Forte	Léger	Angers	Angers	Léger	Léger	Léger	Grave	Moyen

Tableau 143 : Tableau Olivier (1986) modifié par Lefeuvre (1995) adapté aux vergers cidricoles (Pouvreau *et al.*, 1996 cité dans Benoît *et al.*, 2009)

Variété	Sensible			Peu sensible		
	Léger	Moyen	Dense	Léger	Moyen	Dense
Inoculum d'automne						
Intensité des projections d'ascospores (modélisation)	Faible	Grave			Grave	Assez grave
	Forte	Grave	Léger		Grave	Assez grave

Tableau 144 : Règles de décision cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre les contaminations secondaires de la tavelure du pommier

Echelle temporelle	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation /outil	Champ de validité / Déclinaisons	Source	Nb RdD
Fin contamination primaire – récolte (cf. critères de décision)	Objectifs correspondants aux SdC BIO, ECO et RAI dans les déclinaisons des essais BioREco ⁹⁶	Si taches (cf. déclinaisons), et si annonce de pluie contaminante, alors intervenir Sinon, impasse.	Contamination I finie / période de contamination II Observation de taches de tavelure dans le verger Prévision de pluie contaminante : précipitations entraînant une humectation de plus de 8h	Observations au champ Météo	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Ardèche</u> : dès présence de tache • <u>Drome</u>, dans les SdC de l'essai BioREco⁹⁷, INRA de Gotheron⁹⁶ : <ul style="list-style-type: none"> ○ modalités BIO + ECO Melrose : Seuil nb de feuilles tavelées= 2% ○ modalités RAI et ECO sauf Melrose : Seuil nb de feuilles tavelées=1% • <u>Midi-Pyrénées</u> : <ul style="list-style-type: none"> ○ Variété sensible : nb de pousses tavelées = 1% ○ Variété peu sensible : nb de pousses tavelées = 5% 	TRON <i>et al.</i> , 2007d et 2007e Brun <i>et al.</i> , 2009, Simon <i>et al.</i> , 2011 (Ctifl, 1996) Cazaubvon, 2011a	5

⁹⁶ Ces RdD ont été utilisées dans une expérimentation système (essai BioREco, INRA de Gotheron, Drôme) dans un contexte particulier, à un moment donné ; elles n'ont pas de visée générique
Objectifs des SdC de l'essai BioREco de l'INRA de Gotheron, Drôme :

- **RAI** : Limiter les effets non intentionnels ; intervenir à bon escient, productif sans prise de risque, efficacité privilégiée
- **ECO** : Préserver l'équilibre ; Limiter les intrants, lutte chimique en dernier recours, prise de risques contrôlée
- **BIO** : production en agriculture biologique ; préserver l'équilibre, optimiser les intrants, gérer les verrous techniques

⁹⁷ Un protocole d'observation très précis est défini et détaillé dans les SdC de l'essai BioREco (INRA Gotheron, Drôme)

Pour déterminer l'inoculum d'automne à prendre en compte dans l'identification du « seuil d'intervention » à appliquer, nous avons recueilli plusieurs méthodes. Il se mesure souvent à partir de notation sur l'intensité des symptômes de tavelure sur les feuilles, observées à la parcelle à l'automne, avant leur chute. Les notes données aux feuilles sont recensées afin de quantifier l'inoculum total de la parcelle (F, faible : total de la surface tavelée de la pousse \leq surface d'une feuille ; I, intense : si les taches de tavelure confluent). La méthode d'échantillonnage de la parcelle est la suivante : il faut prélever 2 feuilles au hasard, sur 100 pousses (2 pousses de l'année de 50 arbres de la variété la plus sensible prises au hasard dans la parcelle) ; les 2 faces sont alors examinées.

D'autres méthodes existent pour quantifier l'inoculum de la parcelle :

- Méthode de comptage séquentielle (McHardy et al 2000 et 2001 cité dans Crete 2007 et Agrométéo en ligne) : échantillonnage progressif qui se poursuit ou non en fonction des observations, très opérationnel mais qui ne prend pas en compte la sensibilité variétale ;
- PAD (Gadoury et Mc Hardy 1986, cité dans Crete 2007) qui quantifie le nombre d'ascospores au m², méthode très précise mais peu opérationnelle et qui atteint un degré de précision superflue ;
- Méthode standard (Crete 2007 et Agrométéo en ligne) : qui prend en compte un % de feuilles tavelées et la sensibilité variétale mais pas l'intensité des symptômes, et qui ne semble pas avoir fait l'objet de validation.

Dans la pratique, cet inoculum est rarement mesuré dans chaque parcelle par les agriculteurs. Souvent, ils se basent sur les mesures réalisées par des techniciens dans des parcelles qu'ils considèrent comme des références par rapport aux leurs.

Quelle que soit la RdD utilisée pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre la tavelure du pommier, ces interventions sont généralement préventives, mais peuvent être curatives. Il en existe trois types, qui correspondent à des types de produits différents (Crete, 2007 ; Simon et Alaphilippe, 2011, Brun et al 2010, Giraud, 2002) :

- Les interventions « en préventif » : ces interventions sont effectuées avant les contaminations et sont les plus nombreuses ;
- Les interventions « en stop » : ces interventions sont réalisées juste après les contaminations mais avant la pénétration des ascospores dans la cuticule. Elles sont faites ponctuellement pour limiter les risques de résistance ;
- Les interventions curatives : quand les ascospores pénètrent dans la cuticule. Ces interventions sont limitées au maximum, afin de limiter le développement de résistances.

La majorité des interventions sont préventives, mais elles peuvent être alternées avec des interventions « stop » et/ ou curatives pour limiter le développement de résistance ou en rattrapage quand l'intervention préventive n'a pas pu être effectuée ou quand elle a été lessivée. Dans la pratique, la méthode de Mills et Olivier est rarement utilisée en préventif. Les éléments nécessaires pour renseigner ses critères de décision sont extrêmement précis, et donc rarement accessibles via des prévisions météorologiques déjà incertaines. Signalons toutefois une exception, celle de l'essai système de l'INRA de Gotheron : le statut d'expérimentation de ces cultures, ainsi que le climat particulier de cette région permettent l'utilisation de cette méthode pour raisonner les interventions fongicides préventives contre les contaminations primaires de la tavelure à l'aide de la méthode de Mills et du tableau Olivier. Cette méthode est parfois utilisée pour les interventions « en stop » mais c'est rarement le cas, à cause de sa lourdeur.

ii. Les interventions fongicides contre les contaminations secondaires de la tavelure du pommier

Nous avons recueilli 5 RdD correspondant à 1 RdD cadre pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre les contaminations secondaires de la tavelure du pommier.

A la fin de la période de contamination primaire, un diagnostic est effectué au niveau de la parcelle. Si le nombre de feuilles tavelées indique une contamination primaire significative, alors une protection est mise en place pour les éventuelles contaminations secondaires. Sinon, la protection fongicide contre la tavelure peut prendre fin. Cette règle de décision a comme critère principal l'observation de dégâts (sur feuilles et sur fruits) à la parcelle. Nous avons recueilli des seuils différents, dans des régions différentes et pour des sensibilités variétales différentes : un seuil a été recueilli en Ardèche sans modalité d'échantillonnage pour l'observation, deux autres ont été recueillis à l'INRA de Gotheron avec une méthode d'échantillonnage très précise et un comptage du nombre de feuilles tavelées et deux autres en Midi-Pyrénées, avec un comptage du nombre de pousses tavelées.

Il semblerait (BASF [2]) que le champignon responsable de la tavelure ait développé des résistances, et que les variétés actuelles de pommier les plus cultivées soient particulièrement sensibles à la tavelure.

Il existe différentes techniques alternatives à la lutte chimique pour gérer la tavelure de la pomme. Certaines sont en cours de validation, d'autres ont des effets partiels. Nous citerons comme techniques à effets partiels, (Crete, 2007 ; Lamarche, 2011a), par exemple :

- le broyage des feuilles chutées, leur retrait du champ, ou leur enfouissement,
- la pulvérisation foliaire d'urée à l'automne, après les récoltes mais avant la chute complète des feuilles,
- les techniques qui favorisent l'activité des vers de terre (pour décomposer la litière) sachant que cette activité est défavorisée par l'utilisation de pesticides,
- et enfin la limitation de la croissance des pousses.

D'autres techniques alternatives pourraient être développées, en particulier du côté de la lutte biologique : en termes de pistes de travail (Crete, 2007), le *Pseudomonas fluorescens* est un antagoniste de la tavelure naturellement présent dans les vergers de pommiers, mais il n'y a pas encore de travaux pour mettre cela en pratique en lutte biologique (Crete, 2007), et *Athelia bombacina* ou *Microsphaeropsis ochracea* sont des antagonistes que l'on peut pulvériser, mais il n'y a pas actuellement de produit homologué en France qui ait été développé dans ce sens.

Il existe une méthode de lutte biologique à effet partiel contre la tavelure, qui a également un effet contre le feu bactérien, à l'aide d'un stimulateur de défenses naturelles, de *Bacillus Subtilis* (ACTA, 2012).

Tableau 145 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium du pommier

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision / Seuil	Observation/ outil	Champ de validité / Exple déclinaison	Source	Nb RdD
Avant fleur jusqu'à fin de période de croissance active des pousses ⁹⁸	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide	Opportunité d'intervention fongicide contre la tavelure et choix de produit Prophylaxie à la taille d'hiver	Objectifs correspondants aux SdC BIO, ECO et RAI dans les essais BioREco ⁹⁹	Après fleur : si seuil atteint, alors intervenir avec une stratégie fongicide à 2 traitements ; sinon, si absence de traitement tavelure avec un fongicide efficace contre l'oïdium, alors contrôler après 2 semaines ; Sinon (si seuil non atteint et si le traitement tavelure se fait avec un fongicide efficace contre l'oïdium) impasse	% de feuilles oïdiées	Contrôle visuel au verger des 5 dernières feuilles déroulées de 100 pousses en croissance = 2 pousses / arbre hors foyers primaires x 50 arbres au hasard /parcelle ; notation présence /absence de foyers secondaires (taches) sur feuilles	Essai BioREco, SdC BIO et ECO⁹⁹ : • Dans toute situation, impasse avant fleur. • Seuil d'intervention après fleur : 5% Essai BioREco, modalités RAI : • Avant fleur (contre les foyers primaires) : intervenir systématiquement • Seuil d'intervention après fleur : 2%	Audemard <i>et al.</i> 1993 in Simon et Alaphilippe, 2011 Brunet <i>al</i> 2010	2
A partir du stade C-C3	Parcelle	Positionnement des interventions	Routine interventions fongicides		Si infestation grave, intervenir 2 fois à moins de 5 jours d'intervalle avec du soufre, sinon, continuer la routine (<i>comment mesurer/évaluer la gravité de l'infestation ?</i>)	Infestation grave	Observation au champ	Recueillie pour l'AB	<i>Petit JL, 2010b et 2012a</i>	1
A partir du stade E	Parcelle	Positionnement des interventions			En fonction des lessivages et suivant l'évolution de la végétation, positionner les interventions en préventif. (<i>Comment quantifier et hiérarchiser ces critères ?</i>)	Evolution de la végétation	Observation au champ	Recueillie pour l'Ardèche	TRON <i>et al.</i> , 2007j	1
Fin floraison (à partir du stade E / E2)	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide			Selon les critères de décision, réaliser une estimation du niveau de risque à la parcelle (faible, moyen, élevé). (<i>Comment quantifier et hiérarchiser ces critères ?</i>) Selon le modèle ADEM (données CIRAME) seuls les vergers à risque élevés doivent être protégés en cette période fin floraison, croissance active des pousses	Dégâts observés en année n-1 Sensibilité variétale	Observation au champ l'année précédente / Modèle ADEM (var. entrée : conditions climatiques, sensibilité variétale, stade phénologique, et inoculum renseigné par observation au champ)	Recueillie pour PACA	Berud <i>et al</i> 2011d	1
A partir du stade G		Opportunité d'intervention fongicide	Intervention tavelure		Si intervention contre la tavelure avec un IBS, alors ne pas intervenir également contre l'oïdium.	Intervention avec un IBS contre la tavelure		Recueillie pour la Drôme, l'Ardèche et l'Isère	Chaussabel <i>et al.</i> , 2011	1
D'avril à juin jusqu'à fermeture de la pousse	Parcelle				Classer la parcelle en fonction de son niveau de risque. Selon le modèle ADEM (données CIRAME) seuls les vergers à risque élevés doivent être protégés. Dans les vergers où la fermeture de la pousse est effective (peu poussant) et en l'absence de tache il n'y a pas de risque.	Niveau de risque parcellaire : présence d'oïdium en verger Croissance des arbres	Observation au champ Modèle ADEM (var. entrée : conditions climatiques, sensibilité variétale, stade phénologique, et inoculum renseigné par obs. au champ)	Recueillie pour PACA	Berud <i>et al</i> 2011a <i>et</i> 2011b	1
cf. déclinaisons		Opportunité d'intervention fongicide			Protection systématique jusqu'à la fin de la pousse active Puis, si vergers sans présence de taches sur feuilles à l'arrêt de croissance des pousses, alors stopper la lutte.	Sensibilité variétale Pousse active Taches sur feuilles	Liste des principales variétés sensibles dans le document	Recueillie pour : Drôme, Ardèche et Isère <u>Si variété sensible</u> , alors débiter la lutte dès le stade E. <u>Si variété peu sensible</u> , alors débiter la lutte au stade F3-G.	Chaussabel <i>et al.</i> , 2011.	2
Débourrement -floraison		Opportunité et nombre d'interventions fongicide	Intervention visant la qualité de l'épiderme		Si la parcelle n'est pas contaminée par l'oïdium, pas d'intervention spécifique; Sinon, intervention dès le débourrement ; la propreté de la parcelle est estimée sur une échelle de 0 à 2 : 0 : pas d'oïdium ; 1 : quelques pousses oïdiées ; 2 : plusieurs pousses par rang. Dans tous les cas, intervention au soufre avant floraison	Observation de dégâts Historique des attaques d'oïdium	Echelle de contamination de 0 à 2 ; 0 : pas d'oïdium 1 : quelques pousses oïdiées 2 : plusieurs pousses par rang oïdiées	Recueillie pour la Basse Durance	P. Borioli, com. Pers	1

98 Pour évaluer les stades, observation de 100 organes/50 arbres en les répartissant entre bois de 2 ans et brindilles couronnées. Stade atteint s'il correspond à celui de 75 % des organes observés (Lamarche, 2011 ; Larson-Lambertz, 2011e)

99 Ces RdD ont été utilisées dans une expérimentation système (essai BioREco, INRA de Gotheron, Drôme) dans un contexte particulier, à un moment donné ; elles n'ont pas de visée générique ; objectifs des SdC de l'essai BioREco de l'INRA de Gotheron, Drôme : **RAI** : Limiter les effets non intentionnels ; intervenir à bon escient, productif sans prise de risque, efficacité privilégiée / **ECO** : Préserver l'équilibre ; Limiter les intrants, lutte chimique en dernier recours, prise de risques contrôlée / **BIO** : production en agriculture biologique ; préserver l'équilibre, optimiser les intrants, gérer les verrous techniques

b. L'oïdium du pommier

Pour les systèmes de culture à conduite raisonnée de vergers de la variété Golden Delicious¹⁰⁰ (INRA, 2009c, données de calendriers culturaux en France pour 2006 et/ou pour 2005 à 2007 suivant les données disponibles, corrigées à dire d'experts), la tavelure fait l'objet de 68 et 85% de l'IFT fongicide. L'oïdium représente ainsi au maximum entre 32 et 15% de l'IFT fongicide. Rappelons que la moyenne nationale de l'IFT fongicide tous systèmes de culture confondus en arboriculture fruitière s'élevait alors à 21.1 (INRA, 2009c).

L'oïdium est une maladie qui s'exprime à différents niveaux : il provoque des dégâts sur fruits et un affaiblissement de l'arbre (INRA, 2009c). Nous classerons donc ce bioagresseur dans les bioagresseurs à nuisibilité secondaire. De plus, il est inféodé à la parcelle : durant l'hiver, il se conserve dans les bourgeons. Au printemps ont lieu les contaminations primaires qui produisent des conidies et engendrent des foyers secondaires (Bayer [19]).

Beaucoup d'interventions se font de manière systématique et ne se raisonnent pas en fonction de l'état de la parcelle ou des conditions annuelles. Voici un exemple de conseil qui n'a pas été répertorié comme règle de décision dans le cadre de ce recueil : « Le début de sensibilité est le stade E. Intervenez en préventif dès ce stade atteint » (Tron *et al.*, 2007k). Dans ce cas, quelle que soit la situation de la parcelle et les conditions annuelles, l'intervention se fera au même stade phénologique, et nous ne nous sommes pas attardés sur ce type de conseil.

Nous avons toutefois recueilli 10 RdD d'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium, synthétisables en 8 RdD cadre. Deux des huit règles de décision cadre recueillies ont pour objet le positionnement des interventions :

- L'une vise à pallier au lessivage des fongicides appliqués, et à renouveler la protection chimique plus tôt dans ce cas ;
- L'autre, en agriculture biologique, vise à renouveler la protection chimique plus tôt dans les cas où la maladie se développe, malgré la protection fongicide systématique mise en place (« en cas de forte attaque »).

La première règle de décision cadre décrite dans le tableau a pour objet de décision l'opportunité d'intervention chimique contre cette maladie. Signalons toutefois que même si cette règle de décision est en partie diffusée dans la vulgarisation scientifique, elle n'est pas encore, à notre connaissance, diffusée dans des brochures de conseil technique. Il s'agit en effet de RdD utilisées pour le pilotage de systèmes de culture en expérimentation à l'INRA, à l'unité expérimentale de Gotheron (Brun *et al.*, 2010 ; Simon *et al.*, 2011).

Nous avons aussi recueilli quelques méthodes pour diagnostiquer un risque à la parcelle. Lorsque ce risque n'était pas relié à différentes options, nous n'avons pas considéré ces méthodes d'évaluation de risque comme des règles de décision, même si elles en ont la forme. Par exemple (Lamarche, 2011b et 2011h ; Larson-Lambertz 2011e et 2011c) :

« En période de pousse du pommier, si les conditions météorologiques sont humides et douces, le risque sera plus important. » « Gérer les parcelles en fonction de la sensibilité variétale, de la croissance de végétation (plus la végétation croît), et des symptômes observés les années précédentes ».

¹⁰⁰ Niveau 1 Raisonnement des traitements sur la base de seuils ou de modèles épidémiologiques Agriculture raisonnée

Ce type d'informations sur les différents facteurs favorables au développement de l'oïdium est très important ; cependant dans l'exemple donné, la manière de mobiliser cette information pour aboutir à une décision n'est pas explicitée et ne constitue donc pas une règle de décision.

Par contre, nous avons recueilli 3 RdD (Berud *et al.*, 2011a, 2011b et 2011d, Tableau 135 ; P. Borioli, com. Pers., Tableau 145) qui proposent, de manière plus ou moins précise, de diagnostiquer un risque à la parcelle et qui relie ensuite ce diagnostic, à travers un modèle (ADEM ou une échelle qui en dérive, élaborée par le GRCETA Basse-Durance), à une décision. Leurs critères de décision sont : observation de dégâts l'année en cours pour l'une, et/ou l'année précédente pour l'autre, ainsi que date, sensibilité variétale et croissance des arbres. Ce modèle, mis au point en Angleterre en 1993 (CA 13, 2008) et validé et utilisé en Normandie à la fin des années 90, a fait aussi l'objet d'une validation expérimentale en Savoie (Navarro et Géa, 2008). Il s'agit d'un outil qui modélise la progression de l'infection et de la sporulation des contaminations secondaires d'oïdium. Ses données d'entrées sont les conditions climatiques (températures, pluies, hygrométries et durée d'humectation du feuillage), la sensibilité variétale, le stade phénologique, et le niveau d'inoculum du champignon. Cet inoculum est constitué d'un inoculum primaire (Navarro, 2007) (déterminé en fonction du % de bourgeons oïdiés au stade E-E2 et du % de pousses actives oïdiées au stade H) et d'un inoculum secondaire (pendant la période de croissance : % de pousses avec au moins une feuille oïdiée). Il se mesure donc tout au long de la campagne.

L'outil donne alors une prévision de l'oïdium infectieux, c'est-à-dire un pourcentage de taches sporulantes, et, associé à une grille de décision (cf. Tableau 146), permet de décider de la stratégie de lutte à adopter. Nous n'avons pas recueilli cette grille de décision dans les documents diffusés aux agriculteurs.

Tableau 146 : Grille de décision d'intervention fongicide contre les contaminations secondaires d'oïdium (d'après Navarro et Géa, 2008).

		Sensibilité variétale du pommier		
		Sensible	Moyen	Peu sensible
Inoculum d'oïdium	Fort	Si % de taches sporulantes : <ul style="list-style-type: none"> >8% : renouveler tous les 7 jours Entre 4 et 8% : renouveler tous les 10 jours <4% renouveler tous les 15 jours 	Si % de taches sporulantes : <ul style="list-style-type: none"> >8% : renouveler tous les 7 jours Entre 4 et 8% : renouveler tous les 10 jours <4% impasse 	Si % de taches sporulantes : <ul style="list-style-type: none"> >8% : renouveler tous les 7 jours Entre 4 et 8% : renouveler tous les 10 jours <4% impasse
	Moyen			
	Faible	Si % de taches sporulantes : <ul style="list-style-type: none"> >8% : renouveler tous les 7 jours Entre 4 et 8% : renouveler tous les 10 jours <4% impasse 	Impasse	Impasse

D'après Navarro et Géa (2008), après 3 années d'utilisation, les décisions du modèle ADEM semblent validées pour la protection des vergers de pomme contre l'oïdium, tout en permettant de réduire de 50 à 80 % le nombre de traitements chimiques spécifiques réalisés. D'après les experts consultés, cet outil est extrêmement complexe et difficile à manier. Il semble, à l'heure actuelle, peu utilisé.

Pour maîtriser l'oïdium, il existe des techniques alternatives à la lutte chimique, et notamment le choix de variétés résistantes qui peuvent permettre une impasse, ou encore l'arrachage de pousses contaminées (Lamarche, 2011g ; Larson-Lambertz, 2011b). Ces mesures permettent de diminuer l'inoculum. Leurs effets sont donc pris en compte dans les RdD d'opportunité d'intervention chimique qui utilisent le modèle ADEM et la grille d'intervention associée.

Tableau 147 : Exemples de quelques règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité de lutte chimique commune des pathogènes du pommier

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision / Seuil	Observation/ outil	Champ de validité / Exple déclinaison	Source
Nombreux champignons			Opportunité d'intervention fongicide	Limiter le développement des champignons	Si dégâts faibles, alors intervenir le plus vite possible dès que le végétal est ressuyé et dans les 24h maximum après la grêle. Si blessures importantes sur rameaux et charpentières (tout particulièrement sur jeunes vergers), alors envisager par ailleurs des interventions cupriques d'automne et de fin d'hiver. Sinon, impasse. <i>(Quelle quantification des dégâts ?)</i>	Grêle (observation météo) Observation des dégâts provoqués par la grêle sur bois, fruits et feuilles	Observations au champ	Recueillie en Ardèche Vergers ayant subi des dégâts de grêle	TRON <i>et al.</i> , 2007g
Divers maladies et ravageurs dont tavelure, pucerons, etc.	Débourrement		Opportunité d'intervention phytosanitaire	Réduire les différents inoculums	Si problèmes sanitaires durant la saison précédente, alors intervenir au moment du débourrement en effectuant un traitement de nettoyage (cuivre, bouillie bordelaise,...). Sinon impasse <i>(Quelle description et quantification des problèmes sanitaires ?)</i>	Problèmes sanitaires durant la saison précédente		Recueillie pour l'AB	Petit et GRAB 2010c, et 2012b

c. Les autres pathogènes du pommier

A titre d'exemples, nous avons recueilli 2 RdD générales contre les pathogènes du pommier : l'une, vise à limiter le développement des champignons en général, l'autre, vise à maîtriser l'état sanitaire du verger en général, et qui vise à réduire les différents inocula.

2. Les ravageurs principaux du pommier

L'IFT insecticide de la pomme est en moyenne pour la France de 10.9, et 4.5 pour les autres produits (herbicides contre les adventices 1.8, éclaircissants 2.5, acaricides 0.3, ... pour les systèmes de culture en protection raisonnée)¹⁰¹ (INRA, 2009c).

Les ravageurs principaux concernés par ces traitements sont (Aubertot *et al.*, 2005) :

Acarie

- Acarien rouge *Panonychus ulmi* sur différentes cultures fruitières ;
- Acarien jaune *Tetranychus urticae*, surtout pêcher et abricotier ;

Insectes (principales espèces)

- Pucerons
 - Puceron lanigère *Eriosoma lanigerum* ;
 - Puceron vert du pommier *Aphis pomi* ;
 - Puceron cendré du pommier *Dysaphis plantaginea* ;
- Cochenilles
 - Pou de San Jose *Diaspidiotus perniciosi* ;
- Coléoptères
 - Divers scolytes ;
 - Divers charançons ;
 - Anthonomes ;
- Lépidoptères
 - Carpocapse des pommes *Cydia pomonella* ;
 - Tordeuse orientale *Cydia molesta*, secondaire sur pommiers ;
 - Tordeuses de la pelure (plusieurs espèces de *Tortricidae*) ;
 - Mineuses des feuilles, principalement *Phyllonoricter blancardella* sur pommiers et poiriers ;
 - Zeuzère *Zeuzera pirina* sur pommiers poiriers,...

Nous avons recueilli les RdD concernant l'opportunité d'intervention insecticide contre le carpocapse des pommes, et contre les pucerons cendrés et lanigères.

101 Niveau 1 Raisonnement des traitements sur la base de seuils ou de modèles épidémiologiques Agriculture raisonnée

Niveau 2 Agriculture intégrée

- Niveau 2a Technique alternative limitant les risques « ravageur »
- Niveau 2b Technique alternative limitant les risques Niveau 2 « maladie »
- Niveau 2c Combinaison de techniques

Niveau 3 Suppression de tout traitement de synthèse (conversion AB) Agriculture biologique

Tableau 148 : Règles de décision cadre recueillies pour les carpocapses du pommier – Partie 1 : toutes générations confondues (en dehors des règles issues des essais BioREco)

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Seuil/critère de décision	Observation /outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
Campagne précédente – campagne en cours	Opportunité d'intervention insecticide			Si nb de fruits piqués > 2%, alors effectuer des interventions insecticides Sinon, si nb de fruits piqués entre 0,5% et 2%, alors mettre en place une confusion sexuelle, et intervenir en modulant la lutte en fonction des observations et des périodes de risque (alternance lutte chimique et lutte bio). Si nb de fruits piqués < 0,5%, mettre en place une confusion sexuelle, et si le suivi d'infestation le justifie, alors intervenir en privilégiant la lutte biologique (granulose) sur 1 des 2 générations ; Sinon impasse.	Nb de fruits piqués en fin de la génération précédente Génération en cours : suivi des infestations en cours de génération	Observations au champ : comptage sur 1000 fruits	National	NRA SDQPV, 2007	1
Campagne	Opportunité d'intervention insecticide contre G1, G2 ou G3	Choix de produit Mise en œuvre de la confusion sexuelle		Si verger avec confusion, réaliser une intervention au pic de risque en G1 (si larvicide, pic de larves ; si ovicide, pic d'œufs) ; si dégâts observés, réaliser des interventions supplémentaires. Puis en fonction de la date de récolte, réaliser une intervention en G2. Si verger sans confusion, on couvre toute la période de risque en modulant les intervalles des interventions en fonction des dégâts observés.	Confusion sexuelle Observation de dégâts Date de récolte	Observation à la parcelle	Recueillie pour la Basse-Durance	P. Borioli com. pers	1
	Opportunité d'intervention insecticide contre G1, G2 ou G3			En tenant compte des critères de décision, intervenir au début des éclosions, avec une cadence de 10 jours. Ne pas appliquer sur 2 générations successives. <i>(Comment quantifier et hiérarchiser les critères de décision ?)</i>	Historique de l'année précédente Observations de l'année		Pour utilisation de Affirm® et Proclaim® (m.a. : emamectine benzoate)	Syngenta [2]	1
Campagne	Opportunité d'intervention insecticide			Durant les semaines où seuil de capture est atteint, intervenir avec du virus de la granulose seul (à renouveler tous les 12 jours) ou en alternance avec du BT (à renouveler tous les 10 jours) ou intervenir avec du spinosad (2-3 traitements max, par exemple sur les pics de vol, avec un délai de renouvellement de 7-10 jours).	Seuil d'intervention : 3-5 captures / semaine	Pièges installés dans les zones les plus sensibles sur la base de 1 piège pour 3-5ha.	Recueillie pour l'AB	Petit JL, 2010a	1
Campagne	Positionnement des interventions insecticides	Choix de produit ¹⁰²	Dégâts < à 1 à 2% de fruits atteints à la récolte, 0,3% à la fin de la 1 ^{ère} génération	Le choix et le positionnement des interventions s'effectuent selon les produits : • spécialités ovicides : dès le dépassement du seuil en situation de faible population ou dès les premières captures, en cas de population importante. • spécialités larvicides : il faut attendre 90 °C/jour après le dépassement du seuil. La protection s'arrête à la fin du dépassement de seuil auquel il faut ajouter : • Ovicide : durée probable de ponte des femelles (6 à 8 jours), • Larvicide 8 à 12 jours (destruction des larves des derniers œufs pondus)	1. Risque carpocapse déterminé par piégeage sexuel / Seuil (<i>valeur du seuil non recueillie</i>) 2. Produit choisi 3. Importance des populations évaluées par bandes pièges. Nb moyen de larves/ bande : - si < 1 : faible ; - de 1 à 5 : risque significatif (5% de dégâts potentiels), - > 5, population importante avec de graves dégâts	1. Captures cumulées dans les pièges sexuels : 3 relevés/ semaine ; à compléter par un contrôle visuel régulier au verger 3. Bandes pièges (2 couches de carton ondulé protégées par un grillage de nylon autour des troncs d'arbres à 0,30 m du sol ; 30 bandes/ parcelle de 4ha, dont 10 en bordures ; posées en juin et relevées en oct-nov).		Favareille, 2003a	1

¹⁰² Il existe des produits de lutte biologique. Si ces produits sont choisis pour cette intervention, il ne s'agit alors pas de lutte chimique.

a. Le carpocapse du pommier

En 2009, pour les systèmes de culture à conduite raisonnée de vergers de la variété Golden Delicious¹⁰³ (INRA, 2009c), le carpocapse fait l'objet de 70 à 75% de l'IFT insecticide. Cet insecte est donc la cause d'une utilisation considérable de pesticides. Rappelons que la moyenne nationale de l'IFT insecticide en arboriculture fruitière s'élevait alors à 10.9 (INRA, 2009c). Toutefois, d'après les experts consultés, l'importance des interventions insecticides contre le carpocapse a beaucoup baissé ces dernières années, notamment grâce au développement de techniques alternatives : confusion sexuelle essentiellement, et parfois lutte physique (filets) et/ou contrôle cultural.

Le carpocapse hiverne dans un cocon sous les écorces ou dans le sol (Cazaubon, 2011c). Il est donc inféodé à la parcelle. Les adultes de première génération émergent généralement peu après la floraison des pommiers. Il y a alors une durée d'environ 90° jours en base 10 avant l'éclosion des œufs pondus par les femelles (Cazaubon, 2011c). Ce ravageur peut provoquer une perte de récolte commercialisable pouvant aller jusqu'à 100% (INRA, 2009c). La lutte contre le carpocapse du pommier s'exerce autant pour limiter sa nuisibilité primaire (perte de récolte pour la campagne en cours) que secondaire (perte de récolte les campagnes suivantes-infestation de la parcelle).

Nous avons recueilli 22 RdD concernant l'opportunité ou le positionnement d'une intervention chimique ou biologique (virus de la granulose, bactéries Bt) contre le carpocapse du pommier. Ces RdD permettent d'ajuster le nombre d'interventions suivant un diagnostic, mais elles ne suffisent pas à elles seules à expliquer les variations des quantités de produits chimiques utilisés : elles auront un impact différent suivant le mode de lutte mis en œuvre. 11 RdD correspondant à 5 RdD cadre sont issues de l'essai BioREco de l'INRA Gotheron, et 11 RdD, correspondant à 10 RdD cadre ont été recueillies par ailleurs.

¹⁰³ Niveau 1 Raisonnement des traitements sur la base de seuils ou de modèles épidémiologiques Agriculture raisonnée d'après des données de calendriers culturaux en France pour 2006 et/ou pour 2005 à 2007 suivant les données disponibles, corrigées à dire d'experts dans INRA, 2009c

Tableau 149 : Règles de décision cadre recueillies pour les carpocapses du pommier – Partie 2 : RdD spécifiques à la 1^{ère} et à la 2^{ème} génération (en dehors des règles issues des essais BioREco)

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Seuil/critère de décision	Observation /outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
	Positionnement de la 1 ^{ère} intervention insecticide contre G1	Choix du mode de lutte (chimique/biologique)		En fonction des informations diffusées dans le bulletin (basé sur le suivi des populations) et de la stratégie choisie, positionner la 1 ^{ère} intervention. ¹⁰⁴	Suivi des populations (vols, pontes, éclosions) et choix de lutte chimique (ovicide ou larvicide)	Modèles carpocapses	Recueillie pour l'Ardèche	Tron <i>et al.</i> , 2007h	1
Période à risque (cf. critère)	Renouvellement des interventions contre G1			En fonction de la rémanence des produits ou si lessivage, lors de la période à haut risque, renouveler les interventions de manière à assurer une protection continue. ¹⁰⁴	Rémanence des produits et lessivage (météo) Période à haut risque (sensibilité du pommier et vol de carpocapse)	Modèles carpocapses	Recueillie pour l'Ardèche	Tron <i>et al.</i> , 2007f	1
	Positionnement de la 1 ^{ère} intervention insecticide contre G2	Choix de la lutte chimique contre G2		En fonction des informations diffusées dans le bulletin (basé sur le suivi des populations) et de la stratégie choisie, positionner la 1 ^{ère} intervention. ¹⁰⁴	Suivi des populations (vols, pontes, éclosions) et choix de lutte chimique (ovicide ou larvicide)	Modèles carpocapses	Recueillie pour l'Ardèche	Tron <i>et al.</i> , 2007b et 2007c	1
	Renouvellement des interventions contre G2			En fonction de la rémanence des produits et en respectant les délais avant récolte, renouveler les interventions de manière à assurer une protection continue jusqu'à la fin de la période de risque. ¹⁰⁴	Rémanence des produits Délais avant récolte Suivi des populations (vols, pontes, éclosions)	Modèles carpocapses	Recueillie pour l'Ardèche	Tron <i>et al.</i> , 2007a	1
	Opportunité d'intervention insecticide contre G2			Pression faible ou moyenne : <ul style="list-style-type: none"> si > 5 fruits /1000 attaqués par le carpocapse, alors effectuer une protection chimique dans les situations à forte pression (<i>Quelles situations exactement ?</i>) sinon, alors intervenir sur le pic des éclosions de la G2 En vergers à pression forte : Réaliser des interventions chimiques dans tous les cas (adapter les produits)	Pression (historique des dégâts) dans la parcelle /seuil : pression forte (<i>quelle quantification ?</i>) Observation à la parcelle	Observation à la parcelle	Recueillie pour la Drôme, l'Ardèche et l'Isère Pour vergers avec confusion sexuelle Déclinaison en vergers sans confusion sexuelle : Continuer la lutte chimique et rapprocher la cadence des interventions à 10 jours	Chaussabel <i>et al.</i> , 2011	2

¹⁰⁴ Produits insecticides ou moyens biologiques (ex : virus de la granulose du carpocapse des pommes et des poires)

Ces 10 RdD cadre (Tableau 148 pour les RdD communes à toutes les générations et Tableau 149 pour les RdD spécifiques à une génération) ont des objets de décision et des échelles temporelles différents :

- La 1^{ère} (INRA - SDQPV, 2007) traite une décision à caractère plus stratégique, qui se prend en amont de l'intervention, soit lors de la campagne précédente pour la première génération, soit plus tôt dans la campagne pour la deuxième génération, et qui s'ajuste en cours de campagne ; ses critères de décision sont les dégâts observés lors de la génération précédente, les dégâts de l'année en cours et les captures de carpocapses pour l'année en cours ;
- Une règle de décision (P. Borioli, com. Personnelle lors de l'atelier de travail RdD en arboriculture fruitière), consiste à moduler le nombre d'interventions en fonction des pratiques et notamment de la mise en œuvre de la confusion sexuelle, et adapte encore ce nombre d'interventions en fonction des dégâts observés ;
- Une règle de décision (Syngenta [2]) pour décider de l'opportunité d'intervention chimique quelle que soit la génération de carpocapse, mais qui est imprécise : les critères de décision (historique de la parcelle et observations), ne sont pas quantifiés ni reliés explicitement à différentes options ;
- 2 règles de décision (Petit, 2010a et Favareille, 2003a) consistent à décider de l'opportunité d'intervention insecticide contre le carpocapse (quelle que soit la génération) en fonction du nombre de carpocapses recueillis hebdomadairement dans les pièges sexuels placés dans chaque parcelle. Il a été signalé lors de l'atelier de travail que, suite à l'évolution des connaissances sur les carpocapses et à la propagation de l'utilisation de la confusion sexuelle, ces règles de décision ne sont plus utilisées à l'heure actuelle, à l'exception de quelques vergers, notamment dans des zones à très faible pression de carpocapse, comme par exemple les vergers d'altitude ;
- 4 RdD (Tron *et al.*, 2007, Tableau 149) proviennent d'avertissements agricoles, et ont des objets de décision adaptés à la date à laquelle ils sont rédigés : positionnement de la première intervention contre la première génération de carpocapse, positionnement de la 1^{ère} intervention contre la 2^{ème} génération et renouvellement des interventions. Les critères de décision sont le suivi des populations à l'échelle régionale (information diffusée dans les BSV), et le choix du produit et du mode de lutte qui va influencer sur la date d'intervention et la durée des effets de l'intervention ;
- Une règle de décision (Chausabel *et al.*, 2011, Tableau 149) a pour objectif de réduire l'inoculum et consiste à réaliser des interventions sur le sol et la base des arbres, après la chute des feuilles. Cette RdD est imprécise, son critère de décision étant « une forte pression ».

Certaines de ces règles de décision (4 RdD issues des avertissements agricoles, Tron *et al.*, 2007, Tableau 149, et une RdD du site internet Syngenta, Tableau 148), ne permettent pas réellement de raisonner l'opportunité des interventions mais plutôt de les positionner en fonction du vol, de la rémanence des produits, et des conditions météorologiques (lessivage), afin de maintenir une protection continue durant une période de risque, définie par la conjonction entre la sensibilité du pommier et le vol de carpocapse (mesuré par un suivi ou simulé par un modèle). Nous avons recueilli une seule règle de décision qui prend en compte la quantité d'inoculum dans la parcelle, à travers le piégeage à l'automne par bande (Favareille, 2003a). D'après les experts consultés, ces bandes pièges ne sont pas utilisées comme des outils pour renseigner des critères de décision, mais plus comme des outils de diagnostic d'un risque parcellaire, permettant d'améliorer la conduite culturale d'une parcelle par exemple.

Tableau 150: Exemple de la formalisation de la protection chimique contre le carpocapse du pommier sous forme de règles de décision cadre, dans une expérimentation système, l'essai BioREco, à l'INRA de Gotheron, Drôme¹⁰⁵, dans le protocole expérimental mis en place en 2011

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Seuil/critère de décision	Observation /outil	Champ de validité / Exemples déclinaisons	Nb RdD	Source
De mai à juin (G1)	Opportunité d'intervention insecticide contre G1	Choix de produit Modalité Bio et Eco : confusion sexuelle ; prophylaxie lors de l'éclaircissage manuel	Objectif : lutter contre le carpocapse, modulés en fonction des objectifs des SdC des essais BioREco ¹⁰⁵	Si seuil atteint, alors intervention. Sinon, impasse et continuer les contrôles (cf. déclinaisons).	% de pommes présentant des dégâts de carpocapse Courbes de vol et d'éclosion des populations sensibles et résistantes (RAI : dès le début des éclosions = 5% / ECO et Bio : durant le pic de vol, entre 10-15% et 80-85% d'éclosion).	% de fruits avec dégâts : A partir du début des éclosions, contrôle sur 20 fruits x 50 arbres pris au hasard tous les 10j. Vol : Modèle carpocapse INOKI (INRA-Ctifl) ; 1 piège Combo/système + 1 piège à phéromones hors zone confusée	Recueillie à Gotheron, dans le cadre de l'essai BioREco en 2011. Modalité BIO et ECO : Pendant le pic de vol/ Seuil : 0.3% Intervention de lutte biologique Modalité RAI : Protection chimique systématique durant tout le vol	2	
De mai à juin (G1)	Choix de produit contre G1	Modalité Bio et Eco : confusion sexuelle		Si intervention, choisir le produit approprié (cf. déclinaisons)	RdD opportunité d'intervention Type de conduite		Recueillie à Gotheron, dans le cadre de l'essai BioREco en 2011. Modalité BIO et ECO : Granulose (lutte biologique) Modalité RAI : Protection chimique	2	
De juillet à récolte (G2, évent. G3)	Opportunité d'intervention insecticide contre G2 et durée de protection	Choix de produit Modalité Bio et Eco : confusion sexuelle Fréquence des interventions ; prophylaxie (élimination des pommes après récolte)	Résultat attendu : faible population de larves hivernantes (seuil : 1 larve/bande piège) ou faible niveau de dégâts sur les pommes récoltées (seuil : 2%)	Durant la période de risque, si seuil atteint, alors intervenir. (cf. déclinaisons) Sinon, impasse et continuer les contrôles.	% de pommes présentant des dégâts de carpocapse Période de risque (pour prendre la décision) Courbes de vol et d'éclosion des populations (début des éclosions = 5% / pic de vol : entre 10-15% et 80-85% d'éclosion).	% de fruits avec dégâts : A partir du début des éclosions, contrôle sur 20 fruits x 50 arbres pris au hasard tous les 10j. Période de risque et vol : modèle carpocapse INOKI (INRA-Ctifl) 1 piège Combo (carpocapse) + 1 piège hors zone confusée	Recueillie à Gotheron, dans le cadre de l'essai BioREco en 2011. Modalité BIO : • dès 0.3% : intervention (ex. spinosad pour alterner produits entre générations si granulose utilisée en G1) Modalité ECO : • Entre 0.5% et 5% de dégâts : interventions pendant le pic de vol • Entre 0.5% et 5% avec forte augmentation des dégâts ou >5% : interventions pendant tout le vol Modalité RAI : Protection chimique systématique durant tout le vol	3	Simon et Alaphilippe, 2011 Simon, S et Alaphilippe, A, com. Pers.
De juillet à récolte	Choix de produit contre G2	Modalité Bio et Eco : confusion sexuelle + nématodes après récolte		En fonction du % de pommes présentant des dégâts, et des modalités de conduite, si intervention, choisir un produit approprié	RdD opportunité d'intervention contre G2 % de pommes présentant des dégâts de carpocapse Type de conduite, et choix de produit et opportunité d'intervention contre G1		Recueillie à Gotheron, dans le cadre de l'essai BioREco en 2011. Tous systèmes = alternance des familles de produits entre générations	3	
De juillet à août	Fréquence d'intervention insecticide contre G2	Choix de produit Opportunité d'intervention		Adapter la fréquence d'intervention au produit	Intervention décidée Produits choisis		Recueillie à Gotheron, dans le cadre de l'essai BioREco en 2011.	1	

¹⁰⁵ Ces RdD ont été utilisées dans une expérimentation système (essai BioREco, INRA de Gotheron, Drôme) dans un contexte particulier, à un moment donné ; elles n'ont pas de visée générique
Objectifs des SdC de l'essai BioREco de l'INRA de Gotheron, Drôme :

- **RAI** : Limiter les effets non intentionnels ; intervenir à bon escient, productif sans prise de risque, efficacité privilégiée
- **ECO** : Préserver l'équilibre ; Limiter les intrants, lutte chimique en dernier recours, prise de risques contrôlée
- **BIO** : production en agriculture biologique ; préserver l'équilibre, optimiser les intrants, gérer les verrous techniques

Les 5 RdD cadre utilisées en 2011 pour piloter l'essai BioREco de l'INRA de Gothenon sont présentées Tableau 150. Elles correspondent à des échelles temporelles différentes (en général de mai à juin, et de juillet à la récolte) correspondant aux deux générations successives de carpocapse, voire au début de la 3^e génération. Elles ont des objets de décision différents : l'opportunité d'intervention, le choix du produit (essentiel étant donné que la lutte biologique est possible), et la fréquence d'intervention. La combinaison de la mise en œuvre de ces différentes RdD conduit à l'élaboration de la protection contre le carpocapse du pommier, et à l'IFT.

Ces RdD sont très bien formalisées, car il s'agit de RdD pratiquées dans le cadre d'une expérimentation et formalisées dans un protocole. Leurs critères de décision sont essentiellement l'observation de dégâts, et la phénologie du bioagresseur connue à l'aide des courbes de vol (obtenues par modélisation), ainsi que les autres interventions réalisées et les pratiques mises en œuvre (chimique/biologique, conduite ECO/RAI/BIO...). Ces règles de décision semblent donc mieux ajustées aux conditions parcelaires dans lesquelles sont réalisées les interventions, notamment à travers l'observation des dégâts. Les interventions, pour les conduites Bio et Eco, sont décidées uniquement dans le cas où des dégâts ont été constatés et pas uniquement en fonction d'un risque estimé par la présence du bioagresseur ou plus grossièrement encore par la phase de sensibilité de la culture comme dans les autres RdD recueillies. Toutefois, ces observations semblent très coûteuses en temps (observation de 1000 fruits tous les 10 jours par parcelle).

Il existe de nombreuses méthodes alternatives à la lutte chimique pour la gestion du carpocapse dans les vergers de pommier : nous avons déjà mentionné un type de lutte biologique (granulose) mais il existe aussi la confusion sexuelle (pour les parcelles d'au moins 4 ha). L'emploi de nématodes entomopathogènes pulvérisés après récolte, en automne, sur les zones d'hivernation des larves (troncs et sol) pour les parasiter est également utilisé. Les filets d'exclusion, correspondant à une lutte physique, se développent en production et sont à l'étude. Enfin, en termes de méthodes prophylactiques, il est recommandé de piéger les insectes durant l'hiver pour diminuer l'inoculum de la parcelle, éliminer les fruits piqués durant les éclaircissements, et stocker les palox hors des vergers après récolte (INRA, 2009c).

Tableau 151 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention insecticide, à l'échelle de la parcelle, contre les pucerons cendrés

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Seuil/critère de décision	Observation /outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
Hiver Stade B à C	Parcelle			Si problèmes récurrents les années précédentes, alors intervenir. Sinon, impasse.	Problèmes récurrents de pucerons cendrés les années précédentes		Recueillie pour l'Ardèche	TRON <i>et al.</i> , 2007i	1
Stade C3 jusqu'au stade E2	Parcelle			Si critères de décision observés, alors intervenir au stade D-E. Sinon, impasse. Dans tous les cas, ne pas intervenir une fois le stade E2 atteint. (abeilles)	Présence de fondatrices Autres intervention : absence de produits à huiles	Observations au champ	Recueillie pour l'Ardèche Déclinaison AB : dès le stade C3, si présence de fondatrices intervenir en fractionnant les apports d'huile Déclinaison non AB : à partir du stade D-E si absence de traitement à l'huile ou présence de fondatrices	TRON <i>et al.</i> , 2007i et 2007k	2
Chute complète des pétales, avant fleur dans l'enherbement	Parcelle			Si présence, intervenir. Sinon, impasse. (abeilles)	Présence de pucerons cendrés	Observations au champ de 100 bouquets floraux	(Bayer : pour utilisation de thiaclopride et Spirotetramat)	TRON <i>et al.</i> , 2007h Bayer [18] et [20]	1
Campagne	Parcelle		Contrôler les populations de ravageurs et limiter les dégâts à la récolte	En année à faible infestation, si 5% de pousses infestées avant fleur, alors intervenir une seule fois en préfloraison. En année à forte infestation, dès présence de pucerons à préfloraison, intervenir, puis en post-floraison si 5% de pousses sont infestées intervenir à nouveau, sinon impasse. <i>(Comment caractériser le critère infestation ?)</i>	Niveau d'infestation de l'année % de pousses infestées par des pucerons cendrés	Observations au champ	Résultats d'un programme d'études ayant pour objectif d'élaborer un seuil d'intervention compatible avec le concept de production fruitière intégrée et restant en adéquation avec les cahiers des charges suivis par les groupements de producteurs (finalisation de l'étude en 2008). <i>(Quelle diffusion des résultats ?)</i>	FREDON Nord Pas-de-Calais, 2008.	1
Campagne (stratégique)	Parcelle			Si pression forte, alors réaliser deux interventions : une au stade C3-D et l'autre au stade E-E2. Sinon, alors réaliser une intervention au stade D-E. <i>(Comment caractériser et quantifier le critère pression ?)</i>	Pression forte		Recueillie pour l'AB	Petit JL, ARB0 BIO INFO 2010b et 2012a	1
A partir de la sortie d'hiver - stade C-C3	Parcelle			Si détection dans la parcelle de pucerons non ailés, alors intervenir. Si présence de pucerons ailés, impasse. (ils annoncent le départ des pucerons). Si absence de pucerons, impasse. Prendre en compte la présence d'auxiliaire. <i>(comment prendre en compte les auxiliaires ?) (comment évaluer./ quantifier l'évolution des foyers ?)</i>	Détection et identification dans la parcelle de pucerons (surtout les 1 ^{ères} éclosions après l'hiver qui donnent naissances aux femelles fondatrices) Présence d'auxiliaire Evolution des foyers Météo : remontée des températures favorable au développement des pucerons	Observation au champ	Recueillie pour le Nord-Ouest	Lamarche, 2011d, 2011f, 2011i ... Larson-Lambertz, 2011d ...	1

Tableau 152 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique, à l'échelle de la parcelle, contre les pucerons lanigères

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objectif	Solution	Critère de décision /Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
Campagne	Parcelle		Si seuil de nuisibilité atteint, alors intervenir en veillant à préserver les auxiliaires présents ou espérer une régulation biologique. Sinon, impasse. <i>(Comment choisir entre intervention et régulation biologique ?)</i>	10% des pousses de l'année colonisées Présence d'auxiliaires (<i>Aphelinus mali</i> , coccinelle <i>Exochomus</i>)	Observations au champ	Recueillie pour le Nord-Ouest	Lamarche, 2011g Larson-Lambertz, 2011a	1
Campagne	Parcelle		Si vergers fortement infestés (10% de rameaux touchés) : si les populations ne sont pas bien contrôlées par l'insecte parasite <i>A. mali</i> , alors intervenir ; si présence de pucerons parasités, alors impasse. Sinon, impasse. <i>(Quelle évaluation de l'intensité du parasitisme ?)</i>	10% de rameaux touchés Présence de l'insecte parasite <i>A. mali</i> / présence de pucerons parasités	Observations au champ		TRON <i>et al.</i> , 2007f, Favareille, 2003b	1
Campagne	Parcelle		Si seuil atteint, intervention dès le début de la migration des populations, toujours avant le passage sur le bois de l'année, sinon impasse.	% de rameaux touchés sur 100 pousses en juin de la campagne précédente / seuil : 10%		Pour utilisation de Spirotetramat)	Bayer [20]	1
Campagne	Parcelle		Si critères réunis, intervention, sinon impasse.	Présence sur pousse de l'année Absence de régulation l'année précédente par <i>A. mali</i>	Observations au champ	Recueillie en PACA	Berud <i>et al.</i> , 2011c et 2011d	1

b. Les pucerons du pommier

Nous avons recueilli 15 RdD, qui correspondent à 12 RdD cadre, pour lutter contre les pucerons du pommier :

- 7 RdD correspondant à 6 RdD cadre pour la lutte contre les pucerons cendrés ;
- 3 RdD correspondant à 3 RdD cadre pour la lutte contre les pucerons lanigères ;
- 3 RdD correspondant à 1 RdD cadre pour la lutte contre le cortège des pucerons du pommier.

i. Les pucerons cendrés

Les femelles de pucerons cendrés aptères pondent des œufs et les déposent dans l'écorce des pommiers avant l'hivernation. Leur éclosion se produit au printemps, et donne naissance aux fondatrices. Les dégâts vont alors être provoqués par plusieurs générations successives : dégâts primaires directs (enroulement et crispation du feuillage, blocage et déformation des fruits, déformation des pousses), primaires indirects (en cas de forte pullulation, production de miellat favorable à l'installation de la fumagine) et secondaires (l'absorption de la sève peut entraîner un affaiblissement de l'arbre et une perturbation de sa croissance). Puis apparaissent les formes ailées mâles. Ces derniers migrent alors vers le plantain, et donnent naissance à plusieurs générations, dont les ailés qui retournent sur les pommiers pour féconder les femelles (Cazaubon, 2011d ; FREDON Nord Pas-de-Calais, 2008). La plupart des RdD recueillies se fondent sur des critères de décision d'estimation d'une pression de pucerons sur le verger, soit en fonction d'observation de pucerons à la parcelle, soit en fonction d'une pression annuelle (mais sans information sur la manière d'estimer ou de quantifier cette pression). La tolérance à leur présence est très faible, à cause de leur forte nuisibilité.

Une RdD (correspondant à une RdD cadre) est plus stratégique (Tron *et al.*, 2007l) ; cette RdD permet de déterminer l'opportunité d'une intervention insecticide précoce (au stade B) en fonction d'observations du bioagresseur lors de la campagne précédente (problèmes récurrents de pucerons dans la parcelle).

Une autre RdD correspondant à une RdD cadre propose de décider de l'opportunité d'intervention insecticide avant la floraison, en prenant en compte la présence des pucerons dans la parcelle, mais aussi la présence des auxiliaires, et l'évolution des foyers de pucerons (pour traduire l'activité des auxiliaires). Cette RdD, qui semble donc mieux adaptée à la réduction de l'utilisation des pesticides en prenant ainsi en compte les régulations biologiques, reste toutefois imprécise : on ne sait pas combien d'auxiliaires peuvent autoriser une impasse, ni comment évaluer ou quantifier l'évolution des foyers. Elle a été recueillie dans le Nord-Ouest de la France (Lamarche, 2011d, 2011f, 2011i ... et Larson-Lambertz, 2011d ...).

En pratique, d'après les experts consultés, les interventions préflorales sont presque systématiques. En effet, les produits ont une curativité très faible. En post floral, les interventions sont décidées en termes de routine.

ii. Les pucerons lanigères

Les pucerons lanigères hivernent sur les arbres (Fraval *et al.*). Ils sont donc inféodés à la parcelle. Leur nuisibilité est de différents types : primaire directe (les fruits des arbres infestés peuvent avoir des taches importantes), primaire indirecte (d'autres ravageurs profitent de l'affaiblissement des arbres à cause de boursoufflures et chancres qui entravent la circulation de la sève) et secondaire (des infestations non traitées peuvent provoquer le dépérissement des arbres).

Tableau 153 : règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention insecticide contre l'ensemble des pucerons du pommier (puceron lanigère, puceron cendré, puceron vert migrant, puceron vert du pommier et puceron des galles rouges) et contre les autres pucerons (pucerons verts migrants et pucerons verts non migrants)

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Effets prévisibles	Champ de validité/ Déclinaisons	Source	Nb RdD
Tous pucerons	Du stade pointe verte à juillet		Objectifs correspondants aux SdC BIO, ECO et RAI dans les déclinaisons des essais BioREco 106	Pour chaque déclinaison, durant les trois phases, avant floraison, après floraison et entre fin mai et fin juin, intervenir à l'atteinte d'un des seuils selon les déclinaisons	Puceron cendré : 1% (sauf modalité ECO Melrose) Puceron vert migrant : 60% Puceron vert du pommier : présence de miellat Puceron lanigère : 10% Puceron des galles rouges : 5%	Contrôle visuel au verger au stade C-D, puis fin floraison, entre mai et juillet pour les pucerons cendrés et pucerons verts et en juillet si présence importante de miellat : observation de 100 rameaux en croissance = 2 rameaux par arbre pris au hasard x 50 arbres pris au hasard par parcelle (environ 1ha) ; notation de présence / absence des différentes espèces de pucerons +auxiliaires présents		Recueillie pour les essais BioREco ¹⁰⁶ Déclinaisons : Seuil puceron cendré Eco Melrose : 2% jusqu'au 15 mai et 5% après le 15 mai ; • Avant floraison : si seuil atteint, alors intervenir ; sinon impasse • Après floraison o modalité BIO : impasse o modalités RAI et Eco : Après floraison : si seuil atteint et en l'absence d'ailés dans les colonies, alors intervenir ; sinon impasse et re-contrôler ; • Entre fin mai et fin juin : si infestation compromettant le verger, alors intervenir ; sinon impasse.	Simon <i>et al.</i> , 2011 d'après ACTA (1988), Rhodacoop-CA26 (2009),	3

¹⁰⁶ Ces RdD ont été utilisées dans une expérimentation système (essai BioREco, INRA de Gothenon, Drôme) dans un contexte particulier, à un moment donné ; elles n'ont pas de visée générique
Objectifs des SdC de l'essai BioREco de l'INRA de Gothenon, Drôme :

- **RAI** : Limiter les effets non intentionnels ; intervenir à bon escient, productif sans prise de risque, efficacité privilégiée
- **ECO** : Préserver l'équilibre ; Limiter les intrants, lutte chimique en dernier recours, prise de risques contrôlée
- **BIO** : production en agriculture biologique ; préserver l'équilibre, optimiser les intrants, gérer les verrous techniques

Nous avons recueilli 4 RdD correspondant à 4 RdD cadre contre les pucerons lanigères. Le critère de décision principal est l'observation du bioagresseur dans la parcelle : nombre de rameaux ou de pousses infestés par des pucerons selon les sources. A ce critère de décision s'ajoutent parfois des observations de présence et/ou d'activité des auxiliaires, mais ce critère est rarement quantifié, ou relié à un seuil. La solution reste donc généralement assez imprécise à ce niveau. La seule RdD qui explicite réellement le critère de décision « activité des auxiliaires » consiste à prendre en compte la régulation des populations de pucerons par le parasite *A. mali* l'année précédente.

iii. Les autres pucerons et le cortège des pucerons

Le puceron vert migrant (*Rhopalosiphum insertum*) peut provoquer une crispation du feuillage, mais on ne constate généralement pas de dégât significatif. De plus, sa présence peut attirer les auxiliaires de culture. (Cazaubon, 2011d).

Les dégâts du puceron vert non migrant du pommier (complexe de pucerons associant 2 espèces : *Aphis pomi* et *A. spiraecola*) sont à la fois primaires indirects (production de miellat qui favorise la fumagine) et secondaires (les piqûres d'alimentation affectent la croissance des jeunes rameaux, et peuvent entraîner leur déformation, surtout sur les jeunes pommiers et dans les pépinières) (Fralval et al).

Le puceron des galles rouges ressemble au puceron cendré mais est moins nuisible (Schaub et al).

Pour lutter contre le cortège de pucerons, nous avons recueilli une RdD cadre, avec 3 déclinaisons (Simon et Alaphilippe, 2011). Il s'agit d'intervenir avec un insecticide en fonction de seuils associés à chacune des espèces. C'est un regroupement de différentes RdD correspondant chacune à une espèce. La méthode d'échantillonnage et le protocole d'observation sont très bien décrits, ceci en raison de la source (protocole d'expérimentation).

Nb : nous ne nous sommes pas attachés à recueillir les RdD concernant les pucerons verts et les pucerons des galles rouges.

Pour lutter contre les pucerons en général, il existe différentes techniques alternatives :

- Lutte biologique : il est possible de réaliser des lâchers d'auxiliaires (*Aphelinus mali*, coccinelles *Exochumus* contre le puceron lanigère) mais ces techniques sont assez peu pratiquées ;
- Contrôle cultural :
 - Toutes les mesures favorisant la biodiversité, qui permet de renforcer la présence naturelle des auxiliaires et les régulations biologiques : bosquets ou friches, voire parcelles cultivées sans pesticide. Les haies composites (qui associent diversité spécifique et de structure) peuvent remplacer les haies brise-vent mono spécifiques. Il ne semble pas exister d'action à plus grande échelle, pour favoriser la continuité entre les haies (Aubertot *et al.*, 2005).
 - Section de pousses infestées par les pucerons (Aubertot *et al.*, 2005).

Légende :

	Critère de décision le plus pertinent
	Critère de décision utile et intéressant mais qui pourrait évoluer pour mieux répondre aux besoins
	Élément de connaissance informatif mais non pertinent à mobiliser dans la décision
	Critère de décision sans aucun intérêt

Couple à enjeu phyto¹⁰⁷ fort

Couple à enjeu phyto moyen

Couple à enjeu phyto faible

Couple à enjeu phyto non renseigné

Lettre : Les lettres dans les cases représentent les RdD cadre existantes: une RdD cadre est identifiée par une lettre (correspondant aux lignes des tableaux du recueil de RdD, par ordre alphabétique). Chaque fois qu'une RdD mobilise un critère de décision, la lettre la représentant est placée dans la colonne correspondante.

Exemple: pour le couple Céréales à pailles / Rouille brune (1^{ère} ligne du tableau), la RdD « a » mobilise à la fois le critère de décision "observation de dégât" et "historique des pratiques", la RdD « c » mobilise uniquement le critère de décision "observation de dégât", la RdD « b » mobilise à la fois le critère de décision "observation de dégâts" et "données météo", et la RdD « d » mobilise uniquement le critère de décision "données météo".

¹⁰⁷ Enjeu phyto est un indicateur basé sur trois variables : la fréquence du bioagresseur, sa nuisibilité, et l'IFT.

Annexe XX : Pertinence des catégories de critère de décision à mobiliser dans les règles de décision pour un échantillon de couple culture - bioagresseurs en arboriculture fruitière (cas d'étude du pommier), et RdD existantes

(cf. méthodologie, Annexe VI)

Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD										
	Auxiliaires	Autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif	Obs. local. Bioag.	Obs. région. Bioag.	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques : phyto	Historique pratiques année en cours hors phyto	Historique pratiques années antérieures
Pommier/ tavelure (conta. primaires)				b	a	ace		abcde	ad		ae
Pommier/ tavelure (conta. secondaires)			a					a	a		
Pommier /oïdium			abg	cfgh			abdf	cf	e		
Pommier carpocapse			abjl		eijl	acdefg h	i	e	gj	bhi	
Pommier pucerons cendrésà l'automne											
Pommier puceron cendré préfloraison	f				bdf	e	a				
Pommier puceron cendré postfloraison					cd	e					
Pommier/ puceron lanigère	abd				abcd		d				

Annexe XXI : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de carotte de plein champ

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.

Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

1.	<i>Les maladies principales de la carotte de plein champ</i>	425
a.	RdD recueillies pour lutter contre l'alternaria de la carotte	425
b.	RdD recueillies pour lutter contre le sclérotinia	426
c.	RdD recueillies pour lutter contre le cavity-spot ou « maladie de la tache en creux »	427
d.	RdD recueillies pour lutter contre l'oïdium	429
e.	RdD recueillies pour lutter contre la maladie de la bague	429
2.	<i>Les ravageurs principaux de la carotte de plein champ</i>	430
a.	RdD recueillies pour lutter contre la mouche de la carotte	430
b.	RdD recueillies pour lutter contre les pucerons	435
c.	RdD recueillies pour lutter contre les nématodes	435
3.	<i>Les adventices de la carotte de plein champ</i>	437

Absence de données sur l'IFT

Dans cette étude, nous avons étudié la disponibilité des RdD par couple culture-bioagresseur, et étudié cette disponibilité en regard d'un « enjeu phyto », incluant, entre autres, l'IFT de la culture pour la famille du bioagresseur. Nous avons ainsi pu hiérarchiser les travaux à encourager, en fonction des enjeux que représentaient les différents bioagresseurs dans les différentes cultures, pour la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.

Ce travail n'a pas pu être mené pour la filière cultures légumières. En effet, l'IFT est un indicateur encore peu utilisé par manque de références suffisantes dans cette filière. Dans l'étude Ecophyto R&D il a été utilisé avec beaucoup de réserves (INRA, 2009d) :

« A noter que la référence à l'IFT pour les légumes n'a pas été validée et il n'y a pas eu de travaux pour établir la pertinence de cet indicateur pour les cultures légumières. En effet, plusieurs facteurs sont à prendre en compte, notamment :

- *La multiplicité des systèmes de culture (plein champ/sous abri divers, primeur/saison, ...) et de leur durée.*
- *La forte dépendance des stratégies de traitement en fonction des conditions climatiques et en conséquence des conditions de pression des ravageurs, maladies ou adventices selon les années et les bassins de production.*
- *L'emploi de produits alternatifs, le mode d'action des produits, leur classement toxicologique... ; par exemple les spécialités à base de *B. thuringiensis* peu toxiques mais ayant une action de contact et nécessitant des applications répétées pour une protection continue du feuillage, notamment sous abri sur les cultures palissées.*
- *Les traitements localisés (partie de la surface cultivée, nombre limité de plantes...)*
- *Les efforts de la filière légumes pour la mise en œuvre de plusieurs méthodes alternatives dans les itinéraires techniques, notamment sous abri, limitant ainsi le recours aux produits phytosanitaires (résistances de variétés, greffage, utilisation d'auxiliaires...)*...

En conséquence, la mise au point d'un indicateur représentatif des pratiques phytosanitaires dans le secteur des légumes s'impose. »

Nous avons en conséquence décidé de ne pas mobiliser les données d'IFT qui pouvaient être disponibles pour les cultures de légumes. Ainsi, cette information ne figure pas dans les données présentées.

1. Les maladies principales de la carotte de plein champ

a. RdD recueillies pour lutter contre l'alternaria de la carotte

La brûlure des feuilles, causée par *Alternaria dauci*, est la maladie foliaire la plus commune de la carotte. Elle se traduit par le développement de petites taches brunes qui se nécrosent, et à un stade plus avancé par le dessèchement des feuilles, réduisant la surface foliaire disponible pour la photosynthèse et diminuant donc les rendements (Estorgues, 2005). En conditions très favorables, ce parasite peut être à l'origine de fontes de semis et, plus tard, de lésions sur racines (Villeneuve, 2003). Le champignon persiste très longtemps dans le sol, il se dissémine par le vent et l'eau et est également transmissible par les semences. Les périodes de risque sont en printemps estival et en été. Ainsi les carottes récoltées fin juillet permettent d'éviter la plus grosse période de risque (L. Nivet, com. Pers.).

Nous avons recueilli 3 RdD correspondant à 3 RdD cadre pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre l'alternaria :

- L'une, peu précise, dont le critère de décision est un risque d'attaque de l'alternaria, déterminé par les conditions météorologiques et la sensibilité variétale ;
- Deux autres, qui concernent la 1^{ère} intervention fongicide, dont le critère de décision comprend l'observation des dégâts : l'une (CTIFL, en ligne) qui associe ce critère de décision à un critère météorologique (température et pluies), l'autre qui y associe une augmentation de la pression de la maladie, sans préciser la manière de caractériser cette pression.

Pour lutter contre l'alternaria, les produits disponibles sont plus efficaces en préventif. Ainsi, dans la pratique (d'après les entretiens), les interventions sont surtout préventives, et visent à éviter l'installation de la maladie dans la parcelle. Une fois la première intervention réalisée, le critère de décision pour le renouvellement des interventions est la pression de la maladie. Le critère de décision de l'arrêt de la protection est le délai avant récolte (DAR) autorisé pour les produits utilisés. Ce sont les seules adaptations qui sont généralement réalisées dans la pratique.

L'utilisation de RdD de types grilles de risque qui prennent en compte plus de critères pour décider de la première intervention permettrait de retarder cette intervention et également d'arrêter plus tôt la protection si la situation sanitaire dans la parcelle ne se dégrade pas. Au total, une économie de 1 à 2 interventions (sur 6 interventions environ effectuées par les agriculteurs) pourrait être réalisée.

Pour dépister la présence de la maladie à la parcelle, il existe deux techniques : en anticipant le développement de la maladie avec l'implantation dans les parcelles d'une variété sensible utilisée en tant que témoin ou plus tard dans le développement de l'épidémie, l'observation de dégâts visuels (Villeneuve, 2003).

Mises à part ces RdD, plusieurs modèles de prévision des attaques d'alternaria sur la carotte peuvent être utilisés par les agriculteurs (Poissonnier, 2006) :

- Le modèle DACOM PLANT PLUS, proposé par un prestataire privé sous forme de conseil à la parcelle, intègre les données météorologiques journalières, les prévisions météorologiques pour la maladie et les traitements à appliquer, la dégradation (théorique) des produits, l'évolution de la maladie et la croissance des plantes, avec saisie obligatoire des observations au champ (service payant).
- Le modèle TOMCAST, fourni par les stations météorologiques, et utilisé mondialement, est un modèle empirique construit d'après l'observation des symptômes, qui permet de prévoir les dégâts d'alternaria sur feuilles de carotte, afin de raisonner le renouvellement

des interventions. Le principe est le calcul d'un indice journalier de maladie (DSV), à partir de la durée d'humectation et de la température pendant l'humectation. Les DSV sont cumulés à partir de la levée des carottes, et une fois un certain seuil atteint, il est préconisé d'intervenir. Le modèle ne préconise pas de seuil pour la première intervention (seuil fixé soit par l'apparition de symptômes, soit empiriquement avec des essais de seuils). Des essais menés dans les Landes ont montré que la première intervention doit être effectuée lorsque la valeur du DSV est comprise entre 40 et 55 points, en fonction des contaminations. Ce modèle calcule par contre à la fois les valeurs de ces DSV, et les seuils à respecter, pour décider des interventions suivantes. A noter que les DSV calculés par ce modèle sont parfois diffusés dans les Bulletins de Santé du Végétal (ex : Mezencev et Péden, 2011)

- Le modèle *Alternaria* développé par le Ctifl en collaboration avec HORTIS Aquitaine. Il intègre les prévisions météorologiques (et pas uniquement les données constatées), l'irrigation, l'efficacité des spécialités fongicides utilisées, et permet notamment de prévoir la première attaque.

Il existe plusieurs méthodes prophylactiques qui visent à réduire les contaminations et risques de développement de la maladie (Estorgues, 2005 ; Villeneuve, 2003) :

- Diversifier la rotation culturale ;
- Choisir des variétés peu sensibles ;
- Eviter un feuillage trop important, favorisant l'humidité du feuillage :
 - Favoriser l'aération en évitant d'avoir une densité de plantes trop élevée ;
 - Maitriser la fertilisation azotée ;
 - éviter les arrosages mal positionnés qui maintiennent le feuillage trop longtemps humide.

b. RdD recueillies pour lutter contre le sclérotinia

La sclérotiniose, ou « pourriture blanche », causée par le champignon *Sclerotinia sclerotiorum*, est régulièrement observée au champ, notamment lorsque les conditions sont humides et douces, et la végétation abondante. Le feuillage dépérit, et la carotte n'est alors plus commercialisable (Estorgues, 2005 ; Unilet en ligne). Le champignon se conserve bien dans le sol, sous forme de scléroties.

Il existe très peu de RdD pour les interventions en cours de végétation. Une RdD a été recueillie pour cette étude, dont le critère de décision est l'observation des premiers symptômes. En pratique, la lutte contre le sclérotinia se fait essentiellement de manière préventive, à des stades-clés de la culture. Si l'agriculteur observe les premiers scléroties, il intervient de nouveau. Cependant, une fois les premiers symptômes observés, il est déjà trop tard pour intervenir car cela témoigne d'un excès de végétation : la lutte contre sclérotinia sera alors inefficace. L'agriculteur, s'il intervient contre le sclérotinia, peut effectuer jusqu'à trois interventions (Nivet, com. pers.).

Le sclérotinia étant inféodé à la parcelle, il faudrait se baser sur le risque parcellaire pour évaluer l'opportunité de lutte chimique (fonction de l'historique du bioagresseur, de la succession culturale mise en place, du type de production, de la densité de plantation, etc.) mais il n'existe actuellement pas de grille de risque pour le sclérotinia (Nivet, com. pers.).

Plusieurs techniques alternatives à la lutte chimique sont disponibles pour limiter les risques de développement du champignon (Estorgues, 2005 ; Unilet, en ligne) :

- Contrôle cultural :

- Succession culturale : éviter les précédents à risques et inclure des céréales ou graminées fourragères dans la rotation, (qui ne sont pas hôtes de ce champignon) ;
- Eviter tout excès de végétation (lié à une fertilisation azotée excessive ou à une trop forte densité de peuplement).
- Soigner le désherbage pour éviter le maintien d'un microclimat humide ;

Par ailleurs, il est possible d'avoir recours à un moyen de lutte biologique, le Contans®, qui contient le champignon parasite *Coniothyrium minitans*.

c. RdD recueillies pour lutter contre le cavity-spot ou « maladie de la tache en creux »

Le cavity-spot, ou « maladie de la tache en creux » est la maladie due aux Pythium la plus fréquente et la plus connue. Elle peut toucher tous les types de carottes. Les Pythium sont des champignons dont les œufs peuvent se conserver longtemps dans le sol et qui se développent lorsque les conditions du sol sont humides (Breton *et al.*, 2000). Cette maladie déprécie fortement le rendement et la qualité des productions : en cas d'attaque précoce, elle peut provoquer un arrêt de croissance du pivot de la racine et le développement d'une racine fourchue ; sur carottes plus développées, elle occasionne des taches profondes allongées sur la périphérie de la racine (Estorgues, 2005) ; elle offre également une voie d'entrée à d'autres pathogènes (Unilet, en ligne). Sa nuisibilité est donc essentiellement primaire directe.

Une RdD a été recueillie pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre le Pythium. Cette RdD a comme critère de décision les « situations à risque », en les décrivant : rotations courtes (délai de retour < 3 ans), sols peu drainants, fertilisations azotées excessives, précédents culturaux blé ou maïs. Il s'agit donc d'éléments de contexte et de pratiques culturales.

En pratique, d'après les entretiens, les interventions sont préventives en zones de production de carottes, sur lesquelles la maladie est régulièrement présente. Elles sont réalisées au semis lors de printemps humides, voire en début de levée, l'objectif étant de protéger la culture lors du 1^{er} mois. La maladie est cependant encore peu connue (Nivet, com. pers.), et ces « risques » sont donc difficiles à quantifier. Une grille d'évaluation de risque pour décider de l'opportunité d'une intervention chimique pourrait toutefois être créée, afin d'éviter les interventions sur des parcelles peu sensibles à cette maladie, et de réduire ainsi l'utilisation des produits phytosanitaires.

Il existe par ailleurs un test de détection du Pythium, qui permet d'évaluer la densité d'inoculum dans le sol et ainsi de prévoir les risques d'attaques de cavity-spot au champ. Ce test est utilisé en Grande-Bretagne mais n'est pas encore validé en France à grande échelle (Breton *et al.*, 2000).

La lutte chimique est la méthode la plus efficace actuellement (Ctifl, 2006). Toutefois, des techniques prophylactiques de contrôle cultural et génétique permettent de limiter les risques de développement de cette maladie (Estorgues, 2005 ; Siri et Taussig, 2008 ; Unilet en ligne) :

- Eviter les rotations courtes (< 3 ans)
- Eviter les précédents culturaux blé et maïs ;
- Choisir des parcelles bien drainantes ;
- Choisir des variétés tolérantes aux Pythiums ;
- Soigner la préparation du sol en évitant les tassements ;
- Effectuer une fertilisation azotée optimisée.

Tableau 154 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions chimiques contre l'alternaria en culture de carotte de plein champ

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliqués	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation /outil	Champ de validité/ Exples déclinaison	Source	Nb RdD
A partir de juin	Parcelle	Opportunité et fréquence des interventions			Si situation à risque, alors intervenir tous les 12-14 jours, en alternant les familles de produits <i>Simon ?</i> (<i>Quelle quantification et hiérarchisation des critères de décision ?</i>)	Situation à risque (période critique, temps pluvieux ou rosées matinales avec des températures de 24-28°C, sensibilités variétales)		Région PACA Substances actives disponibles mentionnées : azoxystrobine, pyriméthanil, boscalid, pyraclostrobine, chlorothalonil	Siri et Taussig, 2008	1
	Parcelle	Date de la 1 ^{ère} intervention fongicide	Choix des produits en fonction de la pression biotique		Si 15% des plantes ont des feuilles médianes malades, ou si pluie ou températures minimales >16°C prévues pour la nuit suivante, alors commencer la protection chimique.	Nombre de plantes aux feuilles médianes malades : Seuil d'intervention : 15% OU pluie ou températures minimales >16°C prévues pour la nuit suivante		Exemples de matières actives mentionnées dans le document	Ctifl, en ligne	1
	Parcelle	Date de la 1 ^{ère} intervention fongicide			Dès que la pression de la maladie s'accroît ou que les premiers symptômes apparaissent, alors intervenir de manière précoce. <i>Simon ? (Quelle évaluation de la pression ?)</i>	Accroissement de la pression de la maladie OU apparition des premiers symptômes			Unilet, site en ligne	1

Tableau 155 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions chimiques contre les autres maladies en culture de carotte de plein champ

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Exples déclinaison	Source
Sclérotinia	Septembre - novembre		Opportunité d'intervention fongicide		Dès les 1 ^{ers} symptômes, intervenir.	1 ^{ers} symptômes	Observation au champ	Recueillie pour la Bretagne	Estorgues <i>et al.</i> , 2005 p.37
Cavity spot (ou maladie de la tache en creux)	Campagne	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide		Si situation à risque, alors intervenir en effectuant deux traitements : le 1 ^{er} juste après le semis, le 2 ^{ème} au stade cotylédons de la carotte. (<i>Simon ?</i>)	Situation à risque (rotations courtes : délai de retour <3ans, sols peu drainants, fertilisations azotées excessives, précédents culturaux blé ou maïs) (Concordance de tous ces facteurs ou un seul facteur ?)		Recueillie en PACA. Substance active disponible mentionnée : métalaxyl-m	Siri et Taussig, 2008
Oïdium	Août - septembre		Opportunité d'intervention fongicide		Dès les 1 ^{ers} symptômes, intervenir.	1 ^{ers} symptômes	Observation au champ	Bretagne AB	Estorgues <i>et al.</i> , 2005 p. 36
Maladie de la bague			Opportunité d'intervention fongicide		Si situation à risque (<i>comment renseigner ce critère ?</i>), alors intervenir en réalisant un traitement à l'automne	Situation à risque		Recueillie en PACA. Substance active disponible mentionnée : métalaxyl-m	Siri et Taussig, 2008

d. RdD recueillies pour lutter contre l'oïdium

Une RdD a été recueillie pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium, dont le critère de décision est l'observation des premiers symptômes. En pratique, les agriculteurs maîtrisent souvent cette maladie en utilisant contre l'alternaria des produits efficaces sur l'oïdium. Dans quelques cas, ils réalisent une intervention spécifique contre l'oïdium, s'ils observent des symptômes. Cette situation semble peu fréquente.

e. RdD recueillies pour lutter contre la maladie de la bague

La maladie de la bague, occasionnée par le champignon tellurique *Phytophthora megasperma*, est une pourriture hivernale, qui se manifeste essentiellement sur les grosses carottes et les carottes Nantaises récoltées tardivement, à l'automne ou en début d'hiver. Elle se développe particulièrement en sol humide (sol tassés, cuvettes, etc.) (Estorgues, 2005). Cette maladie ne concerne que 15% de la surface en carotte en France (Nivet, com. pers.).

Une seule RdD d'opportunité d'intervention chimique a été recueillie pour lutter contre la maladie de la bague. Son critère de décision est une « situation à risque ». Cette RdD est cependant très peu précise puisqu'elle ne précise pas dans quel cas l'agriculteur se trouve en situation à risque.

Plusieurs techniques alternatives à la lutte chimique sont disponibles (Estorgues, 2005 ; Unilet en ligne). Il s'agit de mesures de contrôle cultural qui ont des effets prophylactiques :

- Respecter une rotation culturale d'une durée minimale de 3-4 ans;
- Cultiver sur une parcelle drainante ;
- Favoriser une bonne structure du sol ;
- Travailler le sol en conditions ressuyées et éviter les tassements de sol ;
- Eliminer les déchets de culture à la récolte.

2. Les ravageurs principaux de la carotte de plein champ

a. RdD recueillies pour lutter contre la mouche de la carotte

La mouche de la carotte, qui est le principal ravageur des cultures de carotte de plein champ, est le bioagresseur ciblé par la majorité des interventions chimiques. Ses nuisibilités primaire directe et indirecte sont importantes : les larves de mouche créent des galeries dans la carotte, et la vigueur des plantes est affectée (Estorgues *et al.*, 2005). Les carottes avec des galeries ne sont donc plus commercialisables, et les coûts de tris sont importants. De plus, une production complète peut être refusée à la commercialisation si une quantité trop importante de carottes comporte des galeries (CTIFL en ligne).

La mouche de la carotte est inféodée à la parcelle, et comporte trois générations : la première génération du cycle, constitue la 2^{ème} génération présente en culture de carotte durant la campagne agricole : elle émerge du sol en juillet-août et est issue de la troisième génération précédente ; la deuxième génération émerge de mi-août jusqu'à l'automne. Cette deuxième génération entre en diapause, et les adultes de la troisième génération éclosent au printemps suivant, et constituent la première génération de la campagne à attaquer les carottes.

Nous avons recueilli 12 RdD synthétisées en 10 RdD cadre pour décider de l'opportunité d'une intervention insecticide en culture contre la mouche de la carotte. Les critères de décision de ces RdD sont des observations du bioagresseur à la parcelle (nombre de mouches capturées dans des pièges). Il existe différentes sortes de pièges (pièges chromatiques, panneaux englués jaunes....) et différentes fréquences de relevés (quotidiens, hebdomadaires...). Nous avons recueillis différents seuils pour ce critère de décision, qui peuvent s'expliquer par des modalités d'observation différentes (nombre de pièges, type de pièges, fréquence des relevés). Toutefois, ce critère de décision permet de repérer les vols de mouches dans le temps, mais ne permet pas de juger de leur intensité : il n'y a pas de relation établie, ni entre le nombre de mouches capturées et la population présente à la parcelle, ni entre ce nombre de mouches piégées et les dégâts observés par la suite (CTIFL en ligne). Les interventions débutent au premier vol, et s'arrêtent trois semaines avant la récolte (cette période correspond à la durée d'incubation des œufs et de la migration des larves vers les racines secondaires). Nous avons recueilli une autre RdD en PACA (Sirif et Taussig, 2008), où seulement deux vols de mouches de la carotte ont lieu : l'un au printemps et l'autre à l'automne.

Nous avons recueilli une seule RdD correspondant à une RdD cadre pour décider d'une intervention au semis. Cette RdD est peu précise (critère de décision : « zone infestée », sans définition ni description d'une zone infestée). Ces interventions permettent de limiter les interventions en culture et sont assez souvent recommandées dans les régions « à risques » mais leur raisonnement n'est pas formalisé. Il s'agit sans doute des zones à historique d'attaques de mouches de la carotte.

D'après les entretiens réalisés, les agriculteurs appliquent ces RdD en les modifiant : ils ne réalisent pas les piégeages eux-mêmes (nécessite du temps d'observation et des compétences d'identification et d'interprétation), mais interviennent en suivant les informations diffusées dans les bulletins techniques et BSV. Le nombre d'interventions reste important : les traitements de sol se font presque de manière systématique (sauf en ce qui concerne les premières carottes semées (en février), et les interventions en cultures peuvent être importantes (environ 5 à 6). Toujours d'après les entretiens, des sensibilités variétales différentes existent (la grosse carotte est plus sensible que la carotte nantaise, elle-même plus sensible que la carotte Amsterdam) mais cela n'entre pas dans les critères de décision.

•

Tableau 156 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions insecticides contre les mouches de la carotte en culture de carotte de plein champ Ces RdD cadre n'ont pas d'objectif énoncé.

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Exples déclinaison	Source	Nb RdD
Au semis	Opportunité d'intervention		Si zone infestée alors réaliser un traitement au semis. (<i>Sinon</i> , ?)	Zone infestée (comment le quantifier ?)			Boucherie, 2001.	1
1 ^{er} vol (avril-juillet) jusqu'à 3 semaines avant récolte	Opportunité d'intervention	Traitement au semis : semences et / ou sol	Si seuil atteint, alors intervenir. <i>Sinon</i> ?	Nb de mouches/piège pendant plusieurs jours consécutifs ; Seuil : 1 mouche/j pendant 4 j. OU 0,5 mouche/j pendant 10 j.	Suivi des vols par piégeage : Relevé régulier des pièges (1-2 fois/semaine)	Carottes primeurs semées à l'automne ou en février	Ctifl, en ligne	1
2 ^{ème} et 3 ^{ème} vol (août- novembre) jusqu'à 3 semaines avant récolte			Si seuil atteint, alors intervenir. <i>Sinon</i> ?	Nb de mouches par piège pendant plusieurs jours consécutifs ; Seuil : 0.4 mouche/jour pendant 4 jours Rémanence du traitement au semis (cf déclinaisons)	5 pièges à glue (plaques de 20 x 20cm) / parcelle (max 2ha), de couleur jaune bouton d'or, répartis sur une ligne de 10-12m à une distance de 5-7m de la bordure, sur des piquets 10 cm au-dessus du feuillage	Carottes primeurs semées à l'automne ou en février Déclinaison carottes de saison traitées au semis : si la protection du produit n'est plus efficace lors du vol d'automne	Villeneuve, 2005	2
En végétation, jusqu'à un mois avant récolte.	Opportunité d'intervention	Traitement au semis	Si fin de rémanence du produit (traitement au semis) et seuil atteint, alors intervention. <i>Sinon</i> impasse	Apparition des vols et intensité : nb de mouche/piège plusieurs jours consécutifs <ul style="list-style-type: none"> Lors des 2 premiers vols : 1 mouche /jour durant une semaine pour les 2 premiers vols 3^{ème} vol : 0,4 mouche/jour durant une semaine pour le 3^e vol 	Mouches capturées (pièges) Fin de rémanence du traitement du sol		Boucherie, 2001.	1
Cf critères de décision et déclinaisons	Opportunité de date et fréquence des interventions		Réaliser un traitement du sol localisé sur la ligne de semis ; puis, réaliser des traitements foliaires tous les 15 jours en commençant en fonction de la période de semis (cf déclinaison) ; Si la récolte est précoce (mai ou novembre), 2 interventions doivent suffire.	Période de semis Début du vol (cf déclinaison) Précocité de la récolte	Suivi des vols par piégeage	Recueillie en PACA Traitement du sol avec téfluthrine ; foliaires avec lambda cyhalothrine Déclinaisons : tous les 15 jours à partir : <ul style="list-style-type: none"> Pour les semis de printemps : du début du vol (4 traitements maximum). Pour les semis d'automne : du 25 /09 Pour les semis d'automne en Rhône-Alpes : de fin août 	Sirif et Taussig, 2008	2
	Opportunité d'intervention		Si seuil atteint, alors intervention.	Nb de mouches piégées /semaine ; Seuil :1	Panneaux englués jaunes. Comptages des captures cumulées / semaine dans 2 pièges / parcelle , proches de haies, talus		Unilet 2011 in DGAL SDQPV, 2012	1
Campagne	Opportunité d'intervention		Si seuil atteint, alors intervention.	Nb de mouches capturées par parcelle/ Seuil : 1/semaine au printemps, 5 /semaine à l'automne	5 plaques jaunes engluées par parcelle	RdD recueillie pour une production de carottes industrielles, en Bretagne	Le Guennou et Sandrone, 2011a et 2011b	1
	Opportunité d'intervention		Si seuil atteint, alors intervention.	Nb de mouches capturées par site et par semaine ; seuil : 1 / semaine	Pièges chromatiques . 3 pièges par site	RdD recueillie pour le Centre.	Leveillard, 2011f	1
	Opportunité d'intervention		Si seuil atteint, alors intervention.	Nb de mouches piégées /jour ; Seuil :0,4¹⁰⁸	Panneaux englués jaunes : Comptages des captures cumulées pendant 15 jours		Monnet <i>et al.</i> in DGAL SDQPV, 2012	1
En culture	Opportunité d'intervention		En fonction du risque communiqué par les bulletins techniques, intervenir. (<i>solution non rédigée, conseillée aux agriculteurs</i>)	Information des bulletins techniques et bsv : Nb de mouches piégées/jour ; seuil : 0.4 ; Tendances évolutives ; Conditions météorologiques ; Rémanence des traitements précédents ; Périodes de risques et dynamiques de vols des années précédentes	Suivi des vols par piégeage Information diffusée dans les bulletins techniques et BSV	Recueillie pour Basse Normandie,	Fraisse, Com. pers.	1

108 Ce seuil est trop élevé car rarement atteint malgré de fortes attaques ; en conséquence on conseille le traitement bien avant

Il existe des outils de diagnostic pour ce ravageur, dont certains ne sont décrits que succinctement faute d'informations disponibles (Villeneuve, 2012) :

- Un modèle épidémiologique, Morph, mis au point par R. Collier, qui a comme entrée la période à laquelle la culture est exposée aux pontes (sensible et non protégée) et comme sortie la prévision des courbes de vol. Ce modèle a été expérimenté dans le Nord de la France par la FREDON Nord-Pas de Calais.
- Un modèle épidémiologique développé par la société hollandaise Plant Plus (DACOM Plant service) propose une prévision de risque mais est remis en cause par la pratique dans le Sud-Ouest.
- Un modèle épidémiologique allemand, Swat, conçu par M. Hommes. Ses données d'entrée sont les températures moyennes journalières, les températures du sol à 5 cm et la vitesse du vent. Sa sortie est une courbe de vols, de pontes et d'éclosions (Navarro 2006). Ce modèle est utilisé en France, dans certains BSV : Bretagne, Centre...

Ces outils, comme les RdD recueillies, permettent de mieux dater les vols et les attaques de la mouche de la carotte, mais pas réellement de décider de l'opportunité d'intervention en fonction de leur intensité.

Des techniques alternatives à la lutte chimique existent mais ont des effets partiels. Il s'agit de la mise en œuvre de la prophylaxie, en amont des interventions chimiques, pour réduire la pression parasitaire (Ctifl en ligne, Unilet en ligne, Villeneuve 2012) :

- Contrôle génétique : variétés tolérantes ou résistantes ;
- Contrôle cultural : délai de retour de 5 ans entre les ombellifères cultivées, limitation des plantes hôtes autour de la parcelle (ombellifères cultivées et adventices), dates de semis et de récolte, localisation de la parcelle (plus de risque à proximité d'autres cultures de carotte ou de haies feuillues, en sol frais, riche en matières organiques et se réchauffant facilement), cultures associées, plantes compagnes, mesures en faveur du développement des auxiliaires naturels : champignons et nématodes entomo-pathogènes...
- Lutte physique : filets de protection (horizontaux ou verticaux) ;
- Lutte biologique : lâchers d'auxiliaires.

Tableau 157 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions insecticides contre les pucerons en culture de carotte de plein champ

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité	Source
Jusqu'au stade 3F vraies		Opportunité d'intervention insecticide		<i>(Solution non énoncée)</i>	Seuil de nuisibilité : 10% de plantes avec colonies d'aptères (plusieurs individus regroupés)	Observations	Centre	Leveillard, 2011b et 2011e, BSV n°10 et n°13
Du stade cotylédons au stade 2 feuilles vraies		Opportunité d'intervention insecticide		Si présence, alors intervention.	Présence de pucerons ¹⁰⁹	Observation au champ	Recueillie pour la France et en PACA (substances actives mentionnées en PACA : lambda cyhalothrine, pyrimicarbe, tau-fluvanilate, deltaméthrine)	DGAL SDQPV, 2012 (UNILET, 2011) Siri et Taussig, 2008 CTIFL en ligne
Stade 1 ^{ère} feuille vraie		Opportunité d'intervention insecticide		Si observation d'une crispation du feuillage, alors intervenir.	Observation d'une crispation du feuillage	Observations au champ		CTIFL en ligne
Jeunes cultures		Opportunité d'intervention insecticide		Dès apparition du puceron ou dès signalement par les AA ®, alors intervention.	Apparition du puceron ou signalement par les AA	Observations au champ Informations diffusées par les AA		UNILET en ligne
Au-delà du stade 1 ^{ère} feuille vraie		Opportunité d'intervention insecticide		Si zone contaminée par les virus, alors intervenir pour lutter contre les populations aphidiennes vectrices de virus. Si zone non contaminée par les virus, il est inutile d'intervenir car les colonies sont régulées naturellement.	Zone contaminée par les virus			CTIFL en ligne

Tableau 158 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité des interventions chimiques contre les nématodes de la carotte en culture de carotte de plein champ

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation /outil	Champ de validité/ Exples déclinaison	Source
Nématodes	4 semaines avant le semis		Opportunité d'intervention nématocide		Si présence, alors effectuer un traitement du sol au moins 4 semaines avant le semis.	Présence de nématodes	Observations au champ	Recueillie en région PACA substance active mentionnée : 1,3-dichloropropène	Sirif et Taussig, 2008

¹⁰⁹ Seuil de tolérance bas

b. RdD recueillies pour lutter contre les pucerons

Les pucerons sont des ravageurs relativement peu fréquent (environ 1 année / 5 en Nord-Pas-de-Calais, com. pers. Nivet) et dont la présence dépend du climat. Leur nuisibilité primaire directe s'exerce surtout aux stades précoces (à la fin du printemps, avant le stade 4 feuilles) tandis que leur nuisibilité primaire secondaire, la transmission de viroses, a lieu durant tout le printemps (Siri et Taussig, 2008). Les années où ils sont présents, le nombre d'interventions peut être important (jusqu'à 4).

Nous avons recueilli 5 RdD correspondant à 5 RdD cadre pour lutter contre les pucerons de la carotte. Les critères de décision évoluent au fur et à mesure du développement des cultures, et sont la présence de pucerons dans la parcelle aux stades précoces, puis l'observation des dégâts (crispation du feuillage) aux stades intermédiaires et aux stades plus avancés, la présence de virus dans la zone. En effet, à partir d'un certain stade, les pucerons ont une nuisibilité faible sur les cultures de carottes, et leurs populations sont régulées naturellement par les auxiliaires de culture.

En pratique, d'après les entretiens réalisés, les pucerons sont difficiles à observer dans les cultures jeunes, et les seuils sont peu respectés. Toutefois, les RdD qui ont comme critère de décision leur seule présence sont généralement assez appliquées, mais les comptages et les RdD qui ont un critère de décision associé à un seuil ne le sont pas.

c. RdD recueillies pour lutter contre les nématodes

Le nématode est un ravageur inféodé à la parcelle.

Nous avons recueilli une seule RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les nématodes. Son critère de décision est la présence de nématodes dans la parcelle. L'intervention a lieu avant le semis.

D'après les entretiens réalisés, les nématodes sont particulièrement fréquents dans les parcelles sableuses, dans les parcelles où ont eu lieu des attaques, et quand le délai de retour de plantes sensibles aux nématodes est court. Ce sont les éléments principaux à prendre en compte pour les RdD. Les produits disponibles sont de moins en moins nombreux, de plus en plus coûteux et parfois difficilement accessibles chez les fournisseurs. Toutefois, il n'y a actuellement pas de méthode d'évaluation d'un risque à la parcelle. D'après les experts consultés, on pourrait imaginer des analyses de sol pour identifier les espèces de nématodes présentes, et la quantité d'inoculum à la parcelle, afin d'adapter les stratégies et les interventions à réaliser. Le coût d'une désinfection de sol étant très élevé (il représente environ 1/3 du coût de production de la carotte), les agriculteurs auraient aussi des intérêts économiques pour diminuer leurs interventions.

Tableau 159 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les adventices en carotte de plein champ

Echelle temporelle	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation /outil	Champ de validité/ Exples déclinaison	Source	Nb RdD
Post semis	Opportunité d'intervention herbicide	Autres RdD de gestion des adventices		Si présence de graminées, alors intervenir en rattrapage avec un anti-graminées	Présence de graminées	Observation au champ	<i>Recueillie en région PACA.</i> Substances actives mentionnées : cycloxydime, quizalofop-p-éthyl, fluazifop-p-butyl	Siri et Taussig. 2008	1
Avant le semis	Type d'intervention herbicide	Toutes les pratiques culturales		En fonction du potentiel d'infestation, effectuer un traitement localisé ou non localisé.	Connaissance du potentiel d'infestation de la parcelle Evaluation du risque en adventices	Observation au champ. Potentiel de risque pour la flore dominante : ODeRA –Systèmes (Agro Transfert) ; données d'entrée : rotation, pratiques culturales, espèces adventices de la parcelle	Recueillie pour la Picardie Elaborée dans le cadre du programme "Production Intégrée en Légumes", 2009-2015, coordonné par Agro-Transfert R&D	CA80 <i>et al.</i> , 2011 Sylvain LHEUREUX, com. pers.	1
de 2-3F	Opportunité et nombre d'interventions herbicides			En fonction de la nature, de la localisation et des stades de développement des adventices et des conditions de sol, alors effectuer une intervention chimique localisée et/ou une intervention mécanique (binage). En fonction de la quantité d'adventices présentes et de leur rythme de levée, effectuer une ou plusieurs d'interventions.	Nature, quantité et stade de développement des adventices présentes. Conditions de sol (ressuyé, sec, humide) Localisation des adventices sur le rang et/ou l'interrang	Observation au champ	Recueillie pour la Picardie Elaborée dans le cadre du programme "Production Intégrée en Légumes", 2009-2015, coordonné par Agro-Transfert R&D <u>Exemple</u> : si adventices au stade cotylédons et sol ressuyé => intervention mécanique ; si adventices au stade 2-3 feuilles et sol sec ou humide => intervention chimique)	CA80 <i>et al.</i> , 2011 Sylvain LHEUREUX, com. pers.	1

3. Les adventices de la carotte de plein champ

La carotte est assez sensible à la présence d'adventices, qui peuvent occasionner des dégâts à la fois quantitatifs (perte de rendement) et qualitatifs (stolons de graminées vivaces qui percent les racines ; présence de racines non désirées à la récolte, telles que celles des ombellifères sauvages et carottes sauvages).

Trois RdD ont été recueillies. La première d'entre elles (Siri et Taussig, 2008) se base sur l'observation des graminées au champ pour effectuer une intervention en rattrapage. Les deux autres ont été élaborées dans le cadre du programme "Production Intégrée en Légumes", 2009-2014, coordonné par Agro-Transfert R&T, sur la base d'expérimentations réalisées en 2009 et 2010. Elles sont intégrées dans une stratégie globale de désherbage combinant désherbage mécanique et chimique sur la campagne culturale. Elles sont encore peu pratiquées par les agriculteurs.

D'après les entretiens, en pratique, les agriculteurs définissent leur programme de désherbage par avance, selon le risque supposé et les adventices attendues. Le critère de décision sur lequel se base l'agriculteur correspond donc davantage à une probabilité de présence qu'à une observation de présence. Du fait d'une grande sensibilité des carottes aux produits herbicides utilisés, les produits sont utilisés à faible dose, ils sont donc peu efficaces. Les agriculteurs conjuguent donc plusieurs matières actives. En post-semis pré-levée, une intervention herbicide est souvent réalisée de façon systématique. Puis, à la levée, 2-3 interventions supplémentaires peuvent être effectuées, en fonction des espèces adventices présentes.

Annexe XXII : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de poireau de plein champ

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.

Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

- 1. *Les maladies principales du poireau de plein champ* _____ **441****
- a. RdD recueillies pour lutter contre la rouille de l'ail en culture de poireau de plein champ**
441
- b. RdD recueillies pour lutter contre le mildiou en culture de poireau de plein champ** __ **443**
- 2. *Les ravageurs principaux du poireau de plein champ* _____ **444****
- a. RdD recueillies pour lutter contre le thrips en culture de poireau de plein champ** ____ **444**
- b. RdD recueillies pour lutter contre la mouche de l'oignon en culture de poireau de plein champ** **447**

Absence de données sur l'IFT

Dans cette étude, nous avons étudié la disponibilité des RdD par couple culture-bioagresseur, et étudié cette disponibilité en regard d'un « enjeu phyto », incluant, entre autres, l'IFT de la culture pour la famille du bioagresseur. Nous avons ainsi pu hiérarchiser les travaux à encourager, en fonction des enjeux que représentaient les différents bioagresseurs dans les différentes cultures, pour la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.

Ce travail n'a pas pu être mené pour la filière cultures légumières. En effet, l'IFT est un indicateur encore peu utilisé par manque de références suffisantes dans cette filière. Dans l'étude Ecophyto R&D il a été utilisé avec beaucoup de réserves (INRA, 2009d) :

« A noter que la référence à l'IFT pour les légumes n'a pas été validée et il n'y a pas eu de travaux pour établir la pertinence de cet indicateur pour les cultures légumières. En effet, plusieurs facteurs sont à prendre en compte, notamment :

- *La multiplicité des systèmes de culture (plein champ/sous abri divers, primeur/saison,...) et de leur durée.*
- *La forte dépendance des stratégies de traitement en fonction des conditions climatiques et en conséquence des conditions de pression des ravageurs, maladies ou adventices selon les années et les bassins de production.*
- *L'emploi de produits alternatifs, le mode d'action des produits, leur classement toxicologique... ; par exemple les spécialités à base de *B. thuringiensis* peu toxiques mais ayant une action de contact et nécessitant des applications répétées pour une protection continue du feuillage, notamment sous abri sur les cultures palissées.*
- *Les traitements localisés (partie de la surface cultivée, nombre limité de plantes...)*
- *Les efforts de la filière légumes pour la mise en œuvre de plusieurs méthodes alternatives dans les itinéraires techniques, notamment sous abri, limitant ainsi le recours aux produits phytosanitaires (résistances de variétés, greffage, utilisation d'auxiliaires...)...*

En conséquence, la mise au point d'un indicateur représentatif des pratiques phytosanitaires dans le secteur des légumes s'impose. »

Nous avons en conséquence décidé de ne pas mobiliser les données d'IFT qui pouvaient être disponibles pour les cultures de légumes. Ainsi, cette information ne figure pas dans les données présentées.

1. Les maladies principales du poireau de plein champ

a. RdD recueillies pour lutter contre la rouille de l'ail en culture de poireau de plein champ

La rouille la plus répandue dans les cultures de poireau de plein champ en France est la rouille de l'ail, *Puccinia allii*. Sa nuisibilité peut être très forte. Il s'agit principalement d'une nuisibilité primaire indirecte, car la rouille entraîne des frais d'épluchage importants et crée une porte d'entrée pour d'autres bioagresseurs, mais aussi d'une nuisibilité primaire directe, avec une baisse de rendement due à la diminution de la photosynthèse et à la déviation des éléments nutritifs de la plante (CTIFL en ligne).

Nous avons recueilli 2 RdD regroupées en une RdD cadre pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre la rouille de l'ail en culture de poireau de plein champ. Ces RdD ont comme critères de décision :

- des « situations à risque », situations caractérisées par :
 - des conditions météorologiques : forte humidité, vent, et températures douces (optimum de développement de la rouille de l'ail à 18°C) ;
 - des pratiques culturales : choix de variétés sensibles ;
 - la présence d'autres bioagresseurs : piqûres de thrips.
- L'apparition de symptômes sur feuilles ;

Les options de ces RdD sont des interventions préventives ou curatives, en fonction des critères de décision.

En pratique, d'après les entretiens réalisés, les agriculteurs raisonnent la protection fongicide pour un cortège de maladies, les interventions fongicides contre la rouille visant en même temps l'alternaria. La rouille est la maladie principale du poireau, et le poste d'utilisation de produits fongicides principal (le nombre d'interventions annuel peut être d'environ 5 à 7). La fréquence des interventions dépend des informations diffusées dans les bulletins techniques, de l'observation des premières pustules au champ et du niveau de pression de l'année, en lien avec les conditions météorologiques rencontrées (perçues via leur expérience). Ils ont donc des règles de décision d'adaptation du nombre d'interventions annuelles, mais ces RdD ne sont pas formalisées.

Généralement, les objectifs des interventions sont d'éviter tout dégât visuel : ils visent le « zéro défaut » ; dans le cas contraire, il y a un risque de déclassement commercial, que ne peut accepter un agriculteur au vu du coût très élevé d'implantation de la culture. Or, la plupart des produits phytosanitaires disponibles ont une action uniquement préventive : c'est pourquoi les agriculteurs réalisent des interventions essentiellement préventives, et des prévisions météorologiques plus précises et plus fiables permettraient d'encourager les agriculteurs à l'impasse.

Il existe un modèle de prévision des risques (Picault 2012 ; Perus *et al.*, 2010) développé par le CTIFL, en collaboration avec la Sileban et la FREDON Nord-Pas-de-Calais, qui utilise, comme variables d'entrées, des données climatiques (température, humidité relative de l'air, hygrométrie à la surface des feuilles) et des données de pratiques culturales (date de plantation, sensibilité variétale, produits phytosanitaires utilisés et leur rémanence). Les sorties du modèle indiquent quotidiennement un niveau de risque de contamination et une estimation de la date de sortie des pustules. Ce modèle peut être utilisé pour décider des interventions fongicides contre la rouille, mais nous n'avons pas recueilli de RdD qui le mobilise. En effet, d'après les concepteurs, cette prévision de sortie de pustules et ce niveau de contamination doivent être reliés à la sensibilité variétale pour décider d'une

Tableau 160 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité des interventions chimiques contre la rouille en culture de poireau de plein champ

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation /outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
En général : à l'automne (cf déclinaisons)	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide	Mesures prophylactiques : Choix variétal ; Eviter la plantation de plants porteurs de symptômes ; Maintenir la pépinière indemne ; Détruire les plantes avec une hypersensibilité à la rouille. ; faire des rotations longues		Si les conditions favorables à l'infection sont réunies ou dès l'apparition des 1 ^{ères} pustules alors intervenir. (<i>Sinon impasse ?</i>)	Conditions favorables à l'infection (humidité, température : optimum de développement de la rouille de l'ail à 18°C, vent, variété sensible, piqûres de thrips) OU apparition des 1 ^{ères} pustules	Observation au champ, notamment des zones à risque (absence de vent, humidité)	Recueillie pour la France ; Déclinaison en Bretagne : bornes temporelles d'août à novembre Déclinaison en Normandie : de juin à novembre (Fraise, com. Pers.)	CTIFL en ligne Estorgues <i>et al.</i> , 2005 (p. 117)	2

Tableau 161 : Règle de décision cadre recueillie pour l'opportunité des interventions chimiques contre le mildiou en culture de poireau de plein champ

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Source	Nb RdD
Campagne	Parcelle	Opportunité d'intervention fongicide	Succession culturale ; Prophylaxie : Choix variétal, plantation de plants sains, pépinière indemne.		Si les conditions favorables à l'infection (météo et succession culturale) sont réunies ou dès l'apparition des 1 ^{ères} taches, alors intervenir. Maintenir une protection soutenue tardivement (<i>Sinon ?</i>)	Conditions météo favorables à l'infection : pluies, températures aux environs de 15°C ; retour fréquent du poireau dans la succession culturale. OU apparition des 1 ^{ères} taches	Observation dans la parcelle (en particulier zones à risques : parcelles protégées du vent et humides)	Ctifl en ligne	1

intervention fongicide, ou d'une impasse (Picault 2012). Ce modèle ne semble pas réellement utilisé par les agriculteurs eux-mêmes, car il ne répond pas encore à leurs besoins opérationnels, car non adapté à leur approche de gestion hebdomadaire des interventions fongicides. (Fraisie, com. Pers.)

Les techniques alternatives à la lutte chimique pour limiter le développement de la rouille de l'ail en culture de plein champ de poireau sont des mesures prophylactiques (Estorgues *et al.*, 2005 ; CTIFL en ligne) :

- Contrôle cultural :
 - Succession culturale longue ;
 - Fertilisation azotée limitée ;
 - Plantation de plants exempts de symptômes ;
 - Maintien de la pépinière saine ;
 - Destruction systématique de plantes présentant des symptômes ;
 - Utilisation de plantes pièges, les poireaux des vignes, *Allium polyanthum* ;
- Contrôle génétique :
 - Choix variétal (il existe des tolérances variétales).

b. RdD recueillies pour lutter contre le mildiou en culture de poireau de plein champ

Le mildiou a une nuisibilité à la fois primaire directe, sur le rendement, et primaire indirecte, sur la qualité de la production et le temps d'épluchage, sur le poireau de plein champ (CTIFL en ligne, Estorgues *et al.*, 2005). Nous avons recueilli une seule RdD pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre le mildiou, en poireau de plein champ (CTIFL en ligne). Ses critères de décision sont les conditions météorologiques (pluies, température) et l'apparition de dégâts.

La période de sensibilité des cultures de poireau au mildiou est la plus forte en fin d'hiver (février-mars) mais commence dès le mois de septembre (Picault 2012, Estorgues *et al.*, 2005). Cette longue période rend la protection phytosanitaire importante. De plus, les produits disponibles ont une efficacité essentiellement préventive (Picault 2012).

En pratique, d'après les entretiens réalisés, la protection fongicide contre le mildiou est plutôt systématique et préventive, ce qui explique la faible quantité de RdD recueillies. Les interventions fongicides contre le mildiou sont fréquentes (environ 2 à 3 par an).

Un modèle épidémiologique sur le mildiou du poireau est développé en Belgique. Ses variables d'entrées sont le choix variétal, l'historique de la parcelle, et des variables météorologiques issues de stations météo locales (précipitations et températures) (Declercq *et al.*, 2011). Il est à l'étude dans certaines stations françaises (Perus *et al.*, 2010). Sa sortie est un conseil d'intervention adapté à la parcelle.

Les techniques alternatives à la lutte chimique disponibles sont prophylactiques et visent à limiter le développement du mildiou en culture de plein champ de poireau (Estorgues *et al.*, 2005 ; CTIFL en ligne) :

- Contrôle génétique : choix variétal (variétés peu sensibles et tolérantes, à port dressé de préférence) ;
- Contrôle cultural :
 - Plantation de plants exempts de symptômes pépinière saine ;
 - Successions culturales relativement longues (4-5 ans) ;
 - Choix de parcelles drainantes ;
 - Fertilisation azotée limitée.

2. Les ravageurs principaux du poireau de plein champ

a. RdD recueillies pour lutter contre le thrips en culture de poireau de plein champ

Le thrips est un insecte qui a une nuisibilité primaire importante. Les dégâts, de petites taches blanches qui donnent une couleur argentée aux feuilles (CTIFL, Estorgues *et al.*, 2005), peuvent provoquer une perte de rendement (nuisibilité primaire directe) allant jusqu'à 20% (Pôle phytosanitaire de Loos-en-Gohelle, 2004, Estorgues *et al.* 2005) et un déclassement lors de la commercialisation si 10% de la surface foliaire est atteinte de piqûres de thrips. De plus, ces piqûres favorisent l'installation de certains bioagresseurs, comme la rouille. Une diminution des populations de thrips qui est réalisée tardivement ne permet pas de faire diminuer les dégâts déjà causés. Lors d'une campagne culturale, 4 à 6 générations peuvent se succéder (Picault 2012). Les attaques les plus importantes ont lieu lors des étés chauds et secs (CTIFL, en ligne). Il s'agit d'un insecte polycyclique qui hiverne abrité dans le sol (Fraval *et al.*).

Pour lutter contre les thrips, en culture de poireau, nous avons recueilli :

- Aucune RdD en pépinière ; des pièges sont mis en place pour suivre les vols ; ils permettent de situer les périodes de risques, mais pas de les quantifier (CTIFL en ligne). Les interventions sont décidées à l'avance et des programmes insecticides sont préconisés : pose d'un voile insect-proof avec application d'un carbofuran 15 jours après émergence des thrips; OU pose d'un voile non tissé pour les effets thermiques en début de pépinière, puis 2 à 3 applications d'insecticides (Formétanate, Alphaméthrine, Méthidathion...), ET intervention lors de l'arrachage des plants à la pépinière (CTIFL en ligne). Il faut noter que ces RdD sont issues de sources actualisées en 2003 pour la dernière fois, et que certains de ces produits ne sont plus homologués aujourd'hui (notamment carbofuran, formétanate et méthidathion). Ces RdD ne sont donc plus ni valides, ni utilisées à l'heure actuelle.
- 5 RdD en culture de plein champ, qui correspondent à 5 RdD cadre. leurs critères de décision sont différents :
 - la première (CTIFL en ligne) consiste soit à décider de l'intervention en fonction d'un nombre de thrips piégés sur des panneaux chromatiques, soit à réaliser des interventions systématiques selon le stade phénologique, sans préciser comment choisir entre ces deux options ;
 - la deuxième (Leveillard, 2011^e) propose le même critère de décision (nombre de thrips piégés) avec le même seuil, en y associant un critère de décision supplémentaire : l'observation directe des thrips sur les plantes ; toutefois, la solution de cette RdD n'est pas explicitement énoncée (il s'agit d'un seuil de nuisibilité dans un BSV) ;
 - la troisième RdD (Pôle phytosanitaire de Loos-en-Gohelle, 2004, Estorgues *et al.*, 2005, Dow AgroSciences, 2010) a comme critères de décision des prévisions de vols, définies à partir d'un modèle dont les variables d'entrée sont des données météo, pour positionner les interventions, et la « pression » du ravageur, pour adapter le nombre des interventions, sans préciser comment mesurer et quantifier cette pression ;
 - la quatrième (Fraise, com. Pers.) a comme critère de décision des données de pressions biotiques diffusées dans les bulletins techniques (pressions biotiques qui sont estimées en fonction de comptages de thrips dans des pièges et sur les plantes des parcelles de référence, % de thrips émergés estimé par un modèle épidémiologique en fonction de données météorologiques et des comptages de thrips issus de larves hivernantes et ayant passé l'hiver sous forme d'adulte, dans des parcelles de références), la présence de thrips à la parcelle, et la période de production ; cette RdD n'est ni formalisée ni diffusée dans des brochures techniques, mais elle est utilisée par les conseillers.

Tableau 162 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité des interventions insecticides contre les thrips en culture de poireau de plein champ.

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité	Source
Campagne (en plein champ) Ou Emission des feuilles du produit commercial		Limiter les dégâts visuels pour éviter un déclassement commercial	Deux stratégies : Soit si seuil atteint, alors réaliser une intervention insecticide Soit en fonction de la période de production, quand les feuilles définitives du produit commercialisé sont émises, réaliser 2 interventions par semaine <i>Comment choisir entre les 2 stratégies ?</i>	Seuil de 10 thrips / plaque / jour OU Période de production : lutte systématique	• Piégeage sur panneaux chromatiques		Ctifl en ligne
En culture			<i>(Solution non énoncée)</i>	Seuil de nuisibilité par piégeage : 10 thrips/plaque/jour Seuil de nuisibilité sur plantes : 50% de plantes infestées	• Pièges chromatiques • Observations au champ	Recueillie pour le Centre	Leveillard, 2011e
Campagne, en culture de plein champ		Limiter les dégâts visuels pour éviter un déclassement commercial	Intervenir au cours des vols de thrips et adapter le nombre d'interventions à la pression du ravageur.	Périodes de vols des thrips Pression du ravageur (<i>pas de seuil d'intervention ; comment évaluer la pression et y adapter le nombre d'interventions ?</i>)	• Modèles de prévision des périodes de vols (Edelson et Magaro) ; entrées : sommes de t° moyennes journalières > 11,5°C à partir du 1 ^{er} janvier (station météo locale) ; • Piégeage chromatique d'évaluation de l'intensité des vols (3 plaques bleues dans la parcelle, engluées sur une face, de 20 cm de côté et de 3mm d'épaisseur, dans la culture, à environ 10cm au-dessus de la culture et distantes de 10m, face engluée orientée du côté du vent dominant) ; • Observations au champ pour évaluer le niveau d'attaque (surtout en fin de saison : les pièges ne sont plus fiables)	Recueillie pour la Bretagne le Nord Pas-de-Calais	Pôle phytosanitaire de Loos-e-Gohelle, 2004 Estorgues et al 2005
En culture			Dès apparition des 1 ^{ères} larves, alors intervenir en effectuant 2 interventions antithrips successives, et renouveler ensuite l'application tous les 9 jours. <i>Simon ?</i>	Apparition des 1 ^{ères} larves	Observation des cultures	Recueillie pour l'utilisation de spinosad	Dow AgroSciences, 2010
De mai à fin août	Parcelle	<ul style="list-style-type: none"> Eviter d'avoir des poireaux très chétifs Limiter les dégâts visuels sur les feuilles commercialisables 	Si recommandation des bulletins d'informations, et si observation de thrips dans la parcelle, et en fonction de la période de production, alors intervenir, et moduler le pas de temps entre deux interventions. <i>(RdD non formalisée, conseillée aux agriculteurs ; en production d'hiver, plus grande tolérance vis-à-vis de la présence de thrips à la parcelle)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Bulletins d'information ; var. d'entrées : comptages sur pièges et plantes (seuils : 1 thrips/plaque/jour, 2 thrips/pied/jour) ; %émergence des thrips calculé par un modèle épidémiologique /seuil : 70-80% d'émergence atteint ; tendance évolutive de l'activité des thrips (reprise de l'activité et conditions météo favorables). Présence de thrips dans la parcelle de l'agriculteur Période de production 	Bulletins d'information (pour lesquels sont mobilisés des pièges chromatiques, des données météorologiques, le modèle thrips, les réseaux d'observation) Observation à la parcelle	Recueillie pour Basse Normandie, (conseillée par la SILEBAN)	Fraise, Co pers.

- Enfin la dernière, issue d'une notice de produit phytosanitaire, a comme critère de décision l'observation des larves pour décider de l'opportunité d'intervention.

Un modèle, développé par le CTIFL, et utilisé dans le cadre du conseil (Fraisie, com. pers.), informe des périodes d'émergence des thrips : il calcule le % d'émergence atteint / jour, à partir de données de température et de pluviométrie.

En pratique, d'après les entretiens réalisés, les agriculteurs ne réalisent pas les piégeages eux-mêmes (nécessite du temps d'observation et des compétences d'identification et d'interprétation). Des interventions sont réalisées chaque année, et les thrips constituent un poste d'utilisation de produits phytosanitaires très important. (Par exemple, entre 7 et 10 interventions par an en Normandie, Fraisie, com. pers.). En pratique, les interventions contre les thrips prennent aussi en compte la présence de mouches mineuses, et de teignes. Nous avons recueilli un seuil de nuisibilité indicatif pour les mouches mineuses (aucun seuil de nuisibilité n'ayant été établi), dans le Centre, qui correspond à la présence de dégât (Leveillard, 2011b) mais il n'existe pas de produits phytosanitaires homologués contre les mouches mineuses. Il semblerait que cette mouche mineuse, assez récemment préjudiciable aux cultures de poireaux en France (Picault *et al.*, 2011, cité in Picault 2012), ait fait l'objet de peu de travaux.

Les différentes techniques alternatives à la lutte chimique sont (CTIFL en ligne, Picault 2012, Villeneuve 2012, GDA bio 29, 2007) :

- En pépinière : isoler les cultures de liliacées et poser un film anti-insecte.
- En plein champ :
 - Succession culturale : si possible précédent navet ou radis, pas de précédent liliacées, ou de parcelle de liliacées à proximité et un délai de retour de liliacées de 3-4 ans ; éventuellement association de culture (trèfle) ;
 - Travail du sol ;
 - Arrosage suffisant, et fractionné pour une bonne reprise et une bonne végétation ;
 - Techniques visant à favoriser les auxiliaires comme présence de haies, de mélanges de fleurs et de bandes de légumineuses à l'étude (prédateurs de thrips : *Aelothrips intermedius*, *Orius sp.*, coccinelles, acariens, chrysopes)
 - Lutte biologique : nématodes, champignons entomopathogènes (à l'étude),
 - Lutte physique : voiles de protection (mais cette technique est coûteuse).

b. RdD recueillies pour lutter contre la mouche de l'oignon en culture de poireau de plein champ

La mouche de l'oignon compte en moyenne 3 générations par an. Il n'y a pas à l'heure actuelle de produit phytosanitaire autorisé contre la mouche de l'oignon en culture de poireau (Picault 2012). Des traitements généraux localisés du sol au semis ou à la plantation sont homologués. Nous n'avons pas recueilli de RdD pour décider de ces interventions. En pratique, d'après les entretiens réalisés, les produits ne sont pas toujours disponibles à l'approvisionnement, mais s'ils le sont, les interventions sont systématiques.

Il n'existe pas de méthode fiable de prévision des vols (CTIFL en ligne), mais le piégeage, avec une identification des mouches par un spécialiste, peut être utilisé.

Il existe des mesures prophylactiques pour lutter contre ce ravageur (CTIFL en ligne, Picault, 2009 cité par Picault, 2012 ; CTIFL en ligne) :

- Succession culturale (délai de retour d'une liliacée de 5 ans) ;
- Aménagements parcellaires pour favoriser les régulations naturelles (auxiliaires : *Trybliographa rapae*, carabidés, staphylins, *Coenosia grina*, Hyménoptères *Baconides*) ;
- Utilisation de voiles insect proof.

Annexe XXIII : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de tomate sous abri

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.

Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

1.	<i>Les maladies principales des tomates sous-abri</i>	451
a.	RdD recueillies pour lutter contre la pourriture grise de la tomate	451
b.	RdD recueillies pour lutter contre l'oïdium de la tomate en culture sous-abri	453
c.	RdD recueillie pour lutter contre la cladosporiose de la tomate en culture sous-abri	453
d.	RdD recueillies pour lutter contre les bioagresseurs telluriques de la tomate en culture sous-abri	454
2.	<i>Les ravageurs principaux des tomates sous-abri</i>	456
a.	RdD recueillies pour lutter contre les aleurodes de la tomate en culture sous abri	456
b.	RdD recueillies pour lutter contre <i>Tuta absoluta</i>	459
c.	RdD recueillies pour lutter contre les noctuelles de la tomate en culture sous abri	463
d.	RdD recueillies pour lutter contre les acariens en culture de tomate sous abri	463
i.	Acariens tétranyques	463
ii.	Acariose bronzée	464
e.	RdD recueillies pour lutter contre les pucerons en culture de tomate sous abri	466
f.	RdD recueillies pour lutter contre les thrips en culture de tomate sous abri	466

Absence de données sur l'IFT

Dans cette étude, nous avons étudié la disponibilité des RdD par couple culture-bioagresseur, et étudié cette disponibilité en regard d'un « enjeu phyto », incluant, entre autres, l'IFT de la culture pour la famille du bioagresseur. Nous avons ainsi pu hiérarchiser les travaux à encourager, en fonction des enjeux que représentaient les différents bioagresseurs dans les différentes cultures, pour la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.

Ce travail n'a pas pu être mené pour la filière cultures légumières. En effet, l'IFT est un indicateur encore peu utilisé par manque de références suffisantes dans cette filière. Dans l'étude Ecophyto R&D il a été utilisé avec beaucoup de réserves (INRA, 2009d) :

« A noter que la référence à l'IFT pour les légumes n'a pas été validée et il n'y a pas eu de travaux pour établir la pertinence de cet indicateur pour les cultures légumières. En effet, plusieurs facteurs sont à prendre en compte, notamment :

- *La multiplicité des systèmes de culture (plein champ/sous abri divers, primeur/saison, ...) et de leur durée.*
- *La forte dépendance des stratégies de traitement en fonction des conditions climatiques et en conséquence des conditions de pression des ravageurs, maladies ou adventices selon les années et les bassins de production.*
- *L'emploi de produits alternatifs, le mode d'action des produits, leur classement toxicologique... ; par exemple les spécialités à base de *B. thuringiensis* peu toxiques mais ayant une action de contact et nécessitant des applications répétées pour une protection continue du feuillage, notamment sous abri sur les cultures palissées.*
- *Les traitements localisés (partie de la surface cultivée, nombre limité de plantes...)*
- *Les efforts de la filière légumes pour la mise en œuvre de plusieurs méthodes alternatives dans les itinéraires techniques, notamment sous abri, limitant ainsi le recours aux produits phytosanitaires (résistances de variétés, greffage, utilisation d'auxiliaires...)...*

En conséquence, la mise au point d'un indicateur représentatif des pratiques phytosanitaires dans le secteur des légumes s'impose. »

Nous avons en conséquence décidé de ne pas mobiliser les données d'IFT qui pouvaient être disponibles pour les cultures de légumes. Ainsi, cette information ne figure pas dans les données présentées.

1. Les maladies principales des tomates sous-abri

a. RdD recueillies pour lutter contre la pourriture grise de la tomate

La pourriture grise est une maladie causée par le champignon *Botrytis cinerea*. Le climat généré par les abris des cultures de tomates sous abri, à température modérée et humidité élevée est très favorable à un développement rapide de la maladie (Ruocco *et al.*, 2011 ; Trottin-Caudal, 2011). Ce champignon provoque la pourriture des fruits, voire la mort des plantes, et a donc une nuisibilité primaire directe importante (Terrentroy et Chabrière 2011).

Pour décider de l'opportunité de la lutte chimique contre le botrytis, nous avons recueilli deux RdD, toutes deux concernant une lutte chimique prophylactique : la première (APREL *et al.*, 2011) concernant l'opportunité d'une intervention chimique localisée au niveau des plaies de taille et la seconde (Trottin-Caudal, 2011) concernant la désinfection des structures de l'abri. Cette seconde RdD ne cible pas uniquement la pourriture grise, et ne semble pas, dans la pratique, décidée en fonction de cette maladie : la désinfection des structures est réalisée régulièrement, tout du moins en culture hors sol. La première RdD quant à elle est très imprécise, car son critère de décision principal est une « situation favorable au champignon ». D'après les entretiens, ce critère de décision implicite concernerait le microclimat sous l'abri, la vigueur de la variété et la qualité de taille des plantes (com. pers. Trottin-Caudal).

En pratique, d'après les entretiens réalisés, ces interventions sont décidées : soit dès l'observation des premiers symptômes (Terrentroy, com. pers.), soit en préventif, lorsque les conditions météorologiques sont favorables au développement du champignon : température qui augmente rapidement, hygrométrie très élevée, notamment si présence d'écrans thermiques, risque de condensation (com. pers. Puig).

Les techniques alternatives à la lutte chimique, comme le contrôle cultural ont un rôle essentiel dans la gestion du *Botrytis cinerea*, la lutte chimique n'intervenant qu'en complément (Trottin-Caudal, 2011 ; APREL *et al.*, 2011 ; Mazollier, 2012) :

- Bonne maîtrise du climat dans la serre ;
- Travail des plantes soigné et régulier : élimination des organes pouvant servir de bases nutritives au bioagresseur (feuilles séchées) ou déjà atteints (fruits pourris...) et des débris végétaux ; effeuillage régulier pour aérer le bas des plantes ; ébourgeonnage régulier pour que les plaies ne soient pas trop grosses ; soin des opérations culturales à effectuer en conditions sèches pour éviter les blessures ;
- Bon équilibre des éléments fertilisants, contrôle du volume des arrosages (éviter les flaques d'eau) et, pour les cultures hors sol, adaptation de la conductivité à la vigueur des plantes ;
- Dates de semis et de plantation cohérentes avec le type de serre et l'équipement (chauffage...) : pas de semis trop précoce pour les cultures hors sol, dans des serres peu équipées ;
- Densité de plantes modérée, adaptée à la saison, et aération régulière des abris ;
- En culture hors sol, protection physique : badigeons d'argile (déposés sur les plaies d'effeuillage ou sur les débuts de chancres sur les tiges), qui facilitent le dessèchement des tissus de la tige et entraînent l'arrêt du développement du chancre.

Des solutions de lutte biologique sont également disponibles : agents de contrôle microbiologique (*Trichoderma harzianum*; *Bacillus subtilis*) (Ruocco *et al.*, 2011) mais semblent peu pratiqués en France, par manque d'efficacité. *Microdochium dimerum*, un autre agent de lutte biologique devrait bientôt être homologué.

Tableau 163 : Règles de décision cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre les maladies principales des cultures de tomate sous abri

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/ outil	Champ de validité/ Exples déclinaisons	Source
Pourriture grise	Taille		Opportunité d'intervention fongicide	Mise en place de badigeons d'argile, travail des plantes soigné et régulier, maîtrise du climat dans l'abri		Si situation favorable au champignon, alors effectuer un traitement localisé au niveau des plaies juste après la taille. <i>(Sinon impasse ?)</i>	Situation favorable au champignon <i>(Comment évaluer la situation ?)</i>		Recueillie en PACA Substances actives mentionnées : pyriméthanyl, fenhexamid, iprodione, boscalid, pyraclostrobine	APREL <i>et al.</i> , 2011
Pourriture grise	Après récolte	Abri	Opportunité d'intervention chimique			En particulier si fortes attaques durant l'année précédente, alors intervenir en effectuant une désinfection des structures <i>(sinon impasse ?)</i> .	Fortes attaques sur la culture précédente <i>(comment quantifier l'attaque ?)</i>			Trottin-Caudal, 2011
Oïdium	A partir de début juin		Opportunité d'intervention fongicide			Traiter préventivement dès cette période, notamment si le climat est chaud et sec, ou à défaut dès la détection des 1 ^{ères} taches, en réalisant 2 applications espacées de 7 à 10 jours.	Climat chaud et sec Détection des 1 ^{ères} taches	Observations en culture	Recueillie en PACA en AB	Mazollier, 2012
Oïdium	Campagne		Opportunité d'intervention fongicide		Eviter tout développement de la maladie	Si détection des 1 ^{ères} taches, alors intervenir rapidement. Si nécessaire, alors réaliser 2 applications à 5-7 jours d'intervalle <i>(mais comment évaluer la nécessité d'intervenir ? Sinon impasse ?)</i>	Détection des 1 ^{ères} taches	Observations régulières des cultures	Recueillie pour la région PACA Substances actives mentionnées : soufre, myclobutanil, boscalid, pyraclostrobine, azoxystrobine, bupirimate	APREL <i>et al.</i> , 2011
Cladosporiose	En cours de culture après observations des premiers symptômes et après récolte		Opportunité d'intervention fongicide			En particulier si fortes attaques durant l'année précédente, alors intervenir en effectuant une désinfection des structures <i>(sinon impasse ?)</i>	Fortes attaques sur la culture précédente <i>(comment quantifier l'attaque ?)</i>			Trottin-Caudal, 2011

Tableau 164 : Règle de décision cadre recueillie pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre les bioagresseurs telluriques des cultures de tomate sous abri

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/ outil	Champ de validité	Source
Maladies ravageurs et du sol	Arrachage des cultures		Opportunité d'intervention phytosanitaire			Si nécessaire, désinfecter le sol ou le substrat <i>(mais comment évaluer la nécessité d'intervenir ??)</i>	? <i>(Sans doute mais implicite : présence de maladies ou ravageurs du sol ou de dégâts occasionnés par ces maladies ou ravageurs du sol, forte attaque année précédente ?)</i>	A l'arrachage des cultures, vérification de l'état des racines	Recueillie en PACA	APREL <i>et al.</i> , 2011

Par ailleurs, il existe des variétés plus ou moins sensibles (CA Lot-et-Garonne, 2008a).

b. RdD recueillies pour lutter contre l'oïdium de la tomate en culture sous-abri

Il existe deux espèces d'oïdium : *Oïdium neolycopersici* et *Leveillula taurica*. Cette maladie, très fréquente, peut se développer rapidement et causer des dégâts importants sur feuillage si elle n'est pas maîtrisée, en particulier sur les variétés de faible vigueur (Mazollier 2012). L'oïdium est une maladie disséminée par le vent ou véhiculée par les insectes et n'est pas inféodée à la parcelle (CA, 2008a).

Nous avons recueilli deux RdD cadre d'opportunité d'intervention fongicide contre l'oïdium (Tableau 163) dont le critère de décision principal est l'apparition des premières taches. Les autres critères de décision de ces RdD et leurs indicateurs sont plus ou moins explicites : climat chaud et sec pour la première RdD cadre, « si nécessaire » pour la deuxième. D'après les entretiens réalisés, (Terrentroy, com. pers.), cette condition « si nécessaire » traduit implicitement une situation aux conditions climatiques favorables au développement de la maladie, ou une première intervention trop tardive (développement du champignon non maîtrisé).

Au niveau des options de la solution, la 1^{ère} RdD, recueillie pour la conduite de la tomate en AB (Mazollier, 2012), préconise soit une intervention préventive au début de l'apparition des conditions favorables à la maladie début juin, soit une intervention plus tardive par rapport au développement de la maladie, à l'apparition des dégâts ; la 2^{ème}, recueillie pour une conduite dite « conventionnelle » (APREL *et al.*, 2011) de la tomate, préconise uniquement une intervention sur observation. Comme pour les autres maladies en cultures de tomate sous-abri, l'intervention doit être réalisée très tôt dans le développement de la maladie. En effet, non seulement les produits fongicides aujourd'hui disponibles ont peu d'efficacité lorsque la maladie est très développée, mais en plus, d'après les entretiens réalisés, les conditions climatiques en cultures sous-abri sont très favorables au développement du champignon, et les premiers symptômes sont difficiles à détecter.

D'autres interventions chimiques ciblent l'oïdium en culture de tomates sous abri, en particulier en culture hors sol : les désinfections des structures. Nous n'avons pas recueilli de RdD pour décider de cette intervention pourtant assez fréquente d'après les entretiens réalisés. L'efficacité de cette intervention sur le développement de l'oïdium n'a pas été démontrée à ce jour (com. pers. Trottin-Caudal).

Les techniques alternatives à la lutte chimique, comme le contrôle cultural ont un rôle essentiel dans la prévention de l'oïdium, la lutte chimique n'intervenant qu'en complément (Ruocco et al 2011, Trottin Caudal, 2011) :

- Contrôle cultural : vide sanitaire, suppression des adventices (hôtes potentiels des champignons), bonne maîtrise du climat (pas d'excès d'humidité), élimination des débris végétaux restés au sol, raisonnement de la fertilisation ;
- Contrôle génétique : choix d'une variété possédant un gène de résistance vis-à-vis de l'une ou l'autre des deux espèces d'oïdium ;

c. RdD recueillie pour lutter contre la cladosporiose de la tomate en culture sous-abri

La cladosporiose, causée par le champignon *Fulvia fulva*, était importante en culture sous abri il y a 10 ans. Aujourd'hui avec les nombreuses variétés résistantes disponibles, la maladie est moins préjudiciable et se manifeste surtout sur les variétés sensibles ou n'ayant pas les résistances à toutes les

racés du champignon, dans les abris mal aérés ou dans les zones denses de végétation, notamment si les variétés sont vigoureuses (Trottin-Caudal, 2011). Cette maladie peut cependant causer des dégâts importants si elle est mal maîtrisée (Terrentroy, com. pers.) : elle provoque des taches sur les feuilles des plantes, les feuilles finissant par se dessécher.

Une seule RdD a été recueillie. Il s'agit d'une RdD d'opportunité de désinfection des structures de l'abri. Son domaine de validité n'est pas précisé, mais elle concerne sans doute les cultures hors sol. Son critère de décision est l'historique du bioagresseur (en cas de forte attaque l'année précédente) afin de limiter la présence des spores dans l'abri. Cette RdD ne précise cependant pas comment évaluer l'importance de l'attaque.

Aucune RdD n'a été recueillie pour décider de l'opportunité des interventions chimiques contre la cladosporiose en culture. Toutefois, d'après les entretiens réalisés, l'opportunité de lutte chimique contre la cladosporiose se décide en fonction de l'observation des premiers symptômes.

Parmi les mesures alternatives à la lutte chimique pouvant être mises en œuvre, nous pouvons citer (Trottin-Caudal, 2011 ; Mazollier, 2012) :

- Choix de variétés résistantes à toutes les races de cladosporiose connues : il s'agit de la première mesure à mettre en œuvre pour limiter les risques de développement de la cladosporiose, bien que pour certains agriculteurs, les critères commerciaux prédominent dans le choix de la variété (com. pers. Trottin-Caudal) ;
- Bonne maîtrise du climat, pour éviter l'excès d'humidité, et aération régulière des abris ;
- Densité de plantation modérée ;
- Suppression des adventices aux abords des cultures (hôtes potentiels du champignon) ;
- Elimination des feuilles attaquées en cas d'attaque. Cette pratique, très contraignante, n'est pas réellement pratiquée, à part dans certaines cultures d'agriculture biologique.

d. RdD recueillies pour lutter contre les bioagresseurs telluriques de la tomate en culture sous-abri

En culture de tomate en sol sous abri, les principaux champignons du sol sont les Pythiacées (*Pythium spp. et Phytophthora spp.*), la maladie des racines liégeuses (ou corky root), la fusariose des racines et du collet et la verticilliose. Les principaux ravageurs telluriques sont les nématodes à galles, particulièrement difficiles à maîtriser en culture sous abri, et les taupins.

Une seule RdD a été recueillie pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les bioagresseurs telluriques. Cette RdD est très imprécise : son critère de décision est « si nécessaire », en fonction de l'état des racines à l'arrachage des cultures. Implicitement, d'après les entretiens réalisés, il s'agit de la présence de maladies ou ravageurs du sol, ou de l'observation de dégâts sur les racines à l'arrachage des cultures, et parfois de la prise en compte du mode de production ou de la possibilité de réaliser des solarisation (désinfection physique).

Compte-tenu de la réduction d'usage des produits de désinfection chimique des sols, la pression de ces bioagresseurs telluriques s'accroît ces dernières années et peut occasionner des pertes importantes de rendement (Trottin-Caudal, 2011). De plus, d'après les entretiens réalisés, même si les coûts de ces produits sont élevés, les agriculteurs les appliquaient fréquemment sans mettre en place de mesures prophylactiques, ces produits étant auparavant très efficaces et accessibles (Aubertot et Savary, 2005). A l'heure actuelle, ils se retrouvent ainsi dépendants de ces interventions, et démunis du fait du retrait d'une grande partie des produits de désinfection chimique du sol suite aux nouvelles réglementations.

Les techniques alternatives sont donc essentielles pour la maîtrise de ces bioagresseurs : la solarisation, par exemple, est appliquée dans le Sud-Est de la France pour désinfecter le sol, mais cette technique ne peut être mise en œuvre que dans les régions dans lesquelles le climat est favorable. Elle présente par ailleurs l'inconvénient de se substituer à la conduite d'une culture (com. pers. Puig). Peu de connaissances sur les techniques alternatives sont actuellement disponibles, mais des études sont actuellement en cours à ce sujet (ex. : CASDAR PraBioTel, Projet GEDUBAT, Innovations techniques et variétales pour une GESTION DURable des Bio Agresseurs Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris, piloté par le Ctifl dans le cadre d'EXPE Ecophyto, GeDuNem, d'après Terrentroy, com. pers.).

2. Les ravageurs principaux des tomates sous-abri

a. RdD recueillies pour lutter contre les aleurodes de la tomate en culture sous abri

En France, deux espèces d'aleurodes sont préjudiciables pour les cultures de tomate sous abri : *Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum*. Ces deux espèces peuvent causer d'importants dégâts directs : ponction de sève, salissement des feuilles et des fruits par la sécrétion de miellat puis de fumagine (les fruits ne peuvent alors pas être commercialisés), injection de salive toxique par *Bemisia tabaci*, occasionnant une maturation irrégulière des fruits. Ils peuvent également transmettre des virus, le plus préjudiciable étant le virus TYLC responsable de la maladie des feuilles jaunes en cuillère de la tomate, transmis par *Bemisia tabaci* (Ruocco *et al.*, 2011 ; Trottin-Caudal, 2011).

Trois RdD ont été recueillies dans le cadre de cette étude. Elles se basent toutes sur l'observation de la présence d'aleurodes sur les cultures. La deuxième (APREL *et al.*, 2011) mobilise également l'observation de l'évolution des foyers d'aleurodes, et propose trois options différentes (lutte chimique, lutte biologique par l'introduction d'auxiliaires et lutte physique par piégeage massif), mais est peu explicite : elle ne précise pas comment choisir entre les différentes options et comment évaluer l'évolution des foyers. Les deux autres RdD sont proposées en conduite en Protection Biologique et Intégrée de la tomate, avec introduction d'auxiliaires dans l'abri : l'une est applicable en amont de l'introduction des auxiliaires et propose un seuil indicatif pour juger de l'opportunité d'intervenir, l'autre est applicable après introduction des auxiliaires et prend également en compte leur installation pour juger de l'opportunité d'intervenir.

En fin de culture, après la dernière récolte et avant arrachage des plantes, une dernière intervention visant à limiter les populations aleurodes dans l'environnement peut également être préconisée (Trottin-Caudal, 2011) mais aucune RdD n'a été recueillie à ce sujet.

En pratique, les aleurodes sont présents chaque année, et sont difficiles à maîtriser, car les générations se suivent et se chevauchent sans interruption (quelques individus présents à l'automne peuvent signifier une population très importante d'aleurodes au printemps), mais aussi du fait d'un risque élevé d'acquisition de résistance aux pesticides (Trottin-Caudal, 2011 ; Terrentroy, com. pers.). L'introduction d'auxiliaires est à la base de la stratégie de protection, et se fait de façon quasi-systématique. Depuis l'émergence de *Tuta absoluta*, ces deux ravageurs sont en général gérés en même temps par un lâcher commun d'auxiliaires : *Encarsia formosa*, *Eretmocerus eremicus* et *Eretmocerus mundus* (spécifique de *Bemisia tabaci*), *Macrolophus pygmaeus* (Ruocco *et al.*, 2011 ; Trottin-Caudal, 2011). Cependant, dans le cas d'une culture précoce, pour éviter d'être dépassé par une population d'aleurodes trop importante face à des auxiliaires insuffisamment installés, les interventions chimiques en début de culture (avant installation des auxiliaires) sont presque systématiques, d'autant plus pour les cultures de contre saison et les cultures précoces. Elles sont moins systématiques en culture tardive (Terrentroy, com. pers.). Le choix des auxiliaires et le positionnement des introductions doivent être adaptés à l'espèce d'aleurode présente dans l'abri.

Tableau 165 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les aleurodes en tomate sous abri

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/ outil	Champ de validité	Source	Nb RdD
Début de culture		Opportunité d'intervention insecticide	Introduction d'auxiliaires, lutte physique (suppression des feuilles infestées)		Dès détection des 1ers adultes d'aleurodes, avant introduction des auxiliaires, si seuil, réaliser une intervention (chimique ou biologique : micro-organismes), sinon impasse	Nb d'individus observés sur 100 plantes (adultes et larves de 4ème stade – puparium) Seuil 5 pour 100 plantes	Pose de panneaux jaunes englués Observation régulière des cultures		Trottin-Caudal, 2011	1
En cours de culture	Parcelle/ portion de parcelle	Opportunité d'intervention insecticide	Introduction d'auxiliaires Piégeage massif		Dès détection des foyers, suivre leur évolution et intervenir rapidement. Selon le cas choisir entre : introduction d'auxiliaires et/ou traitement larvicide ou adulticide, localisé ou généralisé, ou pose de panneaux ou bandes jaunes engluées. (Comment choisir ?)	Détection des foyers et suivi de leur évolution	Observations régulières des cultures	Recueillie en PACA	APREL <i>et al.</i> , 2011	1
En cours de culture, après lâchers des auxiliaires	Unité de serre / Portion d'unité	Opportunité d'intervention insecticide	Introduction d'auxiliaires		Si 10 foyers importants présentant de nombreuses larves jeunes, alors intervenir avec un larvicide : <ul style="list-style-type: none"> • si foyers localisés, intervenir en localisé ; • si les foyers sont répartis dans toutes la serre, intervenir en généralisé. Sinon, si l'installation des auxiliaires <i>Encarsia, a Eretmocer</i> et <i>Macrolophus</i> est jugée insuffisante par rapport au développement du ravageur, alors intervenir. (<i>Quel seuil pour Encarsia et Eretmocer</i> ?) Sinon impasse.	Nombre de foyers avec larves jeunes Evaluation de l'installation des auxiliaires : -pour <i>Encarsia</i> et <i>Eretmocer</i> via un contrôle du parasitisme : % pupes parasitées sur feuilles présentant au moins 1 pupa parasitée (<i>Quel seuil de parasitisme?</i>) -Pour <i>Macrolophus</i> : contrôle des populations ; Seuil indicatif : nb de <i>Macrolophus</i> <10/ plante en moyenne	Observations régulières des cultures Pour <i>Encarsia</i> et <i>Eretmocer</i> : feuilles du bas des plantes, 1 ^e obs. 3-4 semaines après introduction puis fréquence mensuelle ; contrôle de 15 à 20 feuilles (sur une plante, pas plus de 1 à 2 feuilles), dans toute la serre. Contrôle de quelques plantes tous les 8j les 1 ^{ers} mois, puis tous les 15j.		Trottin-Caudal, 2011	1

En complément de l'introduction des auxiliaires, des techniques alternatives sont préconisées, la lutte chimique n'intervenant qu'en complément (APREL, 2011 ; Trottin Caudal, 2011 ; DRAF-SRPV, en ligne) :

- Désherbage de la serre et des abords ;
- Mise en place de filets aux ouvrants et aux portes pour limiter l'entrée des populations d'aleurodes ;
- Mise en place de panneaux jaunes englués pour détecter les premiers adultes d'aleurodes ;
- Choix de variétés tolérantes au TYLCV ;
- Suppression des feuilles infestées ;
- Piégeage massif à l'aide de panneaux ou bandes jaunes englués.

A noter qu'il n'existe cependant pas de relation entre quantité d'insectes piégés et quantité d'insectes présents dans la culture : les panneaux permettent de détecter l'arrivée massive des insectes mais une observation régulière des cultures est nécessaire pour connaître le niveau de population dans l'abri et ainsi estimer les risques de dégâts (Trottin-Caudal, com. pers.).

b. RdD recueillies pour lutter contre *Tuta absoluta*

Tuta absoluta est un ravageur émergent sur la culture de la tomate sous abri, qui est apparu dans le Sud-Est de la France à l'automne 2008 et est actuellement répandu dans toutes les régions de production de tomate. Il est responsable de dégâts considérables provoqués par les larves qui creusent des mines dans les feuilles, tiges, bourgeons ainsi que dans les fruits, causant ainsi des pertes commerciales très importantes. Les dégâts peuvent être tellement importants que des cultures entières de tomate doivent être arrachées (Mazollier, 2009). *Tuta* est particulièrement problématique du fait de sa forte capacité de dissémination, de la succession des générations, de l'importance des dégâts et de la résistance connue à plusieurs substances actives. Il est donc nécessaire de combiner mesures préventives, lâchers d'auxiliaires, lutte physique et lutte chimique (Trottin-Caudal, 2011 ; APREL *et al.*, 2011).

8 RdD, correspondant à 8 RdD cadre, ont été recueillies dans le cadre de cette étude, pour évaluer l'opportunité de lutte chimique contre *Tuta absoluta*. Les critères de décision de la majorité de ces RdD sont les captures de l'insecte, et/ou les dégâts observés. L'une d'elle, valable pour un système de culture en protection biologique intégrée (Trottin Caudal 2011), a comme critère l'observation de dégâts, la présence d'œufs, et/ou les premières captures dans des pièges à phéromones, en début de culture. Il s'agit de décider de l'opportunité d'intervention insecticide avant l'introduction d'auxiliaires, en particulier dans les cultures de contre-saison et dans les cultures précoces.

Ces RdD permettent de décider de l'opportunité d'une intervention pour lutter contre l'insecte, mais pas de choisir le mode de lutte. Or il existe un mode de lutte biologique, à base de *Bacillus thuringiensis*, conseillé en priorité pour limiter l'impact des insecticides sur les populations d'auxiliaires. De par le mode d'action de ces produits (ingestion de la bactérie par les chenilles jeunes), il est nécessaire d'intervenir au début de l'attaque, lorsque le bioagresseur est au stade de sensibilité (APREL *et al.*, 2011). Il existe aussi des RdD concernant uniquement l'opportunité d'intervention biologique, mais elles ne figurent pas dans ce tableau.

Enfin, en fin de culture, après la dernière récolte et avant arrachage de plantes, il est également conseillé d'intervenir systématiquement pour limiter les populations de *Tuta* dans l'environnement de la parcelle (Trottin Caudal, 2011).

Il existe aussi d'autres modes de lutte biologique : l'introduction d'une association d'auxiliaires, *Macrolophus pygmeus* et *Trichogramma achaeae* est une base essentielle permettant de contrôler les populations du ravageur (Trottin-Caudal, 2011). Ce mode de lutte peut être suffisant, et les RdD recueillies pour des cultures où l'introduction d'auxiliaires est pratiquée sont mobilisées en cas d'inefficacité de cette lutte biologique. D'après les entretiens, cette mesure est assez couramment pratiquée. En abri non chauffé, l'objectif de la lutte biologique est de favoriser l'installation des auxiliaires en début de culture, et de bénéficier ensuite, à partir de mai, de ceux présents naturellement dans l'environnement (ex. : *Dicyphus sp.*) (Trottin-Caudal, 2011 ; APREL *et al.*, 2011 ; DRAAF, 2009).

D'autres techniques alternatives sont aussi disponibles et peuvent être mises en œuvre en amont, ou en complément de la lutte biologique et de la lutte chimique, ou en combinaison :

- Lutte physique : effeuillage précoce des feuilles infestées sur les plantes en présence de galeries ou d'œufs dès le début de la culture, destruction des organes atteints et arrachage systématique des plantes très attaquées, pose de filets étanches aux insectes en pépinière, piégeage massif à l'aide de pièges à phéromones ou de pièges lumineux, mise en place en culture de filets anti-insectes à maille adaptée pour réduire les entrées ;

Tableau 166 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention insecticide contre *Tuta absoluta* en tomate sous abri à l'échelle de la parcelle

Echelle temporelle	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité/	Source	Nb RdD
En début de culture	Introduction d'auxiliaires réalisée plus tardivement, dès que la population de <i>Tuta</i> est réduite	Réduire les populations du ravageur	Si critères de décision remplis, alors intervenir à l'aide de produits phytosanitaires.	1 ^{ère} galeries, voire présence d'œufs sur les plantes et/ou nb assez élevé de <i>Tuta</i> dans les pièges (>10 individus/semaine en moyenne)	"Etat des lieux" des abris et des plants, et 8-10 jours après, contrôle de 100 plantes entières dans la multi-chapelle ou dans 2-3 tunnels de référence Pièges à phéromones	Protection biologique intégrée	Trottin-Caudal 2011.	1
En cours de culture	Introduction d'auxiliaires		Si critères de décision remplis, alors intervenir à l'aide de produits phytosanitaires.	Installation des auxiliaires jugée insuffisante par rapport au développement du ravageur et l'évolution des dégâts (<i>comment juger de l'efficacité attendue des auxiliaires ?</i>) OU produits phytosanitaires appliqués par ailleurs (effet secondaire sur les auxiliaires)	Observations régulières des cultures	Protection biologique intégrée	Trottin-Caudal 2011.	1
Après avoir enlevé et brûlé les plants atteints.	Enlever et brûler les plants atteints Choix de produit contre <i>Tuta absoluta</i> ¹¹⁰		Si observation des 1 ^{ers} symptômes, alors enlever et brûler les plants atteints puis intervenir.	1 ^{ers} symptômes	Observation des plantes	En pépinière et jardinerie Recueillie en Corse	FREDON Corse, en ligne	1
Campagne	Arrachage et brûlage des organes ou des plants touchés Dès capture d'insectes dans les pièges, alors piégeage massif. Si >30 captures/semaine : mesures complémentaires.		Si aucune intervention n'a été réalisée contre les noctuelles avec un produit ayant une efficacité secondaire sur <i>Tuta absoluta</i> • Si >3 captures/semaine, alors réaliser une intervention tous les 10-15 jours. Sinon, impasse.	Nb de captures/ semaine dans les pièges Nombre de plantes atteintes Autres interventions phytosanitaires	Pièges à phéromones (1 piège pour une parcelle < 3500m ² ; 2 pièges/ha pour une parcelle>3500m ²), placés en hauteur, au-dessus de la culture, près de l'entrée de la serre : relevés au moins 1 fois/semaine, pour le suivi des populations. Dès capture d'un adulte, réaliser un piégeage massif (30 pièges/ha) Observation directe des plantes	Recueillie pour la Corse	FREDON Corse, en ligne	1
Avant arrachage des plantes	Intervention contre les noctuelles et choix de produit Choix de produit contre <i>Tuta absoluta</i> ¹¹⁰		Si aucune intervention n'a été réalisée contre les noctuelles avec un produit ayant une efficacité secondaire sur <i>Tuta absoluta</i> • Si >25% de plantes atteintes, alors réaliser une intervention avant l'arrachage des plantes, sinon impasse					1
Campagne			Dès les 1 ^{ères} éclosions, alors intervenir.	Premières éclosions	Observation des cultures	Recueillie pour l'utilisation de spinosad	Dow Agrosciences, 2010	1
Campagne	Choix du produit de traitement ¹¹⁰ Intervention contre les noctuelles		En tout début d'attaque, alors intervenir.	Début d'attaque	Observation minutieuse des cultures et repérage des 1 ^{ers} dégâts sur les plantes Pièges à phéromones (2-4 pièges/ha)	Produits mentionnés Bt spinosad, indoxacarb, deltaméthrine chlorantraniliprole	APREL <i>et al.</i> , 2011	1
Campagne	Intervention contre les noctuelles Choix de produit contre <i>Tuta absoluta</i> ¹¹⁰		Dès la 1 ^{ère} capture, si conditions climatiques propices au développement du ravageur, et si aucune intervention réalisée contre les noctuelles avec un produit ayant une efficacité secondaire sur <i>Tuta absoluta</i> , alors réaliser une intervention. Sinon impasse	Nb d'adultes capturés Conditions climatiques sous l'abri Autres interventions insecticides	Pièges à phéromones		Puig, com. Pers.	1

¹¹⁰ Il existe des produits de lutte biologique : *bacillus thuringiensis*. Si ces produits sont choisis pour cette intervention, il ne s'agit alors pas de lutte chimique.

- Contrôle cultural avant la plantation : changement du substrat et nettoyage du paillage, destruction des déchets végétaux, nettoyage du matériel, vide sanitaire le plus longtemps possible, bonne préparation du sol ou solarisation (dans le cas de culture en sol) pour réduire le nombre de chrysalides restées dans le sol, destruction des plantes adventices hôtes potentiels du ravageur à l'intérieur et aux abords des abris (repousses de tomates, morelle noire, *Datura*, etc.) ;
- Contrôle cultural en culture : contrôle de la qualité sanitaire des plants à la réception et repiquage uniquement des plants sains.

Tableau 167 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention contre les noctuelles en tomate sous abri

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Exples déclinaisons	Source	Nb RdD
En culture (en arrêtant les traitements 7 jours avant et 7 jours après la floraison)	Parcelle			Dès les 1 ^{ers} stades larvaires, intervenir.	1 ^{ers} stades larvaires (environ 1 semaine après le début du vol)	Observation des cultures	Recueillie pour l'utilisation de spinosad	Dow Agrosociences, 2010	1
En culture	Parcelle	Choix du produit (en lien avec son mode d'action) (privilégier Bt)		En tout début d'attaque, intervenir.	Début d'attaque des larves	Observation des cultures	Recueillie en PACA Produits mentionnés : <i>bacillus thuringiensis</i> , spinosad, indoxacarbe, deltaméthrine, chlorantraniliprole	APREL <i>et al.</i> , 2011	1
En culture	Parcelle	Installation des auxiliaires Choix de produit (en lien avec son mode d'action)		Si présence de symptômes, alors intervenir, en visant plutôt les jeunes larves, en tenant compte du mode d'action des produits et du stade du ravageur. Ex : Si le produit utilisé a une action par ingestion, alors intervenir dès observation des œufs et des jeunes larves pour que ces jeunes larves ingèrent le végétal traité avant de pénétrer dans les fruits.	Présence de symptômes (attaques sur fruits ou tiges) Mode d'action du produit Stade du ravageur	Observation des cultures		Trottin-Caudal, 2011.	1
En culture	Parcelle			Dès les premiers dégâts sur feuilles, intervenir. Renouveler la protection si les dégâts persistent.	Premiers dégâts sur feuilles	Observation des cultures	Recueillies pour l'AB Produits mentionnés : produits à base de Bt	Arrufat, 2010a ; Mazollier, 2012	2

Tableau 168 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention acaricide contre les acariens en tomate sous abri

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité	Source
Acariens	En cours de culture		Installation des auxiliaires		Dès la détection des 1 ^{ers} symptômes de piqûres, intervenir.	Premiers symptômes de piqûres	Observation des cultures	Absence d'auxiliaires efficaces (situation actuelle)	Trottin-Caudal, 2011
Acariens	Après récolte	Structures de la serre			Si présence d'acariens dans la culture, alors intervenir après récolte lorsque la serre est vide en appliquant un acaricide sur les structures de la serre.	Présence d'acariens	Observations des cultures	Recueillie en PACA	APREL <i>et al.</i> , 2011
Acariose bronzée		Portion de parcelle			Si début d'attaque, alors intervention en ciblant les traitements sur les foyers uniquement pour éviter de réduire l'activité des auxiliaires et pollinisateurs	Début des attaques (1 ^{ers} symptômes)	Observation en culture des premiers foyers	Recueillie en PACA Produits mentionnés : soufre	Mazollier, 2012 APREL <i>et al.</i> , 2011 Arrufat, 2010a
Acariose bronzée	En cours de culture	Portion de parcelle			Si détection des premières attaques, alors intervenir en localisant l'application à plusieurs plantes autour de la ou des plantes infestées. Si nécessaire, généraliser et même renouveler les applications (<i>comment évaluer la nécessité de généraliser ou de renouveler l'intervention ? à quelle fréquence doit se faire le renouvellement?</i>)	Détection des premières attaques	Observation des cultures		Trottin-Caudal, 2011

c. RdD recueillies pour lutter contre les noctuelles de la tomate en culture sous abri

Les attaques de noctuelles sont fréquentes en culture de tomate sous abri et peuvent occasionner des pertes économiques importantes. Les chenilles provoquent des défoliations parfois importantes et des perforations dans les fruits, creusant des galeries et pouvant entraîner une maturation prématurée des fruits, voire un pourrissement (Mazollier, 2012 ; Trottin-Caudal, 2011).

Cinq RdD, synthétisables en 4 RdD cadre, ont été recueillies pour l'opportunité de lutte chimique contre les noctuelles en cultures de tomate sous abri. Ces cinq RdD utilisent des critères de décision très proches, le critère de décision principal étant généralement l'observation des dégâts, à l'exception de la première RdD (Dow Agrosiences, 2010) qui a comme unique critère de décision la présence du ravageur dans la parcelle. La troisième RdD combine à l'observation des dégâts, le stade du ravageur et les organes attaqués (feuilles ou fruits). Lors des entretiens, l'importance de prendre en compte l'évolution des populations de bioagresseurs pour évaluer l'opportunité de lutte chimique a été soulignée, en particulier dans le cadre de SdC en protection intégrée, avec l'utilisation d'auxiliaires de culture (Trottin-Caudal, com. pers.). Il n'y a pas de relation directe entre nombre d'insectes piégés et niveau d'attaque.

Les RdD recueillies sont des RdD d'opportunité d'intervention, intervention qui peut être chimique ou biologique : *Bacillus thuringiensis* est homologué pour ce ravageur, et souvent conseillé. Ainsi, les RdD recueillies ne rendent pas compte à elles seules de l'opportunité de lutte chimique, et sont à associer avec des RdD de choix de produit.

Des techniques alternatives à la lutte chimique sont disponibles pour la maîtrise des noctuelles (Chambre d'agriculture de Lot-et-Garonne, 2008a ; Trottin-Caudal, 2011) :

- Lutte biologique : *Macrolophus pygmeus*, lorsqu'ils sont bien installés, ainsi que d'autres punaises mirides prédatrices, peuvent avoir une action secondaire intéressante contre les noctuelles, mais dans le cas d'attaques, ce n'est pas suffisant ;
- Lutte physique : pose de filets anti-insectes aux ouvrants des abris ou fermeture des ouvrants à la tombée de la nuit ;
- Contrôle cultural :
 - Travail du sol superficiel à réaliser durant l'hiver en culture en sol, pour réduire la survie des chrysalides ;
 - Suppression régulière et destruction des fruits infestés.

d. RdD recueillies pour lutter contre les acariens en culture de tomate sous abri

Les principaux agents responsables d'acarioses en culture de tomate sous abri sont les acariens tétranyques (*Tetranychus urticae* et *Tetranychus evansi*) et l'acarien responsable de l'acariose bronzée, *Aculops lycopersici*.

i. Acariens tétranyques

Les acariens tétranyques piquent les folioles, et en cas de forte attaque, peuvent occasionner un dessèchement des feuilles ou de la plante entière et une perte de rendement, ou provoquer des lésions sur les fruits (Trottin-Caudal, 2011 ; Ruocco *et al.*, 2011). Leur nuisibilité est donc à la fois primaire directe et primaire indirecte. L'importance des dégâts est liée au niveau de population du ravageur. Ils se développent et se multiplient rapidement si les conditions climatiques sont favorables (temps chaud et sec).

Deux RdD ont été recueillies : l'une en culture, l'autre concernant les interventions sur les structures de l'abri. La première (Trottin-Caudal, 2011) a comme critère de décision l'observation des premiers symptômes (piqûres). L'option d'intervention détaille les modalités : si possible réaliser un traitement localisé, en fonction du nombre et de la répartition spatiale des foyers. La seconde RdD (APREL *et al.*, 2011) a comme critère de décision la présence d'acariens dans la culture.

Actuellement, il n'y a pas d'auxiliaire connu ayant une bonne efficacité contre les acariens. Il existe des prédateurs naturels, parmi lesquels l'acarien *Phytoseiulus persimilis*, mais il connaît quelques difficultés à s'installer sur tomates (Trottin-Caudal, 2011 ; Ruocco *et al.*, 2011, Mazollier, 2012).

Les mirides, en particulier *Macrolophus pygmeus* (utilisé pour lutter contre les aleurodes et contre *Tuta absoluta*), sont des prédateurs polyphages et peuvent être utilisés contre les acariens, mais leur efficacité est faible.

Enfin, il existe des techniques de contrôle cultural comme l'augmentation de l'hygrométrie dans l'abri à travers le bassinage et une bonne hygiène des abris (Trottin-Caudal, 2011 ; Mazollier, 2012).

ii. Acariose bronzée

L'acarien responsable de l'acariose bronzée, *Aculops lycopersici*, s'attaque à tous les organes de la tomate (feuilles, tiges et fruits), les plantes attaquées pouvant devenir plus chétives et les fruits pouvant être de plus petit calibre, liégeux et craquelés en cas de forte attaque (Trottin-Caudal, 2011).

Deux RdD proches ont été recueillies : leur critère de décision est le même : l'observation des premiers symptômes ; leurs options sont également semblables : intervention en ciblant les foyers. La deuxième RdD (Trottin-Caudal, 2011) précise également d'intervenir de manière généralisée ou de renouveler le traitement « si nécessaire ». Cette deuxième partie de la solution est donc imprécise.

Bien que nous n'ayons pas recueilli de RdD ciblant les acariens de l'acariose bronzée pour cette intervention, la désinfection des abris permet aussi de limiter ces acariens.

Enfin, il existe des techniques de contrôle cultural comme l'élimination des déchets culturaux et la suppression des plantes infestées ou des adventices hôtes (Trottin-Caudal, 2011 ; Mazollier, 2012).

Actuellement, aucun auxiliaire connu n'a une bonne efficacité contre l'acarien responsable de l'acariose bronzée (Ruocco *et al.*, 2011 ; Trottin-Caudal, 2011).

Tableau 169 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les pucerons en tomate sous abri

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Exples déclinaisons	Source	Nb RdD
	Portions de parcelle	Opportunité d'intervention	Installation des auxiliaires		Si une intervention est nécessaire (repérage des 1 ^{ers} foyers, observation de l'évolution des populations de pucerons et auxiliaires), alors éliminer mécaniquement les pousses occupées et/ou intervenir chimiquement en localisé (<i>Comment choisir ?</i>)	Repérage des 1 ^{ers} foyers Observation de l'évolution des populations de pucerons et auxiliaires (<i>quel seuil ? comment la caractériser ?</i>)	Observation des cultures	Recueillie pour l'AB	Arrufat 2010a	1
En cours de culture	Portions de parcelle	Opportunité d'intervention			Si attaque de pucerons, alors intervenir de façon localisée sur les foyers. <i>Sinon impasse ?</i>	Attaque de pucerons	Observations régulières des cultures	Recueillie en PACA Produits mentionnés : Pymétozine acétamipride, lambda-cyhalothrine et flonicamide	APREL <i>et al.</i> , 2011	1
	Portions de parcelle et parcelle	Opportunité d'intervention	Efficacité des auxiliaires		Si insuffisance d'efficacité des auxiliaires, alors repérer les 1 ^{ers} foyers et intervenir en localisé, puis éventuellement en généralisé sur toute la culture selon les observations.	Insuffisance d'efficacité des auxiliaires (<i>Comment diagnostiquer cette insuffisance d'efficacité ?</i>) Observation des pucerons : 1 ^{ers} foyers	Observation des cultures		Trottin-Caudal, 2011.	1

Tableau 170 : Règles de décision cadre recueillies pour l'opportunité d'intervention chimique contre les thrips en tomate sous abri

Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Exples déclinaisons	Source	Nb RdD
	Parcelle	Opportunité d'intervention			Si attaque grave et/ou risque important de virus TSWV, alors intervention, sinon impasse.	Attaque grave et/ou risque important de virus TSWV (<i>comment qualifier ou quantifier ce risque ?</i>)		Recueillie en PACA en AB (produit mentionné : spinosad)	Mazollier, 2012	1
En cours de culture (en arrêtant les traitements 7 jours avant et 7 jours après la floraison)	Parcelle	Opportunité d'intervention			Dès présence de larves dans les fleurs ou les folioles, alors réaliser 2 interventions successives	Présence de larves dans les fleurs ou les folioles	Observation des cultures	Recueillie pour l'utilisation de spinosad	Dow AgroSciences, 2010	1
Début de culture jusqu'à (lâchers d'auxiliaires – délai de rémanence)	Parcelle	Opportunité d'intervention	Lâchers d'auxiliaires vis-à-vis d'autres ravageurs		Si la présence de thrips est constatée dans les 1 ^{ers} contrôles sur les plantes et qu'il y a un risque important de transmission du TSWV, alors intervenir, sinon impasse.	Présence de thrips Sites présentant un risque important de transmission du TSWV (<i>comment qualifier ou quantifier ce risque ?</i>)	Observations des cultures lors des 1 ^{ers} contrôles		Trottin-Caudal, 2011.	1

e. RdD recueillies pour lutter contre les pucerons en culture de tomate sous abri

Les attaques de pucerons sont peu fréquentes sur tomate (Mazollier, 2012 ; Trottin-Caudal, com. pers.), mais on peut observer des dégâts importants. En effet, les pucerons ont une nuisibilité primaire directe : l'affaiblissement des jeunes plants et la déformation des feuilles en cas de forte colonisation ; et une nuisibilité primaire indirecte : développement de fumagine sur le miellat, transmission de virus (notamment le virus de la mosaïque du concombre et le virus de la mosaïque de la luzerne) (Ruocco *et al.*, 2011 ; Chambre d'agriculture de Lot et Garonne, 2008a). Cette nuisibilité primaire indirecte est la plus problématique (Trottin-Caudal, 2011).

Les trois RdD recueillies ont comme critère de décision la présence de pucerons. Deux d'entre elles (Arrufat 2010a, Trottin-Caudal, 2011) prennent également en compte la population auxiliaire (évolution de la population auxiliaire par rapport à la population de pucerons, efficacité des auxiliaires). Ce deuxième critère de décision reste peu précis : « insuffisance de l'efficacité des auxiliaires » ou « évolution des populations de pucerons et d'auxiliaires » ; dans les deux cas, ces critères sont qualitatifs, et on ne sait pas quand ces conditions sont remplies ou non. D'après les entretiens, il s'agit d'observer l'évolution dans l'équilibre entre population de ravageurs et population d'auxiliaires, et d'intervenir si la population de pucerons augmente significativement par rapport aux auxiliaires.

Leurs solutions sont également assez proches : l'intervention conseillée est localisée sur les foyers. Toutefois, la première RdD (Arrufat 2010a) donne aussi la possibilité d'intervenir mécaniquement, sans donner d'élément pour choisir entre les trois possibilités : intervention mécanique, intervention chimique, ou les deux associées.

Il existe des techniques alternatives à la seule lutte chimique pour la maîtrise des pucerons (CA Lot-et-Garonne 2008a) :

- Introduction d'auxiliaires (Ruocco *et al.*, 2011) ; d'après les entretiens réalisés, cette technique est peu utilisée en pratique, du fait de son coût élevé, et d'une efficacité partielle, en particulier au regard de la présence d'auxiliaires naturels dans l'environnement des abris ;
- Contrôle cultural : désherbage de la serre et des abords ;
- Lutte physique : pose de filets anti-insectes aux ouvertures de l'abri ;

f. RdD recueillies pour lutter contre les thrips en culture de tomate sous abri

La nuisibilité principale des thrips est primaire indirecte : les thrips transmettent le virus de la maladie bronzée de la tomate (TSWV). Ils peuvent aussi occasionner des dégâts directs sur les feuilles et les fruits (piqûres provoquant des tâches jaunes sur les fruits, pouvant en détériorer la qualité), mais ces dégâts sont souvent peu importants (APREL *et al.*, 2011 ; Trottin-Caudal, 2011).

Trois RdD ont été recueillies pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre les thrips :

- Deux d'entre elles (Mazollier 2012 et Trottin-Caudal, 2011) ont comme critères de décision la présence de thrips dans l'abri et le « risque de transmission du virus TSWV ». Ce « risque » n'est toutefois pas défini et la manière de le caractériser n'est pas indiquée. D'après les entretiens réalisés, ce risque dépend du stade de la tomate et de la sensibilité de la variété (même si les variétés résistantes sont peu utilisées), et il peut être variable selon les secteurs et les années ;
- Une autre RdD (Dow AgroSciences 2010) a comme unique critère de décision la présence de larves dans les fleurs et les folioles.

D'après les entretiens, connaître le potentiel de TSWV dans les thrips serait très utile pour ces décisions, l'observation de dégâts causés par le virus ne permettant plus une intervention, mais on manque de connaissances à ce sujet.

Il existe aussi des techniques alternatives à la lutte chimique, à mettre en place en priorité, en amont de la lutte chimique, en particulier dans les zones à pression TSWV sur l'ensemble des cultures hôtes (le thrips est très polyphage) (Trottin-Caudal, 2011) :

- Contrôle cultural : vide sanitaire le plus long possible ;
- Lutte physique : pose de filets au niveau des ouvrants en pépinière pour limiter leur entrée et piégeage massif (panneaux englués bleus ou jaunes) ;
- Contrôle génétique : choix d'une variété résistante au virus TSWV ;

Les thrips ont de nombreux ennemis naturels, mais il n'y a pas d'auxiliaires spécifiques utilisés en tomate (Mazollier, 2012) et les populations de thrips n'atteignent pas un niveau important en général (Trottin-Caudal, 2011). *Macrolophus pygmeus*, introduit contre l'aleurode et *Tuta absoluta*, et de manière générale les punaises mirides, peuvent cependant avoir une action secondaire intéressante sur thrips s'ils sont bien installés dans l'abri. Le thrips prédateur du genre *Aeolothrips* peut également être rencontré en culture (APREL *et al.*, 2011 ; Trottin-Caudal, 2011).

Annexe XXIV : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de laitue sous abri

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie.

Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

1.	<i>Les maladies principales des laitues sous-abri</i>	471
a.	Le mildiou dans les cultures de laitue sous abri	471
b.	Les pourritures du collet en cultures de laitue sous abri : Botrytis, sclérotinia et rhizoctone	474
2.	<i>Les ravageurs principaux des laitues sous-abri</i>	475
a.	Les pucerons en cultures de laitue sous abri	475
b.	Les nématodes à galles en cultures de laitue sous abri	476

Absence de données sur l'IFT

Dans cette étude, nous avons étudié la disponibilité des RdD par couple culture-bioagresseur, et étudié cette disponibilité en regard d'un « enjeu phyto », incluant, entre autres, l'IFT de la culture pour la famille du bioagresseur. Nous avons ainsi pu hiérarchiser les travaux à encourager, en fonction des enjeux que représentaient les différents bioagresseurs dans les différentes cultures, pour la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.

Ce travail n'a pas pu être mené pour la filière cultures légumières. En effet, l'IFT est un indicateur encore peu utilisé par manque de références suffisantes dans cette filière. Dans l'étude Ecophyto R&D il a été utilisé avec beaucoup de réserves (INRA, 2009d) :

« A noter que la référence à l'IFT pour les légumes n'a pas été validée et il n'y a pas eu de travaux pour établir la pertinence de cet indicateur pour les cultures légumières. En effet, plusieurs facteurs sont à prendre en compte, notamment :

- *La multiplicité des systèmes de culture (plein champ/sous abri divers, primeur/saison,...) et de leur durée.*
- *La forte dépendance des stratégies de traitement en fonction des conditions climatiques et en conséquence des conditions de pression des ravageurs, maladies ou adventices selon les années et les bassins de production.*
- *L'emploi de produits alternatifs, le mode d'action des produits, leur classement toxicologique... ; par exemple les spécialités à base de *B. thuringiensis* peu toxiques mais ayant une action de contact et nécessitant des applications répétées pour une protection continue du feuillage, notamment sous abri sur les cultures palissées.*
- *Les traitements localisés (partie de la surface cultivée, nombre limité de plantes...)*
- *Les efforts de la filière légumes pour la mise en œuvre de plusieurs méthodes alternatives dans les itinéraires techniques, notamment sous abri, limitant ainsi le recours aux produits phytosanitaires (résistances de variétés, greffage, utilisation d'auxiliaires...)...*

En conséquence, la mise au point d'un indicateur représentatif des pratiques phytosanitaires dans le secteur des légumes s'impose. »

Nous avons en conséquence décidé de ne pas mobiliser les données d'IFT qui pouvaient être disponibles pour les cultures de légumes. Ainsi, cette information ne figure pas dans les données présentées.

1. Les maladies principales des laitues sous-abri

Nous avons recueilli une seule RdD pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide sous abri et une autre RdD (Tableau 173) qui s'applique à tous les bioagresseurs telluriques de la salade en culture sous abri, maladies y compris. Cette RdD, imprécise (critère de décision : « si problème identifié »), concerne l'opportunité d'une désinfection du sol, intervention très générique, qui cible l'ensemble des bioagresseurs telluriques : sclérotinia, nématodes, rhizoctonia... Toutefois ces désinfections peuvent être non chimiques (solarisation par exemple)

Il semble qu'il existe très peu de RdD d'opportunité d'intervention fongicide contre les maladies diffusées par le conseil pour les cultures de salades sous abri. D'après les entretiens réalisés, la plupart des interventions est pilotée de manière systématique, en préventif avec l'objectif d'empêcher le développement des champignons. Cela est dû au fait que les résidus de produits phytosanitaires ne peuvent pas être tolérés sous peine de dommages de récolte en qualité, et au fait qu'une fois développées, les feuilles de salade rendent les organes à protéger comme le collet peu accessibles. Ainsi, il existe des calendriers de traitements fongicides, en fonction des stades culturaux, modulés selon les saisons et les périodes de production. Ces programmes fongicides ciblent généralement principalement le mildiou, et des traitements contre les autres maladies comme la maladie du collet y sont associés lors des mêmes interventions, suivant les risques parcellaires.

a. Le mildiou dans les cultures de laitue sous abri

Le mildiou, causé par *Bremia lactucae*, est la maladie principale des cultures de laitue sous-abri. Sa nuisibilité est principalement primaire indirecte : sa présence provoque des nécroses sur les feuilles, qui doivent alors être enlevées (Beliard, 2003). Le mycélium et les oospores du mildiou se conservent sur la microflore du sol. C'est donc une maladie inféodée à l'abri. Le mildiou est toujours présent dans la plante, mais ne s'exprime qu'en fonction de conditions favorables (CTIFL en ligne).

Les interventions sont nombreuses, préventives, et ne semblent pas être raisonnées en fonction des conditions météorologiques annuelles (Izard *et al.*, 2011a) :

- En pépinière, il y a 2 interventions par semaine, dès la germination, avec pour objectif la production de plants indemnes de mildiou pour la plantation ;
- En culture sous- abri, il y a un traitement à la reprise, un 2^{ème} à 7-9 feuilles, un 3^{ème} à 11-13 feuilles et un dernier à 16-18 feuilles. Ce calendrier peut toutefois être adapté en fonction de la longueur du cycle et de la période de plantation.

Nous avons recueilli une seule RdD (Izard *et al.*, 2011b) d'opportunité d'intervention chimique contre le mildiou de la salade, pour décider d'un traitement du substrat (les mottes) en culture, en pépinière. Cette RdD cible conjointement le mildiou et le pythium, et est très imprécise. La « situation à risque », critère de décision, n'est pas explicitée. D'après les entretiens réalisés, cette RdD est peu appliquée, la majorité des plants étant produits par des pépinières professionnelles qui maîtrisent bien les risques de maladies. Les agriculteurs ont donc ensuite rarement recours à une intervention par injection d'un produit fongicide dans les mottes (Izard, com. pers.)

Tableau 171 : Règle de décision cadre recueillie pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre les maladies principales des cultures de laitue sous abri

Culture	Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation /outil	Champ de validité/	Source	Nb RdD
Laitue	Bremia, Pythium	En pépinière à la préparation de mottes, avant l'arrachage		Opportunité d'intervention fongicide	Méthodes alternatives (ex : solarisation)		En situation à risques, à la préparation des mottes, intervenir.	Situation à risques (<i>comment évaluer le risque ?</i>)		En pépinière, en utilisant fosétyl-Al +propamocarbe HCl	Izard <i>et al.</i> , 2011b.	1

Tableau 172 : Règles de décision cadre recueillies pour décider de l'opportunité d'intervention insecticide contre les pucerons des cultures de laitue sous abri

Culture	Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Exples déclinaisons	Source	Nb RdD
Salade	Puceron	Automne		Opportunité d'intervention insecticide		<i>(solution non énoncée)</i>	Seuil de nuisibilité : 20% de plantes avec aptères	Observation en culture	Salades sous abris froids et maraichage traditionnel. Région Centre	Leveillard 2011c	1
Salade	Puceron	Printemps		Opportunité d'intervention insecticide		<i>(solution non énoncée)</i>	Seuil de nuisibilité : 10% de plantes avec aptères	Observation en culture	Salades sous abris froids et maraichage traditionnel. Région Centre	Leveillard JP, 2011b	1

Tableau 173 : Règle de décision cadre recueillie pour décider de l'opportunité d'intervention fongicide contre le cortège des bioagresseurs telluriques des cultures de laitue sous abri

Culture	Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Champ de validité/ Exples déclinaisons	Source	Nb RdD
Laitue	Tous bioagresseurs telluriques (Sclerotinia, Botrytis, nématodes, rhizoctonia...)	Adaptée à la rotation culturale		Opportunité d'intervention phytosanitaire		Si problème identifié l'année précédente, alors envisager une désinfection ¹¹¹ du sol avant plantation.	Problème identifié l'année précédente (<i>Problème ?</i>)	Observation en culture		Izard <i>et al.</i> , 2011a.	1

¹¹¹ Les désinfections de sol sont généralement chimiques mais peuvent aussi être réalisées aussi par solarisation.

Nous n'avons recueilli aucune RdD d'opportunité d'intervention chimique en culture pour le mildiou de la salade. D'après les entretiens réalisés, les interventions chimiques en cultures sont systématiques, et concernent environ 4 interventions sur la campagne, afin d'avoir une bonne protection sans résidus de pesticides dans le produit commercialisé. Des études sont en cours pour supprimer la première intervention, car la dernière intervention pratiquée en pépinière pourrait être encore efficace à ce moment (Trottin-Caudal, com. Pers.).

Il existe deux modèles d'évaluation des risques de mildiou pour la laitue (Clara, 2008).

- Le premier, Brencast a été développé par Kushalappa au Québec. Ses données d'entrées sont des données météorologiques (température, humidité relative, humectation, en fonction de la période de la journée) et la présence d'inoculum (qualitative), qui permettent de calculer des variables intermédiaires : les niveaux de sporulation et d'infection. La sortie du modèle est la pression de la maladie ; les stratégies de traitement sont alors basées sur un cumul des pressions de la maladie. Des travaux sont actuellement en cours pour améliorer ce modèle, en justifiant les choix des tables de décision, et en améliorant les données relatives à la biologie du champignon (et à la connaissance des stades du champignon en temps réel)
- Le deuxième est un modèle biologique qualitatif, qui montre l'évolution des cycles et des stades du mildiou (par exemple : nous avons eu x cycles de mildiou depuis la plantation et une majeure partie de la maladie se trouve au stade s») à partir de données météorologiques (température, humidité relative, humectation, rayonnement global), et qui estime la quantité de spores en fonction des spores captées dans l'atmosphère. Ce modèle propose des seuils d'intervention pour le premier traitement, en fonction de la quantité de spores relarguées au cours de la culture, et de l'humidité relative.

Il existe des techniques alternatives à la lutte chimique pour maîtriser le mildiou de la laitue, mais elles ont un effet partiel (Mazollier, 2010, Clara 2008, CTIFL en ligne ; ephytia en ligne) :

- Choix de variétés résistantes (mais il existe des contournements de résistance, des souches de races nouvelles de mildiou se développant) ; toutefois cette pratique ne permet ni de faire une impasse, ni de moduler les interventions mais uniquement de diminuer encore plus les risques de dégâts, garantissant ainsi la qualité des productions ;
- Limitation de l'inoculum :
 - Plantation de plants sains (pépinière saine) ;
 - Elimination des résidus de récolte ;
 - Rotation culturale de 3 ans ; éviter de replanter une laitue après une culture atteinte ;
 - Solarisation estivale (augmentation de la température du sol qui détruit le mycelium présent sur les résidus de cultures) : l'efficacité de cette mesure n'a pas été prouvée.
- Limitation des conditions favorables au développement de la maladie par la gestion du microclimat :
 - Aérer dès le matin pour évacuer l'excès d'humidité ;
 - Réduire les densités de plantation ;
 - Arroser tôt dans l'après-midi pour éviter que l'eau ne reste trop longtemps sur les feuilles.
 - Orienter les plantations dans le sens des vents dominants.
- Conduite de la culture qui favorise la bonne santé des plantes

- Bon drainage ;
 - Eviter les excès d'azote ;
 - Bonne préparation du sol ;
 - Choix variétal adapté à la région et à la période de production.
- b. Les pourritures du collet en cultures de laitue sous abri : Botrytis, sclérotinia et rhizoctone

La pourriture du collet en cultures de laitue sous abri est due à quatre champignons : le botrytis et les sclérotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* et *Sclerotinia minor*) et le rhizoctone (*Thanatephorus cucumeris*).

Ces champignons sont inféodés à la parcelle, en particulier le sclérotinia et le rhizoctone : ils se conservent sous forme de scléroties dans le sol ; le botrytis survit aussi comme saprophyte sur les débris des cultures, et comme pathogène sur de nombreuses plantes cultivées et mauvaises herbes (Beliard, 2003). *Sclerotinia sclerotiorum* peut être conservé jusqu'à 10 ans dans le sol et passer d'une parcelle à l'autre, mais il peut aussi être fortement disséminé par le vent. (Legemble 2008)

Ces champignons pénètrent dans les plantes au niveau de feuilles sénescentes ou blessées par les maladies ou les travaux culturaux, le plus souvent à la base de la plante.

La lutte chimique est peu raisonnée. Nous n'avons pas recueilli de règles de décision, mais des préconisations d'interventions systématiques (Izard *et al.*, 2011a et 2011b). En pépinière, un traitement est recommandé en période hivernale (iprodione), et en culture, un traitement à la reprise après la plantation, un 2^{ème} au stade 7-9 feuilles et un dernier au stade 11-13 feuilles (boscalid + pyraclostrobine, cyprodinil+fludioxonil, iprodione, et pyriméthanol étant disponibles).

En pratique, d'après les entretiens réalisés, certains agriculteurs interviennent en fonction de l'observation des symptômes, ou en fonction de l'historique des bioagresseurs ou des conditions climatiques. (Puig, com. Pers.) Ces règles de décision ne sont pas formalisées à l'heure actuelle.

Les techniques de protection alternatives à la lutte chimique sont principalement des méthodes de prophylaxie (Beliard, 2003, Legemble 2008, Blancard 2011 sur ephytia en ligne) :

- Des techniques qui permettent de diminuer l'inoculum du sol :
 - Une rotation longue permet de limiter l'inoculum du botrytis, de *Sclerotinia minor*, et du rhizoctone, mais *Sclerotinia sclerotiorum* peut se développer sur de nombreuses espèces ;
 - L'introduction d'une culture de monocotylédones (plante de coupure contre *Sclerotinia sclerotiorum*)
 - Le travail du sol.
 - L'élimination des résidus de cultures et des plantes contaminées ;
- Des techniques qui réduisent les possibilités de développement des pathogènes :
 - Une densité de plantation réduite ;
 - Un bon contrôle des adventices dans l'inter-rang ;
 - Une fertilisation limitée ;
 - Une bonne aération des abris (buttage, gestion de l'irrigation) ;
 - L'orientation de la plantation dans le sens dominant ;
 - L'arrachage et la destruction des plantes atteintes (technique extrêmement coûteuse en temps, et peu pratiquée).
- Des techniques qui favorisent la bonne santé des plantes cultivées :

- Un choix de variétés adaptées à la saison et au mode de culture ;
- Une bonne croissance des plantes ;
- L'évitement des plantations trop profondes ;
- L'évitement de toute blessure (travaux culturels, froid) ;
- Une bonne luminosité pour éviter l'étiollement des plantes.
- Des techniques de lutte biologique : utilisation de *Conothyrium minitans*.

Il existe dans le sol des champignons et bactéries antagonistes au sclérotinia.

Par ailleurs, des produits de bio contrôle ont été homologués récemment et pourraient être utilisés à la place de fongicides de synthèse.

2. Les ravageurs principaux des laitues sous-abri

a. Les pucerons en cultures de laitue sous abri

La nuisibilité des pucerons en culture de laitue sous-abri est principalement primaire indirecte : leur seule présence dans les récoltes diminue de façon importante la valeur ajoutée du produit, en le déclassant à la commercialisation. Ils peuvent également exercer une nuisibilité primaire directe, en perturbant la croissance des plantes, et en transmettant le virus de la mosaïque de la laitue, le virus de la jaunisse occidentale de la betterave... (Terrentoy et Chabrière 2011i). Il existe deux formes adultes de pucerons : les ailés, qui peuvent être de passage sur la culture, si la salade n'est pas leur plante hôte, et les aptères (Pôle phytosanitaire de Loos-en-Gohelle, 2003).

Nous avons recueilli deux seuils de nuisibilité des pucerons, que nous avons formalisés en règles de décision, dont les critères de décision sont un pourcentage de plantes avec des pucerons aptères, avec des seuils différents en fonction de la saison, qui correspondent à des risques différents (Leveillard 2011c et 2011b, Pôle phytosanitaire de Loos-en-Gohelle, 2003). Nous avons trouvé très peu d'informations concernant les stratégies de lutte chimique contre les pucerons en culture de salade sous-abri.

D'après les entretiens réalisés, il est difficile de lutter contre des pucerons installés dans les salades et même difficile de les observer. La probabilité d'une infestation est importante, et dépend des saisons : elle est plus forte au printemps, ce qui explique les deux seuils d'intervention recueillis. Enfin, pour la majorité des débouchés, les pucerons rendent les salades non commercialisables. Dans ce cas, les règles de décision avec des seuils d'intervention semblent donc peu pertinentes pour ce bioagresseur. De plus, les règles de décision d'opportunité de lutte chimique contre les pucerons doivent être déclinées différemment en fonction du type de débouchés. En pratique, les agriculteurs interviennent sur pucerons sur observation de leur présence et en fonction de l'évolution des populations.

Il existe des méthodes de lutte prophylactiques contre les pucerons (CA 47, 2008b Izard 2011) :

- Techniques visant à favoriser les régulations naturelles ;
- Choisir si possible des variétés résistantes ;
- Protection mécanique par filets agro textiles ; actuellement, cette protection est très coûteuses et difficile à mettre en œuvre ;
- Limitation du développement des adventices, hôtes des pucerons.

La mise en œuvre de ces techniques ne semble pas être un critère de décision, ni même un élément de modulation des seuils.

Nous n'avons pas relevé de méthode de lutte biologique contre les pucerons par lâcher d'auxiliaires. Les cultures de salades étant en majorité produites en hiver (entre le 15 octobre et le 15 janvier), il n'y a pas d'auxiliaires naturels à cette période de l'année.

b. Les nématodes à galles en cultures de laitue sous abri

Les nématodes à galles s'attaquent aux racines des salades, et provoquent une perturbation du développement des plantes (Terrentoy et Chabrière, 2011c). Ces nématodes s'attaquant à de nombreuses cultures (cucurbitacées, solanacées...), ils sont très fréquents en cultures légumières, dans toutes les rotations. Ils peuvent, de plus, persister dans le sol plus de 2 ans. Ce bioagresseur à nuisibilité directe est donc fortement inféodé à la parcelle. Il y a plusieurs générations de nématodes par an, et la protection est essentiellement préventive. Il n'y a actuellement aucune méthode d'évaluation d'un risque. D'après les experts consultés, on pourrait imaginer des analyses de sol pour identifier les espèces de nématodes présents, et la quantité d'inoculum à la parcelle, afin d'adapter les stratégies et les interventions à réaliser.

Les mesures prophylactiques disponibles sont les suivantes (Beliard, 2003, Izard, com. pers., Blancard 2011 dans ephytia en ligne) :

- Utiliser des plants sains (exempts de galles) et vigoureux ;
- Introduire des cultures non hôte dans la rotation (céréales) ;
- Soigner le travail du sol ;
- En sol fortement contaminé, préférer les cultures tardives d'hiver ;
- Planter des engrais verts nématicides ;
- Désinfecter le sol par solarisation ou à la vapeur ;
- Limiter le développement des adventices ;
- Utiliser des fertilisants nématicides (à base de neem ou de ricin, tourteaux de seigle ou d'avoine, compost de café...), en l'absence de reliquat azoté.

Annexe XXV : Règles cadre commentées par bioagresseur pour les cultures de melon sous abri

1.	Les maladies principales du melon sous-abri	479
2.	Les ravageurs principaux du melon sous-abri	480
a.	RdD recueillies pour lutter contre l'acariose du melon en culture sous abri	480
b.	RdD recueillies pour lutter contre les pucerons en culture de melon sous abri	480
c.	RdD recueillies pour lutter contre les nématodes à galles en culture de melon sous abri	481

Avertissement

Ce travail est un recueil de règles de décision (RdD) aujourd'hui disponibles dans le conseil. Il n'a pas pour ambition de valider les règles de décision recensées et étudiées, et n'a pas vocation à fournir un guide pour les conseillers.

Les RdD présentées dans ces annexes sont issues d'un recueil dont la méthodologie est présentée partie II, p27.II

Il s'agit de règles de décision mentionnées dans des bulletins techniques, BSV, presse agricole, sites internet, documents divers ou transmises par des conseillers ou des experts lors d'entretiens individuels. Les références figurant dans la colonne « Source » font référence à la bibliographie. Certaines de ces RdD sont donc anciennes et peuvent être obsolètes, réfutées, invalides.

Absence de données sur l'IFT

Dans cette étude, nous avons étudié la disponibilité des RdD par couple culture-bioagresseur, et étudié cette disponibilité en regard d'un « enjeu phyto », incluant, entre autres, l'IFT de la culture pour la famille du bioagresseur. Nous avons ainsi pu hiérarchiser les travaux à encourager, en fonction des enjeux que représentaient les différents bioagresseurs dans les différentes cultures, pour la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.

Ce travail n'a pas pu être mené pour la filière cultures légumières. En effet, l'IFT est un indicateur encore peu utilisé par manque de références suffisantes dans cette filière. Dans l'étude Ecophyto R&D il a été utilisé avec beaucoup de réserves (INRA, 2009d) :

« A noter que la référence à l'IFT pour les légumes n'a pas été validée et il n'y a pas eu de travaux pour établir la pertinence de cet indicateur pour les cultures légumières. En effet, plusieurs facteurs sont à prendre en compte, notamment :

- *La multiplicité des systèmes de culture (plein champ/sous abri divers, primeur/saison,...) et de leur durée.*
- *La forte dépendance des stratégies de traitement en fonction des conditions climatiques et en conséquence des conditions de pression des ravageurs, maladies ou adventices selon les années et les bassins de production.*
- *L'emploi de produits alternatifs, le mode d'action des produits, leur classement toxicologique... ; par exemple les spécialités à base de *B. thuringiensis* peu toxiques mais ayant une action de contact et nécessitant des applications répétées pour une protection continue du feuillage, notamment sous abri sur les cultures palissées.*
- *Les traitements localisés (partie de la surface cultivée, nombre limité de plantes...)*
- *Les efforts de la filière légumes pour la mise en œuvre de plusieurs méthodes alternatives dans les itinéraires techniques, notamment sous abri, limitant ainsi le recours aux produits phytosanitaires (résistances de variétés, greffage, utilisation d'auxiliaires...)*...

En conséquence, la mise au point d'un indicateur représentatif des pratiques phytosanitaires dans le secteur des légumes s'impose. »

Nous avons en conséquence décidé de ne pas mobiliser les données d'IFT qui pouvaient être disponibles pour les cultures de légumes. Ainsi, cette information ne figure pas dans les données présentées.

Tableau 174 : Règle de décision cadre recueillie pour décider de l'opportunité d'intervention chimique contre les bioagresseurs des cultures de melon sous abri

Bio agresseur	Echelle temporelle	Echelle spatiale	Objet de la décision	Autres RdD impliquées	Objectif	Solution	Critère de décision/Seuil	Observation/outil	Effets prévisibles	Champ de validité/ Exples déclinaisons	Source
Oïdium	En pépinière		Opportunité d'intervention fongicide			Dès apparition du feutrage blanc sur les cotylédons, alors intervenir (2 traitements à 5 jours).	Apparition du feutrage blanc sur les cotylédons	Observations en culture		En pépinière, sur melon greffé notamment (le porte-greffe étant très sensible à l'oïdium) Substance active mentionnée : myclobuthanil	Izard <i>et al.</i> , 2011c
Oïdium			Opportunité d'intervention fongicide			Dès les premières taches observées, alors intervenir.	Premières taches observées	Observations en cultures	Recueillie pour le bassin de production Centre-Ouest		Bouvard <i>et al.</i> 2011.
Oïdium	En culture, quelques jours avant le début de la récolte		Opportunité d'intervention fongicide		Respecter les DAR et être protégé pendant la récolte	En situation à risque (<i>comment évaluer le risque de la situation ?</i>), envisager 2 traitements préventifs : 10 jours et 3 jours avant le début de la récolte.	Situation à risques				Izard <i>et al.</i> , 2011c
Acariens	Campagne		Opportunité d'intervention acaricide			Si premiers foyers alors intervenir en localisé.	Premiers foyers	Surveiller les premières attaques sur les feuilles âgées proches du pied			Izard <i>et al.</i> , 2011c
Acariens	En culture, quelques jours avant le début de la récolte		Opportunité d'intervention acaricide		Respecter les DAR et être protégé pendant la récolte	En situation à risque (<i>comment évaluer le risque de la situation ?</i>), envisager 1 traitement préventif au minimum 3 jours avant le début de la récolte.	Risque			En culture substances actives mentionnées: héxythiazox, abamectin, fenazaquin	Izard <i>et al.</i> , 2011c
Pucerons	En pépinière		Opportunité d'intervention insecticide			Si présence, alors intervenir.	Présence de pucerons	Observations des cultures			Izard <i>et al.</i> , 2011c
Pucerons	En culture		Opportunité d'intervention insecticide			Si premiers foyers alors intervenir tôt en localisé.	Premiers foyers	Observations des cultures			Izard <i>et al.</i> , 2011c

1. Les maladies principales du melon sous-abri

L'oïdium est la principale maladie cryptogamique sur melon. Elle se manifeste par le développement de taches poudreuses sur le feuillage, qui se nécrosent ensuite, entraînant une perte de qualité interne. Elle se dissémine par le vent (et donc par des courants d'air sous les abris). Elle est donc peu inféodée à la parcelle. Deux espèces de champignons sont responsables de l'oïdium sur melon : *Golovinomyces cichoracearum* et *Podosphaera xanthii* (Mazollier, 2011).

Nous avons recueillies 3 RdD pour décider de l'opportunité de lutte chimique contre l'oïdium du melon dans cette étude :

- La première (Izard *et al.*, 2011c) a comme critère de décision une « situation à risque ». Elle ne mentionne cependant pas comment caractériser une situation à risque. Il s'agit d'une RdD d'opportunité d'intervention préventive. D'après les entretiens réalisés, il s'agit de conditions météorologiques sous abri, et en particulier un vent fort et une hygrométrie peu élevée, conditions favorables à la dissémination des spores du champignon ;
- Les deux autres RdD ont comme critère de décision l'apparition des premières taches ; la première (Izard *et al.*, 2011c) en pépinière, conseille, dans ce cas, d'effectuer 2 interventions à quelques jours d'intervalle, la deuxième (Bouvard *et al.* Octobre 2011) en culture, conseille la réalisation d'une seule intervention.

Il est souvent indiqué de tenir compte des populations auxiliaires lors des interventions et d'alterner les familles chimiques en utilisant des produits de familles différentes pour éviter le développement de résistances (Izard, 2011c). Les stratégies de lutte contre l'oïdium du melon, et de manière générale contre les maladies du melon, préconisent d'observer régulièrement les cultures pour repérer les premiers foyers et d'intervenir rapidement, les traitements préventifs étant les plus efficaces. Les interventions doivent être renouvelées régulièrement.

En pratique, les conseillers proposent de prendre aussi en compte l'historique de l'oïdium : si l'oïdium a été mal maîtrisé l'année précédente, il peut être recommandé d'intervenir en préventif. Le nombre d'interventions est assez fluctuant en fonction des années et de la période de plantation (entre 0 et 5 interventions). Les interventions après les symptômes (RdD recueillies) sont trop tardives, et mobilisées comme techniques de rattrapage, si la protection préventive n'a pas été efficace. Une fois installé, l'oïdium est très difficile à maîtriser.

L'objectif visé par ces trois RdD n'est pas mentionné dans les documents.

Des mesures prophylactiques existent (Mazollier, 2011 ; Izard, 2011c). Le melon greffé sur courge hybride voit sa sensibilité à l'oïdium augmenter, il est donc préconisé en pépinière de couper les cotylédons avant plantation. En culture, il est conseillé de choisir des variétés tolérantes à l'oïdium, qui apportent une résistance partielle, retardant et limitant la gravité des attaques et permettant ainsi de limiter les traitements. Choisir une variété tolérante ne dispense cependant souvent pas de traitements fongicides. Il est aussi possible d'enlever les feuilles oïdiées, de limiter l'hygrométrie sous l'abri, de limiter la fertilisation et d'éliminer les adventices et les débris végétaux, de réaliser une plantation à densité limitée, et d'utiliser des plants saints. .

2. Les ravageurs principaux du melon sous-abri

a. RdD recueillies pour lutter contre l'acariose du melon en culture sous abri

L'acariose du melon est causée par l'acarien *Tetranychus urticae*, qui occasionne des ponctuations jaunes sur les feuilles. La feuille jaunit ensuite, prend une teinte plombée et grille, ce qui freine le développement de la plante qui prend alors un aspect rabougri (APREL *et al.*, 2011b).

Nous avons trouvé seulement 2 RdD pour décider de l'opportunité de lutte acaricide dans le cadre de cette étude, en culture sous abri. Elles sont complémentaires puisqu'elles correspondent à deux périodes différentes de la culture (Izard *et al.*, 2011c). L'une durant la culture du melon a comme critère de décision l'observation des foyers, l'autre, quelques jours avant la récolte tout en respectant les DAR, des « situations à risque ». La première a comme cible les foyers d'acariens et propose des interventions localisées. La deuxième propose des interventions préventives avant la fin de la période autorisée pour une intervention. Elle ne mentionne pas comment renseigner le critère de décision « situation à risque ». D'après les entretiens réalisés, il dépend des pratiques de l'agriculteur, de l'abri, du climat sous l'abri ...Les acariens arrivent sur le melon en début voire en milieu de récolte. En pratique, pour ne pas avoir de risque d'infestation au moment de la récolte, les agriculteurs interviennent de façon systématique en préventif. Toutefois le nombre d'interventions est relativement faible (0, 1 ou 2).

Des mesures prophylactiques existent (Mazollier, 2011). Le développement de cet acarien étant favorisé par une hygrométrie faible et de fortes températures, l'une de ces mesures est de maîtriser le climat sous les abris en augmentant l'hygrométrie et en baissant la température et en pratiquant des « bassinages ». Il faut cependant veiller à ce que cela ne favorise pas le développement des maladies du feuillage et des pourritures de fruits. Il est possible d'évacuer les plants atteints en début d'infestation. Des lâchers d'auxiliaires peuvent également être effectués (au moyen de prédateurs spécifiques tels que les acariens *Phytoseiidae* et les cécidomyies prédatrices *Feltiella acarisuga*, soit en ayant recours à des prédateurs polyphages, les mirides (*Macrolophus pygmaeus*). Ces lâchers sont néanmoins souvent difficiles à mettre en œuvre, coûteux et/ou peu efficaces (Bouvard, 2011). Leur efficacité dépend de la qualité d'installation des auxiliaires ; or, la durée de culture du melon est très courte (2-3 mois), il faut donc intervenir très rapidement (Izard, com. pers.). Du savon noir peut être utilisé pour nettoyer les toiles sur les foyers d'acariens. Enfin, une étude conduite par le GRAB depuis 2007 porte sur l'installation de bandes florales avec des plantes hôtes des punaises mirides, en vue de favoriser la présence de biodiversité fonctionnelle aux abords des parcelles.

b. RdD recueillies pour lutter contre les pucerons en culture de melon sous abri

Les pucerons provoquent des dégâts importants, notamment en cas d'attaque précoce. Ils occasionnent des dégâts directs (blocage de plantes, présence de miellat et de fumagine), mais transmettent également des virus (WMV : virus de la mosaïque de la pastèque, CMV : virus de la mosaïque du concombre, ZYMV : virus de la mosaïque jaune de la courgette, CABYV : virus de la jaunisse des cucurbitacées) (APREL *et al.*, 2011a). Ils ont donc essentiellement une nuisibilité primaire directe. Le principal puceron dans les cultures de melons sous abri est *Aphis gossypii*, mais de nombreux autres pucerons, vivant sur des adventices ou sur des cultures voisines, peuvent également transmettre ces virus aux fruits (Taussig, 2005).

Il n'y a pas de méthode de lutte curative contre les virus, et les traitements insecticides n'ont pas un effet suffisamment rapide pour empêcher la transmission des virus, les piqûres d'inoculation étant très brèves. Il est néanmoins nécessaire de protéger les cultures de melon contre les pucerons pour limiter les pullulations qui sont préjudiciables aux plantes et à la qualité des fruits (Taussig, 2005).

Deux RdD ont été recueillies dans le cadre de cette étude. Ces deux RdD utilisent le même critère de décision : l'observation de pucerons dans les cultures. Mais le seuil d'intervention mentionné dans chaque RdD est différent en fonction du stade cultural (dès présence de pucerons en pépinière, dès présence de foyers en culture). L'objectif visé par ces RdD n'est pas mentionné. En pratique, en pépinière, les interventions se font généralement de manière systématique, les pucerons étant difficiles à observer et l'objectif visé étant que le plant soit sain au moment de la plantation. En culture, les RdD sont plutôt appliquées. Le nombre d'interventions est assez variable en fonction des années (de 0 à 4).

Plusieurs méthodes prophylactiques peuvent être mise en œuvre (Izard, 2011c ; Arrufat, 2010c, Blancard 2012 dans ephytia en ligne) :

- En pépinière, la production de plants en « insect-proof » avec des filets type Filbio, la réalisation d'une intervention insecticide en préventif avant plantation ;
- En culture, le choix de variétés IR Ag, conférant une résistance intermédiaire à la colonisation par le puceron *Aphis Gossypi*, le bâchage des cultures de la plantation jusqu'à la floraison (voiles non tissés, films plastiques...), élimination des plants infestés, l'introduction d'auxiliaires (comme *Aphidius colemani* par l'intermédiaire de plantes relais ou en flacon, *Aphidius colemani*, *Aphidius ervi*, *Phidoletes aphidimyza*), l'élimination mécanique des pousses colonisées, ou encore l'utilisation de savon noir pour nettoyer le miellat des pucerons.
- Evacuation des 1^{ers} plants identifiés comme atteints.

c. RdD recueillies pour lutter contre les nématodes à galles en culture de melon sous abri

De même que pour de nombreuses cultures (cucurbitacées, solanacées), les nématodes à galles parasitent les racines des melons. Il en résulte l'apparition d'une galle caractéristique qui, empêchant la sève de circuler, ralentit la croissance de la plante qui peut jaunir et flétrir partiellement ou totalement (Fraval *et al.*). Des dégâts parfois graves peuvent être occasionnés par ces ravageurs, qui sont inféodés à la parcelle. Il s'agit du bioagresseur tellurique principal en culture de melon.

Dans le cadre de cette étude, aucune RdD n'a été recueillie pour lutter contre les nématodes à galles en culture de melon. En pratique, les agriculteurs interviennent à l'automne, soit de manière systématique, soit uniquement si le sol est infesté. Les interventions systématiques ont cependant tendance à diminuer du fait du coût élevé de ces produits et du faible nombre de produits encore disponibles sur le marché (Izard, com. pers.). Il existe par ailleurs un ensemble de méthodes complémentaires pouvant être mises en œuvre pour lutter contre les nématodes à galles avant plantation des melons (Izard *et al.*, 2011c, Izard com pers; Mazollier, 2011) :

- Techniques culturales : allonger et diversifier les rotations (impact limité car beaucoup d'espèces sont sensibles aux nématodes) ; implanter des engrais verts nématicides, arracher des racines des plantes contaminées ; nettoyer le matériel pour éviter de disséminer les nématodes ; solarisation (méthode peu efficace en sol très infesté, et qui nécessite que la parcelle soit disponible durant l'été) ;

- Greffage sur courge (ne confère pas de résistance mais apporte de la vigueur à la plante, ce qui permet de mieux supporter les attaques de nématodes) ;
- L'utilisation de tourteaux de ricin (engrais), qui peut avoir un effet secondaire sur les nématodes à galles, mais les résultats obtenus sur les essais du GRAB à ce sujet sont aléatoires et insuffisants.

Annexe XXVI : Construction d'une typologie des règles de décision par rapport aux critères de décision les plus pertinents.

Typologie en Grandes Cultures et comparaison avec les Cultures Pérennes

Légendes (Tableau 175 à 179) :

	Critère de décision le plus pertinent
	Critère de décision utile et intéressant mais qui pourrait évoluer pour mieux répondre aux besoins
	Elément de connaissance informatif mais non pertinent à mobiliser dans la décision
	Critère de décision sans aucun intérêt

Couple à enjeu phyto¹¹² fort

Couple à enjeu phyto moyen

Couple à enjeu phyto faible

Couple à enjeu phyto non renseigné

¹¹² Enjeu phyto est un indicateur basé sur trois variables : la fréquence du bioagresseur, sa nuisibilité, et l'IFT.

Tableau 175 : Premier type identifié en grandes cultures : les bioagresseurs polycycliques pour lesquels on peut intervenir après les dégâts

Type identifié en grandes cultures	Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD										
		Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Polycyclique -Intervention après les dégâts	Céréales à pailles/rouille brune									Nr		
	Céréales à pailles/rouille jaune									Nr		
	Céréales à pailles/piétin verse									Nr		
	Céréales à pailles/ septoriose											
	Céréales à pailles / oïdium									Nr		
	Orge/helmintho et rhyngo											
	Colza/alternaria											

Tableau 176 : deuxième type identifié en grandes cultures : les bioagresseurs monocycliques pour lesquels il est préférable d'intervenir avant les dégâts

Type identifié en grandes cultures	Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD										
		Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Monocyclique -Intervention avant les dégâts	Tournesol / phomopsis									Nr		
	Colza/sclerotiniose											
	Céréales à pailles/cécidomyie											
	Féverole / bruche											
	Betterave / pucerons verts en culture											
	Colza/charançon de la tige du colza											
	Colza/charançon du bourgeon terminal											
	Céréales à pailles/fusariose des épis									Nr		

Tableau 177 : troisième type identifié en grandes cultures : les bioagresseurs polycycliques pour lesquels il est préférable d'intervenir avant les dégâts

Type identifié en grandes cultures	Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD										
		Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Polycyclique - intervention avant les dégâts	maïs/pyrale	Yellow	Red	Red	Yellow	Green	Light Green	Yellow	Light Green	Red	Red	Red
	blé/puceron d'automne	Red	Red	Red	Red	Green	Light Green	Red	Green	Green	Green	Red

Tableau 178 : quatrième type identifié en grandes cultures les bioagresseurs monocycliques pour lesquels il est préférable d'intervenir avant les dégâts

Type identifié en grandes cultures	Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD										
		Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Monocyclique - Intervention après les dégâts	"Pois/ sitone"	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Yellow	Red	Light Green	Yellow	Yellow	Red
	Féverole/sitone	Yellow	Red	Green	Green	Red	Yellow	Red	Light Green	Yellow	Yellow	Red
	Céréales à pailles/ limaces grises	Green	Red	Green	Light Green	Green	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow
	Colza/limaces grises	Green	Red	Green	Light Green	Green	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow

Tableau 179 : couples cultures-bioagresseur n'entrant pas dans les types identifiés

Hypothèse de types pour les autres couples identifiés en grandes cultures	Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD										
		Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Traitements de semences?	Betterave/pucerons verts semence											
?	Grandes cultures/adventices											
Ravageurs du sol	Maïs/scutigérelles									Nr		
	Maïs/taupin									Nr		
	Betterave/ pégomyie											

Annexe XXVII : Construction d'une typologie des règles de décision par rapport aux critères de décision les plus pertinents.

Typologie en Cultures Pérennes

Légendes (pour les Tableau 180, Tableau 181, Tableau 182, Tableau 183 et Tableau 184) :

	Critère de décision le plus pertinent
	Critère de décision utile et intéressant mais qui pourrait évoluer pour mieux répondre aux besoins
	Elément de connaissance informatif mais non pertinent à mobiliser dans la décision
	Critère de décision sans aucun intérêt

Couple à enjeu phyto¹¹³ fort

Couple à enjeu phyto moyen

Couple à enjeu phyto faible

Couple à enjeu phyto non renseigné

¹¹³ Enjeu phyto est un indicateur basé sur trois variables : la fréquence du bioagresseur, sa nuisibilité, et l'IFT.

Tableau 180 : premier type identifié en cultures pérennes : les ravageurs disposant d'auxiliaires pour leur régulation biologique et pour lesquels il est possible d'intervenir chimiquement une fois qu'ils sont présents dans la parcelle

Type identifié	Couples étudiés		Critère de décision mobilisé dans la RdD										
			Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. Dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Ravageur disposant d'auxiliaires pour sa régulation biologique	Pommier/ Pucerons cendrés	A l'automne											
		Préfloraison											
		Postfloraison											
	Vigne/ tordeuses	G1											
		G2											
	Pommier/ puceron lanigère												
	Cas isolé 1 : Vigne/ acariens acariose												
Cas isolé 2 : Vigne/acariens rouges et jaunes													

Tableau 181 : deuxième type identifié en cultures pérennes : les ravageurs ne disposant d'auxiliaires permettant leur régulation biologique (seuls deux cas d'étude)

Type identifié	Couples étudiés		Critère de décision mobilisé dans la RdD										
			Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. Dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Ravageur sans auxiliaire	Vigne/mange bourgeon												
	Pommier /Carpocapse												

Tableau 182 : troisième type identifié en cultures pérennes : les maladies polycycliques présentes et nuisibles pendant une grande partie de la campagne

Type identifié	Couples étudiés		Critère de décision mobilisé dans la RdD										
			Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence bioag. dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Maladie polycyclique présente pendant une période importante de la campagne	Vigne / mildiou	1ère intervention	Red	Red	Yellow	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Red	Red
		renouvellement	Red	Red	Green	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Red	Red
		après fermeture de la grappe	Red	Green	Green	Green	Red	Yellow	Red	Green	Red	Red	Red
	Pommier/ tavelure	contaminations primaires	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
		contaminations secondaires	Red	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Red
	Cas isolé : Vigne / oïdium	1ère intervention	Red	Red	Green	Red	Red	A discuter	Green	Green	Red	Red	Red
		renouvellement	Red	Red	Green	Green	Red	Green	Yellow	Yellow	Green	Red	Red
arrêt		Red	Green	Green	Red	Red	Green	Red	Red	Red	Red	Red	

Tableau 183 : quatrième type identifié en cultures pérennes : maladies monocycliques inféodées à la parcelle et pour lesquelles il faut intervenir avant les dégâts

Type identifié	Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD										
		Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. Dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Maladie monocyclique inféodée à la parcelle et pour laquelle il faut intervenir avant les dégâts	Vigne / Botrytis	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Red	Red	Green	Green
	Vigne/ rougeot parasitaire	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Green	Red	Red

Tableau 184 : cinquième type identifié en cultures pérennes : maladies monocycliques pour lesquelles on peut intervenir après les dégâts OU maladies gérées par des interventions ciblant d'autres maladies

Type identifié	Couples étudiés	Critère de décision mobilisé dans la RdD										
		Auxiliaires	Obs. des autres bioag	Obs. dégâts	Etat végétatif de la culture	Présence Bioag. Dans parcelle	Obs. région. Bioag	Historique bioag	Données météo pr épidémio	Historique pratiques phyto	Historique autres pratiques campagne	Historique autres pratiques avant campagne
Maladie monocyclique pour laquelle on peut intervenir après les dégâts OU maladie gérée par des interventions ciblant d'autres maladies	Vigne/excoriose	Red	Red	Green	Red	Red	Red	Light Green	Green	Light Green	Red	Red
	Vigne/black rot	Red	Red	Green	Red	Red	Light Green	Green	Green	Light Green	Red	Red
	Pommier/oïdium	Red	Light Green	Green	Green	Red	Red	Green	Light Green	Green	Light Green	Red