

**AFPP – 6^e CONFÉRENCE SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION
POUR UNE PRODUCTION INTÉGRÉE
LILLE – 21, 22 ET 23 MARS 2017**

PROTECTION INTEGREE EN GRANDES CULTURES : REALITES ET PERSPECTIVES

N. VERJUX⁽¹⁾, L. BONIN⁽²⁾, R. DOUCET⁽¹⁾, D. GAUCHER⁽³⁾, C. MAUMENE⁽³⁾, B. PERRIOT⁽³⁾, D. SIMONNEAU⁽³⁾

⁽¹⁾ ARVALIS - Institut du végétal 21 chemin de Pau 64121 MONTARDON, FRANCE

⁽²⁾ ARVALIS - Institut du végétal 241 Route de Chapulay 69330 PUSIGNAN, FRANCE

⁽³⁾ ARVALIS - Institut du végétal Station expérimentale 91720 BOIGNEVILLE, FRANCE
n.verjux@arvalisinstitutduvegetal.fr

RÉSUMÉ

La lutte intégrée repose sur la combinaison de différentes méthodes de protection intégrant la prophylaxie, la caractérisation des risques et les méthodes de lutte directe. Face à une réduction des usages permis de produits phytopharmaceutiques, ce modèle de protection doit s'imposer. Cependant, un tour d'horizon des leviers déjà diffusés permet de constater que nous sommes loin de disposer d'une gamme suffisante d'outils opérationnels permettant de maîtriser les bio-agresseurs les plus préjudiciables pour les cultures de blé tendre, maïs et pomme de terre.

Des voies de recherche semblent prometteuses mais nécessitent une mobilisation accrue pour espérer offrir, à temps et pour le plus grand nombre, les solutions nécessaires aux itinéraires de protection de demain.

Mots-clés : protection intégrée, prophylaxie, lutte directe, analyse de risques, grandes cultures

ABSTRACT

Integrated pest management combines different protection measures as prophylactic measures, risk assessment, and direct control methods. According to the decreasing of pesticides allowed uses, this crop protection paradigm has to be imperative.

However, a general overview of broadcasted methods shows that we haven't a sufficient range of operational tools able to control main bio-aggressors for winter wheat, maize and potato.

Interesting researches are implemented but need a greater mobilization to be able to offer, in due time and to the great majority, the necessary solutions for future ways of crop protection.

Keywords: integrated pest management, prophylactic measure, direct control methods, risk assessment, arable crops.

INTRODUCTION

La protection des grandes cultures contre les maladies, ravageurs et adventices repose aujourd'hui majoritairement sur l'utilisation de produits phytopharmaceutiques combinée ou non à la prophylaxie, mais le contexte se durcit au point de remettre en question cette voie. En effet, les nombreuses actualités réglementaires vont toutes dans le même sens : restrictions d'usages ou interdictions.

Cette situation résulte, en premier lieu, de la mise en application du Règlement N°1107/2009 qui encadre les inscriptions de substances actives au niveau européen. Plusieurs mesures liées à ce règlement vont contribuer à réduire le nombre de solutions phytopharmaceutiques : critères d'exclusion dont la perturbation endocrinienne, listes de substances substituables, classement des métabolites et seuils de tolérance, application du guideline pour la protection des abeilles, prise en compte du risque de transfert dans l'air et précautions vis-à-vis de possibles « effets cocktails », etc....

Au niveau national, la France se positionne sur une ligne restrictive pour attribuer les autorisations de mise en marché des spécialités commerciales et/ou définir les mesures de gestion qui accompagnent ces autorisations. Le Plan Ecophyto II réaffirme l'objectif de réduction de moitié des utilisations et expérimente les Certificats d'Economie de Produits Phytopharmaceutiques (CEPP). Des débats sont lancés pour mettre en place des précautions supplémentaires vis-à-vis de l'exposition des abeilles, des travailleurs et du voisinage.

Ce renforcement réglementaire est à mettre en rapport direct avec les impacts de l'usage des produits phytopharmaceutiques plus fortement surveillés (environnement, santé, résistances). Mais il est aussi une réponse directe à la pression médiatique qui exacerbe tout incident sans éclairer l'analyse bénéfices/risques, ni encourager les progrès dans la réduction des expositions.

Les résistances des bioagresseurs aux produits phytopharmaceutiques sont également à prendre en considération. La raréfaction des solutions contribuera à intensifier la pression de sélection sur un nombre toujours plus réduit de modes d'action entraînant des risques accrus de résistance. Enfin, le changement climatique et l'augmentation des échanges internationaux contribuent à accroître les menaces de développement de bioagresseurs nouveaux ou la recrudescence de bioagresseurs jusqu'ici peu nuisibles ou bien maîtrisés, avec des dynamiques difficilement prévisibles.

Dans un tel contexte, le modèle de protection pour les grandes cultures doit muter. En combinant tous les leviers disponibles, la **protection intégrée des cultures** donne le cadre pour concevoir les itinéraires de protection des cultures dans l'avenir. Selon la définition de la Directive européenne 2009/128/CE, la lutte intégrée vise à construire une boîte à outils permettant de combiner les méthodes prophylactiques, d'analyse de risques et de lutte directe, sans exclure une utilisation raisonnée des produits phytopharmaceutiques. Elle ne propose pas d'itinéraires clefs en main, mais des ingrédients, outils élémentaires à assembler en fonction des objectifs et contraintes de chaque exploitation (Ricci *et al*, 2011). Les faisabilités techniques et économiques de chaque outil doivent être évaluées dans des approches multicritères afin de garantir l'opérationnalité pour le plus grand nombre.

Cet article a pour objectif d'évaluer le contenu de cette boîte à outils en grandes cultures en l'illustrant sur trois cultures : le blé tendre d'hiver, le maïs et la pomme de terre. En partant des enjeux (les besoins de protection), il s'agit de savoir si les producteurs disposent des outils pour mettre en œuvre une protection moins dépendante des produits phytopharmaceutiques.

MATERIEL ET MÉTHODE

Pour les trois cultures citées, nous proposons une revue synthétique i) des bioagresseurs les plus préjudiciables, ii) des axes de protection opérationnels et des limites, et iii) des travaux de recherche appliqués les plus prometteurs. Par simplification, nous n'aborderons pas la protection des produits stockés après récolte. Un simple article ne se prête pas à une description exhaustive et informative des connaissances et travaux sur ces sujets. Notre objet est en conséquence plutôt de réaliser un point qualitatif sur les leviers majeurs de la lutte intégrée déjà diffusés, d'en révéler ainsi les lacunes et de tracer les principales perspectives de la recherche.

Pour cela, nous avons opté pour une revue à partir i) des travaux d'Arvalis, le plus souvent conduits en collaboration avec la recherche publique ou privée et le développement agricole, ii) des fiches AFPP sur la protection intégrée des cultures (ACTA-AFPP, 2013), iii) du portail Ecophytopic, iv) de la boîte à outils de FARRE (Forum des Agriculteurs Responsables Respectueux de l'Environnement), iv) du site du métaprogramme INRA SMACH. Les références des sources apparaissent dans la bibliographie.

Ainsi, cette revue partielle, mais multi-sources, de l'existant a permis d'évaluer sans concession le chemin qu'il restait à parcourir.

RESULTATS

Les résultats de notre revue seront présentés selon quatre points :

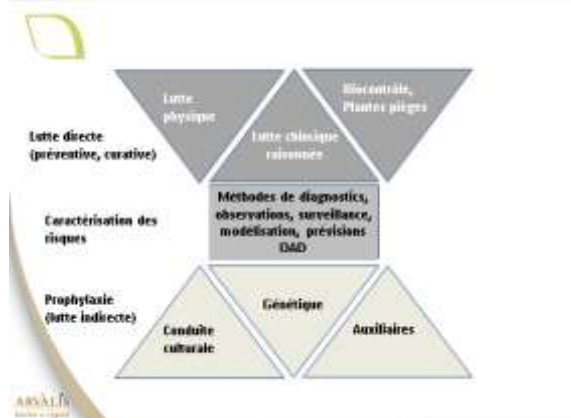
- Contours de la protection intégrée des cultures,
- Enjeux : principaux bioagresseurs et niveau d'utilisation des produits phytosanitaires,
- Leviers disponibles et limites,
- Perspectives et besoins de recherche.

CONTOURS DE LA PROTECTION INTEGREE DES CULTURES

La Directive 2009/128/CE « instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation durable des pesticides compatibles avec le développement durable » (dite DUD) impose la mise en œuvre de la lutte intégrée dans les exploitations agricoles depuis décembre 2014. Selon la DUD, la lutte (ou protection) intégrée est « la prise en considération attentive de toutes les méthodes de protection des plantes disponibles ... ». L'annexe 3 détaille les huit principes de la lutte intégrée : prévention, surveillance, raisonnement, méthodes alternatives aux produits phytopharmaceutiques (PPP), réduction des usages, gestion des résistances et évaluation de la réussite.

Afin de représenter les différents leviers qui participent à la lutte intégrée, Arvalis a conçu un schéma qui identifie trois niveaux i) la prophylaxie, ii) la caractérisation du risque, et iii) les méthodes de lutte directe et 7 leviers (figure 1) (Verjux *et al*, 2016). La prophylaxie vise à défavoriser l'installation et le développement d'un bioagresseur. Elle repose sur trois leviers : i) la conduite culturale (choix de la parcelle, rotation et culture précédente, gestion de l'interculture et des couverts, travail du sol, semis-plantation, amendement, fertilisation, irrigation, plantes de service, récolte -gestion des résidus et des déchets, hygiène des matériels, environnement de la parcelle etc...), ii) la génétique et, iii) les auxiliaires. Au cœur du raisonnement, la caractérisation du risque permet à la fois d'identifier les bioagresseurs et d'évaluer l'importance de l'agression. Enfin en haut du schéma, les méthodes de lutte directe recouvrent : i) la lutte physique (mécanique, thermique, barrières physiques...), ii) la lutte chimique raisonnée incluant les mesures d'amélioration de l'efficacité des pulvérisations et de réduction des impacts, iii) le biocontrôle et les plantes-pièges.

Figure 1 : Les 3 niveaux et les 7 leviers de la protection intégrée
(3 levels and 7 levers for integrated pest management)



Cette représentation a pour principaux atouts d'offrir une vision équilibrée des différents compartiments Prophylaxie-Risque-Lutte et de faire reposer la protection intégrée sur sa base prioritaire de prévention des risques

PRINCIPAUX BIOAGRESSEURS ET NIVEAU D'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Selon la liste prioritaire de bioagresseurs surveillés dans le cadre des BSV (Bulletins de Santé du Végétal), on compte entre 12 et 30 maladies ou ravageurs préjudiciables pour chacune des grandes cultures. Sans entrer dans une liste exhaustive de ces bioagresseurs et des particularités régionales et interannuelles, le tableau I présente une synthèse pour les cultures retenues, à laquelle il convient d'ajouter les adventices. Les niveaux moyens d'IFT sur une campagne (Indice de Fréquence de Traitement, somme des rapports entre la dose utilisée et la dose homologuée pour chaque usage) sont respectivement de 1.9 pour le maïs, autour de 4 pour le blé tendre et de 17 pour la pomme de terre (dont 13 pour la protection contre le mildiou) (tableau II).

Tableau I- Principaux ravageurs et maladies du blé tendre d'hiver, du maïs et de la pomme de terre
(Main pests and diseases on winter wheat, maize and potatoe)

Type de bio-agresseur	Nombre selon épidémiologie (liste principale)	Nom commun des principaux bioagresseurs (<i>nom latin</i>)	Nuisibilités (gains de rendement en comparant modalités traitées et non traitées)
Blé tendre Maladies	11	Maladies foliaires : <ul style="list-style-type: none"> • Septoriose (<i>Zymoseptoria tritici</i> et <i>Stagonospora nodorum</i>) ; • Rouille brune (<i>Puccinia recondita</i>) ; • Rouille jaune (<i>Puccinia striiformis</i>). 	17.5 q/ha en moyenne
		Maladies du pied : <ul style="list-style-type: none"> • Piétin verse (<i>Oculimacula spp.</i>) ; • Rhizoctone (<i>Rhizoctonia cerealis</i>) 	3 à 5 q/ha en moyenne
		Piétin échaudage (<i>Gaeumannomyces graminis tritici</i>)	jusqu'à 20q/ha
		Fusariose des épis (<i>Fusarium spp.</i> , <i>Microdochium spp.</i>)	20q/ha maximum, risque mycotoxines (DON), défaut de poids spécifique, perte de facultés germinative
		Mosaïques (VMC, VMSFB)	30 à 70% en moyenne.
		Ergot (<i>Claviceps purpurea</i>)	mycotoxines, déclassement
Blé tendre Ravageurs	17	Pucerons (<i>Rhopalosiphum padi</i> , ...) ou cicadelles (<i>Psamotettix spp.</i>) vecteurs de viroses à l'automne	Jaunisse nanisante de l'orge : 16q/ha en moyenne (40 q/ha maximum) Pieds chétifs : 40q/ha
		Limaces	Destruction totale possible
		Mouche grise (<i>Delia coarctata</i>)	5 à 15 q/ha, destruction totale possible
		Cécidomyie orange (<i>Sitodiplosis mosellana</i>)	1q/ha par larve /épi
Maïs Maladies	3	Helminthosporiose (<i>Exserohilum turcicum</i>)	6 à 8 q/ha en maïs grain, jusqu'à 80% en maïs semences
		Fusariose des épis (<i>F. graminearum</i> et <i>F. section liseola</i>)	10 à 14 q/ha
Maïs Ravageurs	15	Taupins (<i>Agriotes spp.</i>)	entre 5 et 10% du rendement pour 10% de plantes attaquées, destruction totale possible.
		Ravageurs du sol : Scutigérelles (<i>Scutigera immaculata</i>) ; Géomyze (<i>Géomyza tripunctata</i>).	destruction totale possible
		Pyrale (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	4% de pertes en moyenne par larve /plante (maïs X2 ou 3 en cas de stress hydrique en fin de cycle). Risque accru de fumonisines
Pomme de terre Maladies	8	Mildiou (<i>Phytophthora infestans</i>)	25 t/ha en moyenne, défauts visuels et moindres calibres, sensibilité accrue aux pourritures bactériennes et fongiques
		Maladies de présentation : Dartrose (<i>Colletotrichum coccodes</i>), Gale argentée (<i>Helminthosporium solani</i>), Rhizoctone brun (<i>Rhizoctonia solani</i>)	défauts visuels pouvant conduire au déclassement des lots
Pomme de terre Ravageurs	4	<ul style="list-style-type: none"> • Limaces • Taupins (<i>Agriotes spp.</i>) 	Défauts visuels et de conservation pouvant entraîner le déclassement de la production
		Doryphores (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)	50% de pertes de rendement à partir de 40 à 50 larves par plante en situation non irriguée

Tableau II : valeurs d'IFT moyennes
(Frequency treatment index)

	IFT 2006	IFT 2011	IFT 2014
Blé tendre	4.0	3.8	4.0
Maïs grain	1.9	1.9	1.9
Maïs fourrage	1.7	1.5	1.5
Pomme de terre	16.6	15.6	18.1

Sources : IFT : indice de fréquence de traitement moyen, données SSP, Ministère de l'Agriculture

Les préjudices couvrent à la fois les pertes directes de rendement mais également de qualité des produits et/ou l'augmentation des risques sanitaires. Par exemple, on estime à 17.5q/ha en moyenne la perte de rendement due aux maladies foliaires sur blé tendre d'hiver. La présence de fusariose (*F. graminearum*) sur céréales peut produire des mycotoxines de type DON. La carie du blé rend impropre l'utilisation des récoltes contaminées. La présence d'ergot dans les lots de semences ou destinés à la consommation au-delà des seuils réglementaires conduit à déclasser les lots concernés. Enfin, les interactions entre bioagresseurs sont également fréquentes : foreurs et fusarioses productrices de mycotoxines pour le maïs, mildiou et champignons ou bactéries pour les tubercules de pomme de terre par exemple.

LEVIERS DISPONIBLES ET LIMITES

En partant de la figure 1, nous présentons les acquis et limites pour chacun des leviers au vu des travaux largement diffusés.

- Prophylaxie – Conduite culturale

Les effets de la conduite culturale sur les bioagresseurs des grandes cultures sont relativement bien décrits et largement diffusés (Arvalis, fiches accidents). Les préconisations les plus emblématiques concernent i) la gestion des adventices (Colbach et Vacher, 2014 ; Bonin *et al* 2016), ii) l'effet des cultures intermédiaires sur les adventices (Arvalis, 2011 ; Metais, 2015), iii) l'effet des cultures précédentes ou des rotations sur le cycle des ravageurs et maladies (Agrotransfert, 2011 ; Verjux *et al*, 2015), iv) l'effet des retards de dates de semis du blé tendre sur la gestion des graminées d'automne, sur la réduction des risques pucerons et cicadelles mais aussi sur la diminution du rendement (Deswarte *et al*, 2016). Les agroéquipements se développent également comme les outils pour la récolte de menues-pailles (Metais, 2016). Les principaux points à développer renvoient aux manques de connaissance sur les cycles de certains bioagresseurs (virus, parasitisme du sol) et le rôle des cultures intermédiaires sur les ravageurs avec des interactions complexes entre culture - plantes relais – ravageurs - auxiliaires.

- Prophylaxie – Lutte génétique

Le tableau III présente les bioagresseurs pris en compte pour l'inscription au catalogue français. En blé, le progrès génétique a permis une réduction moyenne de la nuisibilité des maladies foliaires de 0.4 q par hectare et par an sur 12 ans (Du Cheyron et Lorgeou, 2015) grâce aux critères d'inscription (Bernicot *et al*, 2015). En pomme de terre, les premières variétés fortement résistantes au mildiou du feuillage (notes ≥ 7) permettent de réduire d'environ 30% les fongicides appliqués par rapport à une variété sensible (Baglot *et al*, 2016). Dans certains cas, le levier génétique peut être le moyen le plus efficace de lutte (ex : cécidomyie orange) ou même le seul connu (mosaïque des céréales). Majeur, ce levier n'en présente pas moins des limites i) les travaux de sélection sont longs et doivent tenir compte de plusieurs objectifs (productivité, qualités, résistances aux stress), ii) toutes les cibles ne sont pas couvertes, iii) pour le producteur, le choix variétal est un compromis entre productivité, exigences des contrats, adaptation aux conditions pédoclimatiques et de résistances aux stress, iv) les bioagresseurs peuvent s'adapter et contourner en quelques années les résistances variétales (cas des rouilles du blé par exemple).

Tableau III - Résistances variétales prises en compte à l'inscription au catalogue français d'après le CTPS

(Resistance taken into account on registration in the French catalogue)

Règlement technique CTPS 2016	Cotations intégrées	Notations de caractères à titre informatif lors des épreuves d'inscription au catalogue
Blé tendre d'hiver	Verse Rendement non traité maladies Piétin verse Oïdium Rouille brune, Rouille jaune Septoriose (<i>Z. tritici</i>) Fusarioses des épis Mosaïques (SBCMV et WSSMV) Cécidomyie orange	
Maïs (essais sans protection vis-à-vis des maladies et de la verse)	Verse	Helminthosporiose (+ données Post-Inscription) Fusariose des épis (+ données de Post-Inscription) Charbon commun (<i>Ustilago Maydis</i>)
Pomme de terre	Mildiou du feuillage, du tubercule Gale commune Virus Y, A, X Nématodes à kystes	Gale verruqueuse

- Auxiliaires

Les connaissances sur les auxiliaires arthropodes et leurs habitats s'affinent (Projet Auximore, 2014 ; Tosser et Chabert, 2016). Cependant, l'efficacité de la régulation reste mal connue de même que l'optimisation technico-économique des aménagements bénéfiques. Sur pucerons des épis du blé, la régulation naturelle est efficace sur des infestations modérées mais reste insuffisante en cas de fortes infestations (Taupin et Tosser, 2015). Les travaux abordent peu également la régulation sur vertébrés (oiseaux et rongeurs).

- Caractérisation des risques

Sur grandes cultures, des méthodes d'identification, des grilles de risques et des outils d'aide à la décision ont été mis au point sans toutefois couvrir tous les bioagresseurs majeurs. La principale problématique est d'aller plus vite dans l'élaboration de tels outils pour ajuster la lutte aux situations le nécessitant, d'être en capacité d'y inclure tous les leviers (biocontrôle ou auxiliaires par exemple) et de développer des outils d'aide à la décision stratégique. Les travaux initiés sur l'influence du paysage sur le développement des bioagresseurs sont également une piste prometteuse pour identifier les facteurs favorisant et de nouvelles pistes de prophylaxie.

- Méthodes de lutte physique

Les références sur le désherbage mécanique sur les trois cultures sont disponibles (ITAB, 2012). Les principaux freins sont le manque de jours disponibles pour le blé, le maintien de l'intégrité des buttes sur pomme de terre et la gestion des vivaces ou des infestations sur le rang en maïs. Des résultats sont également disponibles en matière de défanage de la pomme de terre (Vacher et Martin, 2016) et montrent l'intérêt de combiner broyage et défanant.

- Méthodes de lutte chimique raisonnée

Les conseils portent sur l'amélioration des pratiques pour réduire les risques de transfert (Marks-Perreau *et al*, 2015 ; Perriot, 2016), réduire les risques de résistances (Note commune, 2016) et l'amélioration de l'efficacité de la pulvérisation (Arvalis, 2013). Les innovations pour une pulvérisation plus précise sont nombreuses : réduction de la dérive, injection directe, assistance par GPS, pulvérisation localisée, rampes à faibles écartements entre buses (Perriot, 2016)...

- Biocontrôle

Le développement de nombreuses innovations est attendu sur le moyen terme mais aujourd'hui, les solutions autorisées restent rares : moins d'une dizaine pour les trois cultures considérées. Les principaux manques relèvent de la compréhension de la réceptivité des plantes aux éliciteurs (Maumené et Moureaux, 2015), la lutte biologique (uniquement opérationnelle contre la pyrale du maïs), ou bien le développement et les retombées de l'écologie chimique (Thibord *et al*, 2015 ; Gaucher *et al*, 2016).

- Plantes de service et couverts

On dénombre peu de solutions opérationnelles. La biofumigation a été testée sans grand succès dans la lutte contre le rhizoctone sur pomme de terre (Collectif, 2013 ; Gaucher *et al*, 2016). La couverture permanente du sol, associée au semis direct, fait l'objet de travaux soutenus, y compris avec des réseaux de producteurs, mais elle reste rare en France car insuffisamment maîtrisée. Elle se montrerait intéressante pour gérer les adventices avec cependant des risques accrus de limaces ou rongeurs et une forte dépendance au glyphosate (Labreuche et Sauzet, 2016 ; Jezequel, 2016 ; Toqué *et al*, 2016). Enfin, les lacunes sont importantes en particulier sur plantes compagnes répulsives ou plantes pièges.

- Exemples de combinaisons

Les exemples de combinaisons de leviers sont désormais nombreux : gestion durable des adventices à l'échelle de la rotation (Bonin *et al*, 2015 ; Toupet *et al* 2015), lutte contre la fusariose (Gourdain *et al*, 2015) ou lutte contre l'ergot (Arvalis, 2015 ; Maumené *et al* 2015), gestion du mildiou de la pomme de terre (Verjux *et al*, 2014). Ils concernent en priorité les cibles pour lesquelles la lutte chimique n'existe pas ou se montre insuffisante ou menacée. D'autres combinaisons restent à concevoir pour les biogresseurs majeurs ou sont à poursuivre comme la lutte contre la JNO (Robin et Thibord, 2016) ou la lutte contre les taupins (Thibord *et al*, 2015 ; Larroudé et Thibord, 2015).

Les résultats du réseau « blés rustiques » sont une autre illustration de la mise en œuvre de mesures combinées. Ce réseau de 218 essais a été conduit entre 2003 et 2016 par l'INRA, les Chambres d'Agriculture, les CIVAM et Arvalis. Il comparait un itinéraire raisonné ITK2 et un itinéraire à bas niveau d'intrants ITK3 (densité inférieure de 40%, moins 30 unités d'azote, généralement impasse de l'apport d'azote au tallage, variété peu sensible aux maladies et résistante à la verse). L'ITK3 permet de réduire en moyenne l'IFT de 1.6 point mais s'accompagne d'une baisse de rendement de 9% en moyenne, baisse qui n'est pas systématiquement compensée par la réduction des charges d'intrants (perte de marge semi nette à partir de 150€/t de blé) (Félix, 2016). Un résultat qui a freiné le développement de ce type d'approche exclusivement basé sur des mesures prophylactiques.

Enfin, la recherche sur les systèmes de culture est dynamique (RMT SDCl, réseau de fermes DEPHY, réseau DEPHY EXPE, plateformes interinstituts SYPPRE, ...). Les systèmes de culture performants économiquement et faiblement dépendants aux PPP ont généralement deux profils : la présence de maïs dans la rotation et/ou l'allongement des rotations avec présence de prairies temporaires (Ecophyto, Réseau DEPHY Ferme, 2015). La gestion de la flore s'avère la plus délicate dans ce type de systèmes à bas niveau d'intrants (Toqué *et al*, 2013). Il reste à imaginer des systèmes performants moins dépendants des PPP, sans rupture de rotation, plus facilement accessible à toutes les exploitations.

PERSPECTIVES ET BESOINS DE RECHERCHE

Au vu de l'état des lieux précédent, les axes de recherche nécessaires reposent sur :

- la génétique en interaction avec la santé des plantes : intégration de nouvelles cibles de résistances en particulier virus et ravageurs, pouvoir couvrant, port et architecture (Perriot *et al*, 2014), rhizobiote, réceptivité aux éliciteurs, mais aussi gestion des gènes de résistance à l'échelle paysagère ;

- le biocontrôle : stimulation des défenses, écologie chimique, travaux sur récepteurs olfactifs des insectes, lutte biologique, insectes « infirmiers ». Le contexte est porteur (Plan Ecophyto, Consortium, RMT Elicitra...); trente équipes de recherche INRA sont impliquées dans un réseau interne (EMBA : Ecological Management of Bioaggressors in Agroecosystems), mais il convient de développer les orientations susceptibles de provoquer des retombées sur grandes cultures ;
 - l'écologie microbienne : interactions entre les microorganismes de la plante, du sol et les bio-agresseurs, impacts des mycorhizes ;
 - les plantes de service et les couverts permanents ;
 - les capteurs de détection pour la cartographie, le phénotypage ou l'identification présymptomatique (Gouache, 2015) mais aussi les nez électroniques, les capteurs de sons et les pièges connectés ;
 - les robots de désherbage (entretien mécanique ou pulvérisation ciblée) (Cabeza-Orcel et Berducac, 2016) ;
 - le pulvérisateur intelligent (buses asservies par un capteur...) (Verjux *et al*, 2016) mais aussi l'ajustement des doses et volumes de bouillie à la biomasse ;
 - la modélisation et les OAD connectés aux données obtenues en temps réels ;
 - la prise en compte de l'impact du changement climatique.
- Enfin les travaux de recherche à l'échelle des paysages et des territoires et sur la régulation naturelle se multiplient (cf métapogramme SMACH, appels à projet 2013 et 2014), mais aussi les approches plus sociologiques (SMACH 2016).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Le constat est sans appel. Les besoins de protection sont importants, les pratiques actuelles décriées ou menacées, mais les solutions de remplacement ou d'association encore insuffisantes pour répondre à la majorité des exploitations agricoles. Des voies existent mais ne pourront être ni déployées à large échelle rapidement, ni développées sans des conséquences majeures sur les stratégies de développement de l'agriculture française, qui doivent être anticipées (l'allongement des rotations signifie d'autres cultures et d'autres marchés).

Les besoins de recherche sont immenses. Si les domaines portant sur la génétique, le biocontrôle (microorganismes, substances naturelles) et les agroéquipements/capteurs semblent relativement dynamiques et priorités par la recherche publique et privée (cf rapport Agriculture et innovations 2025), ils ne sont pas sans écueil : temps long des recherches mal pris en compte par les financeurs et les décisions politiques, controverses sur les NBT (New Breeding Technologies), récents critères de définition du biocontrôle qui pourraient freiner l'innovation, ... La protection par voie agroécologique basée sur la prophylaxie et le renforcement de la biodiversité fonctionnelle semble aussi trouver sa place (Deguine, 2016).

Sur d'autres domaines par contre, on ne peut que déplorer l'absence ou la dispersion des moyens en grandes cultures : lutte biologique par inondation, écologie chimique, écologie microbienne, plantes de service et gestion des couverts pour ne citer que les leviers prometteurs les plus emblématiques et nécessitant, de façon urgente, un renforcement des ressources.

Nous avons besoin d'une recherche rassemblée et concentrée, i) qui s'intéresse en priorité aux solutions qu'elle pourra concevoir avant d'évaluer les freins au changement, ii) qui évalue les solutions ou combinaisons de solutions sur des critères multiples alliant efficacité, faisabilité technique, impacts, et rentabilité économique, iii) qui place l'objectif de maîtrise des bio-agresseurs et de réduction des impacts au-dessus de l'injonction de la baisse des usages de PPP.

La réussite de la protection intégrée viendra du flux d'innovations (Ricci *et al*, 2011). Loin des controverses, elle ne doit oublier aucune échelle ou méthode : analytique vs systémique, efficacité ou substitution vs reconception, agroécologique vs technologique, parcelle vs territoire, recherche participative vs recherche descendante.... La protection intégrée en grandes cultures est une nécessité, elle est en marche mais la route sera longue : veillons à ne plus perdre de précieuses années !

REMERCIEMENTS

Aux équipes d'Arvalis et à leurs partenaires de la recherche publique et privée et du conseil agronomique pour leurs travaux de recherche et leurs supports de diffusion.

BIBLIOGRAPHIE

- ACTA, AFPP, 2013. *Protection intégrée des cultures. Fiches pour le conseil des techniques utilisables*. Editions France Agricole, août 2013, 256 p.
- Agrotransfert, 2011. *La succession culturale*. 4 p.
- ARVALIS – Institut du végétal, 2011. *Cultures intermédiaires, impacts et conduite*. Editions Arvalis, août 2011, 236 p.
- ARVALIS – Institut du végétal, 2012. *Pommes de terre, Prophylaxie, les techniques efficaces de réduction des risques de bioagresseurs*. 5 p.
- ARVALIS – Institut du végétal, 2013. *Pulvérisation en grandes cultures, les clés de la réussite*. Editions Arvalis, décembre 2013, 100 p.
- ARVALIS – Institut du végétal, 2015. *Céréales à paille et ergot, des solutions pour évaluer et maîtriser les risques*. Editions Arvalis, mars 2015. 4 p.
- ARVALIS – Institut du végétal, INRA, ANSES, 2016. *Note commune 2016 pour la gestion des résistances aux fongicides utilisés pour lutter contre les maladies des céréales à paille*. 14 p.
- Baglot p., Gravouelle J.-M., Quéré B., 2016. Démarche VATE Pomme de terre au CTPS, prendre en compte les enjeux d'avenir. *La Pomme de terre française*, N°607, septembre-octobre 2016, 42-44.
- Bernicot M.-H., Cadot V., Masson F, 2015. Regards sur l'enjeu de la résistance aux maladies pour les décisions d'inscription des variétés au catalogue français pour différentes espèces de grande culture. AFPP – 11^{ème} conférence internationale sur les maladies des plantes, Tours, 7 au 9 décembre 2015.
- Bonin L, Metais P., Vuillemin F., 2016. Lutte contre les adventices : les solutions agronomiques font les stratégies efficaces. *Perspectives agricoles*, N°429, janvier 2016, 53-56.
- Bonin L., Vacher C., Aliaga C., Baron B., 2015. Gestion des adventices par la combinaison des leviers agronomiques, synthèse de l'essai longue durée (2006-2014) d'Epieds (27). AFPP, 5^{ème} conférence internationale sur les méthodes alternatives de protection des plantes. Lille, 11 au 13 mars 2015.
- Cabeza-Orcel P., Berducat M., 2016. Robots en grandes cultures, défis d'aujourd'hui et promesses pour demain. *Perspectives agricoles*, N°438, novembre 2016, 54-56.
- Colbach N., Vacher C., 2014. Travail de sol et gestion de la flore adventices. *Faut-il travailler le sol ? acquis et Innovations pour l'agriculture durable*. Editions Quae, décembre 2014, 113- 125
- Collectif, 2013. Réduire la pression du rhizoctone brun en grandes cultures. Projet CASDAR Syspid.
- Deguine J.-P., Gloanec C., Laurent P., Ratnadass A., Aubertot J.;N., Coord, 2016. *Protection agroécologique des cultures*. Editions Quae, janvier 2016. 287 p.
- Deswarte J.-C., Robin N., Couleaud G, Gautellier-Vizioz L., 2016. Céréales à paille, activer dès le semis le levier agronomique. *Perspectives agricoles*, N°436, septembre 2016, 11-13.
- Du Cheyron P., Lorgeou J., 2015. Résistances des variétés de blé tendre aux maladies : des progrès indéniables à valoriser. AFPP, 5^{ème} Conférence internationale sur les méthodes alternatives de protection des Plantes, Lille, 11 au 13 mars 2015.
- Felix I., 2016. Itinéraires économes en intrants : un choix possible de variétés de blé adaptées. *Perspectives agricoles*, N°437, octobre 2016, 37-39.
- Gaucher D., Thibord J.-B., Tossier V., Verjux N., 2016. Agroécologie, santé des végétaux : des innovations à fort caractère technologique. *Perspectives agricoles*, N°415, octobre 2014, 49-51.
- Gouache D., Chaouch S., Florin L. Masdoumier G., Barrilliet G., Garcia C., Sailliot E., Deswarte J.-C., Valade R., Dufresne M., Seng J.-M., Ayrat J.-L., Saindrenan P., 2015. La quantification de métabolites secondaires fluorescents lors de l'interaction blé-Z. *tritici* ouvre la perspective d'un capteur dédié pour une lutte de précision. AFPP, 11^{ème} conf. internat. sur les maladies des plantes. Tours, 7 au 9 décembre 2015.

Gourdain E., Maumené C., Valade R., Labreuche J., 2015. Lutte prophylactique contre la fusariose des épis. AFPP, 5^{ème} Conférence internationale sur les méthodes alternatives de protection des Plantes, Lille, 11 au 13 mars 2015.

ITAB, 2012. *Désheerber mécaniquement les grandes cultures*. Mars 2012. 82 p.

Jezequel S., Semis direct sous couvert : réseaux d'agriculteurs, des références acquises en conditions réelles. *Perspectives agricoles*, N°436, septembre 2016, 44-48.

Labreuche J., Sauzet G., 2016. Semis direct sous couvert, bénéficiaire à plein de l'effet « couvert ». *Perspectives agricoles*, N°436, septembre 2016, 40- 43.

Larroudé P., Thibord J.-B., 2015. Taupins : vers la prévision des risques d'attaque. *Perspectives agricoles*, N°427, novembre 2015, 50-52.

Maumené C., Moureaux B., 2015. Lutter contre les maladies : activer les défenses des plantes. *Perspectives agricoles*, N° 424, juillet-août 2015, 57-58.

Maumené C., Orlando B., Labreuche J., Leclere A., Maunas L., 2015. Le travail du sol, un levier efficace pour limiter les risques de multiplication de l'ergot des céréales. AFPP, 11^{ème} conférence internationale sur les maladies des plantes. Tours, 7 au 9 décembre 2015.

Marks-Perreau J., Real B., Simonin P., 2015. Impacts des herbicides sur la qualité de l'eau, agir en amont est fondamental. *Perspectives agricoles*, N°424, juillet-août 2015, 53-56.

Metais P., 2015. Cultures intermédiaires, mieux maîtriser l'enherbement. *Perspectives agricoles*, N°423, juin 2015, 32-36.

Metais P., Griard E., 2016. Récupération de menues pailles : un outil complémentaire pour gérer la flore adventice. *Perspectives agricoles*, N°431, mars 2016, 35-38.

Perriot B., 2016. Pulvérisateurs. Réduire la dérive avec des buses rapprochées. *Perspectives agricoles*, N°436, septembre 2016, 56-58.

Perriot B., Gaudillat D., Robert C., 2014. Pulvérisation en grandes cultures : comprendre le dépôt pour mieux cibler l'application. *Perspectives agricoles*, N°415, octobre 2014, 28-31.

Ricci P., BUI S., Lamine C., Coord., 2011. Repenser la protection des cultures, innovations et transitions. Editions Quae et Educagri, 2011, 250 p.

Robin N., Thibord J.-B., 2016. Jaunisse nanisante de l'orge, conjuguer les moyens de lutte à tous les temps. *Perspectives agricoles*, N°429, janvier 2016, 58-61.

Taupin P., Tosser V., 2015. Pucerons des épis, les auxiliaires font le travail. *Perspectives agricoles*, N°423, juin 2015, 176-178.

Thibord J.-B., Larroudé, Tour M., P., Ogier J.-C., Barsics F., 2015. Taupins : les nouvelles stratégies s'inspirent de la nature. *Perspectives agricoles*, N°427, novembre 2015, 58-62.

Toque C., Garnier J.-F., Jouy L., Retaureau P., Pags B., Vacher C., Gautellier L., Lesouder C., Leveau V., 2013. Dossier Fermes de Boigneville : les apprentissages de 25 ans d'essais systèmes d'exploitation. *Perspectives agricoles*, N°405, novembre 2013, 37-52.

Toque C., Retaureau P., Labreuche J., Petin M., 2016. Transition vers des systèmes de semis sous couvert, une adaptation continue des pratiques culturales. *Perspectives agricoles*, N°436, septembre 2016, 50-55.

Tosser V., Chabert A., 2016. Auxiliaires des cultures : développer le potentiel d'accueil des parcelles. *Perspectives agricoles*, N°432, avril 2016, 52-53.

Toupet A.-L., Metais P., Vacher C., 2015. Transition conventionnelle-Agriculture bioogique, une stratégie globale contre les adventices. *Perspectives agricoles*, N°423, juin 2015, 37-40.

Vacher C., Martin M., 2016. Pommes de terre, réduire les défanants avec le broyage. *Perspectives agricoles*, N°436, septembre 2016, 19-21.

Verjux N., Felix I., Labreuche J., 2015. Lutte contre les bioagresseurs : faire des rotations des alliées pour protéger les cultures. *Perspectives agricoles*, N°426, octobre 2015, 42-44.

Verjux N., Gaucher D., Martin M., Vacher C., Beauvallet G., 2014. Integrated potato plant protection management. 19th triennial Conference of the EAPR, Brussels (Belgium), Juillet 2014.

Verjux N., Perriot B., Leflon M., 2016. Protection intégrée, Trouver de nouvelles voies de protection des cultures. *Perspectives agricoles*, N°429, janvier 2016, 44-48.

Sites internet consultés en novembre 2016 :

- ARVALIS – Institut du végétal : fiches accidents sur www.fiches.arvalis-infos.fr
- Portail Ecophytopic : www.ecophytopic.fr (grandes cultures)
- FARRE : www.boitagri.com
- Projet CASDAR AUXIMORE -2014 : <http://unebetedansmonchamp.fr/fiches/>
- Métaprogramme SMACH INRA : www.smach.inra.fr
- GEVES : règlements techniques sur www.geves.fr