

Article de synthèse des résultats du projet CASDAR 8135.

Chef de file : Institut Technique de l'Agriculture Biologique

Chef de projet : Laurence Fontaine, ITAB. Contact : laurence.fontaine@itab.asso.fr

Partenaires : ARVALIS – Institut du végétal, CETIOM, ACTA, Chambres d'Agriculture de Seine-et-Marne, du Loir-et-Cher, d'Indre-et-Loire, du Gers, de la Lorraine et ses départements, des Pays de la Loire, CREAB Midi-Pyrénées, FDGEDA du Cher, GRAB de Haute-Normandie, CAB des Pays de la Loire et GAB de Loire-Atlantique, FRAB Bretagne et GAB bretons

Résumé

Les pratiques de désherbage mécanique, positionnées dans une stratégie globale de gestion de la flore adventice basée sur l'agronomie, constituent des pistes claires pour réduire l'usage des herbicides. Que ce soit en agriculture biologique ou en agriculture conventionnelle économe en intrants, acquérir des connaissances et communiquer sur l'efficacité des pratiques mécaniques et des outils apparaît indispensable. Le projet Casdar 8135 sur le désherbage mécanique a permis de progresser en ce sens. Il montre que des actions de recherche sont à poursuivre (expérimentation, analyse des pratiques) et qu'il faut les compléter par des actions de promotion privilégiant les approches participatives, où les agriculteurs sont des acteurs de la mise en œuvre de ces pratiques nouvelles.

Mots-clés : désherbage mécanique, adventices, agriculture biologique, faible intrant, bineuse, herse

Abstract: Optimizing and encouraging mechanical weed control in arable crops

Mechanical weed practices, positioned in an overall weed control strategy based on agronomical principles, are clear paths to reduce the use of herbicides. To gain knowledge and to communicate on efficiency of mechanical practices and tools, whether on organic or low input farming, appear essential. The project Casdar 8135 on mechanical weeding has made progress in this direction. It shows that research activities are to be continued (experimentation, analysis of practices), and should be complemented by promotion focusing on participatory approaches, where farmers are directly involved in the implementation of these new practices.

Keywords: mechanical weed control, weeds, organic farming, low input farming, hoe, harrow

Avec la participation financière du Compte d'Affectation Spéciale "Développement Agricole et Rural" (CASDAR)



Introduction

La gestion de la flore adventice est une préoccupation majeure de tous les systèmes de production, en agriculture biologique (AB) comme en agriculture conventionnelle (AC). De plus, la présence des herbicides dans les eaux de surfaces et souterraines est préoccupante, ce qui implique de vouloir réduire l'utilisation de ce type de produit pour atteindre les objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau et répondre aux attentes de la société civile. Pour y contribuer, les méthodes de gestion de la flore adventice disponibles en agriculture biologique et utilisées dans les systèmes de production en réduction d'herbicides sont essentiellement basées sur l'agronomie (rotation des cultures, travail du sol...) et sur la pratique de désherbage mécanique (DM).

Cependant, ces solutions sont difficilement extrapolables à toutes les exploitations sans connaître précisément leurs conditions de mise en œuvre et d'efficacité. L'étude des techniques innovantes utilisées en agriculture biologique ou conventionnelle et leur évaluation (outils utilisés, dates de passages, conditions de mise en œuvre, efficacité) sont un préalable à une diffusion large au niveau des agriculteurs, d'autant que de nombreux freins subsistent. Certains sont techniques (manque d'outils adaptés, de maîtrise technique, de diffusion des savoir-faire...) ou d'ordres sociologique (temps disponible à affecter au désherbage) et économique (coût financier des passages, du matériel) ; d'autres sont psychologiques (mémoire collective du désherbage manuel fastidieux et pénible, image de propreté de la ferme vis-à-vis des voisins...). Les demandes sont issues aussi bien des agriculteurs en systèmes biologiques qu'en systèmes conventionnels, mais également des pouvoirs publics, relayés par les dispositions du Plan Ecophyto.

Dans ce contexte, un projet Casdar (n°8135) a été monté pour étudier et optimiser le DM sur un plan technique, en recensant et explorant les voies innovantes, pour diffuser et transférer de nouvelles pratiques. Les nombreux partenaires de ce projet, Instituts Techniques Agricoles (ITAB, ARVALIS, CETIOM, ACTA), Chambres d'Agriculture (Lorraine, Pays de la Loire, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Seine-et-Marne, Gers), Groupements Professionnels (CREAB Midi-Pyrénées, GRAB Haute-Normandie, CAB Pays de la Loire, FRAB et GAB bretons, FDGEDA du Cher), ont mutualisé leur expertise et leurs compétences sur le sujet de 2009 à 2011 afin de fournir les clés pour la construction de stratégies de désherbage fiables, n'utilisant pas ou peu d'herbicide.

Les objectifs du projet étaient triples : (1) Connaître les pratiques des agriculteurs en matière de DM et évaluer l'efficacité de ces pratiques, (2) Connaître les adventices pour mieux les maîtriser, (3) Etudier les conditions de transfert de ces techniques à des agriculteurs ne les pratiquant pas.

1. Démarche utilisée

Différentes approches, complémentaires, ont été mobilisées pour répondre aux objectifs du projet : réalisation d'enquêtes auprès d'agriculteurs sur le matériel utilisé, les adventices les plus préoccupantes, leur perception du désherbage mécanique (en AB et AC) ; entretiens approfondis auprès de certains d'entre eux pour décrire et analyser précisément leurs pratiques (en AB) ; expérimentations au champ (en AC et AB) ; études spécifiques à l'échelle de bassins-versants pour apprécier la réceptivité des agriculteurs quant à l'acceptation de nouvelles pratiques.

1.1 Enquêtes et entretiens auprès d'agriculteurs pratiquant le DM

Près de 200 enquêtes, relativement simples, ont été menées en 2009 dans 7 régions françaises, à dominante céréalière ou de polyculture-élevage (Bretagne, Pays-de-la-Loire, Centre, Haute-Normandie, Ile-de-France, Lorraine, Midi-Pyrénées). L'échantillon enquêté se compose de 159 agriculteurs biologiques et de 36 agriculteurs tout particulièrement sensibilisés à la réduction d'herbicides. Le faible effectif de ce second panel s'explique par la difficulté à repérer des agriculteurs conventionnels

pratiquant régulièrement le DM. L'analyse descriptive des données a permis d'avoir un aperçu sur le matériel utilisé et les adventices jugées les plus problématiques, mais aussi d'identifier les principaux freins et motivations des agriculteurs pour mettre en œuvre du DM (Fontaine *et al.*, 2010). La description de quelques itinéraires de désherbage sur les principales grandes cultures nous a aussi permis d'avoir une image de la variabilité des pratiques en AB (échantillon plus important) pour une culture donnée, en termes d'outils et de combinaisons d'outils utilisés et au niveau des stades de passage. La distinction a été faite entre les systèmes de grande culture (ou systèmes dit céréaliers) sans élevage d'une part, et les systèmes de grande culture avec élevage d'autre part, susceptibles d'avoir des prairies dans leurs rotations, qui facilitent le contrôle des adventices donc influencent leur gestion.

Pour approfondir les résultats des enquêtes 2009, 31 entretiens détaillés ont été menés en 2010 auprès d'agriculteurs essentiellement en grandes cultures et polyculture-élevage (certains avec des légumes de plein champ), réalisés par des conseillers agricoles des 7 régions partenaires du projet. Tous sont en AB, le choix ayant été fait de travailler sur des itinéraires 100% mécaniques. L'exploitation des entretiens a permis d'analyser précisément les itinéraires de désherbage par culture (comprenant le travail du sol en inter-culture et les opérations de DM en culture), replacés dans le contexte global de l'exploitation (caractérisée par sa surface, le matériel utilisé, la main d'œuvre disponible, la rotation des cultures) ; au total une cinquantaine d'itinéraires ont été renseignés (en céréales, oléagineux, protéagineux, légumes et tubercules). Chaque itinéraire se caractérise par les objectifs visés par l'agriculteur et les règles de décision activées pour les atteindre ; chacun est évalué par le calcul d'indicateurs techniques, économiques et environnementaux (à l'aide du logiciel Systemre développé par ARVALIS). Le faible nombre de cas par culture n'a pas permis de réaliser d'étude statistique (l'échantillon le plus important est celui des céréales d'hiver, avec 19 cas) ; les valeurs médianes de chaque échantillon ont été calculées à titre indicatif pour situer chaque valeur au sein de l'échantillon. Les indicateurs sont donc fournis à titre d'exemples, non représentatifs.

Par ailleurs, le projet s'est aussi appuyé sur les acquis de réseaux de suivi de l'évolution de la flore adventice de parcelles en grandes cultures biologiques (menés en dehors du projet).

1.2 Les apports de l'expérimentation au champ

Des essais de DM ont été mis en œuvre par une dizaine de partenaires du projet, sur une quinzaine d'espèces, céréales d'hiver, protéagineux d'hiver et de printemps, colza, tournesol, carotte et betterave. Au-delà des résultats individuels, leur compilation et valorisation commune a été réalisée. De nombreux essais, hors projet, ont aussi été inclus afin de bénéficier d'une masse de données plus importante (en grande partie issue d'essais ARVALIS sur céréales et protéagineux et CETIOM sur colza et tournesol). La base de données est ainsi constituée de 87 essais, dont 13 en AB, représentant près de 1700 données (nombres d'essais x modalités x adventices étudiées). Les résultats présentés dans cet article sont ciblés sur les espèces les plus représentées, les céréales à paille d'hiver, traitées séparément suivant quelles sont en AC (295 données) ou en AB (91 données).

Les performances des itinéraires ont été comparés selon les types de désherbage effectué : passage de bineuse, de herse étrille ou houe rotative (regroupées étant donné la faible utilisation de la houe), d'herbicides (considérés sans distinction). Les stades de passage ont été regroupés en 3 classes, fonction des cultures et de leurs stades clés pour le désherbage : automne précoce (prélevée à 3 feuilles), automne tardif (4 feuilles à début tallage), sortie d'hiver (tallage à 2 nœuds). En termes de résultats, l'analyse a porté sur l'évaluation de l'efficacité (notée en pourcentage de la référence de l'essai, en général le témoin désherbé en AC et le témoin non désherbé en AB) et sur les rendements obtenus (exprimés en pourcentage de ceux obtenus dans la modalité témoin). Les analyses statistiques réalisées sont essentiellement des comparaisons de moyennes, des régressions linéaires et des

analyses de variance (seuil de significativité à 5%). L'hétérogénéité des données a été considérée (travail en matrice avec un modèle mixte et comparaison multiple des moyennes).

1.3 Etudes sociologiques

Deux études ont été menées dans le cadre du projet avec l'Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers (ESA). La première a été réalisée en 2009 par un groupe d'étudiants, ciblée sur l'identification des freins et leviers à l'utilisation du DM (Thareau, 2010). Des entretiens ont été menés auprès de trois territoires où des actions de sensibilisation avaient été menées : le bassin de la haute Vilaine (35), le bassin de l'Erdre (44), le bassin légumier de St Malo (35). En 2010, diverses actions de promotion du DM ont été conduites par les réseaux FRAB et CAB (partenaires du projet), dans les régions Bretagne et Pays de la Loire, sur différents territoires à enjeux « eau » : organisation de journées techniques de démonstration et d'accompagnements individuels et collectifs de producteurs conventionnels, en grandes cultures (en visant essentiellement le maïs) et productions légumières. Ces actions comportaient, en particulier, la méthodologie Optimaïs, créée par Agrobio 35. En 2011, la seconde étude (Lemarié, 2012) visait à dresser le bilan de l'action Optimaïs auprès des producteurs (42 entretiens sur 8 bassins versants en Mayenne et Bretagne).

2. Résultats obtenus

2.1 Connaître et évaluer les pratiques de désherbage mécanique

2.1.1 Les outils et combinaisons d'outils de désherbage mécanique utilisés

Les enquêtes menées auprès d'environ 200 agriculteurs des 7 régions partenaires nous montrent que herse-étrille, bineuse et houe rotative sont les 3 types de matériel les plus répandus (respectivement présents dans 82%, 80% et 26% des exploitations), tous systèmes confondus. Les autres matériels (essentiellement écimeuses et désherbage thermique en AB, désherbineuses en conventionnel) sont très minoritaires (9% des utilisations).

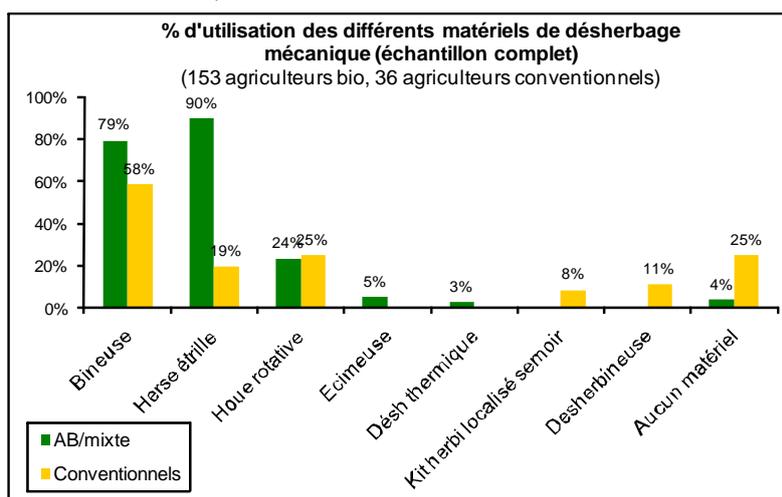


Figure 1 : Taux d'utilisation des différents outils (tout système, céréaliers et polyculture-élevage)

On note une nette différence de matériel utilisé entre les agriculteurs biologiques et les agriculteurs conventionnels pratiquant le désherbage mécanique (Figure 1). Ainsi, en AB, les résultats montrent une nette dominance de l'utilisation de la herse étrille et de la bineuse. La houe rotative, aussi appelée écrouteuse, suit loin derrière (un quart des utilisations) ; son apparition reste récente dans un bon nombre de régions. En polyculture-élevage, la herse est l'outil incontournable (96% d'utilisation contre

68% pour la bineuse). En système céréalier, herse et bineuse sont utilisées à part égale. En agriculture conventionnelle, la bineuse devance largement les autres types d'outils. Notons que la houe rotative est bien représentée dans cette catégorie pour l'échantillon enquêté (majorité des réponses en Lorraine). Le pourcentage élevé de bineuses peut s'expliquer par une utilisation spécifique dans certaines cultures (maïs ou tournesol), en complément des herbicides.

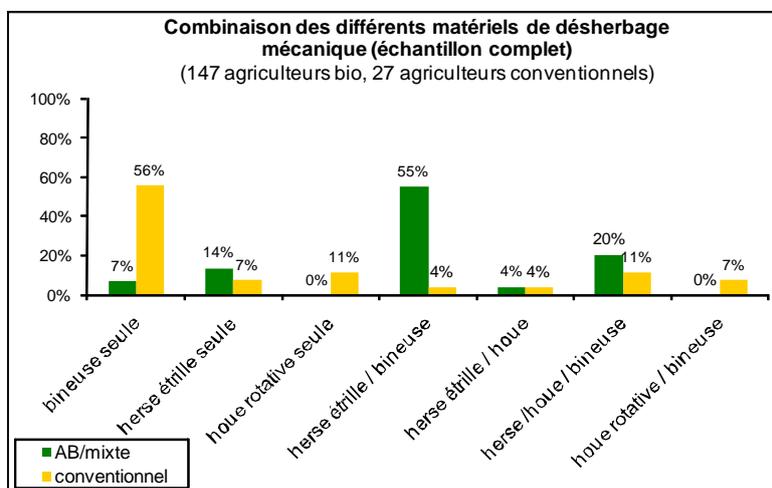


Figure 2 : Combinaison des types d'outils de DM (tout système, céréaliers et polyculture-élevage)

En termes de combinaison d'outils, près de 80% des fermes en AB ont recours à 2 ou 3 outils (figure 2). Le duo herse étrille/bineuse est utilisée dans un cas sur deux, dans toutes les régions prospectées. La présence des trois outils herse/bineuse/houe se trouve dans 15 à 25% des fermes bio, selon les régions, avec une dominante dans les systèmes spécialisés en grande culture. A noter qu'un quart des fermes en polyculture-élevage ne possède que la herse étrille ; ces exploitations optent moins pour la combinaison d'outils, ce qui est certainement lié à la présence des prairies dans les rotations des fermes avec élevage, qui facilitent le contrôle des adventices. Le taux d'équipement en conventionnel est évidemment moindre : seules 26% des exploitations détiennent 2 ou 3 outils. La seule possession de la bineuse domine largement (56% des réponses).

2.1.2 Evaluation multicritère d'itinéraire de désherbage mécanique

L'analyse des résultats des entretiens auprès d'une trentaine d'agriculteurs biologiques a mis en évidence la grande variabilité des itinéraires de DM (gestion de l'inter-culture + désherbage en culture), dépendantes :

- du type de cultures : période d'implantation (automne, printemps précoce ou tardif), écartement des rangs (autorisant ou non le passage de bineuse) ;
- des conditions pédoclimatiques : disponibilité et efficacité des fenêtres pour intervenir ;
- de la rotation des cultures qui a précédé : risques de germination et d'enherbement de la parcelle, diversité de la flore adventice ;
- de la tolérance de l'agriculteur vis-à-vis des adventices : stratégies plus ou moins interventionnistes.

Les résultats sont intéressants à considérer individuellement, car porteurs d'information. Les principaux itinéraires ont été repris et décrits avec précision (règles de décision, facteurs déclenchant les interventions...) dans une brochure sur le désherbage mécanique par culture (ITAB, 2012). Les valeurs médianes de l'échantillon ont néanmoins été calculées pour situer chaque cas par rapport aux autres : coûts médians de passage par outil (Tableau 1) et par culture (Tableau 2).

| 1 passage | Conso carburant (L/ha) | Conso énergie primaire (MJ/ha) | Emission GES (kg CO2/ha) | Charges Mécanisation (€/ha) | Débit de chantier (ha/h) | Temps de travail (h/ha) |
|----------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| HERSE ETRILLE | 2.5 | 117 | 8 | 14.3 | 4.5 | 0.2 |
| HOUE ROTATIVE | 3.5 | 161 | 11 | 19.5 | 3.4 | 0.3 |
| BINEUSE | 6.6 | 302 | 20 | 19.5 | 2 | 0.5 |

Tableau 1 : Indicateurs technico-économiques et environnementaux pour les 3 outils de DM (valeurs médianes pour un passage d'outil, sur la base d'enquêtes réalisées chez 31 agriculteurs)

Mise en garde : ces indicateurs ont été calculés en fonction des parcs matériels et des structures des exploitations enquêtées et sont communiqués à titre d'exemples non représentatifs.

| | Consommation carburant (L/ha) | Charges mécanisation (€/ha) | Temps de travail total (h/ha) | Nombre de passages total |
|-------------------------------|---|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | Valeurs médianes par culture pour un itinéraire de désherbage incluant travail du sol à l'inter-culture + désherbage mécanique (chiffres issus des enquêtes réalisées chez les 31 agriculteurs) | | | |
| Céréales d'hiver (19 cas) | 45 (41) | 150 (127) | 2.5 (2.7) | 6.5 |
| Céréales de printemps (3 cas) | 20 | 120 | 1.6 | 4.0 |
| Colza H (3 cas) | 35 | 150 | 2.8 | 7.0 |
| Tournesol (4 cas) | 70 | 170 | 4.1 | 8.5 |
| Mais (7 cas) | 65 | 380 | 3.9 | 8.0 |
| Féverole H (5 cas) | 50 | 160 | 2.4 | 6.5 |
| Pommes de terre (3 cas) | 75 | 410 | 4.8 | 8.5 |

Tableau 2 : Indicateurs technico-économiques et environnementaux par itinéraires de désherbage en inter-culture et en culture (valeurs médianes par itinéraire, sur la base d'enquêtes réalisées chez 31 agriculteurs). En italique entre parenthèses : valeurs des indicateurs calculés pour les cas-types RotAB (céréaliers spécialisés). Mise en garde : les valeurs médianes ont été calculées en fonction des parcs matériels et des structures des exploitations enquêtées et sont communiqués à titre d'exemples non représentatifs. Certaines valeurs peuvent sembler élevées du fait d'un suréquipement de certaines exploitations. Les médianes ne montrent pas la variabilité des résultats.

Globalement, les consommations d'énergie primaire et les émissions de GES (gaz à effet de serre) suivent les niveaux de consommation en carburant. Les charges de mécanisation sont fonction de l'amortissement technique des matériels utilisés, c'est-à-dire du prix d'achat des matériels de désherbage et de traction, du temps de fonctionnement sur l'exploitation (débit de chantier et nombre d'hectares travaillés) et du nombre de passages des outils sur la culture. Les débits de chantier peuvent être variables pour un même outil, selon sa largeur et la vitesse de passage, elle-même liée aux stades de la culture, aux conditions pédoclimatiques et aux réglages choisis. L'exemple des résultats sur blé tendre (19 cas) illustre la variabilité constatée : les charges de mécanisation pour le désherbage (travail du sol en inter-culture et opérations de DM proprement dites ; les opérations de semis, récolte et apports organiques sont exclues) varient de 47 à 225 €/ha, les temps de travaux de 0,8 à 4,6 h/ha. A titre de comparaison, nous avons indiqué dans le Tableau 2 les valeurs moyennes des indicateurs calculées pour le blé tendre dans les cas-types élaborés dans le projet RotAB (ITAB, 2011). Si les temps de traction et la consommation de carburant sont proches, les charges de mécanisation sont significativement plus élevées dans les enquêtes. Ceci s'explique par un suréquipement par rapport aux surfaces travaillées dans quelques exploitations. Le coût élevé des charges de mécanisation pour le désherbage du maïs s'explique ainsi, en partie, par l'utilisation de tracteurs puissants (onéreux) sur de faibles surfaces (labour, binage). De même les pommes de terre réclament des déchaumages répétés mais le matériel est utilisé sur des surfaces très faibles.

Les itinéraires les plus demandeurs en temps de travail et les plus consommateurs sont logiquement ceux pour lesquels le nombre de passages est le plus important ; ce sont les cultures de printemps et

plus particulièrement celles à fort écartement entre les lignes de semis (pomme de terre, tournesol, maïs). Mais le nombre de passage peut cacher des caractéristiques (vitesse de passage, puissance du tracteur, largeur de l'outil) très diverses et donc de la variabilité dans les résultats des indicateurs calculés. A titre d'exemple, les temps de travaux sont, dans l'échantillon enquêté, plus élevés chez les éleveurs que chez les céréaliers, ce qui peut paraître contradictoire à l'hypothèse que les éleveurs consacrent moins de temps aux cultures que les céréaliers. La différence vient de la gestion des adventices dans le maïs : derrière prairie de nombreux déchaumages sont pratiqués et augmentent le temps de travail.

Les données obtenues ont par ailleurs été valorisées pour le calcul d'abaques, ayant pour objectif d'aider à estimer les charges de mécanisation liées au DM en fonction de l'utilisation du matériel en hectares et par an. Dans l'exemple présenté en Figure 3, l'hypothèse prise est celle d'un tracteur de 100 chevaux utilisé environ 400 h/an.

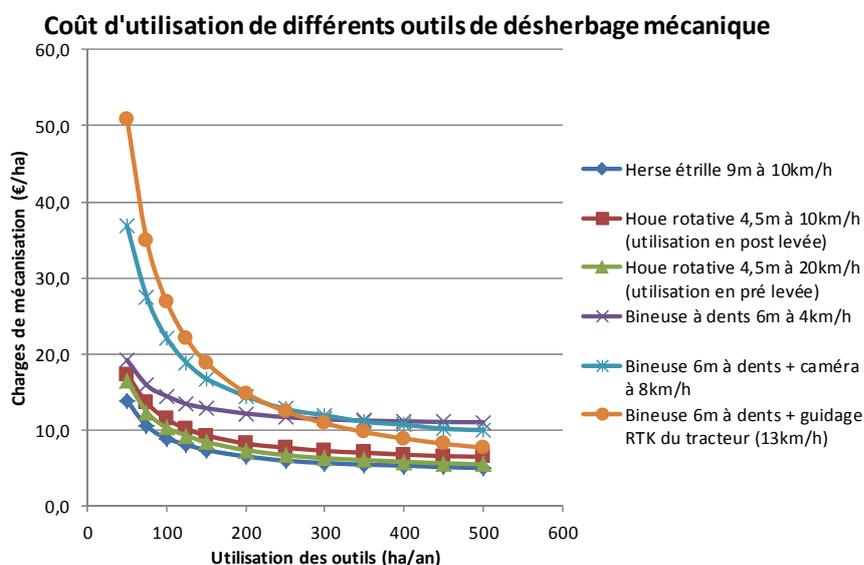


Figure 3 : Coût d'utilisation de différents outils de désherbage mécanique.

Hypothèses : Tracteur à 52 000 €, 100 cv, utilisé 400 h/an ; herse étrille à 7000 € ; houe rotative à 8700 € ; bineuse à 6 700 € ; bineuse caméra à 21 700 € ; guidage RTK du tracteur : investissement 18 000€ + 1 200 € d'abonnement par an

2.1.3 Efficacité de stratégies de DM de céréales d'hiver en agriculture conventionnelle

La Figure 4 présente les efficacités des stratégies étudiées dans les essais sur céréales à paille mené en AC. Les éléments suivants ressortent :

- les stratégies « mécaniques » seules (en bleu) sont globalement moins efficaces, quel que soit le stade de la culture lors du passage (efficacités de 20 à 65%) (confirmé par Blair *et al.*, 2002) ; parmi elles les plus efficaces sont celles incluant du binage, en particulier en dernier passage ;
- les stratégies « chimiques » (en vert) sont globalement régulières (efficacités moyennes à 85-95%) ;
- les stratégies « mixtes mécaniques » (en rouge) sont efficaces, mais avec certainement un effet essai (faible nombre de données) ; l'herbicide est en général utilisé en complément final, les premières interventions étant mécaniques ;
- les stratégies « mixtes chimiques » (en violet) sont efficaces uniquement lorsque le passage d'herbicide est précoce (passage en automne, puis complément mécanique).

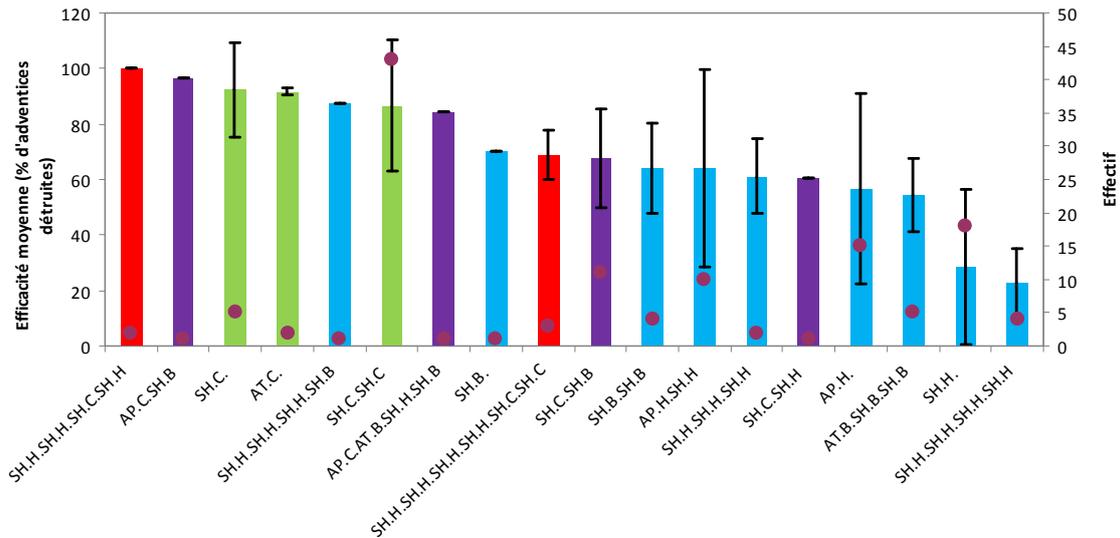


Figure 4 : Efficacité moyenne en fonction des stratégies réalisées sur céréales d'hiver en AC. Légende : AP Automne Précoce (de la pré-levée au stade 3F), AT Automne Tardif (du stade 4F au début tallage), SH Sortie d'hiver (à partir du tallage), C Chimique, H houe rotative ou herse étrille, B Bineuse. Ex : SH.H.SH.C signifie qu'il y a eu un passage de herse ou houe en Sortie d'hiver et qu'après, il y a un passage chimique en Sortie d'hiver.

Cette première approche a permis d'identifier des stratégies prometteuses ainsi que les règles de décision sous-jacentes. Ainsi, les passages précoces d'outils mécaniques permettent de gérer les adventices à un stade jeune, sous réserve de conditions favorables d'humidité du sol. Une autre possibilité est de passer l'outil mécanique en sortie d'hiver, après une application précoce d'herbicide, afin de gérer les éventuelles relevées ou adventices passées au travers de l'application d'automne. Par ailleurs, la bineuse semble l'outil à privilégier en intervention finale (efficacité supérieure aux interventions finales avec herse ou houes). A noter toutefois le bon comportement des passages multiples de herse/houe dès les stades précoces de la culture. L'élément déterminant, plus que la date de passage, est le stade des adventices au moment du dernier passage ; l'efficacité globale d'une stratégie dépend très largement de ce critère (donné indirectement par le stade de la culture et la stratégie).

L'examen des niveaux de rendements obtenus selon les stratégies montre que l'utilisation de la bineuse semble, au contraire de la herse et la houe, faire diminuer les rendements (baisse de 5 à 20% par rapport à la référence herbicide seul, voire -15% du témoin non désherbé). L'agressivité du matériel sur la culture est donc à considérer, surtout en passages tardifs.

2.1.4 Efficacité de stratégies de DM de céréales d'hiver en agriculture biologique

Les stratégies les plus efficaces sont celles où les passages sont multiples, avec un premier passage précoce (entre la pré-levée et le stade 3 feuilles), avec 40 à 50% d'efficacité moyenne (Figure 5). On constate cependant une très grande variabilité des efficacités. Comme en conventionnel, les efficacités sont très dépendantes des stades des adventices et de la répétition des passages. Aussi, lorsque la bineuse est l'outil prédominant dans les stratégies (avec plusieurs passages), ces dernières ont de meilleures efficacités (allant de 40 à 65%) (aussi démontré par Davies *et al.*, 2002). Par ailleurs, plus le premier passage de désherbage sera tardif, plus les efficacités seront limitées ; les stratégies incluant des passages précoces puis en programme sont donc les plus efficaces.

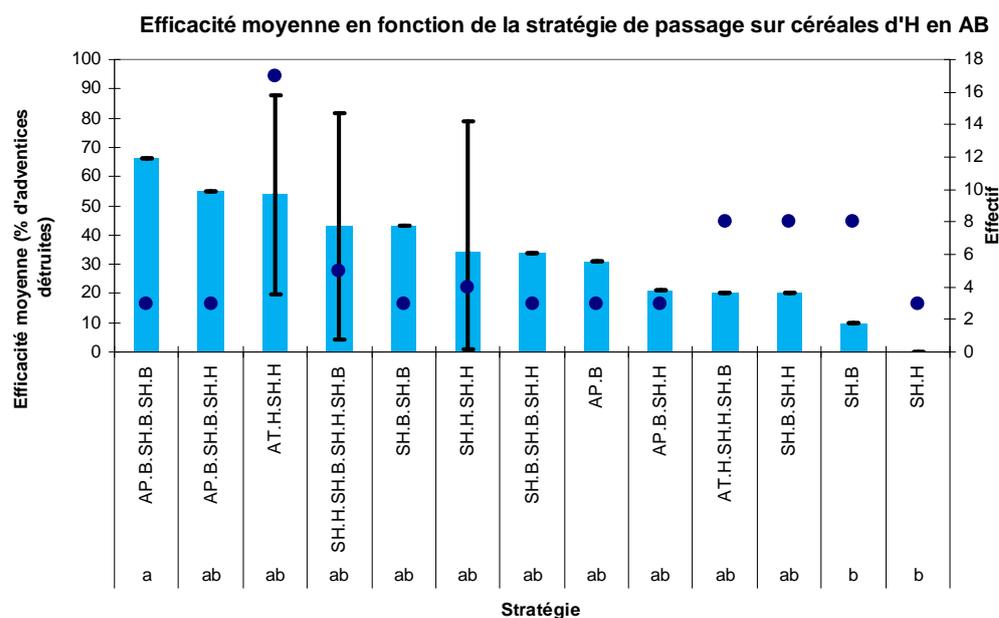


Figure 5 : Efficacité moyenne en fonction de la stratégie sur céréales d'hiver en agriculture biologique. Légende : AP Automne Précoce (de la pré-levée au stade 3F), AT Automne Tardif (du stade 4F au début tallage), SH Sortie d'Hiver (à partir du tallage), H houe rotative ou herse étrille, B Bineuse. Ex : AP.H.SH.H signifie qu'il y a eu un passage de herse/houe en Automne Précoce, c'est-à-dire en pré-levée et un passage de herse/houe en Sortie d'hiver c'est-à-dire à partir du tallage.

Concernant l'impact sur les rendements, contrairement aux essais en agriculture conventionnelle, les stratégies donnant les meilleurs résultats sont celles incluant la bineuse, avec des passages aux différents stades clés du blé. Les rendements moyens sont augmentés de 20 à 80% par rapport au témoin non désherbé. Les meilleures stratégies sont obtenues lorsqu'il y a au moins deux passages de bineuse, dans les conditions des essais analysés. A l'inverse, des stratégies uniquement basée sur la herse-étrille et/ou la houe rotative semblent en retrait. Deux hypothèses peuvent être avancées à ce niveau : (i) la mise en œuvre du binage, plus efficace sur les adventices, limite les densités d'adventices et au final la concurrence de celles-ci sur la culture, il en résulte une amélioration du rendement ; (ii) le passage de la bineuse accélère la minéralisation de l'azote, la culture peut donc en bénéficier, avec une amélioration du rendement. Une combinaison de ces 2 hypothèses est probable.

2.2 Connaître les adventices pour mieux les maîtriser

Les enquêtes menées en 2009 auprès d'environ 200 agriculteurs ont dénombré une cinquantaine d'espèces jugées « préoccupantes » (et classées selon leur tendance à augmenter, stagner ou diminuer), pour un total de près de 700 citations. Des différences nettes apparaissent selon les systèmes de production.

Chez les agriculteurs biologiques (Figure 6), rumex et chardon sont les espèces les plus largement citées (90 et 86 citations), avec une tendance majoritaire à la stagnation. La folle avoine suit derrière (54 citations), caractérisée par une forte recrudescence ces dernières années, aux dires des agriculteurs concernés (55% des réponses citent une tendance à l'augmentation). Aucune adventice n'est citée comme étant en diminution dans les parcelles, toutes sont majoritairement estimées comme ayant tendance à stagner voire à augmenter, vesce en tête. Si l'on regarde plus en détail le système de culture, les agriculteurs en polyculture-élevage et les céréaliers classent, à part égale, les vivaces en tête des espèces les plus préoccupantes. Néanmoins, le chardon est plus cité chez les céréaliers, le

rumex en polyculture-élevage. Les graminées (folle avoine en tête), inquiètent beaucoup plus largement les céréaliers (28% des exploitations) que leurs collègues conjuguant cultures et élevage (16% des exploitations).

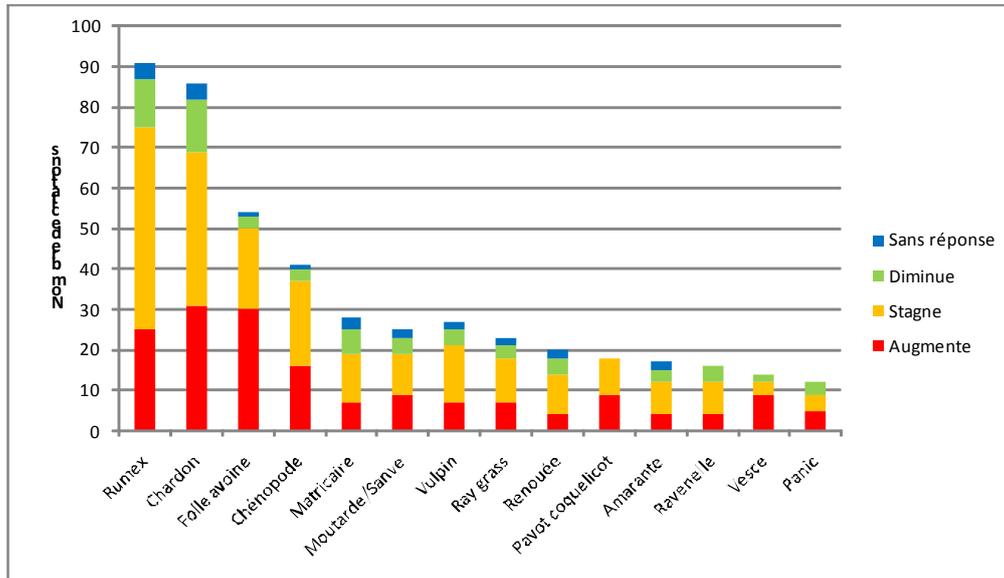


Figure 6 : Adventices les plus citées par les agriculteurs biologiques et avis sur leur évolution dans le temps.

Chez les agriculteurs conventionnels, le vulpin est l'adventice la plus fréquente et une des plus préoccupantes (20 citations sur 110, un cas sur deux en préoccupation n°1), suivi du chardon (12 citations), ray grass (10) et brôme (10). Le ray grass est majoritairement cité en rang de préoccupation n°1 (2/3 des réponses). Le chénopode est cité 7 fois, 6 fois sur 7 en rang n°1. Chardon, ray grass et brôme sont clairement estimés comme ayant tendance à augmenter (plus de 60% des réponses). Dans l'ensemble, les agriculteurs conventionnels placent les graminées d'automne au premier plan des préoccupations, suivies par les vivaces et, dans une bien moindre mesure, les graminées de printemps.

Afin d'aider les producteurs à mieux identifier les adventices présentes sur leurs parcelles et, surtout, à les gérer dans la durée, une brochure a été élaborée dans le cadre du projet. Elle cible la connaissance et la maîtrise des adventices en grandes cultures sans herbicide (ITAB, 2012) : les principales adventices rencontrées dans ces systèmes sont décrites (éléments de biologie), des photos sont reproduites pour faciliter leur reconnaissance, des recommandations sont fournies pour aider à contrôler leur développement.

2.3 Diffuser et transférer les techniques de désherbage mécanique

2.3.1 Ressenti des agriculteurs vis-à-vis du désherbage mécanique (information, freins)

Les 195 enquêtes de 2009 nous ont renseigné sur le ressenti des agriculteurs en matière d'information sur le DM, montrant une nette différence en agriculteurs biologiques -48% d'entre eux ne s'estiment pas assez informés- et conventionnels -71% s'estiment assez informés- alors que, paradoxalement, ce type de lutte contre les adventices est beaucoup plus répandu pour les premiers. En AB, les besoins d'information portent à des niveaux équivalents sur (i) l'efficacité des méthodes de lutte, (ii) les caractéristiques des adventices (biologie, nuisibilité/tolérance), (iii) la connaissance des outils. En AC, un large plébiscite concerne (i) l'efficacité des méthodes de lutte et (ii) leur coût. L'enquête a aussi montré que, dans l'échantillon enquêté, plus d'un tiers des agriculteurs biologiques se basent sur les informations issues des échanges en groupe d'agriculteurs, alors qu'en conventionnel les premières

sources d'information utilisées sont les conseillers agricoles (1/3 des réponses) suivis par la presse agricole (27% des réponses).

Les freins au passage au DM les plus cités par les agriculteurs conventionnels sont (i) les craintes liées à l'organisation du calendrier de travail, (ii) les contraintes pédoclimatiques et, en de moindres mesures, (iii) le souci du manque d'efficacité des méthodes et (iv) le coût de l'investissement en matériel. A l'opposé, la question de l'image donnée auprès des voisins n'est absolument pas considérée comme un frein. Côté motivations, les agriculteurs mettent nettement en tête le double souci de la protection de l'environnement et de leur santé, bien avant l'argument économique de baisse de la facture herbicide. L'amélioration de l'image de l'agriculture auprès de la société civile n'est pas considérée comme une motivation.

2.3.2 Comment promouvoir le passage au désherbage mécanique

Les études sociologiques menées en 2009 et 2011 sur des territoires à enjeux « eau » nous montrent que les enjeux environnement et santé sont globalement pris en compte par les agriculteurs, le contexte étant favorable à une évolution des pratiques de désherbage (la problématique est fortement médiatisée). Si la propreté parfaite de la parcelle n'apparaît plus comme un objectif en soi, les préoccupations majeures des agriculteurs sont (i) l'atteinte de bons niveaux de rendement et la réduction des coûts (obtenir des résultats économiques satisfaisants), (ii) répondre aux enjeux environnementaux (réduire les impacts sur l'eau, améliorer l'image de l'agriculture, intégrer ou anticiper des contraintes réglementaires), (iii) améliorer les conditions de travail et (iv) maintenir l'efficacité technique des pratiques. L'étude menée en 2011 nous apprend que les agriculteurs en polyculture-élevage des zones enquêtées sont prêts à modifier leurs pratiques, mais le DM subit la concurrence de la solution qui leur apparaît la plus adaptée, à savoir la réduction des doses de désherbants chimiques.

Dans un contexte général de réflexion de l'agriculture sur la simplification du travail, le DM apparaît à contre-courant : le temps de travail à y affecter constitue un facteur important à prendre en compte pour comprendre les réticences au changement des pratiques. Le développement du guidage automatique des outils apporte néanmoins des réponses. En matière d'efficacité technique, les premières réactions sont plutôt négatives : craintes de dégradation des cultures, de réduction des rendements, en plus de l'augmentation des temps de chantier. Certains craignent aussi les impasses techniques dans des zones où les conditions pédoclimatiques réduisent fortement les fenêtres d'intervention. L'apport d'informations techniques concrètes est donc important pour amoindrir ces réticences : efficacité des pratiques, conditions de mise en œuvre, évaluations comparées de temps de travaux et d'impacts sur l'environnement. L'acquisition et la diffusion de références est d'autant plus importante que l'on note, chez les agriculteurs enquêtés, des représentations divergentes (voire opposées) des effets techniques du DM, de son coût ou de ses effets environnementaux (moins d'impacts sur l'eau mais certains s'interrogent sur les émissions de GES).

L'élément déclencheur pour franchir le pas n'est pas le contexte réglementaire, mais très souvent les aides attribuées pour ce type de pratiques (acquisition de matériel ou coût d'utilisation). Un frein est en effet la difficulté à tester les pratiques de DM pour se les approprier (car il faut acquérir du matériel spécifique) ; des actions de démonstration et des aides aux premières mises en œuvre sont des réponses. Élément complémentaire important : les études menées nous apprennent que ceux qui adoptent les techniques de DM ont un raisonnement plus large que leur seul effet sur les adventices ; les effets positifs sur la structure du sol (aération du sol, limitation de l'évaporation...) et sur l'environnement les intéressent aussi, ils sont clairement cités comme des avantages de l'évolution de leurs pratiques. L'appropriation des pratiques de DM apparaît donc comme progressive et évolutive : d'une démarche de substitution, l'agriculteur passe à une réflexion qui dépasse l'enjeu du désherbage, en y englobant les effets agronomiques du travail du sol. Il élargit plus tard sa réflexion au raisonnement

de la succession des cultures et de l'assolement, de façon à limiter le recours aux herbicides, considérés au final comme des solutions de rattrapage.

Parmi les outils de promotion étudiés, Optimais donne un fort taux de satisfaction si les préconisations d'accompagnement sont respectées : réunion collective en début de campagne sur les stratégies globales de maîtrise des adventices ; définition d'objectifs annuels individuels (DM ou DM + chimique, risques de baisse des rendements, acceptation ou non d'une diminution) ; visites d'un technicien ou producteur référent ; intervenant pour le matériel. La très grande majorité des agriculteurs engagés dans la démarche souhaite continuer. Les expériences menées montrent qu'un élément essentiel et moteur dans l'acceptation de nouvelles pratiques réside dans les échanges entre agriculteurs lors des réunions, visites, démonstrations.

Enfin, une analyse des articles de presse a été réalisée dans le cadre de l'étude. Elle montre que le DM est presque toujours qualifié d'alternative, donc classé hors de la norme. Parler d'alternative met ces pratiques à distance, sociale et culturelle. De plus, le DM est identifié comme étant pratiqué en AB, or sa transférabilité telle quelle vers des systèmes de culture différents n'est pas possible. Un moyen pour normaliser l'usage du DM pourrait être de mobiliser autant que faire se peut des agriculteurs conventionnels pratiquant le DM lors de réunions collectives de formation. Une autre modalité pourrait être également de veiller à la façon dont ces techniques sont nommées, notamment dans la presse professionnelle.

3. Perspectives en termes d'innovation et de transfert

Ce projet a clairement permis de développer et partager les connaissances sur les techniques de DM et leur appropriation par les agriculteurs. Il ouvre des perspectives en matière d'amélioration et de diffusion des pratiques de DM, en conventionnel et en « bio ».

Des stratégies de DM ont été identifiées et évaluées. Il ressort que l'introduction du DM en agriculture conventionnelle est envisageable, avec de bons niveaux d'efficacité à condition d'intégrer une intervention herbicide (parfois plus, selon les spécificités de certaines adventices). Le choix de la stratégie est à raisonner au cas par cas, selon deux cas de figure : soit le DM est la base, utilisé en interventions précoces (passages en automne si les dicotylédones sont la principale nuisance, par exemple) et l'herbicide est utilisé en complément final, modulé (donc limité) selon les développements d'adventices ; soit une application précoce d'herbicide est privilégiée (en présence, par exemple, de graminées d'automne, *a fortiori* des résistantes), suivie de passages mécaniques en sortie d'hiver (herse étrille notamment). Globalement, les stratégies incluant des passages tardifs de bineuse semblent proscrites, l'impact sur le rendement n'étant pas négligeable. En AB, les stratégies diffèrent car les systèmes de culture sont différents, s'appuyant plus largement sur des leviers agronomiques tels que la rotation des cultures ou la couverture des sols par les cultures. Les résultats montrent que les niveaux d'efficacité sont très dépendants du moment du premier passage d'outil et de la répétition de ces passages. On note par contre peu de baisse des rendements liés au passage des outils, au contraire ils sont parfois améliorés, certainement en lien avec la minéralisation d'azote entraînée par le travail du sol.

Des travaux restent à mener pour repérer les conditions d'efficacité des différentes stratégies applicables en AC et en AB. Une piste explorée est celle des fenêtres d'intervention disponibles pour intervenir, notamment en passages précoces (impact des conditions pédoclimatiques). En plus des apports de l'expérimentation, de nombreux enseignements restent à tirer du suivi et de l'analyse des pratiques de désherbage des agriculteurs, que ce soit en poursuivant la valorisation des données recueillies dans le cadre de ce projet ou en menant de nouvelles enquêtes.

Le projet a par ailleurs clairement identifié des pistes d'amélioration en matière de partage et de diffusion des connaissances sur les techniques de DM, faisant intervenir les sciences sociologiques. Les échanges –et donc l'organisation de ces échanges- entre praticiens du DM apparaissent en effet comme un élément clé pour favoriser la diffusion de ces pratiques.

Enfin, quelques enquêtes menées dans le cadre du projet ont concerné des agriculteurs qui s'interrogeaient à choisir entre techniques de conservation du sol (TCS) et désherbage mécanique. Ces techniques ne doivent pas être opposées, bien au contraire, elles recèlent des champs de recherche à explorer pour étudier la faisabilité et la durabilité de systèmes cherchant à la fois à conserver les sols et à réduire l'utilisation d'herbicide, voire à s'en passer totalement dans le cas de l'AB.

Conclusion

Les différentes actions du projet ont pointé les besoins en information et en références exprimés sur le désherbage mécanique. Besoins en information, pour faire évoluer les représentations qu'ont du DM les agriculteurs ne le pratiquant pas (encore). Besoins en références, pour améliorer les pratiques en termes d'efficacité technique, de temps de travail, d'impact environnemental, de coût économique... La poursuite d'expérimentations au champ et d'analyse des pratiques des agriculteurs est à poursuivre, pour répondre aux attentes. La connaissance des adventices reste un complément essentiel, ainsi que l'amélioration des outils et de leurs réglages (le machinisme n'a que très peu été abordé dans le projet). Pour orienter les futurs programmes de recherche, la prise en compte des attentes des producteurs est essentielle ; intégrer, en complément, leurs connaissances est également important, en les impliquant davantage dans les programmes d'expérimentation.

Le détail des techniques (types d'outils et itinéraire technique au sein d'une rotation, adventices visées prioritairement) et les outils de communication sont par contre à réfléchir en fonction des cibles, entre les agriculteurs biologiques d'une part et les agriculteurs en réduction d'herbicides d'autre part, les besoins et les systèmes de culture différant. Des gains sont par contre évidents en termes de recherche et d'expérimentation, pour partager donc mutualiser les approches méthodologiques et les résultats des uns et des autres.

Enfin, ce projet nous a montré que si des aides permettent d'initier l'usage d'outils de DM, le besoin d'accompagnement apparaît ensuite indispensable pour le pérenniser et faire en sorte que la réflexion dépasse l'enjeu du simple désherbage, pour intégrer une dimension agronomique plus large, puis passer à l'échelle du système de production. Démarginaliser le DM signifie un changement d'image, qui peut passer, par exemple, par une nouvelle qualification dans la presse, mais qui, surtout, doit s'appuyer sur la démonstration, l'essai et le dialogue, en veillant à promouvoir les expériences d'agriculteurs innovateurs proches socialement et techniquement des agriculteurs ciblés par des opérations de développement. Dans cet esprit, les réseaux FERME Ecophyto constituent des lieux d'échanges, entre et avec des agriculteurs, particulièrement intéressants.

Remerciements

Tous nos remerciements aux agriculteurs ayant répondu aux enquêtes, participé aux entretiens et accueilli les essais, aux stagiaires ayant traité les nombreuses données, ainsi qu'aux partenaires du projet.

Références bibliographiques

Blair A., Jones P., Ingle R., Tillet N., Hague T. (2002). The integration of herbicides with mechanical weeding for weed control in winter wheat. *Journal of Agricultural Science*, 139, 385- 395

Davies D., Welsh J. Weed control in organic cereals and pulses. <http://orgprints.org/8162/1/5.pdf>

Turner R.J., Davies G., Moore H., Grundy A.C., Mead A., 2007. Organic weed management: A review of the current UK farmer perspective. *Crop Protection* 26 (2007), 377–382. Disponible sur www.sciencedirect.com.

Fontaine L., Lieven J., Zaganiacz V., Vacher C., Cairon A., Quillet M., 2010. Optimiser et promouvoir le désherbage mécanique : état de la situation chez des agriculteurs biologiques et conventionnels. AFPP, Actes de la vingt-et-unième Conférence du Coloma, Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon, 8-9 décembre 2010, 10 pages.

ITAB, 2012a. "Désherber mécaniquement les grandes cultures". Restitution du Casdar 8135 Désherbage Mécanique, 82 p. Consultable sur http://www.itab.asso.fr/downloads/pgr-desherbage/dm_brochure_culture-web.pdf

ITAB, 2012b. "Connaître les adventices pour les maîtriser en grandes cultures sans herbicide". Restitution du Casdar 8135 Désherbage Mécanique, 89 p.

ITAB, 2011. Rotations en grandes cultures biologiques sans élevage, 8 ferme-types, 11 rotations. Repères agronomiques, économiques, techniques et environnementaux. Restitution du projet RotAB, 132 p. + annexes. Consultable sur <http://www.itab.asso.fr/downloads/rotab/rotab-cas-types-avril2011.pdf>

Lemarié P., 2012. Promouvoir le désherbage mécanique autour de captages d'eau potable. Restitution du projet Casdar 8135 Désherbage Mécanique, ITAB, 18 pages.

Thareau B., 2010. Comment promouvoir l'utilisation du désherbage mécanique ? Analyse sociologique des points de vue d'agriculteurs face au changement des pratiques de désherbage. Restitution du projet Casdar 8135 Désherbage Mécanique.

Rapports stagiaires :

Allain D., 2011. Etude de l'efficacité de stratégies de désherbage mécanique. Mémoire de fin d'études d'ingénieur agronome AgroCampus Ouest pour ARVALIS.

Léturgie A., 2011. Evaluation multicritère des itinéraires techniques de désherbage mécanique en grande culture. Mémoire de césure d'ingénieur agronome ENSAT pour ARVALIS-ITAB.