Produire des références sur la gestion de l'azote et des adventices vivaces en Agriculture Biologique, en combinant connaissances scientifiques et expertise locale.

Ronceux A.[1], Favrelière E.[1], Meynard J.-M.[2], Beaudoin N.[3], Camgrand M.[4], Lecat A.[5], Leclercq C.[6], Menu P.[7], Pernel J.[1], Plumart H.[8], Rakotovololona L.[3], Salitot G.[9], Stoffel A.[10], Betencourt E.[11]

[1] Agro-Transfert Ressources et Territoires, 2 chaussée de Brunehaut, F-80200 Estrées-Mons
[2] INRA, UMR SADAPT, 16 rue Claude Bernard, F-75231 Paris Cedex 05
[3] INRA, UR AgroImpact, Pôle du Griffon, 180 rue Pierre-Gilles de Gennes, F-02000 Barenton-Bugny
[4] Chambre d'Agriculture de l'Aisne, 1 rue René Blondelle, F-02000 Laon
[5] Chambre d'Agriculture du Nord Pas de Calais, 140 boulevard de la Liberté, F-59000 Lille
[6] UniLaSalle, 19 rue Pierre Waguet, F-60026 Beauvais Cedex
[7] Chambre d'Agriculture de la Somme, 19bis rue Alexandre Dumas, F-80096 Amiens
[8] Groupement des Agriculteurs Biologiques du Nord Pas de Calais, ZI Le Paradis, F-59133 Phalempin
[9] Chambre d'Agriculture de l'Oise, rue Frère Gagne, F-60000 Beauvais
[10] Agriculture Biologique en Picardie, 14 rue du 8 mai 1945, F-80090 Amiens
[11] APCA, 9 avenue George V, F-75008 Paris

Correspondance : a.ronceux@agro-transfert-rt.org – e.favreliere@agro-transfert-rt.org

Résumé

L'Agriculture Biologique peine à se développer dans le nord de la France, où les systèmes de grande culture sans élevage occupent une majeure partie de la surface agricole utile. Les principaux freins techniques à la conversion évoqués par les agriculteurs sont les difficultés de gestion des adventices et de l'azote dans ces systèmes. Pour apporter des réponses adaptées au contexte de la région, Agro-Transfert Ressources et Territoires et ses partenaires (INRA, Chambres d'agriculture, ABP, GABNOR) ont choisi de combiner les connaissances scientifiques avec l'expertise des conseillers et agriculteurs du territoire, grâce à une démarche collaborative. Le projet « Agri-Bio : de la connaissance à la performance » (2013-2017) a ainsi étudié les systèmes de culture pratiqués dans la région pour identifier des stratégies efficientes de gestion des adventices vivaces et de l'azote. Cette démarche a permis de produire de nouvelles références pour le territoire, adaptées aux besoins des conseillers et agriculteurs de la région.

Mots-clés

Agriculture Biologique, grande culture, adventice vivace, azote, innovation, Hauts-de-France

Abstract: Producing references on nitrogen and perennial weed management in organic systems using scientific knowledge and local expertise

Organic farming knows a difficult development in Northern France, where breeding is sparse and arable crops predominant in cropping systems. Major brakes for conversion to organic farming mentioned by farmers are weed and nitrogen management. In order to bring suitable solutions for Northern France, Agro-Transfert Ressources et Territoires and its partners (INRA, Chambres d'agriculture, ABP, GABNOR) have chosen to combine scientific knowledge with advisors and farmers expertise, in a collaborative approach. The « Agri-Bio: de la connaissance à la performance » project (2013-2017) has studied practiced organic cropping systems in the region, to identify efficient weed and nitrogen management strategies. This approach produced new references, adapted to local farmers and advisors needs.

Keywords

Organic farming, arable crop, perennial weeds, nitrogen management, innovation, Hauts-de-France region

Introduction

L'Agriculture Biologique (AB) représente en 2016 1% de la Surface Agricole Utile (SAU) sur la région Hauts-de-France, contre 4,9 % sur l'ensemble du territoire français. Un diagnostic réalisé en Picardie en 2011 a identifié les principaux freins à la conversion chez les producteurs de la région : la maîtrise des adventices, notamment des adventices vivaces, et la gestion de l'azote, facteurs limitants également mis en avant dans différentes études (David *et al.*, 2005 ; Casagrande *et al.*, 2009). La faible présence de l'élevage sur le territoire réduit les possibilités de complémentarité entre élevage et grande culture biologique, ce qui rend plus difficile le recyclage de l'azote, et la maîtrise des adventices par l'insertion de prairies pluriannuelles dans les successions de culture. Les références sur les systèmes biologiques de grande culture sans ou avec peu d'élevage sont peu nombreuses, et ne permettent pas complètement de résoudre les problèmes rencontrés dans ces systèmes (gestion des adventices et de l'azote, maintien de la fertilité sur le long terme ; Colomb *et al.*, 2011).

Face à ces constats, Agro-Transfert Ressources et Territoires a mobilisé les principaux partenaires techniques de la région autour du projet « Agri-Bio : de la connaissance à la performance » (2013-2017). L'un des enjeux était la construction d'une dynamique partenariale sur le territoire, impliquant l'INRA, les Chambres d'Agriculture de la région Hauts-de-France, l'ABP[1], le GABNOR[2] et un réseau de 16 agriculteurs sur la région (réseau Agri-Bio).

L'objectif du projet était de concevoir, dans le cadre des systèmes de grande culture biologiques, des solutions techniques pour la maîtrise des adventices et la gestion de l'azote, afin de contribuer au développement de l'AB en région Hauts-de-France. Le projet Agri-Bio est un projet collaboratif, associant étroitement les utilisateurs potentiels des résultats, c'est à dire des agriculteurs et conseillers de la région. Les actions du projet ont été construites pour capitaliser sur les expériences des conseillers et des agriculteurs, et enrichir ainsi les connaissances scientifiques disponibles :

- Mise en place et animation d'un réseau d'agriculteurs, identifiés comme innovants par les conseillers ;
- Synthèse des connaissances disponibles sur les thématiques prioritaires retenues : gestion des adventices vivaces et gestion de l'azote ;
- Caractérisation et évaluation (en particulier du point de vue de la gestion de l'azote et des adventices) des systèmes de culture pratiqués par les agriculteurs du réseau ;
- Repérage, caractérisation et co-construction de pratiques originales, susceptibles d'améliorer la gestion de l'azote et des adventices ;
- Organisation d'échanges au sein du réseau sur les connaissances acquises, co-construction des documents et outils résultant du projet.

[1] Agriculture Biologique en Picardie
[2] Groupement des Agriculteurs Biologiques du Nord-Pas de Calais

1. Construction d'une dynamique collaborative propice à la production de références

1.1. Les acteurs du projet

Agro-Transfert Ressources et Territoires est une association régionale, localisée en Hauts-de-France, qui développe des projets d'innovation finalisés, partenariaux, d'une durée de 4 à 6 ans, au service de l'agriculture régionale. Agro-Transfert RT a été sollicité en 2011 par les partenaires réunis en son Conseil d'Administration pour la construction d'un projet sur l'Agriculture Biologique.

Le projet Agri-Bio, conduit par Agro-Transfert RT, mobilise les acteurs du conseil technique sur l'Agriculture Biologique pour produire des références communes pour l'ensemble de la région.

Un groupe de travail a été constitué avec 6 conseillers agricoles biologiques de la région Hauts-de-France (Chambres d'Agriculture de la région Hauts-de-France, ABP, GABNOR). Les responsables de ces structures ainsi que les financeurs participent à l'orientation stratégique du projet pour s'assurer qu'il réponde aux besoins du territoire et garantir la diffusion des résultats du projet au sein de leurs organisations.

Des acteurs scientifiques collaborent également au projet, en assurant l'animation scientifique du projet (INRA), et en apportant leur expertise sur les sujets abordés (INRA, ACTA, UniLaSalle).

Enfin, le projet repose sur un réseau de 16 agriculteurs choisis parce qu'ils mettent en œuvre des systèmes de grande culture biologiques en région Hauts-de-France depuis au moins 5 ans. Ils sont répartis de manière équilibrée dans le territoire étudié.

Chaque conseiller partenaire est chargé du suivi technique de 2 à 3 exploitations du réseau Agri-Bio. Une variabilité des performances et des techniques employées dans ces exploitations a été recherchée via une diversité d'orientation technico-économique (présence ou non d'élevage sur l'exploitation, de luzerne ou de légumes dans l'assolement, taille des exploitations, présence ou non de labour) et des anciennetés différentes sur l'agriculture biologiques.

1.2. La mobilisation du partenariat et l'organisation des échanges

Le partenariat a été structuré de manière à ce que chaque partenaire ait un rôle distinct et complémentaire aux autres. Pour entretenir la dynamique du partenariat et s'assurer de la pertinence des résultats produits par rapport aux objectifs du projet, différents types de réunions ont été organisées (Figure 1). Ce mode de fonctionnement a permis de mettre en perspective et de débattre avec les acteurs du réseau les résultats partiels du projet, tout au long de celui-ci, garantissant ainsi des productions adaptées aux besoins.

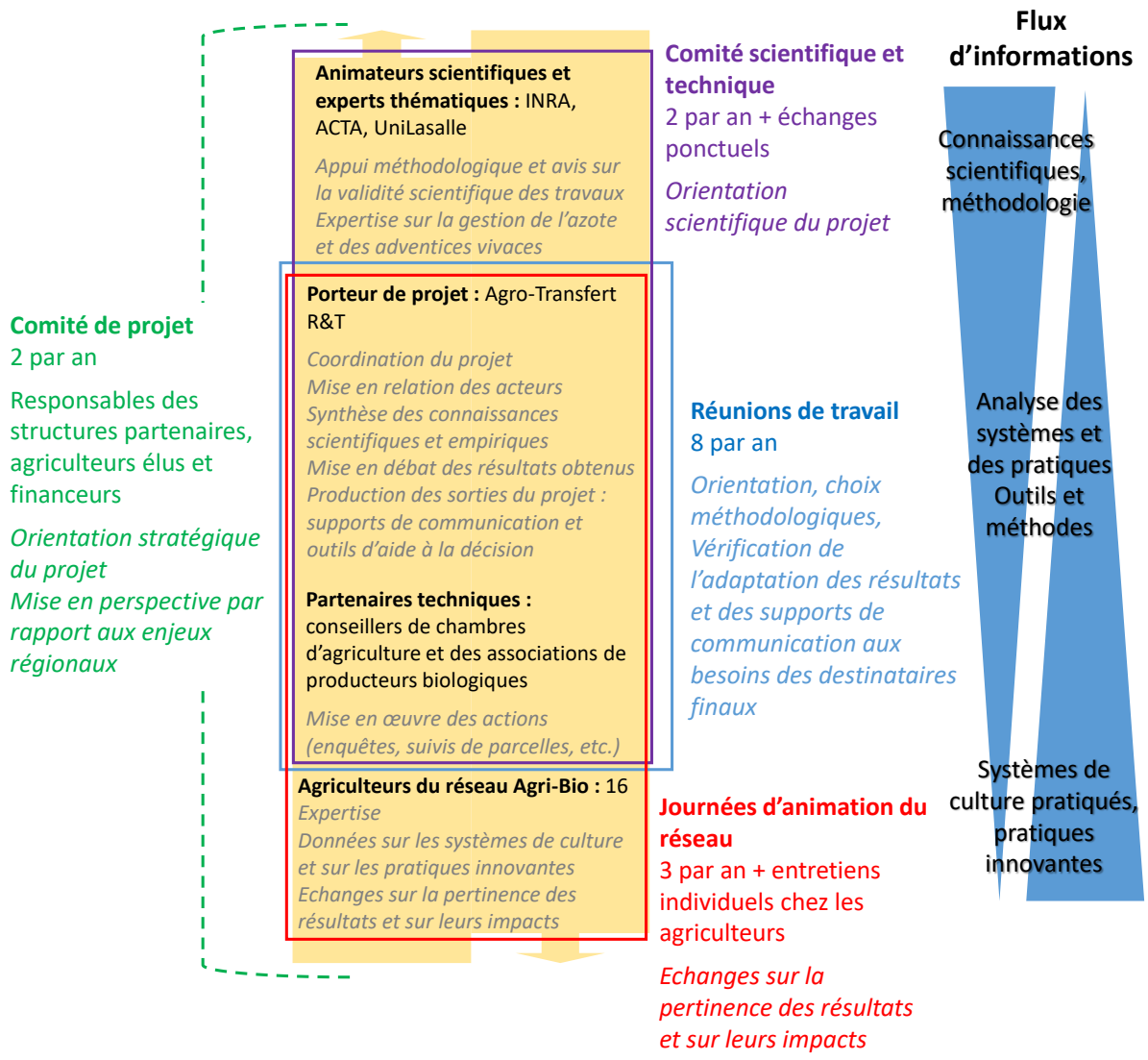


Figure 1 : Mobilisation du partenariat dans le projet Agri-Bio

1.3. Les actions structurant la démarche

Pour produire des références sur les systèmes de grande culture biologiques compte-tenu du manque de connaissances académiques sur ce sujet, il a été décidé de combiner à une synthèse des connaissances disponibles deux approches complémentaires : l'évaluation des performances de systèmes de culture existants et la co-construction de solutions innovantes. Cette démarche permet de valoriser l'expertise locale des acteurs du territoire. Pour ce faire, les systèmes de culture de 16 agriculteurs impliqués dans le réseau Agri-Bio ont été étudiés.

Caractérisation et évaluation de systèmes de culture pratiqués par les agriculteurs

La caractérisation des systèmes de culture a été réalisée via des entretiens avec les agriculteurs du réseau Agri-Bio. L'objectif était de reconstituer l'historique des pratiques (successions de culture et itinéraires techniques), les schémas décisionnels de l'agriculteur (principes, raisonnement des dates d'intervention, etc.) et les résultats obtenus par ces pratiques (rendements, évolution de la pression en adventices).

Les performances de ces systèmes de culture ont ensuite été évaluées selon des critères choisis avec les conseillers et chercheurs partenaires du projet. En fonction des données et des références disponibles, différents types d'indicateurs ont été mobilisés : indicateurs existants, indicateurs adaptés pour répondre aux besoins du

projet, indicateurs créés spécifiquement pour le projet, indicateurs « à dires d'agriculteur ». Le Tableau 1 reprend l'ensemble des indicateurs retenus.

Tableau 1 **: Critères d'évaluation et indicateurs choisis**

Critère évalué	Indicateur/outil choisi
Maîtrise des adventices annuelles	Nombre d'adventices obtenant une note de risque supérieure à 35 dans OdERA-Systèmes (Munier-Jolain *et al.*, 2011)
Maîtrise des adventices vivaces	Note obtenue dans l'outil OdERA-Vivaces, construit en cours de projet (Favrelière *et al.*, 2016)
Satisfaction des besoins en azote des cultures	Rapport entre : - la quantité d'azote disponible (COMIFER, 2013) - la quantité d'azote nécessaire pour atteindre les potentialités de la parcelle (rendements paramétrés dans l'outil PerSyst ; Tavarès, 2015)
Autonomie pour la fertilisation en azote des cultures	Part des besoins des cultures satisfaits par des sources internes à l'exploitation
Pertes d'azote en interculture	Indicateur IC (Méthode Merlin ; Laurent et Minette, 2005)
Stockage de matière organique	Evolution de la teneur et du stock de matière organique simulé par l'outil SIMEOS-AMG (Agro-Transfert Ressources et Territoires et INRA, www.simeos-amg.org/)
Fertilité en phosphore et en potassium	Bilans en phosphore et potassium (COMIFER, 2007)
Etat structural du sol	Moyenne des notes de risque liées aux interventions, attribuées à dires d'experts (construction dans le cadre du projet)
Consommations énergétiques	Consommations énergétiques directes liées aux interventions (base de données interne au projet)
Performances économiques	Marge brute (prix de vente des produits et prix d'achat des intrants standards issus d'une base de données interne) et charges de mécanisation et de main d'œuvre (barème d'entraide)
Diversité cultivée	Indicateur construit dans le cadre du projet prenant en compte la diversité des espèces cultivées en culture et en interculture dans le système de culture
Maîtrise des ravageurs et des maladies	Présence ou absence de pertes sur la récolte en lien avec le système de culture en place - Dires d'agriculteur
Qualité des produits	Atteinte des critères de qualité attendus pour valoriser le produit conformément aux exigences de la filière – Dires d'agriculteur
Temps de travaux et répartition	Temps de travaux estimés pour chaque intervention selon le barème Entraide. Cumul de ces temps de travaux par décade et représentation à une échelle annuelle.

Aucune différence n'est observée entre les systèmes de culture suivis sur les critères « diversité cultivée », « maîtrise des ravageurs et des maladies » et « qualité des produits ». De ce fait, ils ne sont pas repris dans la suite du texte.

L'analyse des performances des différents systèmes de culture évalués (systèmes de polyculture avec ou sans luzerne, systèmes légumiers) conduit à identifier les clés de réussite et les points de vigilance dans ces systèmes et d'en déduire des leviers mobilisables pour la gestion des vivaces et de l'azote dans d'autres systèmes de culture (voir parties 2 et 3).

Co-construction de solutions innovantes pour la gestion de l'azote et la maîtrise des adventices

Plusieurs auteurs (Lamé *et al.*, 2015; Salembier *et al.*, 2015) ont montré l'intérêt de la caractérisation des pratiques des agriculteurs (« traque à l'innovation ») pour compléter les connaissances scientifiques. Des entretiens réalisés avec les agriculteurs ont ainsi permis d'identifier des pratiques originales et performantes pour la gestion de l'azote

et des adventices. Par ailleurs, les échanges avec les agriculteurs et conseillers lors des journées d'animation ont fait émerger de nouvelles pratiques, dont certaines ont été testées par des agriculteurs volontaires.

Pour permettre de caractériser finement les pratiques originales observées chez les agriculteurs du réseau, et leur contribution à la maîtrise de l'azote et des adventices, les agriculteurs ont été interrogés au sujet des éléments suivants :

(i) Eléments clés de la mise en œuvre de la pratique : itinéraire technique, règle de décision
(ii) Résultats moyens obtenus par rapport aux critères de satisfaction des agriculteurs (à dires d'agriculteurs)
(iii) Points de vigilance sur les impacts éventuels sur d'autres critères cités par les agriculteurs ou identifiés par le groupe de travail (par exemple le temps de travail)
(iv) Description du suivi réalisé par le groupe de travail ou du test réalisé et des résultats obtenus dans le contexte étudié
(v) Retours de l'agriculteur sur sa pratique : conditions de mise en œuvre, efficacité, adaptations éventuelles à faire

Les résultats de ces échanges avec les agriculteurs et conseillers ont été combinés aux connaissances scientifiques existantes pour créer des solutions innovantes adaptées au contexte régional, synthétisées dans des fiches techniques sur l'azote et les adventices vivaces (Figure 3, Figure 8, Annexe 1).

2. De nouvelles connaissances pour la gestion des adventices vivaces

2.1. Un bilan nécessaire des connaissances disponibles

Synthèse des connaissances disponibles

Un état des lieux des connaissances scientifiques existantes et des expériences en cours sur la gestion des vivaces a été réalisé. Les connaissances issues de la littérature scientifique et de documents de vulgarisation ont été synthétisées. L'étude s'est focalisée sur les 4 espèces d'adventices vivaces les plus problématiques dans les systèmes de grande culture biologiques des Hauts-de-France : le chardon des champs (Cirsium arvense), le laiteron des champs *(Sonchus arvensis),* les rumex crépu et à feuilles obtuses *(Rumex crispus, Rumex obtusifolius)* et le chiendent rampant *(Elytrigia repens).*

Pour mieux appréhender la gestion des adventices vivaces, le fonctionnement biologique des adventices vivaces et leurs pratiques de gestion connues ont été caractérisés (Favrelière et Betencourt, 2014 ; Favrelière et Ronceux, 2016). De cette manière, des liens entre efficacité des pratiques de gestion et mécanismes biologiques associés ont été identifiés. Le bilan des connaissances biologiques a été d'autant plus nécessaire que les adventices vivaces ont un fonctionnement complexe. En effet, ces adventices sont capables de se multiplier végétativement, grâce à des organes souterrains spécifiques (rhizomes, drageons, etc.), qui subsistent lorsqu'on détruit les parties aériennes et peuvent être à l'origine d'une réinfestation.

Il a été possible de réaliser un bilan de connaissances plus complet pour le chardon des champs, beaucoup plus souvent étudié dans la littérature scientifique et technique. Une représentation de l'évolution des réserves racinaires du chardon au cours de l'année a notamment été élaborée (Figure 2), d'après les études existantes (Håkansson, 2003 ; Rodriguez *et al.*, 2007 ; Nkurunziza et Streibig, 2011). Il s'agit d'un élément de connaissance essentiel pour positionner au mieux les interventions sur chardon et ainsi en augmenter l'efficacité.

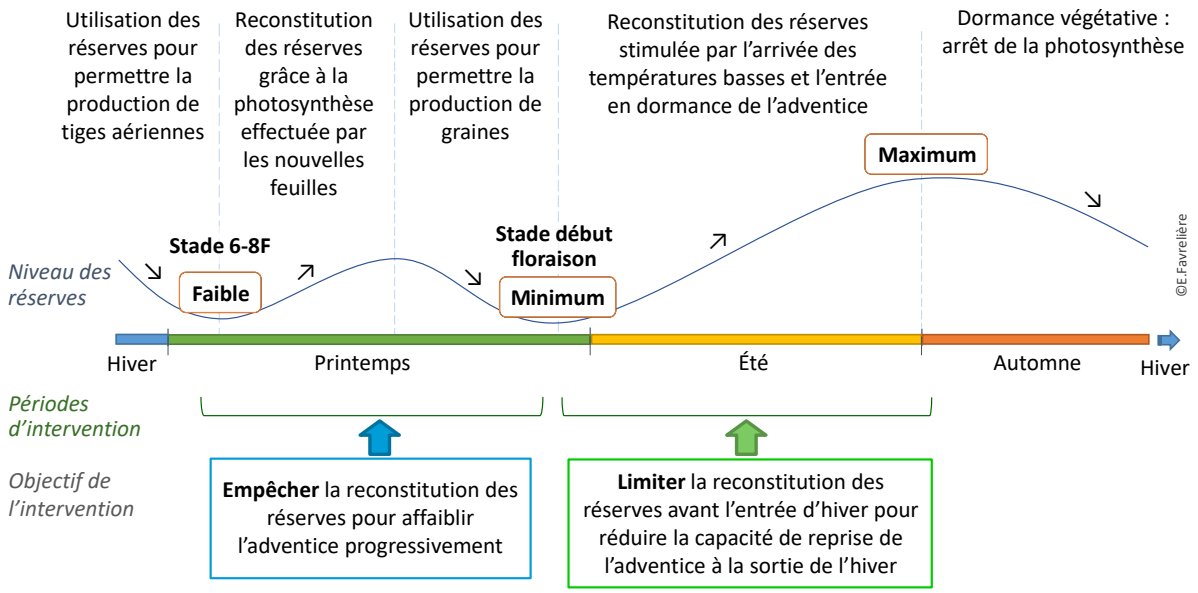


Figure 2 : Représentation de l'évolution des réserves racinaires du chardon des champs sur une année (courbe), facteurs explicatifs (texte au-dessus de la courbe), et objectifs des interventions recommandées en fonction de leur période de réalisation (encadrés en dessous de la courbe).

Un travail comparable n'a pas pu être mené sur les autres adventices vivaces étudiées du fait d'un manque de connaissances sur ces espèces, tant sur la biologie que sur les moyens de gestion. En ce qui concerne la gestion des adventices vivaces, la plupart des pratiques identifiées ont été expérimentés dans d'autres régions françaises, voire dans d'autres pays (Norvège, Danemark, Allemagne, Canada, entre autres). L'état des lieux a permis de constater d'une part que les expérimentations françaises étaient rares sur ce sujet et conduites à une échelle annuelle, et que d'autre part aucune connaissance régionale n'avait été formalisée.

Utilisation de ces connaissances en région

Des enquêtes ont été conduites auprès des agriculteurs du réseau Agri-Bio en région Hauts-de-France. Elles ont mis en évidence le fait que les connaissances scientifiques sur les adventices vivaces étaient peu exploitées par les agriculteurs et les conseillers agricoles de la région.

Il a notamment été constaté que les déchaumages d'été répétés, pratique jugée efficace dans la bibliographie, étaient largement employés dans les exploitations biologiques des Hauts-de-France pour la gestion du chardon. Malgré cela, peu d'agriculteurs raisonnent le déclenchement d'un nouveau déchaumage en fonction de la repousse du chardon ou du stade des adventices, comme conseillé dans la littérature scientifique (Håkansson, 2003 ; Nkurunziza et Streibig, 2011). De ce fait, il est probable que les déchaumages d'été répétés sont parfois peu efficaces, et qu'un nombre réduit de déchaumages, mieux raisonnés, permettrait d'obtenir un résultat comparable.

Cependant, ces enquêtes ont aussi montré que les agriculteurs testent différentes pratiques de gestion des adventices vivaces, certaines n'ayant jamais été expérimentées par les techniciens ou les chercheurs.

2.2. La caractérisation de pratiques originales et performantes chez les agriculteurs

Les pratiques utilisées par les agriculteurs pour la gestion des adventices vivaces ont été identifiées et caractérisées au cours d'entretiens individuels. Parmi les pratiques identifiées, certaines étaient fréquemment citées dans la bibliographie, mais d'autres n'étaient citées dans aucune référence (Tableau 2).

Tableau 2 : Moyens de gestion des adventices vivaces recensés chez les agriculteurs du réseau Agri-Bio

Moyens de gestion des adventices vivaces identifiés	Pratiques citées dans la bibliographie	Pratiques originales des agriculteurs du réseau
Réalisation de déchaumages répétés en interculture (chardon)	X	
Binages répétés et désherbage manuel de la chicorée (chardon)		X
Implantation sous couvert de céréale et broyages répétés d'un couvert de trèfle blanc nain à l'interculture (chardon)		X
Implantation d'un couvert d'interculture après des déchaumages répétés d'été (chardon)	X	
Implantation de luzerne sous couvert de céréale ou après moisson (chardon)	X	
Utilisation d'un cultivateur rotatif et d'une herse étrille pour extraire et exporter les rhizomes (chiendent)	X	
Labour sur sol gelé (chiendent)		X

Cependant, des éléments de biologie connus permettent d'expliquer l'efficacité des nouvelles pratiques identifiées. C'est le cas notamment pour la conduite de la chicorée, comme pratiquée par un agriculteur du réseau. L'agriculteur a observé à plusieurs reprises une diminution de la pression de chardons après la chicorée. Suite à ce constat, un suivi a été réalisé sur une parcelle avant et après chicorée. Les résultats ont montré une forte réduction des densités de chardon après une année de chicorée. Cela s'explique par :

- un semis tardif de la culture au printemps, permettant des interventions de préparation de sol répétées qui empêchent le développement du chardon jusqu'à fin avril
- des désherbages fréquents (mécaniques et manuels) sur cette culture après le semis et jusqu'à mi-juin, qui, combinés à la couverture de la culture, achèvent d'épuiser le chardon.

Vue d'une parcelle de chicorée

Les suivis réalisés dans le projet Agri-Bio ont montré que les binages répétés sur cette culture permettent de réduire considérablement la pression en chardon.

Les entretiens ont donc permis d'obtenir des informations complémentaires à celles du bilan des connaissances, notamment une meilleure connaissance des pratiques mobilisées par les agriculteurs et adaptées au contexte régional. L'ensemble de ces connaissances acquises sur les adventices vivaces ont été valorisées sous la forme de fiches techniques (Favrelière et Ronceux, 2016).

Les échanges au sein du réseau Agri-Bio ont souligné le besoin d'acquérir des connaissances sur des pratiques adaptées à la région complémentaires de celles acquises par la synthèse bibliographique et les enquêtes.

2.3. Des tests de pratiques conduits avec les agriculteurs

Les tests de pratiques ont été conduits sur le chardon car c'est l'adventice vivace la plus problématique dans les systèmes de grande culture biologiques des Hauts-de-France. C'est aussi celle dont la biologie est la plus connue, ce qui facilite la conception de solutions innovantes.

Les pratiques à tester ont été choisies par les agriculteurs lors d'une journée d'animation sur la thématique des adventices vivaces. Le choix de ces pratiques s'est effectué en discutant collectivement des pratiques citées dans la bibliographie et en les combinant à l'expérience des agriculteurs présents. Des agriculteurs se sont ensuite portés volontaires pour mettre en œuvre ces tests sur leurs parcelles.

La comparaison entre des déchaumages d'été répétés et l'implantation d'un trèfle blanc, semé sous couvert de la culture précédente, et broyé plusieurs fois, a été testée par les agriculteurs. L'objectif de ce test était d'évaluer s'il était possible de gérer le chardon par l'implantation d'un couvert d'interculture broyé, permettant également d'apporter de l'azote à la culture suivante, plutôt qu'en déchaumant. En effet, la réalisation de déchaumages d'été ne permet généralement pas de semer un couvert d'interculture.

Parmi les pratiques testées, la comparaison de déchaumages répétés par rapport au trèfle broyé a montré une meilleure maîtrise des chardons avec les déchaumages répétés. Cependant, la réalisation de déchaumages répétés au cours d'une seule interculture ne permet pas une réduction satisfaisante du chardon lorsque la pression est conséquente (plus de 25 chardons par m²). L'implantation d'un couvert de trèfle blanc en interculture longue (avant une culture de printemps) est moins efficace contre les chardons, mais permet un apport non négligeable d'azote pour la culture suivante (+15q/ha pour une avoine de printemps, Figure 6).

Ces observations tendraient à montrer qu'il est pertinent de réaliser des déchaumages répétés en priorité en interculture courte (avant semis d'une culture d'hiver), car de cette manière les déchaumages n'entrent pas en concurrence avec l'implantation d'un couvert. En interculture longue, la pratique des déchaumages d'été répétés est à recommander uniquement dans les situations où la question de la gestion du chardon est prioritaire pour l'agriculteur. La gestion des périodes d'interculture dans la rotation est souvent le résultat d'un compromis entre gestion du chardon et fertilisation azotée, permise par le couvert.

Un semis de luzerne sous couvert de céréale et un semis de luzerne après un labour post-moisson ont été comparés dans un autre test. La culture de luzerne étant un élément clé de la maîtrise du chardon en AB, cet essai avait pour objectif de trouver quelle pratique permet une bonne implantation de la luzerne, afin d'optimiser son efficacité. Cependant, ces résultats ne pas encore disponibles car les effets escomptés ne peuvent se mesurer qu'à l'issue des 3 années de luzerne.

Les tests de pratiques par les agriculteurs ont permis d'obtenir des premières informations sur l'efficacité de ces pratiques dans des contextes pédoclimatiques rencontrés en Hauts-de-France, ainsi que des données sur la facilité de mise en œuvre de ces pratiques et leur adaptation au contexte régional. Ils ont également contribué à l'appropriation des connaissances sur la gestion du chardon par les agriculteurs du réseau de fermes.

Les résultats de ces tests de pratiques, ainsi que l'ensemble des connaissances acquises dans le projet sur les adventices vivaces, ont été valorisés à la fois dans les fiches techniques sur les moyens de gestion des vivaces (Figure 3; Favrelière et Ronceux, 2016), et dans un livret présentant des pratiques originales d'agriculteurs (Annexe 1 ; Ronceux et Favrelière, 2017a).

Figure 3 : Exemple de valorisation des résultats dans les fiches techniques sur les adventices vivaces (http://tinyurl.com/fiches-vivaces)

Les travaux effectués ont montré la nécessité de gérer le chardon par la combinaison de différentes pratiques à l'échelle du système de culture. Un outil d'aide à la décision a donc été construit pour aider au raisonnement des pratiques à cette échelle.

2.4. OdERA-Vivaces, un nouvel outil pour raisonner la gestion des adventices vivaces dans le système de culture

Construction de l'outil

OdERA-Vivaces a été conçu pour permettre un raisonnement de la gestion des adventices vivaces à l'échelle du système de culture, tout en aidant à l'appropriation des moyens de gestion (Favrelière et al., 2016), dans la même démarche que l'outil OdERA-Systèmes spécifique aux adventices annuelles (Munier-Jolain et Pernel, 2011). Cet outil a été pensé pour une utilisation par des agriculteurs et conseillers agricoles. Sa construction a mobilisé les connaissances scientifiques disponibles et l'expertise de chercheurs, de conseillers agricoles et d'agriculteurs. De ce fait, OdERA-Vivaces a été développé uniquement sur le chardon pour l'instant, et seules les pratiques dont les effets sur le chardon sont connus ont été prises en compte.

L'outil a été conçu pour être adapté aux systèmes de culture de la région Hauts-de-France. Une première validation a été réalisée dans cette région, à partir d'observations de l'évolution des populations de chardon réalisées par les conseillers et les agriculteurs sur le réseau de parcelles suivies. Une validation complémentaire a ensuite été

réalisée avec d'autres parcelles sur la base d'enquêtes auprès d'agriculteurs. Au total, les données de 55 parcelles ont été mobilisées pour la validation d'OdERA-Vivaces.

Les données d'entrée requises par OdERA-Vivaces, pour évaluer le risque en chardon, sont les fréquences de réalisation de chacune des pratiques prises en compte (labour, déchaumages répétés, cultures binées, cultures légumières) et la durée d'implantation de culture fourragère pluriannuelle (Figure 4).

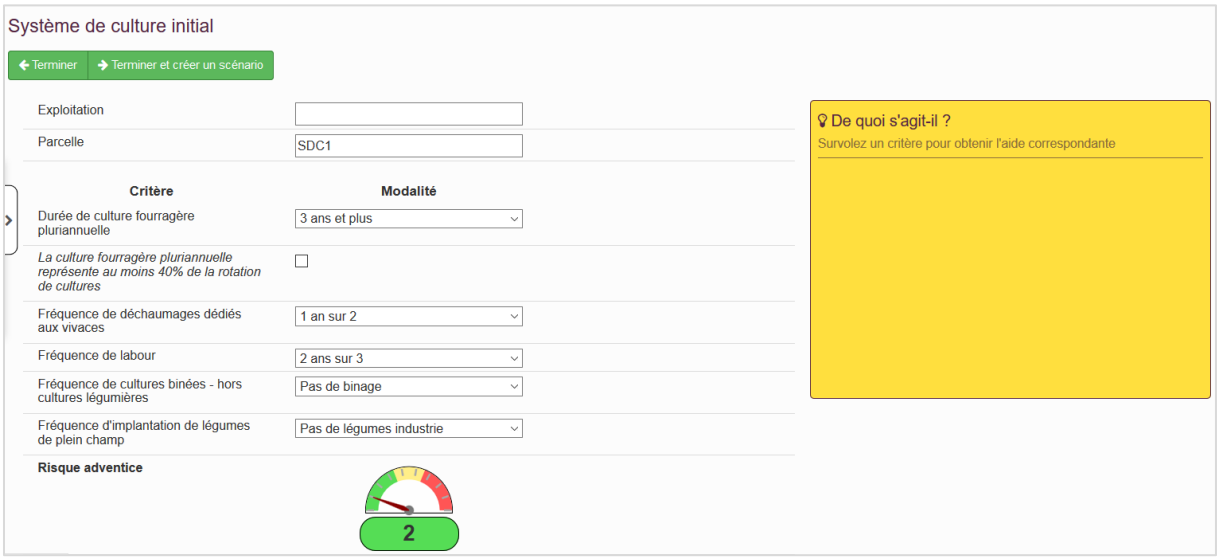


Figure 4 : Ecran de saisie d'OdERA-Vivaces (version 1.2) - exemple du SDC1.

Résultats obtenus

L'évaluation de systèmes de culture à l'aide d'OdERA-Vivaces permet d'obtenir une note de « risque en chardon », qui traduit le risque potentiel de développement du chardon sous l'effet des pratiques mises en œuvre (Tableau 3).

Tableau 3 : Exemples de systèmes de culture permettant une bonne gestion du chardon, d'après OdERA-Vivaces

	Caractéristiques du système de culture	Note de risque
SDC 1	✓ Rotation : luzerne (3 ans) - céréales - maïs (biné) - céréales ✓ Déchaumages répétés d'été fréquents (1 an sur 2, hors luzerne) ✓ Légumineuses en interculture pendant les étés sans déchaumages répétés ✓ Labour fréquent (2 ans sur 3)	2 (risque faible)
SDC 2	✓ Rotation : céréale - légume industriel - céréale - pomme de terre - céréale - légume industriel ✓ Déchaumages répétés d'été très fréquents (3 ans sur 4) avec implantation tardive de couverts d'interculture ✓ Labour fréquent (3 ans sur 4) ✓ 2 légumes industriels sarclés régulièrement et désherbés manuellement	3 (risque faible)

2.5. Des systèmes de culture performants pour la gestion des adventices vivaces

L'ensemble des connaissances bibliographiques et expertes acquises dans le projet Agri-Bio sur les adventices vivaces, formalisées dans l'outil OdERA-Vivaces, ont permis d'alimenter l'étude des performances des systèmes de culture suivis. Les conclusions sont que malgré une gestion facilitée du chardon en présence de luzerne, il est nécessaire de mobiliser d'autres leviers (déchaumages répétés, labour, binages répétés) à l'échelle de la rotation pour maîtriser le chardon.

En absence de luzerne, maîtriser le chardon reste possible, mais avec une intensification indispensable du travail du sol (travail répété sur toutes les périodes d'interculture) et du binage. L'évaluation sur d'autres critères a montré que cette intensification du travail du sol a des conséquences en termes d'augmentation des consommations énergétiques dans ces systèmes et de maîtrise des pertes d'azote en interculture (difficulté d'implantation des couverts après des déchaumages répétés).

3. Mieux valoriser l'azote en Agriculture Biologique

3.1. Les connaissances sur la gestion de l'azote dans des contextes avec peu d'élevage

Les leviers permettant d'enrichir en azote les parcelles biologiques sont connus et font l'objet de plusieurs publications scientifiques et techniques. La synthèse des connaissances disponibles sur la gestion de l'azote s'est orientée vers les leviers à mobiliser dans un contexte où les exploitations avec élevage sont rares (Ronceux et Favrelière, 2016).

Pour pallier à la faible disponibilité des effluents d'élevage, il s'agit en premier lieu d'introduire des légumineuses dans la rotation : implantation de légumineuses (luzerne, trèfle blanc), association de protéagineux avec des céréales, etc. (ITAB, 2013 ; Schneider & Huyghe, 2015 ; Bedoussac *et al.*, 2015).

Par ailleurs, une bonne partie de l'azote minéral utilisable par les cultures est issue du sol (en moyenne sur le réseau Agri-Bio : 21% issus du reliquat d'azote du sol en sortie hiver et 21 % issu de la minéralisation de l'humus). L'entretien du stock de matière organique du sol pour satisfaire les besoins en azote des cultures sur le long terme est donc un élément clé : la restitution de biomasse au sol (cannes de maïs, pailles, fanes,…), l'incorporation de biomasse issue de couverts d'interculture ou de prairies pluriannuelles, les amendements organiques sont donc des leviers essentiels de la gestion de l'azote (FIBL/BioSuisse, 2013 ; Houot *et al.*, 2016).

Enfin, les fertilisants organiques complètent les apports issus des sources d'azote citées précédemment (10% de l'azote disponible pour les cultures sur le réseau Agri-Bio). Cependant, lorsque ces produits ne sont pas issus de l'exploitation, leur application n'est pas forcément rentable, en particulier si la récolte n'est pas bien valorisée économiquement (Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne, 2015).

Au-delà de l'apport d'azote sur une culture donnée, l'enjeu est aussi de ne pas perdre l'azote en interculture pour le valoriser sur les cultures suivantes. Dans le contexte de la région Hauts-de-France, avec des sols de limons profonds majoritaires, le risque est réduit mais néanmoins réel lorsque les résidus du précédent cultural sont riches en azote (légumineuses, colza), lorsque le sol est nu en hiver ou lorsque le couvert ou la culture en place absorbent peu d'azote (cas des céréales d'hiver) (Beaudoin *et al.*, 2005 ; Benoît, 2014).

3.2. La gestion de l'azote dans les systèmes de culture biologiques de la région

Part des différentes sources dans la disponibilité en azote pour les cultures

30 systèmes de culture ont été caractérisés et évalués chez les 16 agriculteurs biologiques du réseau Agri-Bio. Les résultats de l'étude (Ronceux et Favrelière, 2017b) montrent que les quantités d'azote disponibles dans les systèmes de culture biologiques suffisent en moyenne à satisfaire 90% des besoins des cultures pour atteindre le potentiel de la parcelle en AB. L'enjeu n'est pas tant d'avoir assez d'azote, mais plutôt de disposer de cet azote au bon moment du cycle de la culture. Ces résultats ont été confirmés par des suivis d'azote minéral du sol réalisés sur des parcelles du réseau Agri-Bio (Beaudouin et Rakotovololona, 2017), montrant des quantités d'azote en entrée hiver dans les parcelles biologiques équivalentes à celles mesurées dans des parcelles « conventionnelles » pour des successions de cultures et des contextes pédoclimatiques similaires (87 kg d'azote/ha en moyenne en entrée hiver).

La contribution relative des différentes sources d'azote à l'alimentation des cultures (Figure 5) est variable selon les exploitations, mais la part de la minéralisation de l'humus du sol reste toujours prépondérante (20 à 56%). La contribution des légumineuses, via la fixation symbiotique, est également forte, notamment dans les systèmes avec

luzerne (19 à 64% sur l'ensemble des systèmes de culture, 37 à 64% sur ceux avec luzerne). La minéralisation de résidus de cultures et les apports d'engrais organiques viennent compléter le bilan, avec des contributions faibles (respectivement 2 et 10%). La réalisation de bilans en phosphore et potassium a cependant mis en exergue la nécessité des apports de fertilisants pour équilibrer les bilans, notamment dans les systèmes avec luzerne.

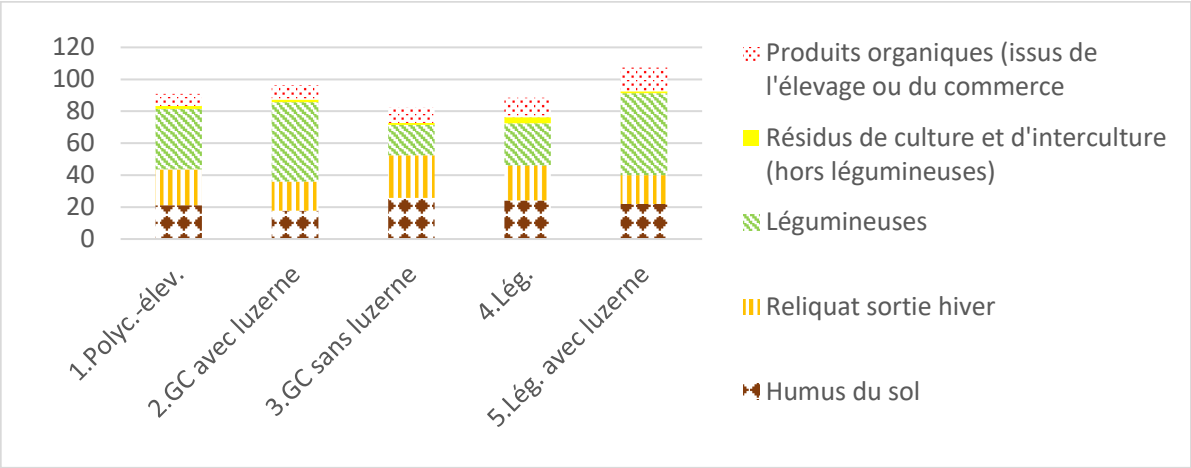


Figure 5 **: Contribution relative des différentes sources d'azote à l'alimentation des cultures.** Moyennes par type de système de culture dans le réseau Agri-Bio.
Polyc.-élev. : système de culture dans une exploitation de polyculture-élevage ; GC : grande culture ; Lég. : systèmes légumiers.

Pertes d'azote en interculture

L'évaluation a mis en avant un bilan global positif des systèmes biologiques par rapport aux systèmes conventionnels en termes de pertes d'azote en interculture à l'échelle d'une rotation (14 kg $N.ha^{-1}.an^{-1}$ en moyenne, calculs sur 11 systèmes de grande culture avec le modèle LIXIM, Beaudouin et Rakotovololona, 2017). Ceci s'explique notamment par des pertes d'azote très faible sous luzerne. Cependant, certaines successions de cultures sont particulièrement à risque : après légumineuses (luzerne, protéagineux, trèfle blanc), et ce d'autant plus que la culture ou le couvert présents en période de drainage mobilisent peu d'azote.

Raisonnement de la gestion de l'azote en fonction des systèmes de culture

L'évaluation a permis d'identifier les logiques de différents types de systèmes de culture. Dans les systèmes de polyculture-élevage, l'ensemble des leviers de gestion de l'azote cités au paragraphe 3.1. sont mobilisables. Ce n'est pas un problème d'introduire de l'azote dans le système, mais il faut être attentif à la maîtrise des pertes par lixiviation, après luzernière ou après fertilisation d'été ou d'automne.

Dans les systèmes de polyculture sans élevage mais avec luzerne, l'enjeu est d'optimiser l'insertion des légumineuses dans les systèmes de culture (voir résultats obtenus en Figure 6), les apports de produits organiques du commerce étant peu rentables à court terme, sauf sur cultures exigeantes en azote et à forte valeur ajoutée (colza, légumes). La compensation des exportations de la luzerne en phosphore et potassium est un élément essentiel pour la durabilité de ces systèmes, même si, dans le contexte de l'étude (région Hauts-de-France), les sols sont généralement bien pourvus en ces éléments.

En revanche, sans luzerne dans la rotation, l'autonomie en azote de l'exploitation est difficile à atteindre. Des légumineuses en culture ou en interculture peuvent contribuer à cette autonomie, avec un équilibre à trouver entre apport d'azote via des légumineuses en interculture et gestion du chardon sur cette même période. Enfin, le stock de matière organique du sol est à entretenir, par les résidus de cultures et de couverts, et par des apports de compost dans la rotation.

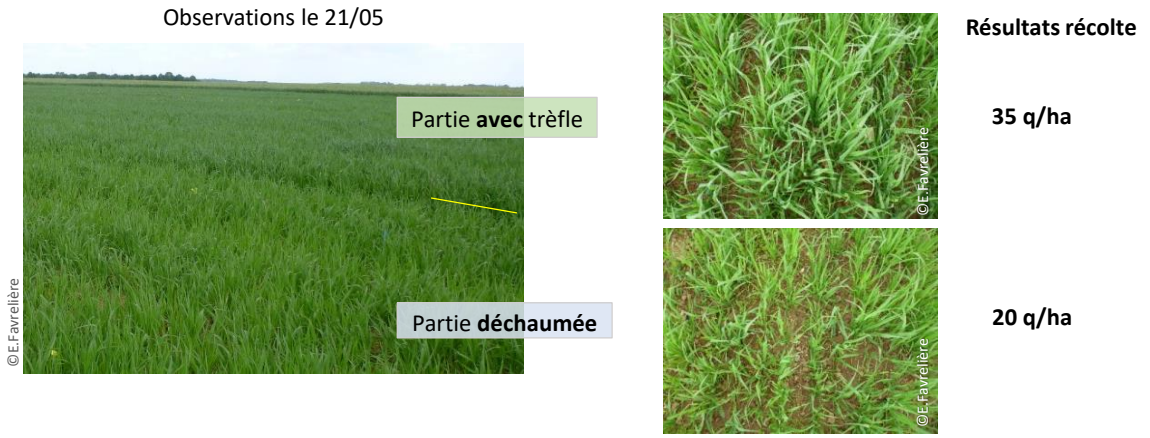


Figure 6 : Résultats obtenus sur avoine avec ou sans couverts de trèfle blanc nain sur l'interculture précédente.
L'insertion de légumineuses dans les rotations (ici en interculture) est indispensable pour fertiliser les cultures dans les exploitations sans élevage.

3.3. La caractérisation de pratiques originales et performantes chez les agriculteurs

Des pratiques jugées originales ont été repérées et caractérisées chez les agriculteurs du réseau, puis reproduites et suivies finement dans un ou plusieurs contexte(s) pédoclimatique(s).

Nous avons ainsi observé :

- Des pratiques originales mises en œuvre couramment par un ou plusieurs agriculteurs, levant des verrous techniques pour la gestion de l'azote et encore peu répandues. L'un des agriculteurs du réseau met ainsi en œuvre une stratégie de désherbage mécanique permettant la maîtrise des adventices annuelles dans la féverole, et donc de maintenir ce protéagineux dans la rotation. Cette stratégie se caractérise par des interventions réalisées dès la levée des adventices et répétées autant que nécessaire en fonction des nouvelles levées et des conditions pédoclimatiques. Autre exemple : l'implantation de trèfle blanc nain sous couvert de céréales pour fournir de l'azote à la culture suivante, pratique répandue chez les agriculteurs du réseau mais peu connue en dehors du réseau des agriculteurs biologiques.
- Des pratiques nouvelles, permettant de remédier à des difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de leviers pour la gestion de l'azote : association de protéagineux avec des céréales pour maîtriser l'enherbement (Ronceux *et al.*, 2016), implantation derrière luzerne de cultures plus exigeantes en azote que le blé tendre, comme le colza ou le maïs. Les résultats obtenus sur une succession luzerne-colza confirment la meilleure valorisation de l'azote par le colza : 121 kg d'azote /ha absorbés par le colza pendant la période de drainage, d'octobre à février, contre 15 kg/ha absorbés pendant la même période par un blé.

La caractérisation des pratiques innovantes a ainsi permis d'analyser l'efficacité de pratiques originales, d'identifier des pistes d'améliorations, et de mettre en évidence des éléments clés de l'itinéraire technique essentiels à connaître pour permettre à d'autres agriculteurs de reproduire ces pratiques chez eux (Ronceux et Favrelière, 2017).

3.4. Une simulation participative de nouvelles pratiques à l'aide du modèle STICS

L'INRA (unité AgroImpact) a utilisé le modèle STICS (Brisson *et al.*, 2009), calibré pour l'AB, dans le cadre de travaux participatifs avec les conseillers et agriculteurs du projet. Le modèle a été utilisé pour (1) simuler les successions actuelles des agriculteurs du réseau et repérer celles qui sont à risque pour la lixiviation de l'azote et pour (2) explorer une gamme plus large de situations permettant de réduire ces risques.

Simulation des successions de culture pratiquées par les agriculteurs du réseau

Les reliquats mesurés sur 5 horizons sur les parcelles du réseau ont été présentés aux agriculteurs de manière à leur faire visualiser la dynamique de l'azote à une échelle pluriannuelle (exemple en Figure 7)

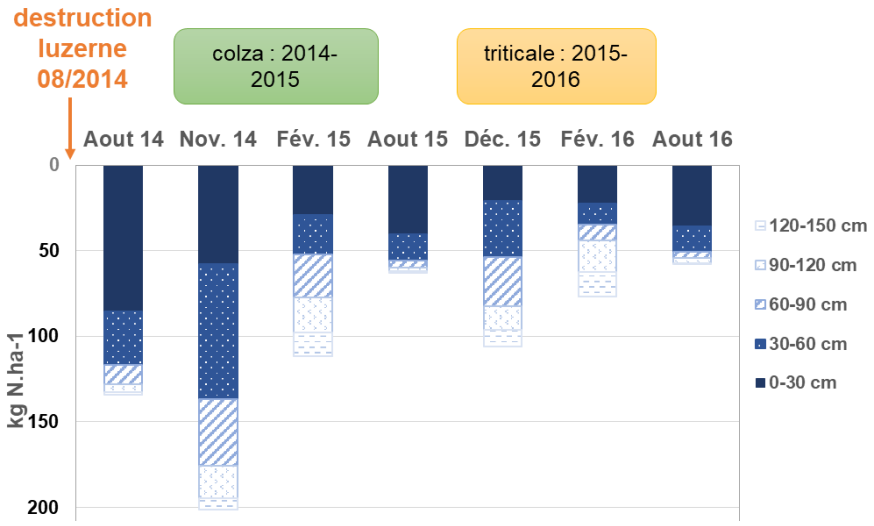


Figure 7. Cette représentation a permis d'approcher le risque de pertes d'azote sur les parcelles et d'engendrer une réflexion sur des pratiques à mettre en œuvre pour limiter ces pertes.

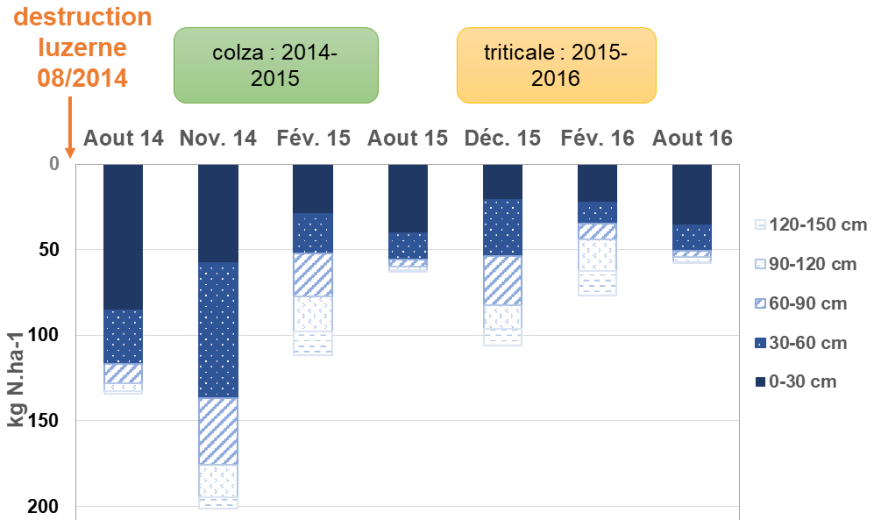


Figure 7 : Représentation de l'évolution du stock d'azote minéral dans le sol (0-150 cm) après destruction de luzerne.

Ce type de représentation permet de visualiser (1) l'augmentation du stock d'azote dans le sol après destruction d'une luzerne, (2) la migration de ce stock vers les horizons de profondeur et ainsi d'alimenter les échanges avec les agriculteurs du réseau.

Pour aller plus loin, le modèle STICS a été utilisé pour chiffrer les pertes d'azote par lixiviation dans ces parcelles. Ce modèle permet en effet de simuler le développement d'une culture à partir de paramètres caractérisant le climat, le sol et les pratiques agricoles et d'estimer certaines variables environnementales telles que la lixiviation d'azote en interculture. Il a été calibré dans les conditions de l'AB, à partir de suivis expérimentaux réalisés chez des agriculteurs du réseau (Chlébowski *et al.*, 2017).

La simulation des situations rencontrées entre 2014 et 2016 sur le réseau de parcelles a notamment permis de repérer les intercultures les plus à risques vis-à-vis de la lixiviation du nitrate : après légumineuses (luzerne, protéagineux, trèfle blanc), et ce d'autant plus que la culture ou le couvert présent en période de drainage mobilise peu d'azote.

Utilisation du modèle STICS pour simuler de nouvelles pratiques

Différents scénarios d'optimisation des successions de culture identifiées comme étant à risque pour les pertes d'azote par lixiviation ont été construits avec les conseillers et agriculteurs du réseau Agri-Bio lors de journées d'animation (exemple en Tableau 4). Les travaux de simulation restent cependant à poursuivre pour approcher l'échelle pluriannuelle.

Tableau 4 : **Propositions d'optimisation d'un système de culture pour la gestion de l'azote -** Propositions faites par les conseillers et agriculteurs du réseau Agri-Bio lors de journées d'animation.

Système de culture actuel :	Pomme de terre – Blé d'hiver –Triticale – Chicorée – Avoine - Pois de conserve – Blé Problématiques : - Lixiviation d'azote après pois de conserve - Pression forte en chardon imposant des déchaumages répétés en interculture, donc difficultés pour implanter un couvert
Systèmes de culture alternatifs proposés :	Principes : - Rapprocher le pois de conserve de la chicorée dans la rotation pour bénéficier de l'effet nettoyant de son désherbage sur chardon et ainsi limiter les déchaumages - Implanter après pois une culture ou un couvert permettant d'absorber l'azote pendant la période de drainage Systèmes de culture proposés : ➢ Pomme de terre – Blé d'hiver –Triticale – **Chicorée – Pois de conserve - *(Moutarde)* – Blé d'hiver** – Avoine ➢ Pomme de terre – Blé d'hiver –Triticale – **Chicorée - Pois de conserve - Colza – *(Repousses de colza)* – Blé d'hiver –** Avoine ➢ **Chicorée – Pois de conserve – *(avoine + moutarde)* - Pomme de terre – Blé d'hiver – Triticale**

Les journées d'animation ont permis d'identifier des pistes d'amélioration, mais aussi des freins à la mise en œuvre de pratiques plus vertueuses. Par exemple, l'implantation d'un couvert en interculture fait partie des solutions évidentes à mettre en œuvre pour réduire les pertes d'azote par lixiviation, mais elle se heurte à la nécessité de travailler le sol en interculture pour la gestion du chardon. Autre exemple : l'implantation du colza après luzerne, citée plus haut, se heurte aux lacunes de connaissances concernant la conduite de cette culture en AB.

L'ensemble des résultats acquis sur la gestion de l'azote dans le projet ont été synthétisés dans les fiches techniques sur la gestion de l'azote en Agriculture Biologique (Figure 8; Ronceux et Favrelière, 2016), et dans un livret présentant des pratiques originales d'agriculteurs (Annexe 1 ; Ronceux et Favrelière, 2017a).

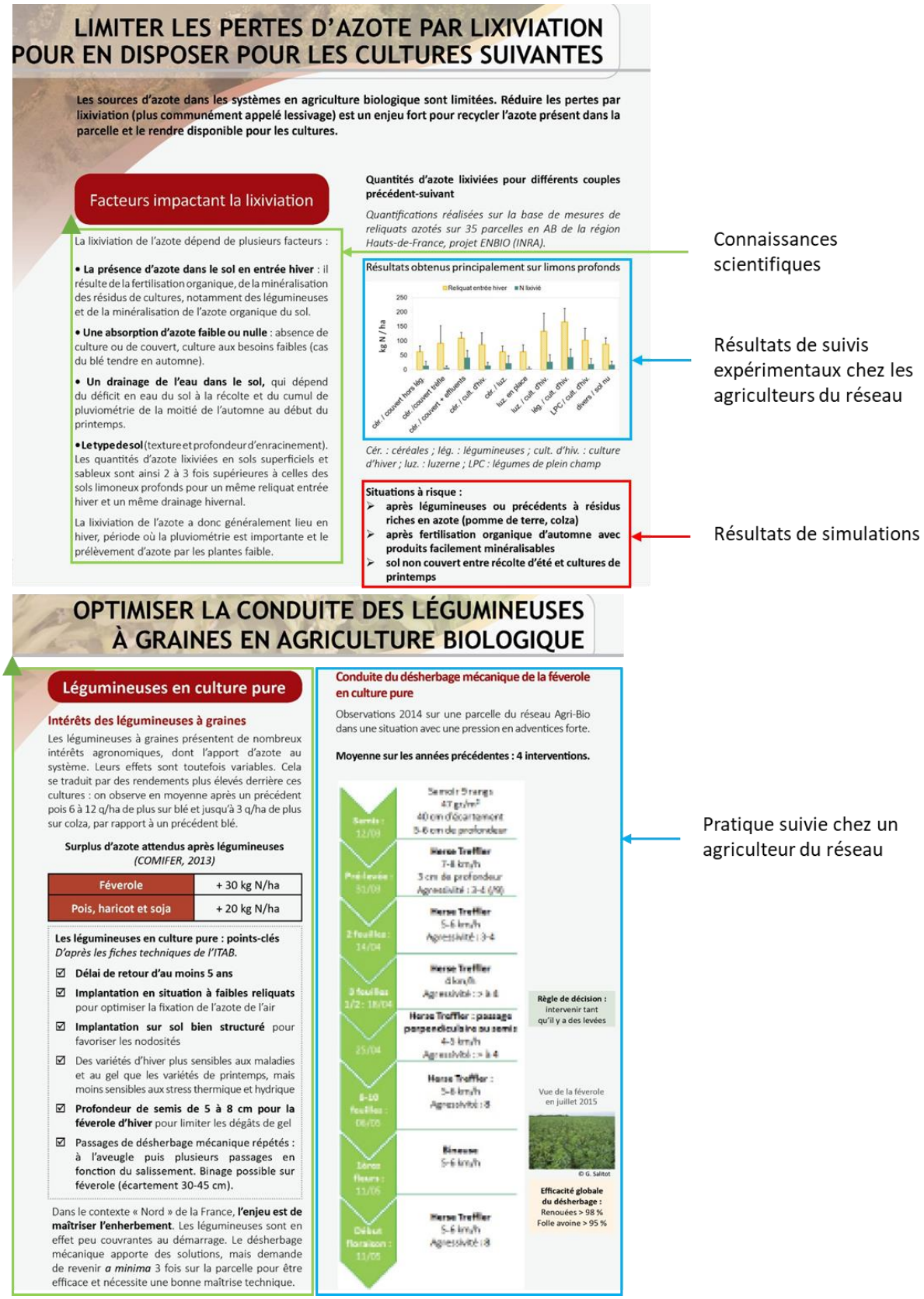


Figure 8 : Exemple de valorisation des résultats dans les fiches techniques sur la gestion de l'azote en Agriculture Biologique (http://tinyurl.com/fiches-azote)

4. Apports et limites d'une démarche participative pour la production de références

4.1. Des apports complémentaires des différentes approches adoptées

Le projet Agri-Bio a combiné différentes approches pour construire de nouvelles références sur la gestion des adventices vivaces et de l'azote, adaptées au contexte de la région Hauts-de-France. La Figure 9 résume la complémentarité entre ces méthodes : si la synthèse bibliographique a mis en avant des éléments peu ou mal exploités en région, le travail avec les agriculteurs du réseau a permis (1) d'identifier des freins à la mise en œuvre de ces pratiques dans le contexte régional, (2) de caractériser des situations où ces pratiques ont été adaptées et optimisées pour répondre aux problématiques de la région, (3) d'identifier des pratiques efficaces non décrites dans la bibliographie et (4) d'apprendre à combiner les pratiques identifiées dans un système de culture. La conception d'outils de simulation en cours de projet a en outre permis de capitaliser sur les connaissances acquises et les suivis réalisés, puis de simuler l'impact de changements de pratiques pour alimenter la réflexion au sein du projet. Ces outils permettent également d'appréhender plus facilement des problèmes qui ne sont perceptibles qu'à une échelle pluriannuelle (cas de la gestion du chardon) ou qui restent invisibles (cas de la lixiviation de l'azote en interculture).

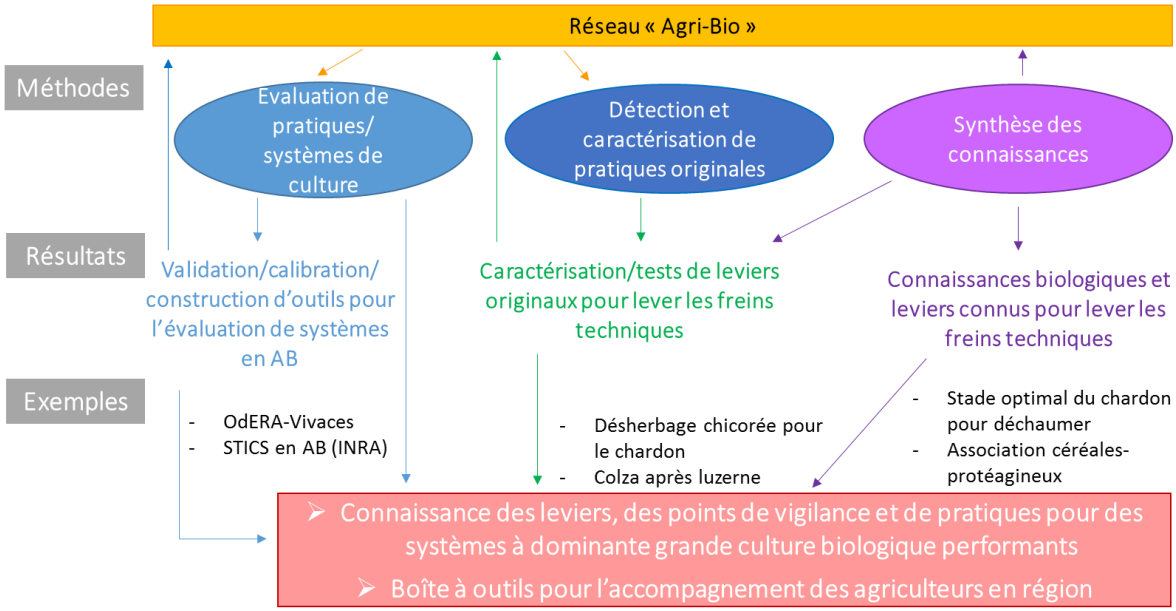


Figure 9 : Complémentarité des démarches adoptées dans le projet Agri-Bio pour la production de nouvelles références

4.2. Les acteurs du territoire au cœur du dispositif d'innovation

L'élaboration des références et outils avec l'ensemble des acteurs du projet et leur mise en débat en cours de projet permettent une plus forte adéquation avec les besoins du territoire et une appropriation plus rapide de ces résultats (Cerf *et al.*, 2012 ; Prost *et al.*, 2012). Ainsi, les fiches techniques synthétisant les connaissances disponibles sur la maîtrise des adventices vivaces d'une part, et sur la gestion de l'azote d'autre part ont été utilisées par les conseillers partenaires pour réaliser des formations auprès d'agriculteurs biologiques et conventionnels. Les sorties du projet ont également été adaptées (en format et contenu) pour correspondre aux utilisations visées pour ces sorties, également discutées en groupe de travail (Tableau 5).

Tableau 5 : **Valorisation des résultats du projet Agri-Bio**

Sorties	Utilisation envisagée
Synthèse sur les performances des systèmes de culture suivis (fiches et supports de formation)	Présentation de systèmes de culture existants, des clés de performances et des compromis à gérer, lors de formations collectives ou d'animations de groupes
Analyse individuelle sur les performances de chaque exploitation suivie (fiches)	Illustrations des systèmes de culture pratiqués en région et de leurs performances, lors de formations ou d'interventions ponctuelles (journées portes ouvertes, rendez-vous individuels)
Synthèses sur la gestion de l'azote et des adventices vivaces (fiches techniques et supports de formation)	Adaptations des supports de formations pour des formations collectives ou des animations de groupes Distribution des fiches techniques en tant que support pédagogique
Caractérisation des pratiques originales (fiches techniques et livret de synthèse)	Support pédagogique lors d'animations thématiques sur la gestion des adventices ou de l'azote
Outils de simulation (OdERA-Vivaces et OdERA-Systèmes)	Simulation en temps réel ou présentation de résultats de simulation lors de formations ou d'animations de groupes Mobilisation des outils ou de résultats de simulation pour réfléchir à des modifications de systèmes de culture lors de rendez-vous individuels

L'implication des partenaires techniques dans le projet a permis de communiquer les résultats du projet auprès d'un public large au fur et à mesure de leur acquisition. Ainsi, des résultats ont été communiqués dans des articles techniques à destination des agriculteurs de la région Hauts-de-France ou lors de journées techniques organisées par les Chambres d'agriculture des Hauts de France sur les associations de cultures, sur la gestion de l'azote ou sur les légumes de plein champ.

Tous les acteurs du projet sont par ailleurs parties prenantes dans la diffusion des résultats : témoignages des agriculteurs du réseau à différentes manifestations, utilisation par les conseillers partenaires des supports produits lors de formations auprès d'agriculteurs ou d'autres conseillers, lors de rendez-vous avec les agriculteurs, etc.

Au-delà de leurs contributions au projet, les agriculteurs impliqués ont bénéficié d'une dynamique d'échanges propice aux innovations (Lamine *et al.*, 2008 ; Mischler *et al.*, 2009). Les apports de connaissances en cours de projet ont permis d'adapter les pratiques : par exemple, une formation réalisée sur les associations céréales-protéagineux par les conseillers des Chambres d'Agriculture menant des expérimentations sur ce sujet a apporté des éléments pour optimiser les itinéraires techniques en fonction des objectifs de l'agriculteur (diminution des densités de semis de céréales si le reliquat azoté est élevé en sortie hiver et augmentation des densités si la pression en adventices annuelles est élevée). Ils ont pris du recul sur leurs pratiques suite aux retours sur les suivis réalisés et ont même pu les modifier : certains agriculteurs du réseau ont par exemple choisi de détruire la luzerne au printemps avant un blé de printemps pour réduire les pertes par lixiviation après luzerne.

4.3. Une dynamique partenariale nécessaire, mais demandant une forte implication

La mise en œuvre d'une démarche participative a renforcé une dynamique régionale interinstitutionnelle autour de l'Agriculture Biologique, alors que les acteurs de la R&D en AB de la région travaillaient peu ensemble auparavant. Le projet a ainsi permis d'initier de nouveaux projets et de nouvelles collaborations : le projet « ENBIO-expé », associant l'INRA, Agro-Transfert, les chambres d'agriculture, l'ABP et le GABNOR, s'est ainsi appuyé sur le réseau d'agriculteurs Agri-Bio et sur la dynamique d'échanges existante. Les partenaires du projet sont impliqués dans la conception d'une expérimentation longue durée sur les systèmes de grande culture biologiques, mis en place à partir de 2017 sur la station expérimentale de l'INRA à Estrées-Mons. Enfin, les partenaires du projet continuent à travailler ensemble sur les problématiques de la gestion des vivaces et sur la durabilité des systèmes avec légumes de plein champ en AB.

Cette démarche participative est cependant exigeante : elle a nécessité un temps important de mise en œuvre par le porteur de projet (Agro-Transfert), notamment pour la préparation des journées d'animation et d'échanges avec les agriculteurs et conseillers. Une forte mobilisation des conseillers a aussi été nécessaire, pour la participation aux différentes réunions et la mise en œuvre des actions (entretiens chez les agriculteurs du réseau, suivis de parcelles, etc.). Dans le cas du projet Agri-Bio, cette mobilisation a été acceptée par les conseillers, dans la mesure où le projet répondait à une forte demande de leur part pour acquérir de nouvelles références et aider au développement de l'AB en région.

La participation active d'agriculteurs est un élément clé de ce type de projet, mais demande la création d'une dynamique de groupe, notamment dans le cas où le groupe d'agriculteurs est créé pour le projet. Dans le projet Agri-Bio, la participation des agriculteurs a été variable, avec un « noyau dur » d'agriculteurs ayant l'habitude de travailler ensemble et actifs dans le projet, et un second cercle d'agriculteurs moins impliqués, pour différentes raisons : éloignement géographique, engagements multiples, etc. Le choix des agriculteurs à impliquer dans ce type de projet est un élément crucial, à la fois pour s'assurer d'obtenir les résultats attendus (pertinence des exploitations pour le sujet traité, disponibilité des données nécessaires), mais aussi pour favoriser la diffusion ultérieure des résultats. Un équilibre est à trouver entre apports aux agriculteurs (formation, animations,…) pour motiver leur participation au projet et apports du groupe d'agriculteurs au projet.

Conclusion

Les objectifs du projet Agri-Bio étaient d'une part de produire des références et des ressources sur la gestion de l'azote et des adventices vivaces dans les systèmes de grande culture biologiques de la région Hauts-de-France, et d'autre part de contribuer à une dynamique partenariale autour de l'AB en région. Les résultats obtenus concernent l'identification de leviers agronomiques adaptés au contexte de la région, avec peu d'élevage, et des clés pour optimiser l'efficacité de ces leviers. Ces résultats montrent aussi la nécessité de gérer des compromis en fonction des systèmes de culture mis en place : compensation des exportations en phosphore et potassium en présence de luzerne, intensification du travail mécanique pour maîtriser le chardon sans luzerne dans la rotation, etc. Enfin, le mode de fonctionnement du projet a permis de créer des références basées sur la combinaison de connaissances scientifiques et d'expertises des conseillers et des agriculteurs. Il en résulte des productions dont le contenu et la forme sont adaptées aux besoins de ces acteurs, et qui ont été mobilisés par ceux-ci pour accompagner l'AB en région, avant même la fin du projet.

Remerciements

Un grand merci aux agriculteurs qui ont accepté de collaborer à ces travaux.

Le projet Agri-Bio a été financé par le FEDER, le conseil régional des Hauts-de-France et les Agences de l'Eau Seine-Normandie et Artois-Picardie.

Bibliographie

Agro-Transfert Ressources et Territoires, INRA. SIMEOS-AMG, Outil de Simulation de l'Etat Organique des Sols - [en ligne] www.simeos-amg.org/

Beaudoin N., Rakatovololona L, 2017. Suivi de parcelles « BIO » dans les Hauts-de-France: drainage d'eau et devenir du nitrate. Communication orale, Colloque « Mieux gérer l'azote et les adventices dans les systèmes de grandes cultures biologiques, de nouvelles références et des outils pour tous », Péronne, 26/09/2017. http://www.agro-transfert-rt.org/publications/colloques/colloque-agri-bio-enbio/

Beaudoin N., Saad J.K., Van Laethem C., Machet J.M., Maucorps J., Mary B., 2005. Nitrate leaching in intensive agriculture in Northern France: Effect of farming practices, soils and crop rotations. Agriculture Ecosystems Environment 111, 292–310.

Bedoussac L., Journet E.P., Hauggaard-Nielsen H., Naudin C., Corre-Hellou G., Jensen E. S., Prieur L., Justes E., 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. Agronomy for Sustainable Development 35 (3), 911-935.

Benoît M., 2014. Les fuites d'azote en grandes cultures céréalières : Lixiviation et émissions atmosphériques dans des systèmes biologiques et conventionnels du bassin de la Seine (France). Sciences de la Terre. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2014.

Brisson N., Launay M., Mary B., Beaudoin N. (eds), 2009. Conceptual basis, formalisations and parameterization of the STICS crop model. Editions Quae.

Casagrande M., David C., Valantin-Morison M., Makowski D., Jeuffroy M.-H., 2009. Factors limiting the grain protein content of organic winter wheat in south-eastern France: a mixed-model approach. Agronomy for Sustainable Development 29 (4), 565-574.

Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne, 2013. Grandes cultures biologiques en Ile-de-France, suivi de fermes de références - Résultats technico-économiques pluriannuels 2005-2011.

Chlébowski F., Strullu L., Mary B., Prieur L., Soenen B., de Cordoue A.-L., Rolland B., Beaudoin N., 2017. Adaptation, paramétrage et généricité du modèle STICS appliqué à l'Agriculture Biologique. Communication orale, XIème séminaire des utilisateurs du modèle STICS, La Rochelle, 17-19/10/2017.

Cerf M., Prost L., Jeuffroy MH & Meynard JM., 2012. Participatory design of agricultural decision support tools: taking account of the use situations. Agronomy for Sustainable Development. 32:899–910. DOI : 10.1007/s13593-012-0091-z

Colomb B., Aveline A., Carof M., 2011. Une évaluation multicritère qualitative de la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques, quels enseignements ? Restitution des programmes RotAB et CITODAB, Document d'analyse PSDR3 Midi-Pyrénées-Projet CITODAB.

COMIFER, 2007. Teneur en P, K, Mg des organes végétaux récoltés pour les cultures de plein champ et les principaux fourrages.

COMIFER ; 2013. Calcul de la fertilisation azotée - Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales - Cultures annuelles et prairies.

David C., Jeuffroy M.-H., Henning J., Meynard J.-M., 2005. Yield variation in organic winter wheat: a diagnostic study in the Southeast of France. Agronomy for Sustainable Development 25 (2), 213-223.

Favrelière E., Betencourt E., 2014. Fiches sur la biologie et les moyens de gestion des adventices vivaces sans herbicides. Fiches thématiques 1 à 7. [en ligne] http://tinyurl.com/fiches-vivaces

Favrelière E., Ronceux A., 2016. Fiches sur la biologie et les moyens de gestion des adventices vivaces sans herbicides. Fiches thématiques 8 à 11. [en ligne] http://tinyurl.com/fiches-vivaces

Favrelière E., Ronceux A., Pernel J., Rodriguez A., 2016. Développement d'un outil d'aide à la décision pour la gestion du chardon des champs (*Cirsium arvense*) en systèmes de cultures biologiques. 23ème conférence du COLUMA « Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes ». Dijon : 6-8 décembre 2016. [en ligne] http://tinyurl.com/article-columa-chardon

FIBL/BioSuisse, 2013. Les principes de la fertilité des sols.

ITAB, 2013. Choisir et réussir son couvert végétal pendant l'interculture en AB.

Lamine C., Meynard J.-M., Perrot N., Bellon S., 2008. Analyse des formes de transition vers des agricultures plus écologiques : les cas de l'Agriculture Biologique et de la Protection intégrée. Innovations Agronomiques 4 (2009), 483-493. [en ligne] http://www.inra.fr/ciag/revue_innovations_agronomiques

Håkansson S., 2003. Weeds and Weed Management on Arable Land: An Ecological Approach. Editions CABI.

Houot S., Pons M.-N., Pradel M., Savini E., Tibi A., 2014. Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier - Impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques. Synthèse de l'expertise scientifique collective. INRA, DEPE.

Laurent M., Minette S., 2005. Guide d'utilisation de la méthode MERLIN v2., Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes.

Lamé A., Jeuffroy M.-H., Pelzer E., Meynard J.-M., 2015. Les agriculteurs sources d'innovations : exemple des associations pluri-spécifiques dans le grand Ouest de la France. Agronomie, environnement & sociétés 5 (2), 47-54.

Mischler P., Lheureux S., Dumoulin F., Menu P., Sene O., Hopquin J.-P., Cariolle M., Reau R., Munier-Jolain N., Faloya V., Boizard H., Meynard J.-M., 2009. Huit fermes de grande culture engagées en production intégrée réduisent les pesticides sans baisse de marge. Courrier de l'environnement de l'INRA 57, 73-91.

Munier-Jolain N., Pernel J., 2011. OdERA-Systèmes : un outil de gestion des adventices. Colloque « Vers des Systèmes de Culture Intégrés. La production intégrée : une alternative simple et performante pour réduire l'usage des intrants. » : St Quentin, 18 mai 2011.

Nkurunziza L., Streibig J.C., 2011. Carbohydrate dynamics in roots and rhizomes of Cirsium arvense and Tussilago farfara. Weed Research, 51 (5), 461-468.

Prost L., Cerf M., Jeuffroy M.H., 2012. Lack of consideration for end-users during the design of agronomic models. A review. Agronomy for Sustainable Development 32 (2), 581-594. DOI : 10.1007/s13593-011-0059-4

Rodriguez A., Prieur L., Laffont L., Prud'homme M., 2007. Etude du transfert des réserves carbonées chez le chardon des champs (Cirsium arvense (L.) scop.) et conséquences pratiques. 20ème conférence du COLUMA « Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes ». Dijon : 11 et 12 décembre 2007.

Ronceux A., Favrelière E., 2016. Fiches sur la gestion de l'azote en agriculture biologique. Fiches thématiques. [en ligne] http://tinyurl.com/fiches-azote

Ronceux A., Favrelière E., Pernel J., Raviart L., 2016. Associer céréales et protéagineux pour maîtriser les adventices annuelles : retour sur l'expérience de producteurs en agriculture biologique des Hauts-de-France. 23ème conférence du COLUMA « Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes ». Dijon : 6-8 décembre 2016. [en ligne] http://tinyurl.com/article-columa-associations

Ronceux A., Favrelière E., 2017a. Les agriculteurs biologiques des Hauts-de-France innovent. Guide technique. [en ligne] http://tinyurl.com/livret-pratiques-originales

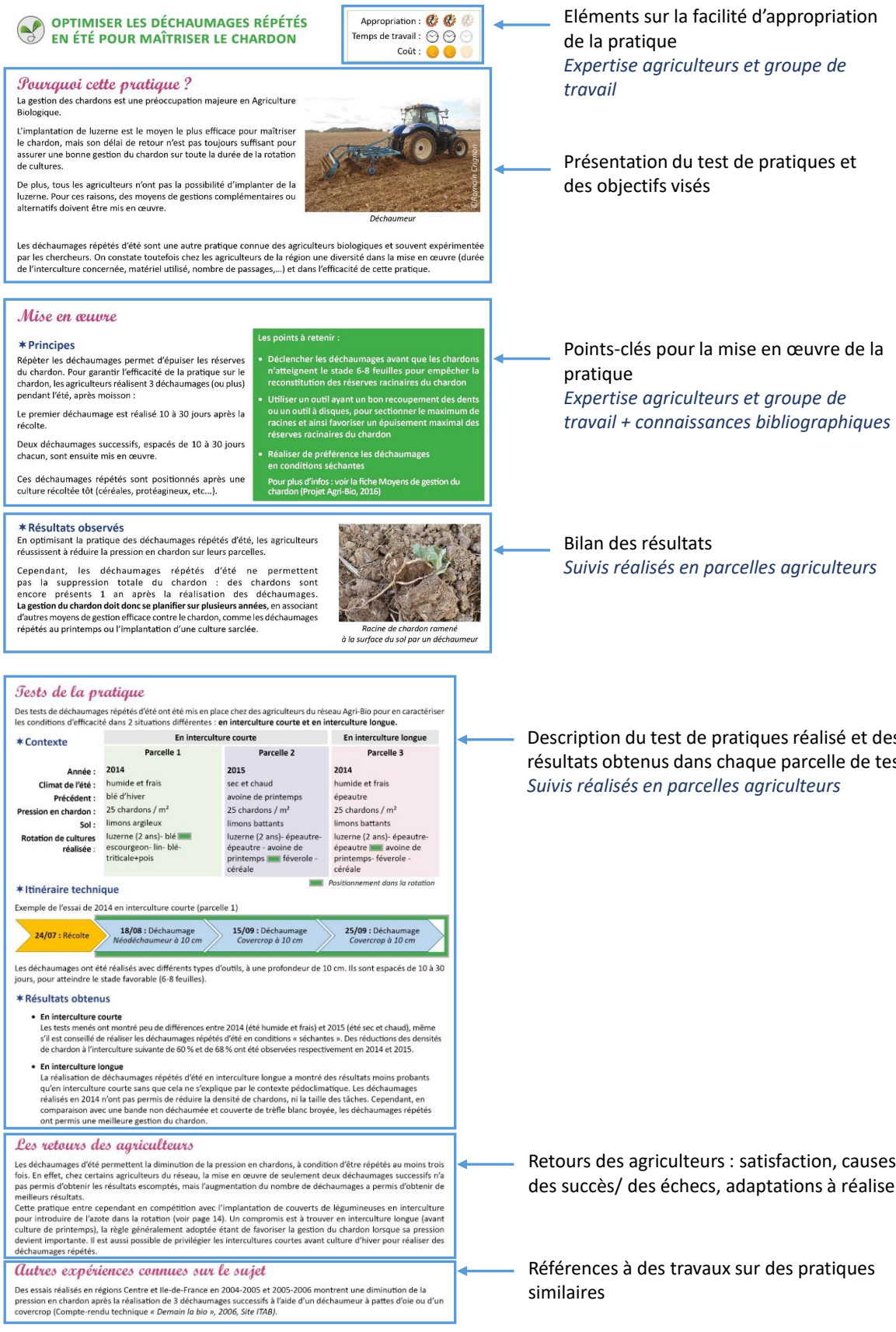
Ronceux A., Favrelière E., 2017b. Des systèmes de culture biologiques pour gérer les adventices et l'azote en région Hauts-de-France. Guide technique. [en ligne] http://tinyurl.com/synthese-performances

Salembier C., Elverdin, J.H., Meynard, J.M., 2016. Tracking on-farm innovations to unearth alternatives to the dominant soybean-based system in the Argentinean Pampa. Agronomy for Sustainable Development 36 (1). https://doi.org/10.1007/s13593-015-0343-9

Schneider A., Huyghe C. (coord.), 2015. Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. Editions Quae.

Tavarès O., Ronceux A., 2015. Paramétrage de l'outil PERSYST en Agriculture Biologique en Picardie et Nord-Pas de Calais. Document de travail.

Annexe



OPTIMISER LES DÉCHAUMAGES RÉPÉTÉS EN ÉTÉ POUR MAÎTRISER LE CHARDON

Appropriation :
Temps de travail :
Coût :

Pourquoi cette pratique ?

La gestion des chardons est une préoccupation majeure en Agriculture Biologique.

L'implantation de luzerne est le moyen le plus efficace pour maîtriser le chardon, mais son délai de retour n'est pas toujours suffisant pour assurer une bonne gestion du chardon sur toute la durée de la rotation de cultures.

De plus, tous les agriculteurs n'ont pas la possibilité d'implanter de la luzerne. Pour ces raisons, des moyens de gestions complémentaires ou alternatifs doivent être mis en œuvre.

Déchaumeur

Les déchaumages répétés d'été sont une autre pratique connue des agriculteurs biologiques et souvent expérimentée par les chercheurs. On constate toutefois chez les agriculteurs de la région une diversité dans la mise en œuvre (durée de l'interculture concernée, matériel utilisé, nombre de passages,...) et dans l'efficacité de cette pratique.

Mise en œuvre

Principes

Répéter les déchaumages permet d'épuiser les réserves du chardon. Pour garantir l'efficacité de la pratique sur le chardon, les agriculteurs réalisent 3 déchaumages (ou plus) pendant l'été, après moisson :

Le premier déchaumage est réalisé 10 à 30 jours après la récolte.

Deux déchaumages successifs, espacés de 10 à 30 jours chacun, sont ensuite mis en œuvre.

Ces déchaumages répétés sont positionnés après une culture récoltée tôt (céréales, protéagineux, etc...).

Les points à retenir :

- Déclencher les déchaumages avant que les chardons n'atteignent le stade 6-8 feuilles pour empêcher la reconstitution des réserves racinaires du chardon
- Utiliser un outil ayant un bon recoupement des dents ou un outil à disques, pour sectionner le maximum de racines et ainsi favoriser un épuisement maximal des réserves racinaires du chardon
- Réaliser de préférence les déchaumages en conditions séchantes

Pour plus d'infos : voir la fiche Moyens de gestion du chardon (Projet Agri-Bio, 2016)

Résultats observés

En optimisant la pratique des déchaumages répétés d'été, les agriculteurs réussissent à réduire la pression en chardon sur leurs parcelles.

Cependant, les déchaumages répétés d'été ne permettent pas la suppression totale du chardon : des chardons sont encore présents 1 an après la réalisation des déchaumages. **La gestion du chardon doit donc se planifier sur plusieurs années**, en associant d'autres moyens de gestion efficace contre le chardon, comme les déchaumages répétés au printemps ou l'implantation d'une culture sarclée.

Racine de chardon ramené à la surface du sol par un déchaumeur

Tests de la pratique

Des tests de déchaumages répétés d'été ont été mis en place chez des agriculteurs du réseau Agri-Bio pour en caractériser les conditions d'efficacité dans 2 situations différentes : **en interculture courte et en interculture longue.**

Contexte

	En interculture courte		En interculture longue
	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3
Année :	2014	2015	2014
Climat de l'été :	humide et frais	sec et chaud	humide et frais
Précédent :	blé d'hiver	avoine de printemps	épeautre
Pression en chardon :	25 chardons / m²	25 chardons / m²	25 chardons / m²
Sol :	limons argileux	limons battants	limons battants
Rotation de cultures réalisée :	luzerne (2 ans)- blé escourgeon- lin- blé-triticale+pois	luzerne (2 ans)- épeautre-épeautre - avoine de printemps - féverole - céréale	luzerne (2 ans)- épeautre-épeautre - avoine de printemps- féverole - céréale

Positionnement dans la rotation

Itinéraire technique

Exemple de l'essai de 2014 en interculture courte (parcelle 1)

24/07 : Récolte → 18/08 : Déchaumage *Néodéchaumeur à 10 cm* → 15/09 : Déchaumage *Covercrop à 10 cm* → 25/09 : Déchaumage *Covercrop à 10 cm*

Les déchaumages ont été réalisés avec différents types d'outils, à une profondeur de 10 cm. Ils sont espacés de 10 à 30 jours, pour atteindre le stade favorable (6-8 feuilles).

Résultats obtenus

- **En interculture courte**
  Les tests menés ont montré peu de différences entre 2014 (été humide et frais) et 2015 (été sec et chaud), même s'il est conseillé de réaliser les déchaumages répétés d'été en conditions « séchantes ». Des réductions des densités de chardon à l'interculture suivante de 60 % et de 68 % ont été observées respectivement en 2014 et 2015.
- **En interculture longue**
  La réalisation de déchaumages répétés d'été en interculture longue a montré des résultats moins probants qu'en interculture courte sans que cela ne s'explique par le contexte pédoclimatique. Les déchaumages réalisés en 2014 n'ont pas permis de réduire la densité de chardons, ni la taille des tâches. Cependant, en comparaison avec une bande non déchaumée et couverte de trèfle blanc broyée, les déchaumages répétés ont permis une meilleure gestion du chardon.

Les retours des agriculteurs

Les déchaumages d'été permettent la diminution de la pression en chardons, à condition d'être répétés au moins trois fois. En effet, chez certains agriculteurs du réseau, la mise en œuvre de seulement deux déchaumages successifs n'a pas permis d'obtenir les résultats escomptés, mais l'augmentation du nombre de déchaumages a permis d'obtenir de meilleurs résultats.
Cette pratique entre cependant en compétition avec l'implantation de couverts de légumineuses en interculture pour introduire de l'azote dans la rotation (voir page 14). Un compromis est à trouver en interculture longue (avant culture de printemps), la règle généralement adoptée étant de favoriser la gestion du chardon lorsque sa pression devient importante. Il est aussi possible de privilégier les intercultures courtes avant culture d'hiver pour réaliser des déchaumages répétés.

Autres expériences connues sur le sujet

Des essais réalisés en régions Centre et Ile-de-France en 2004-2005 et 2005-2006 montrent une diminution de la pression en chardon après la réalisation de 3 déchaumages successifs à l'aide d'un déchaumeur à pattes d'oie ou d'un covercrop (Compte-rendu technique « *Demain la bio* », 2006, Site ITAB).

Eléments sur la facilité d'appropriation de la pratique
Expertise agriculteurs et groupe de travail

Présentation du test de pratiques et des objectifs visés

Points-clés pour la mise en œuvre de la pratique
Expertise agriculteurs et groupe de travail + connaissances bibliographiques

Bilan des résultats
Suivis réalisés en parcelles agriculteurs

Description du test de pratiques réalisé et des résultats obtenus dans chaque parcelle de test
Suivis réalisés en parcelles agriculteurs

Retours des agriculteurs : satisfaction, causes des succès/ des échecs, adaptations à réaliser

Références à des travaux sur des pratiques similaires

Annexe 1 : Description des pratiques originales repérées dans le projet - Exemple sur un test de pratique de gestion du chardon (http://tinyurl.com/livret-pratiques-originales)