



HAL
open science

Les agriculteurs sources d'innovations : exemple des associations pluri-spécifiques dans le grand Ouest de la France

Alice Lamé, Marie-Helene Jeuffroy, Elise Pelzer, Jean-Marc Meynard

► **To cite this version:**

Alice Lamé, Marie-Helene Jeuffroy, Elise Pelzer, Jean-Marc Meynard. Les agriculteurs sources d'innovations : exemple des associations pluri-spécifiques dans le grand Ouest de la France. *Agronomie, Environnement & Sociétés*, 2015, 5 (2), pp.47-54. hal-02631362

HAL Id: hal-02631362

<https://hal.inrae.fr/hal-02631362v1>

Submitted on 27 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Décembre 2015
volume n° 5 / numéro n° 2
www.agronomie.asso.fr

Agronomie

environnement & sociétés



La revue de l'association française d'agronomie

Innovations agricoles : quelle place pour l'agronomie et les agronomes ?

Agronomie, Environnement & Sociétés

Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.

Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.

Contact : douhairi@supagro.inra.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45

Site Internet : <http://www.agronomie.asso.fr>

Objectif

AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

ISSN 1775-4240

Contenu sous licence Creative commons



Les articles sont publiés sous la *licence Creative Commons 2.0*. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Directeur de la publication

Marc BENOÎT, président de l'Afa, Directeur de recherches, Inra

Rédacteur en chef

Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

Membres du bureau éditorial

Pierre-Yves LE GAL, chercheur Cirad

Hervé SAINT MACARY, directeur adjoint du département Persyst, Cirad

Philippe PRÉVOST, directeur Agreenium Université en ligne

Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, directeur de recherches Inra

- Valentin BEAUVAL, agriculteur

- Jacques CANEILL, directeur de recherches Inra

- Joël COTTART, agriculteur

- Thierry DORÉ, professeur d'agronomie AgroParisTech

- Sarah FEUILLETTE, cheffe du Service Prévision Evaluation et Prospective Agence de l'Eau Seine-Normandie

- Yves FRANCOIS, agriculteur

- Jean-Jacques GAILLETON, inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole

- François KOCKMANN, chef du service agriculture-environnement Chambre d'agriculture 71

- Marie-Hélène JEUFFROY, directrice de recherche Inra et agricultrice

- Aude JOMIER, enseignante d'agronomie au lycée agricole de Montpellier

- Jean-Marie LARCHER, responsable du service Agronomie du groupe Axérial

- François LAURENT, chef du service Conduites et Systèmes de Culture à Arvalis-Institut du végétal

- Francis MACARY, ingénieur de recherches Irstea

- Jean-Robert MORONVAL, enseignant d'agronomie au lycée agricole de Chambray, EPLEFPA de l'Eure

- Christine LECLERCQ, professeure d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais

- Adeline MICHEL, Ingénieure du service agronomie du Centre d'économie rurale de la Manche

- Philippe POINTEREAU, directeur du pôle agro-environnement à Solagro

- Philippe PRÉVOST, directeur Agreenium Université en Ligne

- Hervé SAINT MACARY, directeur adjoint du Département Persyst, Cirad

Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

Assistantes éditoriales

Sophie DOUHAIRIE et Danielle LANQUETUIT

Conditions d'abonnement

Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément

(voir conditions à <http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>)

Périodicité

Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

Archivage

Tous les numéros sont accessibles à l'adresse <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/>

Soutien à la revue

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (<http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

Instructions aux auteurs

Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/>

À propos de l'Afa

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu [envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques] et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

Lisez et faites lire AE&S !

Sommaire

Avant-propos

P7- O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef) et M. BENOÎT (Président de l'Afa)

Éditorial

P9- L. PROST, B. TRIOMPHE et P.Y. LE GAL (coordonnateurs du numéro)

Des récits d'innovation en agriculture

P13- De nouveaux horizons et une meilleure valorisation des plantes et des déjections animales grâce à la méthanisation : l'expérience de l'EARL Fritsch en Alsace.

Ch. BARBOT, Ch. GINTZ, JF. FRITSCH

P17- Quand innovations technique et organisationnelle se complètent : les Coopératives d'utilisation de matériel agricole (Cuma) au Bénin

M. BALSE, M. HAVARD, P. GIRARD, C. FERRIER, T. GUÉRIN

P25-Témoignage d'une CUMA engagée dans le développement durable

Y. FRANCOIS

P27- Fraise française : diffusion de la culture sur substrat

M. MIQUEL, B. PLANTEVIN

Quel est le rôle des agronomes et quelle place de l'agronomie dans le processus d'innovation ?

P33- Le collectif en faveur de la transition des agriculteurs vers des systèmes plus économes et plus autonomes

Témoignage de Fred et Véronique Kaak, éleveurs en Limousin

L. BLONDEL

P39- Accompagner l'innovation en agriculture de conservation : quels apports des agronomes du système de culture ?

C. NAUDIN, P.Y. LE GAL, L. RANAIVOSON, E. SCOPEL

P47- Les agriculteurs sources d'innovations : exemple des associations pluri-spécifiques dans le grand Ouest de la France

A. LAMÉ, M.H. JEUFFROY, E. PELZER, J.M. MEYNARD

P55- L'articulation recherche-développement et son organisation territoriale, défi pour l'agronomie : l'expérience Agro-Transfert

J. BOIFFIN, M. CHOPPLET

P65- La fertilisation des cacaoyères en Côte d'Ivoire. 35 ans d'innovations villageoises et les rendez-vous ratés des agronomes et de l'Industrie du chocolat

F. RUF

Quelles conséquences sur les concepts et les modes d'intervention des agronomes et sur l'agronomie ?

P77- L'innovation locale au Bénin – trajectoires de développement en agriculture sur les trente dernières années

A. FLOQUET, R. MONGBO, B. TRIOMPHE

P87- Lorsque les agriculteurs familiaux innovent : Cas de la plaine du Saïs (Maroc)

P. DUGUÉ, F. AMEUR, M. BENOUNICHE, M. EL AMRANI, M. KUPER

P97- L'innovation dans les pratiques professionnelles des agronomes face aux externalités négatives du modèle dominant en grandes cultures

S. GROSSO

P105- Nanomatériaux et nanotechnologies en agriculture : questions pour l'agronomie

D. LANQUETUIT, M. DETCHEVERRY

Colloques, notes de lecture

P117- La diversification des cultures : Lever les obstacles agronomiques et économiques – Ed.Quae

M. BENOIT

P121-Le rapport « Agriculture innovation 2025 »

P. CLOUVEL

P123 - Compte rendu sur le colloque :

Partage des données pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement : des opportunités pour innover et créer de la

P. PRÉVOST et O. HOLOGNE

Annexe

P127 Appel à contribution du numéro



Les agriculteurs sources d'innovations : exemple des associations pluri-spécifiques dans le grand Ouest de la France

Farmers as source of innovations: example of the multi-species intercrops in western France

Alice LAMÉ^{1,2,3,4} - Marie-Hélène JEUFRROY^{1,2,*}
Elise PELZER^{1,2} - Jean-Marc MEYNARD^{3,4}

¹Inra - UMR211 Agronomie - 78 850 Thiverval-Grignon

²AgroParisTech - UMR211 Agronomie - 78 850 - Thiverval-Grignon

³Inra - UMR1048 SADAPT - 78 850 - Thiverval-Grignon

⁴AgroParisTech - UMR1048 SADAPT, 78 850 - Thiverval-Grignon

*auteur correspondant

Résumé

La nécessité d'une transition agroécologique de l'agriculture française, pour faire évoluer les systèmes majoritairement intensifs actuels vers des systèmes plus durables, implique un effort considérable de reconception des systèmes de culture. Or, les agriculteurs modifient en permanence leurs pratiques, et certains d'entre eux conçoivent des innovations qui pourraient être très intéressantes pour d'autres, mais ces innovations restent peu connues au-delà de leur voisinage. L'objectif de cet article est de décrire et d'analyser la diversité des associations pluri-spécifiques, à base de légumineuses à graines, cultivées par des agriculteurs innovants. Cette étude a mobilisé la démarche de la « traque aux innovations », reposant sur des enquêtes auprès d'agriculteurs, choisis dans le grand Ouest de la France. Après une description des associations rencontrées, et une analyse systémique de leur conduite, une typologie des associations pratiquées est proposée. Une grande diversité d'associations a été rencontrée. Les pratiques qui leur sont appliquées sont étroitement liées à des logiques agronomiques et au type de débouché visé. Les agriculteurs valorisent la diversité offerte par les espèces de légumineuses à graines pour atteindre des objectifs divers. Des pratiques originales semblent validées par leur récurrence chez de nombreux agriculteurs de l'échantillon, comme l'assouplissement des délais de retour relatifs aux associations, tandis que d'autres, rencontrées de manière plus ponctuelle (mélanges variétaux, contrôle des ravageurs), devraient faire l'objet de recherches plus approfondies.

Mots-clés

Association céréales-légumineuses, système de culture innovant, itinéraire technique, traque aux innovations, désherbage mécanique, tri des grains.

Abstract

The necessary agroecological transition of the French agriculture, in order to change the present cropping systems, mostly intensive, towards more sustainable systems, requires a huge effort of cropping systems redesign. Farmers change very often their practices, and some of them design innovations that could have interest for others, but few innovations are known beyond their neighbours. The aim of this study was to de-

scribe and to analyse the diversity of multi-species intercrops, based on grain legumes, grown by innovative farmers. The approach of « innovations tracking » was implemented. It was based on surveys of farmers, chosen in western France. After a description of practiced intercrops, and a systemic analysis of their management, a typology was proposed. A large diversity of intercrops was observed. Practices applied on the intercrops are strongly linked to agronomic logic and to the outlet targeted. Farmers value the diversity offered by the grain legume species to reach diverse goals. Original practices seem validated by their recurrence in numerous farms of the sample, as the smooth return time for intercrops, while others, observed more rarely (varieties mixtures in intercrops, pest control) should be the object for deep research.

Key-words

Cereal-legume intercrop, innovative cropping system, crop management, tracking innovations, mechanical weeding, grain sorting.

Introduction et cadre de l'étude

Partout dans le monde, les agriculteurs innovent pour améliorer leurs systèmes de production, en les adaptant à différentes contraintes ou opportunités. Mais leurs innovations restent parfois confidentielles, peu connues au-delà de leurs voisins immédiats. D'une manière générale, les savoirs empiriques des agriculteurs restent peu valorisés, que ce soit pour alimenter de nouvelles recherches, reconcevoir des systèmes agricoles, ou favoriser leur adoption par d'autres agriculteurs (Girard, 2015). Pourtant, de nombreux auteurs mentionnent que ces savoirs empiriques sont essentiels à la transition agroécologique (Altieri, 2004 ; Meynard, 2012 ; Girard, 2015). Les innovations des agriculteurs peuvent être intéressantes pour d'autres agriculteurs, mais ne peuvent être transposées telles quelles : elles sont adaptées au contexte de l'exploitation dans laquelle elles ont été développées (Julian, 1989), et aux attentes de l'agriculteur qui les a conçues. Pour diffuser ces nouveaux systèmes et pour qu'ils puissent servir de source d'inspiration à d'autres agriculteurs, il est indispensable d'en caractériser les performances et d'en comprendre les conditions de réussite. C'est l'un des rôles de la recherche.

Les associations de cultures à base de légumineuses à graines constituent un domaine d'innovation porteur d'enjeux d'avenir, exploré par quelques chercheurs, mais aussi par des agriculteurs curieux et inventifs. Les associations correspondent à la culture simultanée de deux espèces ou plus sur la même surface pendant une durée significative, sans pour autant qu'elles soient nécessairement semées et récoltées à la même période (Willey, 1979 ; Malézieux *et al.*, 2009). Elles sont réputées présenter de nombreux avantages en comparaison de la culture de légumineuses en pur, sujette à des récoltes difficiles, à une irrégularité de production liée aux stress biotiques et abiotiques (Schneider *et al.*, 2010), et à un manque de compétitivité vis-à-vis des adventices (Corre-Hellou et Crozat, 2005). Le but de cet article est de mettre en lumière la diversité des pratiques d'agriculteurs innovants concernant les associations de culture à base de légumineuses à graines, et d'en analyser les logiques agronomiques, c'est à dire la cohérence entre les pratiques et les motivations des agriculteurs qui les mettent en œuvre.

Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée dans le grand Ouest de la France (Normandie, Pays-de-la-Loire, Poitou-Charentes, Midi-Pyrénées), régions où différents acteurs (chambres d'agriculture, coopératives) se sont explicitement engagés dans la promotion des associations de cultures (Figure 1). Le travail s'est appuyé sur la démarche de « traque aux systèmes innovants », inspirée de Salembier et Meynard (2013). Dans notre étude, cette « traque aux innovations » a comporté plusieurs étapes :

(i) une phase de repérage des agriculteurs cultivant des associations, grâce à l'exploration de différents réseaux d'acteurs : dans chaque région, une ou deux personnes ressources, ont été identifiées au départ de l'étude (conseillers de chambre d'agriculture ou du service agronomique de coopératives, connus pour l'intérêt qu'ils portent aux associations interspécifiques). Ces personnes ressources ont constitué la racine des réseaux d'acteurs (conseillers et agriculteurs) qui ont été explorés pour la traque aux associations. En définitive, dix conseillers agricoles de structures de conseil ou de collecte ont été interrogés dans le but de recueillir leur perception de la diversité des combinaisons d'espèces existantes, des motivations des agriculteurs et de leurs pratiques. Chacun de ces conseillers nous a introduits auprès d'agriculteurs pratiquant ces cultures depuis plusieurs années.

(ii) une phase d'entretiens semi-directifs auprès des agriculteurs retenus, indiqués par les conseillers ou par des pairs. Quinze agriculteurs ont été enquêtés : 14 en agriculture biologique et 1 en agriculture conventionnelle, totalisant 37 associations pluri-spécifiques à base de légumineuses à graines. Seules les associations qui étaient cultivées depuis au moins 2 ans ont été étudiées, de manière à bénéficier d'un recul de l'agriculteur sur leur conduite et leurs performances. Les enquêtes ont porté sur la description des pratiques mises en œuvre sur les associations, et leur insertion dans le système de culture, ainsi que sur le lien de ces pratiques avec les motivations et les résultats attendus par les agriculteurs de ces innovations.

(iii) une phase d'analyse de la logique agronomique des associations pour comprendre, en s'appuyant sur les entretiens et les connaissances bibliographiques, la cohérence des choix techniques, et identifier leurs conditions de réussite. Une typologie des associations étudiées a ensuite été réalisée sur la base des variables identifiées comme déterminantes de la diversité des logiques agronomiques des itinéraires techniques rencontrés.



Figure 1: localisation des 15 agriculteurs enquêtés
Figure 1: Location of the 15 farmers surveyed

Résultats et discussion

Une grande diversité de combinaisons d'espèces

Lors des enquêtes auprès des agriculteurs, une grande diversité de combinaisons d'espèces a été identifiée (Figure 2). Sur l'ensemble des, 37 associations décrites, on compte 10 associations de printemps et 27 associations d'hiver, 29 associations binaires et 8 associations complexes (comportant de 3 à 7 espèces). Les légumineuses associées sont principalement la féverole, le pois fourrager, le pois protéagineux et plus rarement la lentille, le soja ou le lupin. Les combinaisons d'espèces sont très diverses. A titre d'exemple, le pois fourrager est associé à de l'orge, de l'avoine, du blé, ou du triticale. Les plus fréquentes sont : pois protéagineux-orge (hiver et printemps) avec 5 occurrences, pois fourrager-triticale et féverole-blé avec 4 occurrences et les associations féverole-triticale et lentille-camelina avec 3 occurrences (Figure 2).

Les associations complexes sont toutes uniques en termes de composition en espèces : par exemple, pois fourrage-épeautre-avoine, pois protéagineux-lentille-orge-avoine de printemps, ou pois fourrager-féverole-blé-triticale-avoine. Ces associations complexes sont mises en place par des éleveurs avec un débouché majoritaire orienté pour l'autoconsommation.

Les agriculteurs et les acteurs de terrain qui travaillent sur la thématique des associations sont conscients de cette grande diversité, alors que les acteurs de la recherche, en France et en Europe, travaillent généralement sur un beaucoup plus petit nombre de types en grandes cultures (CIAG, 2014), et ne semblent pas soupçonner l'existence de cette diversité dans la réalité agricole. Les travaux de recherche sont nombreux sur les associations à récolter en grains, mais les mêmes combinaisons d'espèces reviennent souvent, à base de pois protéagineux ou de féverole, associées avec du blé ou de l'orge (Poggio, 2005 ; Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2006 ; Bedoussac *et al.*, 2013 ; Corre-Hellou *et al.*, 2013). En plus du couple graminée-légumineuse déjà connu et étudié, les agriculteurs rencontrés, ou contactés lors de la phase d'exploration, associent d'autres familles d'espèces : légumineuse-polygonacée, légumineuse-linacée... et des associations multispécifiques et multivariétales.

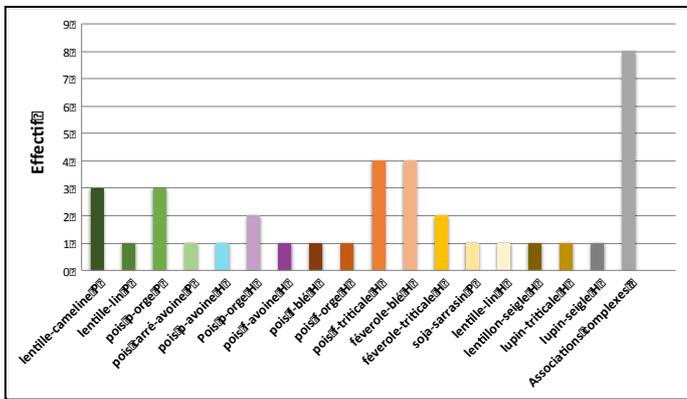


Figure 2 : diversité des 37 associations rencontrées chez les agriculteurs. Les associations de printemps sont indiquées par un P, les associations d'hiver par un H ; pois p = pois protéagineux ; pois f = pois fourrager ; les associations complexes comprennent 3 à 7 espèces mélangées et sont toutes uniques.

Figure 2 : diversity of the 37 intercrops grown by farmers. Spring intercrops are followed by P, winter intercrops are followed by H; pois p = pea; pea f = forage pea; complex intercrops involve 3 to 7 species and are all unique.

Une diversité d'insertion dans les rotations

Les enquêtes réalisées montrent que chaque agriculteur donne une réponse différente à la question du délai de retour des espèces en association. D'une manière générale, la majorité des agriculteurs pense que les règles des délais de retour d'une espèce sur la même parcelle deviennent moins strictes lorsqu'elle est cultivée en association. Certains agriculteurs jugent que, tant qu'il n'y a pas de problèmes visibles de maladies ou de ravageurs, on peut répéter les associations sur la même parcelle. Les densités peuvent aussi devenir des variables d'ajustement dans la rotation, pour faire se succéder, par exemple, des associations avec une dominante protéagineuse et des associations avec une dominante céréale. Ces savoirs d'agriculteurs, issus d'observations, d'expériences transmises ou sans doute aussi parfois de convictions sans véritable vérification empirique, doivent interroger les chercheurs et ingénieurs : très peu de recherches et d'expérimentations semblent avoir été menées sur ces questions de délai de retour des associations.

Concernant l'insertion des associations dans la rotation, de nombreux agriculteurs mettent en avant leur intérêt pour gérer le niveau de salissement des parcelles. En particulier, les associations jugées compétitives, « couvrantes », par les agriculteurs (par exemple les associations avec pois fourrager) sont souvent placées en fin de rotation, où le fort salissement pourrait fortement handicaper les cultures pures. La bibliographie confirme que les associations sont plus défavorables aux adventices que les cultures pures, grâce à plusieurs mécanismes (meilleure utilisation des ressources nutritives par l'association, allélopathie, ombrage, ...) (Xuan et al., 2003 ; Bedoussac et al., 2013 ; Corre-Hellou et al., 2014). Après la récolte, certains agriculteurs utilisent la possibilité de laisser les repousses de l'association former une interculture plus ou moins nettoyante selon les repousses (cameline allélopathique), et qui peut fournir de l'azote supplémentaire, après sa destruction, pour la culture suivante. Cependant, la majorité des agriculteurs disent ne pas tenir compte des effets azote de l'association sur la culture suivante, car l'effet semble être incertain et faible, sauf lorsqu'il y a une forte densité de légumineuse dans le mélange. Mais certaines associations sont pensées pour fournir une quantité d'azote élevée à la culture suivante, en particulier

l'association de deux légumineuses pois protéagineux-féverole. D'autres placent les associations derrière une céréale, dans des conditions à bas niveau d'azote où elles sont bien adaptées, ce qui est confirmé par les expérimentations conduites par Pelzer et al. (2012), Bedoussac et al. (2013) et Corre-Hellou et al. (2013).

Une diversité de modes de lutte contre les adventices

Tout au long de l'itinéraire technique des associations, différentes pratiques sont utilisées pour limiter la nuisibilité des adventices : certains producteurs cherchent à augmenter la compétitivité de l'association, ou à détruire les adventices par un désherbage mécanique (ou chimique, dans le cas de l'agriculteur conventionnel), ou parfois à décaler le cycle de la culture par rapport au cycle des adventices.

La compétitivité de la culture passe d'abord, selon les producteurs, par une bonne couverture du sol. Les espèces choisies peuvent être couvrantes comme le pois fourrager ou la lentille, qui « fait un beau tapis » (commentaire d'un agriculteur enquêté). Certains agriculteurs soulignent aussi que la présence, dans l'association, d'espèces allélopathiques comme la cameline, l'avoine, le seigle, ou le sarrasin, permet d'avoir des parcelles assez propres, grâce à la production de composés qui empêchent la croissance d'autres plantes (Frick et Johnson, 2012). Pour accroître la compétitivité de l'association, certains agriculteurs cherchent à associer plusieurs espèces complémentaires : les associations avec plus de deux espèces sont considérées comme bien couvrantes par les agriculteurs et sont généralement peu désherbées. Le choix variétal est également important : privilégier des variétés compétitives, comme des blés hauts, dans une association binée permet que la culture puisse « couvrir le rang nu et ainsi faire de l'ombre aux adventices ». Dans un cas, la cameline est même semée perpendiculairement à la lentille pour « couvrir au maximum le sol ».

La densité du couvert influence aussi la compétitivité de l'association. Lorsque la densité est forte, c'est-à-dire que la somme des densités relatives¹ des composantes de l'association s'élève à 170%, les agriculteurs considèrent qu'il n'est pas nécessaire de désherber, sauf si l'association est peu compétitive par rapport aux adventices, par exemple l'association lupin-blé (Figure 3). Si l'indicateur de densité est inférieur à 150 environ, les pratiques sont variables : de zéro à deux passages de désherbage mécanique, et plus si les associations sont jugées peu couvrantes (Figure 3).

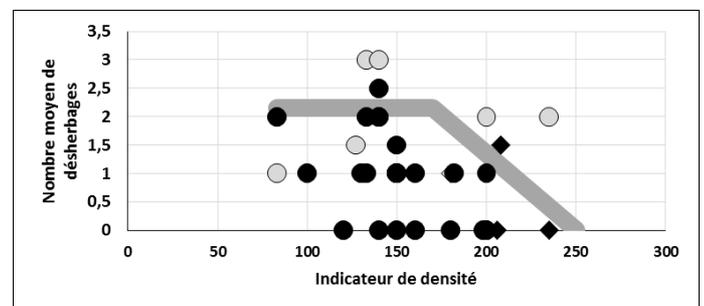


Figure 3 : relation entre le nombre moyen de désherbages et un indicateur de la densité des associations. L'indicateur représente la somme des densités de chaque espèce de l'association par rapport au pur (exemple : pour une association substitutive 50/50, la somme obtenue représentant l'indicateur de densité est 100 ; pour une association additive 100/100, la somme obtenue est de 200). Légende : en gris, les associations qui, selon les agriculteurs, couvrent peu

¹ La densité relative est le rapport entre la densité de l'espèce en association et la densité de la même espèce en peuplement pur, recommandée en agriculture biologique

le sol (lentille-lin, féverole-triticales, lupin-seigle, pois fourrager-blé, féverole blé, lupin-triticales) ; en noir, les associations considérées comme couvrant bien le sol. Le symbole losange \diamond indique les mélanges avec plus de deux espèces. Les segments de droite représentent l'enveloppe des points noirs.

Figure 3: relationship between the mean number of weedings and an indicator of the intercrop density. The indicator represents the cumulated densities of each specie in the intercrop in comparison with the density in pure stand (ex: for a substitutive intercrop 50/50, the indicator is 100 ; for an additive intercrop 100/100, the indicator is 200). Grey points represent the intercrops with a low soil cover, according to farmers (lentil-linseed, faba bean-triticales, lupin-rye, forage pea-wheat, faba bean-wheat, lupin-triticales) ; black points represent the intercrops with a good soil cover. The symbole diamond \diamond indicates intercrops with more than 2 species. Lines represent the envelope of the black points.

Sur l'ensemble des 37 associations enquêtées, 9 associations n'ont pas été désherbées, 14 ont reçu un passage de désherbage mécanique (et une a reçu un herbicide), 10 ont été désherbées deux fois au cours du cycle, et trois associations ont été désherbées avec trois passages d'un outil mécanique. Certains agriculteurs désherbent leurs associations, mais pensent qu'ils pourraient s'en passer sans avoir de répercussion sur le rendement. Un passage d'écimeuse, chez l'un des agriculteurs enquêtés, vise à empêcher les adventices de grainer. La pratique du binage impose au semis un écartement adapté à ce mode de désherbage, chaque ligne de semis pouvant être plurispécifique, ou monospécifique (lignes alternées de différentes espèces). Enfin, le type de débouché influence les pratiques de désherbage : les producteurs desherbent généralement les cultures destinées à la vente, surtout lorsque les autres leviers agronomiques ne permettent pas de garantir une propreté suffisante de la récolte.

Le décalage du cycle des cultures est également mobilisé pour la maîtrise de l'enherbement. Ainsi, plusieurs agriculteurs soulignent qu'un semis d'automne tardif (fin octobre - mi-novembre) permet d'éviter la levée des vulpins pour des associations d'hiver telles que pois protéagineux-orge ou avoine. Plusieurs agriculteurs enquêtés disent avoir observé que certaines adventices associées à des cultures pures disparaissent en association (« la renouée disparaît quand la féverole est associée ») ou ne sont pas favorisées par des associations qui se récoltent précocement, empêchant des adventices de monter à graines.

Des conduites de culture pour prévenir les pressions de maladies et ravageurs

La bibliographie souligne que les associations de cultures permettent de diminuer les pressions des maladies et ravageurs via la combinaison de différents effets : effet barrière lié à l'existence de cultures non hôtes dans le couvert, dilution des ressources par des plantes non-hôtes ; dissuasion/répulsion des ravageurs par certaines plantes ; attraction et/ou maintien d'auxiliaires de culture... (Ratnadass et al., 2012 ; Iversen et al., 2014).

Les observations réalisées par les agriculteurs enquêtés confirment que les associations permettent de diminuer les pressions en maladies et ravageurs. Un agriculteur a observé qu'il y avait moins de rouille dans son association féverole-blé que dans ses cultures de blé pur ou de féverole pure, ce qui est cohérent avec les données de la bibliographie (Corre-Hellou et al., 2004). Un autre agriculteur a noté que la lentille, associée à des espèces qui fleurissent en même temps qu'elle, comme la cameline et le lin, est moins touchée par la bruche. La « forte odeur des fleurs de cameline et de lin perturbe les bruches qui veulent pondre dans la lentille », dit-il ; elles se « repèrent » moins bien. En revanche, si pour des

raisons climatiques, les floraisons sont décalées, il y a davantage de bruches sur la lentille associée. Même s'il est reconnu que, en moyenne, les associations ont un effet de réduction des infestations, les interactions en jeu entre les maladies, les ravageurs et les espèces associées sont très complexes, et on manque de connaissances sur les mécanismes impliqués (Corre-Hellou et al., 2014).

Dans 30% des cas, les agriculteurs choisissent des variétés résistantes aux maladies. Dans leurs associations multi-espèces, certains agriculteurs (23% des cas) mélangent plusieurs variétés de la même espèce, afin d'augmenter la diversité génétique et diminuer les risques de maladies. Les mélanges variétaux sont connus pour réduire en général les pressions en maladies sur les céréales en cultures pures, comme la rouille du blé (De Vallaville-Pope et al., 1991 ; Cox et al., 2004). Il serait intéressant d'acquérir des connaissances sur l'intérêt d'associer des variétés différentes au sein d'associations pluri-spécifiques, pour renforcer l'effet barrière lié à la présence de plantes d'espèces différentes, et permettre ainsi de supprimer l'usage de fongicides, tout en garantissant l'absence de nuisibilité.

Pour l'un des agriculteurs enquêtés, la répartition spatiale des cultures (champs en association et en pur) joue un rôle important : elle permet de varier les hauteurs de couvert des cultures et l'alimentation offerte aux animaux sauvages, favorisant ainsi la biodiversité au sein de son exploitation. De plus, de nombreux agriculteurs remarquent que les associations de cultures augmentent la biodiversité, car « les fleurs amènent des insectes et des auxiliaires ». Ces observations peuvent être interprétées à la lumière des travaux de Corre-Hellou et al. (2014), qui indiquent que la diversité des plantes dans le couvert, du point de vue de leur architecture, de leur composition ou de leur biomasse aérienne augmenterait les populations d'insectes prédateurs et des parasitoïdes sur une même parcelle par rapport à une culture mono-spécifique, en impactant les ressources et le microclimat.

Des pratiques adaptées au débouché

Les associations qui sont consommées par les animaux de la ferme, après tri ou directement en mélange, représentent 54% des cas étudiés. Ceci concerne différents élevages : bovin laitier (10 associations) ou allaitant (6 associations), ovin (2 associations), porcin (4 associations) et volailles de chair (6 associations). Les espèces associées et les variétés choisies sont adaptées au type d'élevage. Par exemple, il est recommandé de choisir des féveroles à fleurs blanches qui ne contiennent pas de tannins pour les volailles et les porcs, car ces composés diminuent la digestibilité du mélange (ITAB, 2014). Les agriculteurs le savent, mais n'en tiennent pas toujours compte. En effet, plusieurs affirment que « au vu des petites quantités distribuées, il n'y a pas d'effets observés » : d'autres critères variétaux tels que la résistance à la verse, la hauteur des gousses, la résistance aux maladies leur apparaissent plus prioritaires que la quantité de tannins. Les protéagineux avec une teneur supérieure en protéines sont privilégiés, comme le pois protéagineux (25% de protéines), la féverole (29%) et le lupin (35%), par rapport au pois fourrager (20%) (références de teneurs en protéines : ITAB, 2014 ; 2014b). Les éleveurs qui visent l'utilisation des produits de leurs associations pour alimenter leur élevage

ont également des exigences de volumes produits pour avoir suffisamment d'aliment pour l'année, ce qui les amène à choisir les variétés et les espèces leur garantissant, d'après leur expérience, le meilleur rendement possible. L'option d'ensiler le mélange n'a été mentionnée que par deux agriculteurs et n'est utilisée que rarement par les agriculteurs enquêtés. L'un des agriculteurs indique que la majorité des éleveurs en agriculture conventionnelle qui cultivent des associations, le font pour l'ensilage (et donc l'utilisation de la plante entière). Le tri des espèces destinées à l'autoconsommation permet une gestion plus fine des proportions d'espèces dans la ration, et un choix des espèces les plus adaptées aux besoins des animaux. Si ces associations ne sont pas triées, la combinaison choisie des espèces et variétés à semer est adaptée au type d'élevage afin d'obtenir un mélange déjà équilibré et prêt à distribuer. Certains agriculteurs soulignent qu'ils cherchent, dans les rations pour leurs animaux, à diversifier les sources d'amidon issu des céréales (blé, triticale, épeautre, avoine), à apporter des protéines avec des protéagineux (pois fourrager, féverole, pois protéagineux), tout en évitant d'obtenir une ration trop acidogène : l'avoine « avec son grain vêtu diminue la vitesse de digestibilité du mélange ».

Quand les associations sont destinées, en mélange ou après tri, à la vente, les espèces et variétés sont adaptées au type de débouché. Un agriculteur choisit des variétés de blé avec une bonne teneur en protéines dans l'objectif de les vendre à la meunerie. Les agriculteurs font tout ce qu'ils peuvent pour faciliter le tri (à la ferme ou chez les collecteurs) en choisissant des variétés qui se battent bien (faible sensibilité à la casse, précocité semblable, facilité du grain à se séparer de l'enveloppe), des combinaisons d'espèces qui se séparent facilement (tailles de grains différentes); ils évitent d'avoir une récolte sale car les graines d'adventices peuvent être difficiles à séparer du « bon grain », selon leur taille. Bedoussac *et al.* (2013) et Bousseau (2009) confirment que l'équipement insuffisant des collecteurs en installations de tri reste le frein principal à l'acceptation des récoltes issues d'associations. Il faut également que les collecteurs aient une organisation logistique adaptée et une forte capacité d'adaptation (Bedoussac *et al.*, 2013). Un mélange vendu directement à un collecteur simplifie les contraintes de l'agriculteur sur la qualité du tri, mais ne permet pas toujours de valoriser au mieux chacune des espèces du mélange qui peuvent être déclassées ou achetées moins cher qu'en pur. La vente en séparé permet à des éleveurs d'utiliser une espèce pour l'autoconsommation, et de vendre l'autre. Sur les 37 associations enquêtées, 19 sont triées par les producteurs.

Typologie des associations : relations entre techniques

Pour caractériser de manière globale la diversité des associations rencontrées dans nos enquêtes, nous avons réalisé une typologie appuyée par un traitement statistique des données. Nous avons constitué une base de données qualitatives comprenant la date de semis (semis précoce d'automne; semis tardif d'automne; semis de printemps; semis d'été, c'est à dire postérieur à mai), la densité de semis (somme des densités de chaque espèce de l'association rapportées aux densités recommandées en culture pure), le nombre de désherbages, la fertilisation azotée (pas d'apport

ou apport de fertilisant, en général organique), la quantité de travail (nombre d'interventions techniques du semis, inclus, à la récolte, exclue), le type de débouché visé (autoconsommation ou vente en mélange à un voisin; vente à un collecteur), la réalisation d'un tri des espèces après la récolte, et la nature des espèces associées (en regroupant les espèces en plusieurs classes, pour équilibrer les effectifs au sein de chaque type : seigle-triticale, blé-orge-avoine, cameline-lin-sarrasin, pois fourrager-vesce, soja-lupin-lentille-lentillon, féverole, pois protéagineux).

Une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) et une classification ascendante hiérarchique de Ward ont permis de proposer une typologie des associations rencontrées, les regroupant selon leurs caractéristiques similaires (Figure 4). Les variables déterminantes du regroupement, identifiées à partir de l'ACM, sont la quantité de travail, la période de semis, le type d'espèces (en particulier cameline-lin-sarrasin) et le nombre de désherbages. Quatre types d'associations ont été distingués, représentant des stratégies différentes.

Le type 1 (4 associations) regroupe toutes les associations d'été (semis en mai). On y trouve des associations comportant les espèces cameline/lin/sarrasin et soja/lentille, considérées comme très couvrantes, d'autant qu'elles sont semées à densité élevée. Leur conduite est très extensive (pas d'intervention entre semis et récolte, pas de fertilisation, pas de désherbage, un seul passage pour le semis). Toutes ces associations sont destinées à la vente à la coopérative ou au négoce, et, en cohérence avec cet objectif, sont souvent triées à la ferme.

Le type 2 (16 associations) comprend la plupart des associations complexes (3 à 7 espèces), et certaines associations binaires, toutes semées à l'automne. Elles sont caractérisées par peu de désherbage : d'autres moyens sont donc combinés pour rendre la culture compétitive vis-à-vis des mauvaises herbes : généralement une forte densité de semis, et des espèces couvrantes. La grande majorité des associations de ce type sont à base de pois fourrager et vesce, cultures considérées par les producteurs comme très compétitives, associées à une céréale (seigle, triticale, blé ou orge). La quasi-totalité des associations de ce type sont consommées par des animaux de la ferme ou d'une ferme voisine. La moitié environ des associations de ce type est fertilisée.

Dans le type 4 (10 associations), les associations sont toutes binaires; elles sont coûteuses en travail car elles sont très souvent fertilisées et désherbées (entre 2 et 3 fois), ce qui s'explique par le choix des espèces, fréquemment considérées comme peu couvrantes par les agriculteurs, la période de semis d'automne, et la destination visée (vente à la coopérative ou au négoce). On y trouve en revanche, une grande diversité d'espèces associées. Il y a souvent des mélanges variétaux. L'exigence de propreté pour leurs parcelles manifestée par les agriculteurs de ce groupe est forte : la majorité des parcelles est désherbée à la bineuse, considérée comme plus efficace que la herse ou la houe.

Enfin, le type 3 (7 associations) est celui des associations binaires classiques à base de blé/orge et de pois protéagineux (ou féverole). Ces associations, semées au printemps, sont toujours désherbées, avec généralement 1 désherbage mécanique. Elles sont le plus souvent destinées à la consommation sur la ferme, et sont rarement triées. La plupart d'entre elles présente un nombre élevé de passages.

Pour résumer, les deux variables-clés qui différencient ces types d'associations les uns des autres sont l'intensité du désherbage et le type de débouché. Ces variables sont liées à d'autres, moins déterminantes de la définition des groupes (date de semis, choix des espèces, fertilisation, tri). Elles sont reliées à deux moteurs majeurs de l'innovation : la lutte contre les adventices est en effet un enjeu essentiel en agriculture biologique (Corre-Hellou *et al.*, 2014) et l'accessibilité à un débouché le premier frein au développement des associations (Bedoussac *et al.*, 2013). La typologie souligne l'importance de considérer les variables du tri et du débouché comme caractéristiques déterminantes de la conduite des associations : la « combinaison logique et ordonnée » de pratiques, mise en avant par Sebillotte (1978), se réfère ainsi aussi bien, dans le cas qui nous occupe, au choix des espèces, au désherbage, et à la récolte qu'aux pratiques post-récolte de tri, de commercialisation ou d'autoconsommation.

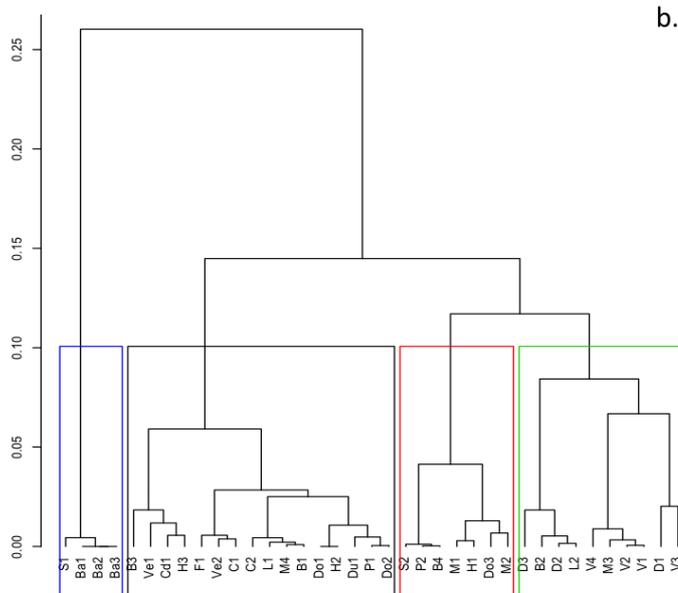
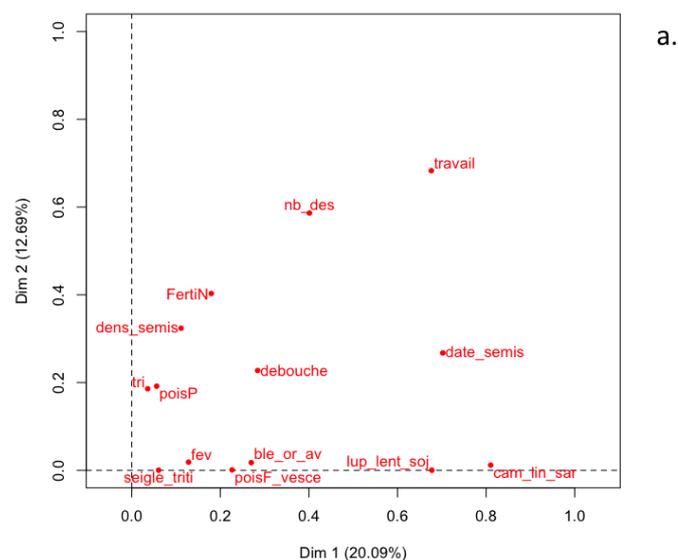


Figure 4 : résultats de l'ACM (a) et de la classification de Ward (b). Sur la première figure, les variables les plus déterminantes du regroupement sont le travail, la date de semis, la présence d'une des espèces parmi cameline, lin et sarrasin, et le nombre de désherbages. Sur la deuxième, les types se présentent dans l'ordre 1 à 4 de gauche à droite.

Figure 4 : results of the ACM (a) et of the classification of Ward (b). On the first figure, the most determinant variables in the groups are workload, sowing date, the presence of one species among camelina, linseed et buckwheat, and the number of weeding. On the second figure, types are in the order from 1 to 4 from left to right.

Conclusion et perspectives

Les agriculteurs enquêtés ont confirmé les nombreux avantages des associations soulignés par la littérature, et ont complété en évoquant d'autres intérêts. Selon les services qu'elles peuvent leur fournir, ils adaptent leur itinéraire technique, conduisant à la large diversité des associations rencontrées. Leur moindre sensibilité aux maladies et à certains ravageurs, leur compétitivité par rapport aux adventices justifient leur usage dans des conditions de forte pression de bio-agresseurs, comme les fins de rotations. La complexification des couverts favorise l'augmentation de la biodiversité, des insectes en particulier, et diversifie les systèmes de culture. L'association de légumineuses et de céréales permet d'obtenir des cultures avec de faibles besoins en azote qui utilisent mieux les ressources disponibles. Le mélange de plusieurs espèces permet de stabiliser les rendements.

Toutefois, des difficultés se posent encore. Certaines associations ne se trient pas bien, à cause de la taille et de la forme trop semblables des graines, de la présence de brisures, d'un matériel non adapté. Le coût engendré élevé peut proscrire le tri de certaines associations, comme celles avec plus de deux espèces. Certains agriculteurs ont modifié leurs machines (semoir, trieur...) pour les adapter à leurs pratiques et aux associations. Enfin, la valorisation des produits issus des associations est primordiale, que ce soit pour l'autoconsommation, la vente à des éleveurs ou la vente à des collecteurs en circuits longs, et le manque de débouchés peut constituer un frein au développement de celles-ci. C'est probablement la raison pour laquelle, malgré nos recherches, nous n'avons pu trouver qu'un seul producteur d'associations en conventionnel, la collecte des récoltes mélangées étant mieux organisée en agriculture biologique. Les pratiques et observations des praticiens apportent aux agronomes des informations précieuses, concernant aussi bien la robustesse de résultats connus (par exemple : compétitivité vis à vis des adventices), que des données nouvelles (par exemple : influence de la cameline ou du lin sur les bruches de la lentille). Elles dévoilent également des trous de connaissance, des questions que se posent les praticiens, et auxquelles la bibliographie n'apporte pas de réponse (Malézieux *et al.*, 2009) : comment insérer les associations dans les successions de culture ? Qu'apportent les mélanges variétaux associés à des mélanges plurispécifiques ? Certaines pratiques originales semblent cependant validées par leur récurrence chez de nombreux agriculteurs de l'échantillon, comme l'assouplissement des délais de retour relatifs aux associations, tandis que d'autres, rencontrées de manière plus ponctuelle (mélanges variétaux, contrôle des ravageurs), devraient faire l'objet de recherches plus approfondies. La balle est maintenant dans le camp des agronomes de la recherche et du conseil : à eux de tirer profit de ces connaissances et de ces questions ...

La démarche de traque aux innovations consacre, par rapport aux approches traditionnelles en agronomie, une double rupture :

(i) rupture avec une approche descendante, où la R&D agricole est considérée comme seule source d'innovation : en mettant en avant les capacités d'innovation des agriculteurs, la traque permet de démultiplier notre capacité col-

lective à inventer de nouvelles techniques ou de nouveaux systèmes de culture, en valorisant non seulement les savoirs techniques et scientifiques, mais aussi les savoirs empiriques, si riches en agriculture ;

(ii) rupture avec la primauté donnée à l'expérimentation, comme source de production de connaissances et d'évaluation des innovations. Dans la traque, l'évaluation des innovations repose sur les critères de satisfaction des agriculteurs innovants : c'est à la fois sa richesse (des critères d'évaluation pertinents pour les praticiens) et sa faiblesse (une évaluation incomplète et subjective) ; mais cet article montre qu'en établissant les liens entre pratiques et critères de satisfaction des producteurs, sur des ensembles d'innovations se ressemblant mais jamais identiques, on peut produire des connaissances sur les conditions de réussite des innovations (par exemple sur les conditions à réunir pour contrôler les adventices sans désherbage en cours de culture), utiles à leur diffusion, et à leur amélioration éventuelle.

La traque aux innovations constitue une nouvelle démarche d'ingénierie agronomique, qui s'appuie sur les savoir-faire en approche systémique des agronomes (enquête sur les pratiques, analyse de la logique des systèmes de culture...), et les aide à renouveler et enrichir leur contribution à la dynamique d'innovation du monde agricole.

Remerciements

Cette étude a été financée dans le cadre du projet ANR Legitimes (ANR-13-AGRO-004). Nous remercions sincèrement les conseillers qui ont accepté de donner de leur temps pour nous guider à la découverte de la diversité des associations, et les agriculteurs qui nous ont fait profiter de leurs savoirs.

Bibliographie

Altieri, M. A., 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Front Ecol Environ.*, 2(1), 35-42.

Bedoussac, L., 2009. *Analyse du fonctionnement des performances des associations blé dur-pois d'hiver et blé dur-féverole d'hiver pour la conception d'itinéraires techniques adaptés à différents objectifs de production en systèmes bas-intrants*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse.

Bedoussac, L., Triboulet, P., Magrini, M-B., Rambault, G., Foissy, D., Corre-Hellou, G., 2013. Conséquences de l'introduction des cultures associées céréale-légumineuse à graines dans les filières. Analyse du point de vue des agriculteurs et des coopératives. *Innovations Agronomiques*, 32, 199-212.

Bousseau, D., 2009. Associations céréales-légumineuses et mélanges de variétés de blé tendre: point de vue agronomique et pratique d'une coopérative. *Innovations agronomiques*, 7, 129-137.

Cavaillès, E., 2009. La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ? *Etudes & Documents*, n°15.

CIAG (Carrefour de l'innovation agronomique), 2014. *Colloque sur les associations végétales*, 20 Novembre 2014, An-

gers. <http://www6.inra.fr/ciag/Revue/Volumes-publies-en-2014/Volume-40-Decembre-2014>.

Corre-Hellou, G., Dibet, A., Aveline, A., Crozat, Y., 2004. Le pois dans des systèmes à faibles intrants : cultures pures ou associées ? *Perspectives Agricoles*, 306, 8-10.

Corre-Hellou, G., Crozat, Y., 2005. N₂ fixation and N supply in organic pea (*Pisum sativum* L.) cropping systems as affected by weeds and pea weevil (*Sitona lineatus* L.). *European Journal of Agronomy*, 22, 449-458.

Corre-Hellou, G., Bédoussac, L., Bousseau, D., Chaigne, G., Chataigner, C., Celette, F., Cohan, J.P., Coutard, J.P., Emile, J.C., Floriot, M., Foissy, D., Guibert, S., Hemptinne, J.L., Le Breton, M., Lecompte, C., Marceau, C., Mazoué, F., Mérot, E., Métivier, T., Morand, P., Naudin, C., Omon, B., Pambou, I., Pelzer, E., Prieur, L., Rambaut, G., Tauvel, O., 2013. Associations céréale-légumineuse multi-services. *Innovations Agronomiques*, 30, 41-57.

Corre-Hellou, G., Baranger, A., Bedoussac, L., Cassagne, N., Cannavacciuolo, M., Joëlle, J., Pelzer, E., Piva, G., 2014. Interactions entre facteurs biotiques et fonctionnement des associations végétales. *Innovations Agronomiques*, 40, 25-42.

Cox, C. M., Garrett, K. A., Bowden, R. L., Fritz, A. K., Dendy, S. P., Heer, W. F., 2004. Cultivar Mixtures for the Simultaneous Management of Multiple Diseases: Tan Spot and Leaf Rust of Wheat. *Phytopathology*, 94(9), 961-969.

Frick, B., Johnson, E., 2012. Utilisation des cultures allélopathiques et des couvre-sol pour maîtriser les mauvaises herbes.

http://www.organicagcentre.ca/extension/ext_weed_allelopathic_f.asp, Consulté le 18/05/2015.

Girard, N., 2015 Knowledge at the boundary between science and society: a review of the use of farmers' knowledge in agricultural development. *Journal of Knowledge Management*, Special Issue « Knowing across Boundaries », 19(5).

Hauggaard-Nielsen, H., Andersen, M.K., Jornsgaard, B., Jensen, E.S., 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. *Field Crops Res.*, 95, 256-267.

ITAB (Institut d'Agriculture Biologique), 2014a. Fiche technique : la culture de la féverole en AB. [en ligne], Disponible sur http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiche-feverole.pdf, Consulté le 18/05/2015.

ITAB (Institut d'Agriculture Biologique), 2014b. Fiche technique : le pois protéagineux en AB. [en ligne], Disponible sur http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiche-pois.pdf, Consulté le 26/05/2015.

Iverson, A.L., Marín, L.E., Ennis, K.K., Gonthier, D.J., Connor-Barrie, B.T., Remfert, J.L., Cardinale, B.J., Perfecto, I., 2014. Do Polycultures Promote Win-Wins or Trade-Offs in Agricultural Ecosystem Services? A Meta-Analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51 (6), 1593-1602.

Jullian, P., 1989. Innovations et diversité des exploitations agricoles. *Économie rurale*, 192, 104-109.

Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., Tourdonnet, S., Valantin-Morison, M., 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 43-62.

Meynard, J.M., 2012. Innovating in cropping and farming systems. In Coudel, E., Devautour, H., Soulard, C.T., Faure, G., Hubert, B.,(Eds), *Renewing innovation systems in agriculture and food: How to go towards more sustainability ?*, Wageningen Academic Publishers, 5, 89-108.

Pelzer, E., Bedoussac, L., Corre-Hellou, G., Jeuffroy, M.-H., Métivier, T., Naudin, C., 2014. Association de cultures annuelles combinant une légumineuse et une céréale : retours d'expériences d'agriculteurs et analyse. Actes du Colloque « Associations végétales », Angers, 20 Novembre 2014.

Poggio, S.L., 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *J Agric Ecosys Environ*, 109, 48-58.

Poole, N., 2006. L'innovation: enjeux, contraintes et opportunités pour les ruraux pauvres [en ligne], Disponible sur <http://www.ifad.org/events/gc/29/panel/f/poole.pdf>, Consulté le 22/06/2015.

Ratnadass, A., Fernandes, P., Avelino, J., Habib, R., 2012. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 273-303.

Salembier, C., Meynard, J.M., 2013. Evaluation de systèmes de culture innovants conçus par des agriculteurs : un exemple dans la Pampa Argentine. *Innovations Agronomiques*, 31, 27-44.

Sebillotte, M., 1978. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. *Compte-Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 11, 906-913.

Schneider, A., Flenet, F., Dumans, P., Bonnin, E., De Chezelles, E., Jeuffroy, M.H., Hayer, F., Nemecek, T., Carrouée, B., 2010. Diversifier les rotations céréalières notamment avec du pois et du colza, Données récentes d'expérimentations et d'études. *Oléagineux, Corps-Gras, Lipides*, 17 (5), 301-311.

De Valavielle-Pope, C., Goyeau, H., Lannou, C., Mille, B. 1991. Pour lutter contre les maladies foliaires: la culture de céréales en mélange. *Phytoma*, 424, 28-36.

Willey, R. W., 1979. Intercropping - Its importance and Research Needs. Part 1; Competition and Yield advantages. *Field Crop Abstract* 32, 1-10.

Xuan, T.D., Tsuzuki, E., Terao, H., Matsuo, M., Khanh, T.D., 2003. Correlation between growth inhibitory exhibition and suspected allelochemicals (phenolic compounds) in the extract of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Production Science* n°6, 165-171.