

## Traque aux innovations d'agriculteurs pour la conception d'associations de cultures incluant des légumineuses

Liste des Auteurs : Valentin VERRET<sup>1</sup>, Elise PELZER<sup>1</sup>, Laurent BEDOUSSAC<sup>2</sup>, Marie-Hélène JEUFFROY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMR Agronomie, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon

<sup>2</sup>AGIR, Université de Toulouse, INRA, ENSFEA, 24 chemin de Borde-Rouge - BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan, France

Correspondance : Marie-Hélène Jeuffroy, [marie-helene.jeuffroy@inra.fr](mailto:marie-helene.jeuffroy@inra.fr)

**Mots-clés** : légumineuses à graines, conception innovante, pratiques innovantes, savoirs locaux, enquêtes, filières

### Introduction

Améliorer la durabilité des systèmes agricoles nécessite un effort important de reconception et d'innovation des systèmes de culture, qui passe par l'adoption de pratiques mobilisant notamment d'avantage les régulations biologiques. L'association de cultures consiste à cultiver un mélange d'au moins deux espèces, sur la même parcelle et pendant une période significative de leurs cycles. Comme cela a été démontré dans différentes configurations, les associations permettent d'optimiser l'utilisation des ressources, d'augmenter la productivité et la qualité des cultures, de réguler biologiquement les bioagresseurs (adventices, insectes et maladies) et d'augmenter l'entrée d'azote dans le système lorsque des espèces légumineuses sont utilisées, et ceci, tout particulièrement dans les systèmes à bas niveau d'intrant (Pelzer et al., 2012 ; Bedoussac et al., 2015). Cela contribue ainsi à réduire entre autres les impacts environnementaux liés à l'utilisation d'engrais et de pesticides.

Bien que les intérêts des associations de cultures soient bien établis scientifiquement, cette pratique reste confidentielle sur le terrain, hormis chez les agriculteurs en agriculture biologique et chez les éleveurs. La raison essentielle en est le verrouillage du système sociotechnique agricole dominant qui exclut de fait ces pratiques (Meynard et al., 2013). Par exemple, les organismes stockeurs n'ont pas nécessairement une chaîne logistique permettant de collecter et trier les mélanges d'espèces, et donc les refusent (Cholez et Magrini, 2014). La collecte et le triage présentent des coûts parfois considérés comme rédhibitoires. Les agriculteurs mentionnent un manque de références techniques et de conseils. In fine la majorité des agriculteurs ne cultive pas les associations de culture.

Cependant, les agriculteurs adaptent continuellement leurs pratiques et leurs systèmes en fonction des conditions changeantes de climat, de marché, de réglementation et de demande sociétale et ils sont ainsi amenés à inventer de nouveaux modes de conduite adaptés à leur propre situation. La conception d'innovations est un processus d'exploration de solutions potentielles pour résoudre un problème ou pour atteindre un objectif. Le raisonnement sous-jacent au processus de conception innovante a été conceptualisé dans la théorie C-K. Elle montre que l'exploration est basée sur des allers-retours entre l'espace des connaissances (K) et l'espace des concepts (C), ainsi que sur leur expansion en synergie (Hatchuel et Weil, 2009). La résolution de problèmes nouveaux, complexes et ambitieux nécessite ainsi l'exploration de voies nouvelles et la mobilisation de nouvelles connaissances, tant scientifiques que profanes. Pour favoriser cette exploration, les agriculteurs-concepteurs mobilisent des ressources cognitives (connaissances, outils et méthodes) qui favorisent la génération de solutions à explorer. L'identification et l'analyse agronomique d'innovations conçues en ferme par les agriculteurs-concepteurs est une source possible pour outiller la conception (Salembier et al., 2018). Ainsi, nous faisons l'hypothèse que les connaissances issues de l'analyse d'innovations d'agriculteurs peuvent être réutilisées et adaptées par d'autres agriculteurs pour la conception de leur propre système. Pour étayer ces propos, cet article décrit une traque aux associations de cultures, réalisée dans deux régions de France, dans le but d'identifier les celles cultivées par les agriculteurs et d'explicitier les liens entre leurs pratiques et leurs objectifs, afin d'aider d'autres agriculteurs dans leurs démarches de conception.



## Matériels et méthodes

### Zones d'étude

L'étude s'est déroulée de novembre 2017 à janvier 2018 dans deux régions françaises : (1) une zone centre-ouest au climat océanique, qui couvre le bassin de collecte de la coopérative Terrena, partenaire du projet, essentiellement sur la région administrative Pays-de-Loire, et (2) une zone sud-ouest au climat océano-continentale, située dans l'ouest de la région Occitanie (Figure 1). Dans la zone centre-ouest, les systèmes de cultures majoritaires sont des successions maïs-blé, des systèmes intégrant des prairies en rotation avec du maïs et du blé, ainsi que des systèmes spécialisés en blé, orge et colza à haut niveau d'intrants (Ballot et al. 2017). Dans la zone sud-ouest les cultures dominantes sont le blé tendre, le blé dur, ainsi que le tournesol et le maïs avec comme successions dominantes des séquences blé-tournesol incluant parfois le colza, des cultures de céréales avec des prairies temporaires, et des systèmes de monoculture de maïs irrigué (Ballot et al. 2017).

Ces deux zones voient les surfaces cultivées en agriculture biologique en nette progression. Les surfaces de légumineuses à graines sont très restreintes (moins de 1% de la SAU) et continuent à régresser, excepté les surfaces en soja, qui augmentent rapidement dans le sud-ouest. Concernant les surfaces cultivées avec des associations d'espèces il n'existe pas de statistiques officielles mais il est admis que cette pratique reste marginale.

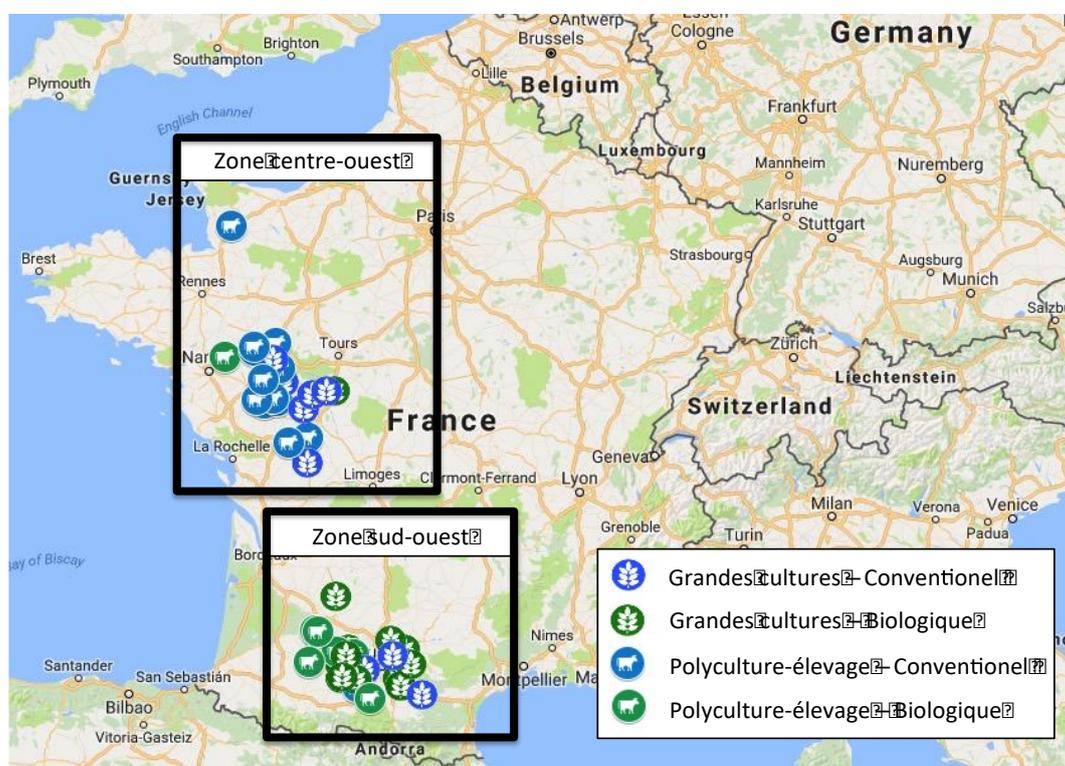


Figure 1 : Carte des zones d'étude et localisation des agriculteurs enquêtés.

### Démarche de traque aux associations

La méthode suivie dans cette étude a été adaptée de celle proposée par Salembier et al. (2016), qui se décompose en 5 étapes :

1. **Définition des innovations recherchées.** Nous nous sommes intéressés aux systèmes incluant des associations d'espèces de grandes cultures dont au moins une espèce est cultivée pour être récoltée et valorisée économiquement. Cela exclut de fait les couverts intermédiaires composés de mélanges d'espèces.
2. **Identification des agriculteurs pratiquant les associations d'espèces.** Dans la zone sud-ouest, les agriculteurs ont été identifiés par la méthode dite « boule de neige » en partant d'une liste de contacts ayant participé localement à des projets de recherche avec l'INRA les années

passés. Nous avons ainsi demandé aux premiers agriculteurs contactés s'ils connaissaient d'autres agriculteurs associant des cultures, et ainsi de suite. Des enquêtes ont été conduites auprès de 27 agriculteurs de cette zone. Dans la zone centre-ouest, une courte enquête web a été envoyée à tous les membres de la coopérative Terrena, afin de recenser des agriculteurs pratiquant des associations. 20 agriculteurs ont répondu positivement à l'enquête ont fait l'objet d'un entretien. Sur l'ensemble des deux zones, 47 agriculteurs ont été contactés, dont 24 en agriculture biologique, 27 spécialisés en grandes cultures sans élevage. Quatre agriculteurs avaient pratiqué les associations de culture par le passé et ont arrêté cette pratique. Les autres cultivaient des associations au moment de l'enquête.

3. **Description des associations.** Les enquêtes se sont déroulées par téléphone et ont duré entre 10 et 90 minutes. Les questions visaient à : (1) recenser les combinaisons d'espèces, (2) identifier les objectifs des agriculteurs lorsqu'ils décident d'associer des espèces, et (3) analyser les pratiques techniques et la valorisation des récoltes qu'ils implémentent pour atteindre les objectifs ciblés. Sur la base de ces réponses, nous avons caractérisé la diversité des associations de cultures pratiquées, la diversité des objectifs des agriculteurs et la diversité de pratiques, dans le but de reconstruire la logique agronomique de ces associations de cultures, c'est-à-dire les relations entre les pratiques et les objectifs.
4. **Evaluation des pratiques.** Une partie de l'entretien était consacrée à discuter de la satisfaction ou insatisfaction des performances des associations de cultures sur la base des critères des agriculteurs. A travers le discours de ces derniers, nous avons cherché à identifier les pratiques clés pour atteindre les objectifs ciblés, ainsi que les conditions et pratiques favorables ou défavorables à la réalisation de ces objectifs. Grâce à la description des associations de cultures que les agriculteurs ont décidé d'arrêter, nous avons listé les facteurs liés aux échecs d'associations de cultures. En comparant les expériences des agriculteurs cultivant encore les associations avec ceux ayant arrêté, nous avons cherché les facteurs qui expliquent pourquoi certains continuent là où d'autres ont arrêté.

## Résultats - discussion

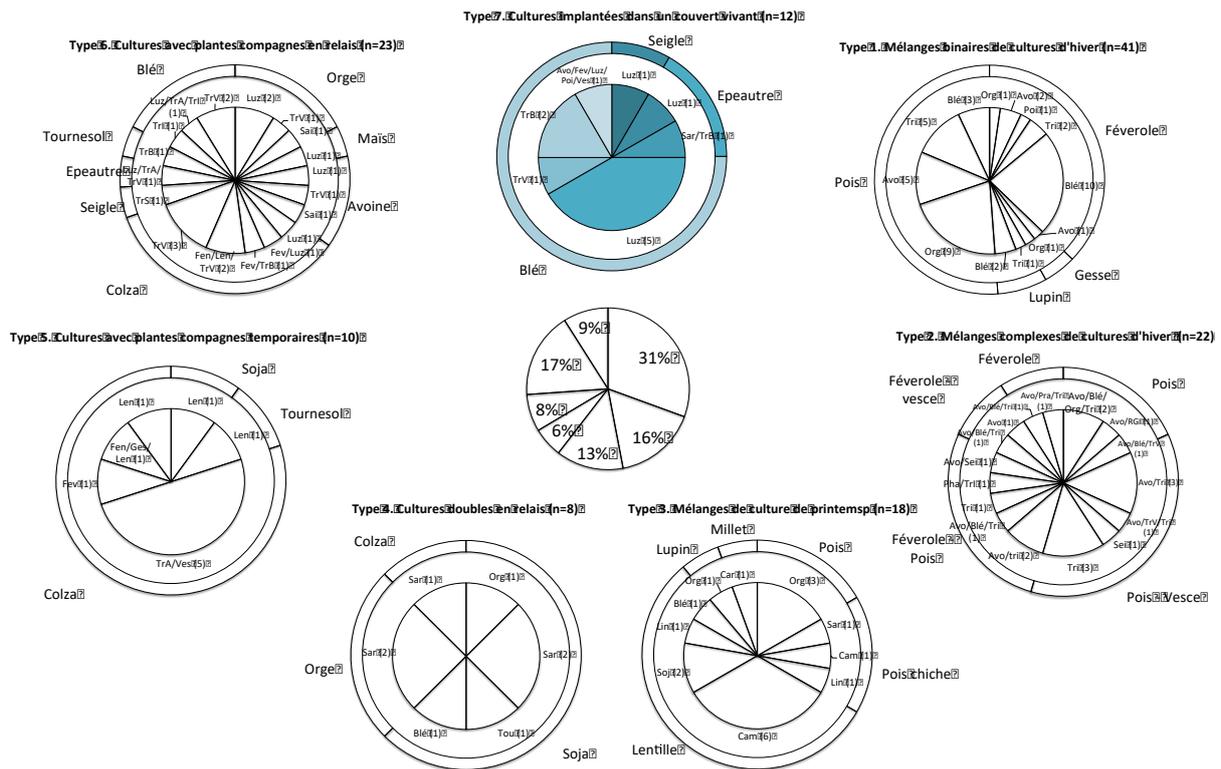
### **Diversité des associations de culture**

Une grande diversité de combinaisons d'espèces a été identifiée chez les 47 agriculteurs enquêtés. Au total, 76 combinaisons différentes (au moins 1 espèce différente) ont été décrites, mobilisant 29 espèces différentes (Figure 2). Cinquante associations étaient des mélanges à deux espèces, et les mélanges les plus complexes comptaient jusqu'à 6 espèces cultivées. 97% des associations comportaient au moins une espèce de légumineuses à graines ou fourragère. Dix mélanges n'étaient plus cultivés par aucun agriculteur. Les agriculteurs cultivaient entre 1 et 9 associations de cultures chacun, avec une moyenne de 2,5 associations par agriculteur.

Les associations de cultures ont été classées selon 7 types (Figure 2 ; Figure 3), sur la base des modalités d'organisation temporelle et des débouchés ciblés pour les espèces des mélanges :

- **Type 1 : Les mélanges binaires de cultures d'hiver de vente cultivées ensemble.** Tous ces mélanges incluaient une céréale (avoine, blé, orge ou triticale) et une légumineuse à graine (féverole, gesse, lupin ou pois), à l'exception d'un mélange de deux espèces de légumineuses (féverole et pois). Les deux espèces composant le mélange sont semées simultanément à l'automne et sont récoltés en même temps, soit en grains à maturité, soit avant en fourrage vert (notamment pour l'autoconsommation dans un atelier d'élevage). Dans le cas d'une récolte en grains, les espèces sont triées dans 76% des cas, soit par l'organisme collecteur-stockeur (46% des cas), soit par l'agriculteur à la ferme et les deux espèces sont ensuite vendues ou utilisées à la ferme (24% des cas). 24% des mélanges sont aussi utilisés en vrac pour nourrir les animaux à la ferme ou vendus à un voisin pour cet usage (5% des cas). On retrouve ces mélanges à la fois en agriculture biologique et en agriculture conventionnelle. Les mélanges incluant le lupin et une céréale sont présents uniquement en zone centre-ouest alors que les mélanges de féverole et de blé sont surtout présents dans le sud-ouest.





**Figure 2 :** Diversité des associations de cultures identifiées au cours des enquêtes, selon les 7 types décrits dans le texte. Les pourcentages d'associations dans chaque type sont présentés dans le camembert central. Les diagrammes périphériques présentent pour chaque type, les combinaisons d'espèces (les espèces en couronne sont associées aux espèces du cœur des camemberts). Abréviations : Avo = avoine ; Cam = caméline ; Car = carthame ; Fen = fenugrec ; Fev = féverole ; Ges = gesse ; Len = lentille ; Luz = luzerne ; Org = orge ; Pha = phacélie ; Poi = pois ; Pra = prairie ; RI = raygras italien ; Sai = sainfoin ; Sar = sarrasin ; Sei = seigle ; Soj = soja ; Tou = tournesol ; TrA/Ves(5) = trèfle d'Alexandrie ; TrB = trèfle blanc ; TrI = trèfle incarnat ; TrS = trèfle souterrain ; TrV = trèfle violet ; Ves = vesce.

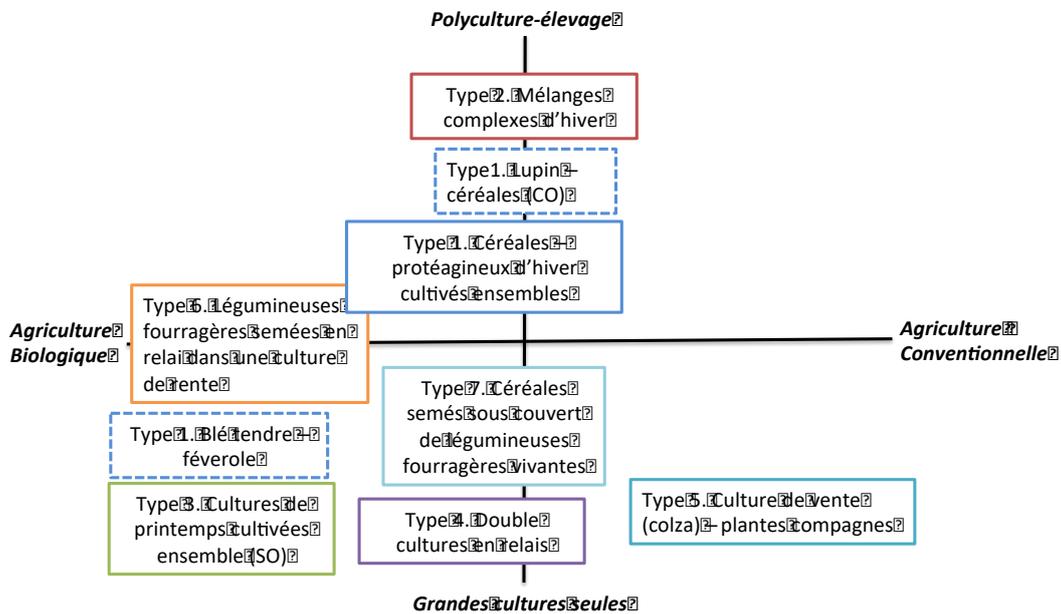
- **Type 2 : Les mélanges complexes de cultures d'hiver cultivées ensemble.** Ces mélanges comptent entre 3 et 6 espèces et ne sont cultivés que par les polyculteurs-éleveurs aussi bien en agriculture biologique et conventionnelle. Ils sont récoltés en vert ou en grains et dans ce dernier cas généralement utilisés en vrac non triés. Ces mélanges incluent parfois des espèces prairiales comme des vesces, trèfles et ray-grass.
- **Type 3 : Les mélanges binaires de cultures de printemps, cultivées ensemble.** Ces mélanges incluent une céréale (blé, orge, millet), ou une culture oléagineuse (caméline, carthame, lin ou tournesol), ou du sarrasin, en association avec une légumineuse à graines (pois chiche, lentille, lupin ou soja). Ce type de mélange présente au moins une espèce à forte valeur ajoutée pour un débouché en alimentation humaine. La plupart des agriculteurs cultivant ces mélanges sont dans 61% des cas autonomes pour le tri et on les trouve majoritairement dans le sud-ouest de la France et en agriculture biologique.
- **Type 4 : Les mélanges de deux cultures de vente en relai pour une double culture.** Dans ces mélanges, les espèces sont semées simultanément ou en décalé, mais une des deux espèces est récoltée bien avant la deuxième. Ces mélanges s'appuient sur la complémentarité des cycles des espèces, évitant les périodes de concurrence, et augmentant la période d'utilisation des ressources, par exemple en associant une culture de printemps avec une culture d'été (orge de printemps et soja), ou bien une culture à cycle long avec une culture à cycle court (colza et sarrasin). Ces mélanges sont surtout pratiqués par les agriculteurs biologiques et vendus.
- **Type 5 : Les mélanges d'une culture de vente avec une espèce compagne temporaire.** Les plantes compagnes sont des espèces cultivées pour la production de services pour la culture principale (régulation des adventices et insectes, fourniture d'azote, *etc.*) mais ne sont pas



valorisées économiquement. Dans les associations identifiées, les plantes compagnes sont semées en même temps que la culture de rente, mais disparaissent au cours du cycle de cette dernière, soit par une destruction par le gel, soit parce que le cycle de la plante compagne est plus court que celui de la culture de vente. Ce type comprend surtout les cultures de colza (parfois soja et tournesol) en association avec le fenugrec, la gesse, la lentille, des vesces ou des trèfles. Ces mélanges sont principalement cultivés par des agriculteurs conventionnels.

- **Type 6 : Les mélanges d'une culture de vente avec une espèce compagne semée en relai.** Les cultures de rente sont souvent des céréales (blé, maïs, orge, ou céréale secondaire) ou un oléagineux (colza ou tournesol) dans lesquelles sont semées des légumineuses fourragères (luzerne, trèfles blanc ou violet ou sainfoin). Ces légumineuses s'établissent au semis ou au cours du cycle de la culture de vente et persistent après la récolte de celle-ci pour couvrir le sol et produire des services pendant l'interculture. Ces plantes compagnes peuvent être récoltées pour du fourrage, ou bien restituées au sol pour amendement. Ce sont plutôt les agriculteurs biologiques qui les pratiquent aussi bien en grandes cultures qu'en polyculture-élevage.
- **Type 7 : Les mélanges d'une culture de vente sous-semée dans un couvert vivant établi auparavant.** Dans ce cas, les cultures de vente sont des céréales (blé, épeautre ou seigle) et dans un cas, un mélange complexe de type 2 est implanté dans une culture pluriannuelle de luzerne. La différence avec le type 6 étant que le couvert de légumineuse est conservé plusieurs années de suite. Au semis de la culture de rente, le couvert peut subir un contrôle chimique ou mécanique visant à réguler la compétition. Ces systèmes de semis sous couvert vivant se rencontrent surtout dans les systèmes spécialisés en grandes cultures à la fois biologiques et conventionnels.

Il est à noter qu'il n'existe pas de type d'association spécifique aux éleveurs biologiques (Figure 3). En effet, les types d'associations pratiqués par les éleveurs sont partagés entre agriculteurs biologiques et conventionnels. Par ailleurs, relativement peu d'associations sont pratiquées par les agriculteurs conventionnels.



**Figure 3 :** Positionnement de chacun des types d'associations selon le type d'agriculture (biologique ou conventionnelle) et le système (polyculture-élevage ou systèmes céréaliers sans élevage). La zone d'étude dans laquelle le type d'association est le plus souvent retrouvé est identifiée entre parenthèses (CO = centre-ouest, SO = sud-ouest), le cas échéant.

### Diversité des objectifs

Le fait d'associer des cultures ensemble est toujours justifié par les agriculteurs par des objectifs bien spécifiques. De manière générale, tous mettent en avant l'amélioration des performances économiques



et la rentabilité des cultures associées. Plus finement, l'analyse des entretiens révèle que chacun des types d'associations décrits dans la section précédente est associé à un groupe d'objectifs. Ces objectifs incluent : (1) augmenter le rendement, (2) augmenter la stabilité interannuelle du rendement, (3) augmenter le taux de protéines des grains, (4) augmenter l'autonomie protéique de la ferme, (5) permettre la flexibilité de la date de récolte (en vert ou en grains), (6) augmenter la quantité d'azote dans le système, (7) limiter le développement des adventices, (8) réduire les attaques de ravageurs et leur nuisibilité, (9) réduire le travail et les intrants et (10) améliorer l'activité biologique des sols et la structure du sol. Ainsi, il apparaît que l'ensemble des types d'associations contribuerait aux objectifs 7 (adventices), 9 (travail et intrants) et dans une moindre mesure à l'objectif 1 (rendement). Les autres objectifs ne peuvent être atteints que par certains types d'associations. Les mélanges binaires d'hiver (type 1 et 2) sont cultivés pour répondre à la quasi-totalité de ces objectifs (sauf le 10) alors que les types 3, 5 et 7 participent aux objectifs liés à la réduction des intrants.

Cette analyse est basée sur le discours des agriculteurs quant à leur satisfaction par rapport à la culture des associations. L'atteinte de ces objectifs n'a pas été évaluée par un autre moyen que l'auto-évaluation par l'agriculteur, selon ses propres indicateurs et comparateurs (rendement de l'association par rapport au rendement d'une culture en pur les dernières années, ou par rapport à une culture en pure sur une parcelle voisine, etc.). Nous considérons ici que, si les agriculteurs persistent dans une certaine pratique, c'est que celle-ci les satisfait suffisamment.

### **Diversité de pratiques et de logiques agronomiques – exemple du colza associé.**

Certains agriculteurs partagent le choix d'une même association d'espèces ou d'espèces proches mais pour des objectifs qui peuvent diverger. Les pratiques culturales sont alors adaptées par chacun pour favoriser l'atteinte d'un objectif. Pour illustrer ces logiques agronomiques nous prendrons l'exemple des associations à base de colza d'hiver. 16 agriculteurs associent le colza avec au moins une espèce compagne temporaire (type 5), ou persistante en relai (type 6) et tous cherchent à produire du colza en réduisant l'usage des pesticides et des engrais.

Le choix de l'espèce compagne associée est le premier facteur de variabilité des pratiques. Certains agriculteurs optent pour des légumineuses gélives pour rendre des services au colza à l'automne (régulation d'adventices et réduction d'attaques d'altises) puis au printemps (nutrition azotée). D'autres utilisent des espèces résistantes au froid (trèfle blanc, trèfle violet ou luzerne) pour avoir à la récolte du colza un couvert qui fixe l'azote et couvre le sol. Ce couvert estival est détruit chimiquement par un agriculteur, et par travail du sol par un deuxième agriculteur. Certains combinent les espèces gélives et persistantes pour bénéficier des différents services.

Les agriculteurs choisissent les espèces à associer en fonction des services qu'ils attendent (trèfle d'Alexandrie pour lutter contre les adventices, féverole pour les effets sur l'azote par exemple). D'autres critères de choix interviennent comme le prix des semences et leur disponibilité sur la ferme ou à la vente. D'ailleurs, deux agriculteurs souhaitant réduire les coûts de semences des espèces associées au colza cultivent leur colza après une féverole en comptant sur les repousses de cette dernière. Notons qu'un agriculteur stimule les repousses de féverole en déchaumant la parcelle alors que l'autre sème une dose de féverole en plus des repousses pour augmenter la densité de plantes accompagnant le colza. Ainsi, une forte couverture du sol lui permet des impasses d'herbicide et d'insecticides à l'automne. Toutefois, cet agriculteur ne compte pas sur le gel pour détruire les féveroles et a recours à un herbicide en entrée hiver, pour hâter la minéralisation des résidus de féveroles compagnes et maximiser les retours azotés rapidement au printemps. La facilité du semis en mélange avec le colza est aussi un critère pris en compte du fait que certains agriculteurs souhaitent semer toutes les espèces en un passage et choisissent dans ce cas des espèces à petites graines à mélanger avec le colza directement dans le semoir alors que d'autres acceptent de semer en deux fois avec un passage dédié aux grosses graines (féverole par exemple).

Les pratiques phytosanitaires sur colza associé sont variables. Le maximum enregistré est de 3 herbicides et 1 insecticide à l'automne suivant le semis du colza dans le cas d'un agriculteur visant essentiellement l'établissement d'un couvert en relai pour l'interculture suivant le colza. A l'opposé les agriculteurs qui ciblent le plus possible les régulations biologiques par la présence des plantes compagnes n'appliquent aucun herbicide ni insecticide. A titre d'exemple, un agriculteur, après une campagne désastreuse, s'est décidé à réduire au maximum les investissements pour l'établissement du



colza d'hiver, et donc à n'appliquer aucun pesticide d'automne (Figure 4). Pour cela il sème son colza de façon précoce après un précédent pois pour favoriser la vigueur du colza et il l'associe avec des légumineuses gélives (lentille, gesse et féverole) pour produire un couvert étouffant et perturbant les insectes ravageurs du colza. L'agriculteur n'intervient plus en automne et après le gel, en fonction de l'état de salissement de la parcelle et de l'état du peuplement de colza, il décide de maintenir le colza jusqu'à la récolte ou de le détruire. Dans ce cas, le couvert est considéré comme une culture intermédiaire dans laquelle une culture de printemps sera implantée après sa destruction. En 3 ans de test, le colza a été conservé jusqu'à la récolte chaque année, avec un rendement inférieur au potentiel, mais une marge préservée du fait de la réduction des coûts d'implantation.

Productions  Grains pour Alim. Humaine  Grains pour Alim. Animale  Fourrage  Services pour une culture



Crédit photo: Terresnovia

**Colza d'hiver (lentille, gesse et féverole de printemps)**  
*Brassica napus, Lens nigricans, Lathyrus pratensis, Vicia faba*

**ReMIX**  
Species mixtures for redesigning European cropping systems

Réalisation  
 Jeuffroy M.-H.<sup>1</sup>, Pelzer E.<sup>2</sup>, Verret V.<sup>3</sup>, Bedoussac L.<sup>2\*</sup>  
<sup>1</sup>NRA UMR Agronomie <sup>2</sup>NRA UMR AGIR-ENSFEA

**Objectif Réduire au maximum les intrants chimiques**

- Economiser sur l'implantation du colza.
- Pas d'anti-limaces ni d'insecticide d'automne.
- Apport d'azote par les plantes compagnes.

**Vienne, France**

- Argilo-calcaires (aubue).
- Non labour.
- Semis direct.

**Itinéraire technique**

Semis <input checked="" type="checkbox"/> Simultané <input checked="" type="checkbox"/> Récolte <input checked="" type="checkbox"/> Simultanée <input checked="" type="checkbox"/>	Simultané <input checked="" type="checkbox"/> Décalé <input checked="" type="checkbox"/>	Simultanée <input checked="" type="checkbox"/> Décalée <input checked="" type="checkbox"/>	
<p><b>1. Implantation</b> d'un couvert de légumineuses gélives (dose de colza, en semis direct, dès la récolte d'une paille ou d'un pois fin juillet)</p>	<p><b>2. Aucun</b> désherbage ni insecticide d'automne</p>	<p><b>3. Observation</b> du colza d'automne pour suite à l'état de peuplement de colza, sinon, conversion en culture d'hiver ou de printemps</p>	<p><b>4. Au printemps</b> insecticide non systématique + fongicide</p>

**Débouchés des espèces**

- Colza vendu en coopérative.
- Plantes compagnes détruites par le gel pendant l'hiver.

**Evaluation par l'agriculteur**

- ☉ Investissement minimum d'implantation du colza pas de surcoût par rapport à l'implantation d'un couvert hivernal semé systématiquement.
- ☉ Colza vigoureux, peu sensible aux attaques d'altises qui sont perturbées.
- ☉ Après le gel, le colza est très propre sous les plantes compagnes.
- ☉ En cas de colza ou jours conservés jusqu'à la récolte, rendement 25-30 t/ha.
- ☹ La lentille n'est pas très concurrentielle et peut être supprimée.

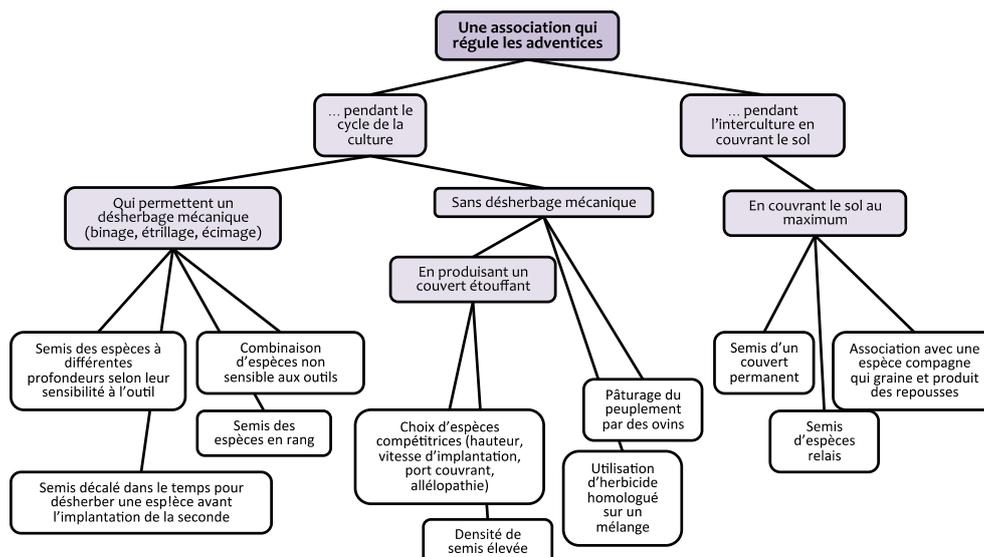
**Conditions de réussite, facteurs d'échec et risques à éviter**

- Implantation sans travail du sol le plus tôt possible après la récolte du précédent pour bénéficier de la raicheur du sol.
- Pour un semis régulier, vérifier l'homogénéité du mélange dans la trémie (travail possible en cours de chantier à cause des vibrations).
- Semis dense pour bien ouvrir le sol et étouffer les mauvaises herbes (140 kg/ha, 30€ de semences).

**Figure 4 :** Fiche technique issue du témoignage d'un agriculteur sur sa pratique de colza associé économe en pesticides (autres exemples disponibles dans le [rapport de fin de projet ANR Legitimes](#)).

### Outils de la conception – Retour aux agriculteurs

L'objectif finalisé de cette étude est de présenter les résultats de cette traque à d'autres agriculteurs et conseillers afin de stimuler leur processus de conception d'associations de cultures répondant à leurs objectifs. Montrer la diversité des combinaisons d'espèces cultivées localement par des pairs permet à d'autres agriculteurs-concepteurs d'ouvrir de nombreuses voies d'exploration non-soupçonnées jusqu'alors (Figure 2). La typologie des associations, décrite ici, propose aussi une entrée par les objectifs visés. Des fiches techniques, basées sur des témoignages d'agriculteurs, permettent aussi de décrire précisément des itinéraires techniques, pour ceux qui ne sauraient pas comment commencer leur exploration (Figure 4). L'analyse transversale des logiques agronomiques de l'ensemble des associations étudiées a également permis de créer des arbres qui relient les différents grands objectifs à des pratiques élémentaires à mettre en œuvre (Figure 5). Ces analyses ont aussi permis d'identifier des concepts innovants originaux comme dans l'exemple de la Figure 4 concernant une association de cultures dont la finalité est flexible et déterminée en cours de culture en fonction des conditions de l'année. Ces concepts innovants constituent des points de départ efficaces pour de nouvelles explorations.



**Figure 5** : Synthèse des pratiques culturales mises en œuvre par les agriculteurs dans le cadre d'associations de cultures, spécifiquement dans l'objectif de réguler les adventices.

## Conclusion

Cette traque aux associations a permis rapidement de compiler des références locales sur les pratiques innovantes existantes, et d'analyser les logiques agronomiques de ces systèmes afin de produire des connaissances situées, potentiellement réutilisables dans le cadre d'un processus de conception par d'autres agriculteurs, en complément d'autres ressources complémentaires (études scientifiques, modélisation, synthèses de bibliographie, etc.). Les résultats de cette traque constituent ainsi a priori des ressources intéressantes et utiles pour la conception.

## Remerciement

Cette étude a été financée dans le cadre du projet H2020 ReMix (Grant Agreement no. 727217). Nous remercions les agriculteurs qui ont donné du temps pour répondre à nos questions.

## Références

- Bedoussac, L., Journet, E.-P., Hauggaard-Nielsen, *et al.* 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35, 911–935. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7>
- Cholez C., Magrini M.-B. 2014. Cultiver des légumineuses à graines en pure ou en association avec des céréales: points de vue d'acteurs du système sociotechnique agricole. *Innov Agro* 40, 43-59.
- Hatchuel, A., Weil, B., 2009. C-K design theory: an advanced formulation. *Research in Engineering Design* 19, 181–192. <https://doi.org/10.1007/s00163-008-0043-4>
- Meynard, JM, Messean A, Charlier A., *et al.* 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures. Étude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Rapport d'étude INRA pp. 256. <https://www6.paris.inra.fr/depe/Projets/Diversification-des-cultures>
- Pelzer, E., Bazot, M., Makowski, D., *et al.* 2012. Pea–wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy* 40, 39–53. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.01.010>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0343-9>
- Salembier, C., Segrestin, B., Berthet, E., Weil, B., Meynard, J.-M., 2018. Genealogy of design reasoning in agronomy: Lessons for supporting the design of agricultural systems. *Agricultural Systems* 164, 277–290. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.05.005>

