

Conséquences de l'introduction des cultures associées céréale-légumineuse à graines dans les filières. Analyse du point de vue des agriculteurs et des coopératives

Bedoussac L.^{1,2}; Triboulet P.^{2,3}; Magrini M-B.^{2,3}; Rambault G.⁴; Foissy D.⁵, Corre-HellouG.⁶

¹ ENFA, F-31320 Castanet-Tolosan

² INRA, UMR1248 AGIR, F-31320 Castanet-Tolosan

³ Université Toulouse, INPT, UMR AGIR, F-31029 Toulouse

⁴ TERRENA, F-49000 Angers

⁵ INRA, UR0055 ASTER, F-88500 Mirecourt

⁶ LUNAM Université, Groupe ESA, UR LEVA, F-49007 Angers

Correspondance : Laurent.bedoussac@educagri.fr

Résumé

Les cultures associées (la culture simultanée d'au moins deux espèces sur une même parcelle) sont un moyen de répondre en partie aux difficultés rencontrées par les filières biologiques. L'objectif de cet article est d'identifier les conséquences de leur mise en œuvre ainsi que le degré de compatibilité au niveau : i) des systèmes de culture de 18 agriculteurs lorrains et ii) de l'organisation logistique des coopératives de Midi-Pyrénées collectant du blé dur et de deux coopératives ayant déjà expérimenté ces mélanges (Terrena et AgriBioUnion). Les conclusions de nos travaux montrent que les cultures associées sont *a priori* compatibles avec les systèmes de culture lorrains et avec l'organisation logistique actuelle des coopératives mais que le principal frein à leur développement réside dans la faisabilité et le coût du tri des grains. Les contraintes et bénéfices engendrés par les associations doivent donc être analysés plus finement et ce à chaque maillon de la filière afin de développer collectivement des solutions.

Mots-clés : Rotation, système de culture, logistique, verrouillage, résilience

Abstract: Consequences of the introduction of cereal - grain legume intercropping in the supply chain. Analysis from the perspective of farmers and cooperatives.

Intercropping (the simultaneous growth of 2 or more species in the same field) is one way to solve some difficulties that organic supply chain has to face. The aim of this article is to assess the consequences and the compatibility with intercropping at 2 levels: i) cropping systems of 18 farmers from north of France and ii) the logistics of agricultural cooperatives which collect durum wheat in Midi-Pyrenees altogether with two cooperatives that already had experimented intercropping (Terrena and AgriBioUnion). The conclusions of our work is that intercropping seems *a priori* compatible with farmers' cropping systems and with the present logistic organization of cooperatives but the main difficulty remains the feasibility and the cost in sorting out grains. Constraints and benefits of intercropping must then be analyzed more precisely at each level of the supply chain in order to collectively develop solutions.

Keywords: Crop succession, cropping system, logistic, lock-in, resilience

Introduction

L'agriculture productiviste de l'après-guerre s'est développée autour d'un paradigme reposant sur l'utilisation de l'agro-chimie (Griffon, 2010) favorable au « génie génétique » au détriment du « génie agroécologique » (Vanloqueren et Baret, 2009) valorisant entre autres les régulations inter-espèces. L'agriculture contemporaine tend ainsi à être marquée par une faible diversité biologique cultivée du fait de la spécialisation croissante des grandes cultures (Schott *et al.*, 2010) au sein de grands bassins de production. Les conséquences de cette spécialisation se mesurent également dans l'organisation des filières et plus particulièrement des organismes de collecte et de stockage à travers une optimisation de leur logistique en fonction de quelques productions dominantes et standardisées (Meynard *et al.*, 2013).

Les théories évolutionnistes peuvent aider à comprendre comment un ensemble de mécanismes économiques, dits d'« auto-renforcement » ont pu conduire les acteurs des filières agro-industrielles à mutuellement consolider les avantages initiaux de ce paradigme fondé sur la spécialisation (Fares *et al.*, 2012). Ainsi, les économies d'échelles, l'amortissement de matériel, les infrastructures et les compétences existantes, etc. tendent à bloquer ou à ralentir le développement de pratiques alternatives au système conventionnel (Geels, 2011). Le système agro-industriel apparaît alors comme verrouillé en faveur de ce paradigme conventionnel et laisse peu de place à des pratiques alternatives moins dépendantes aux intrants de synthèse, telle que l'agriculture biologique (moins de 4% de la SAU) ; et ce alors même que les attentes sociétales en matière d'environnement tendent à s'amplifier.

Les contraintes de production imposées par l'agriculture biologique nécessitent de rechercher de nouvelles solutions agronomiques permettant de répondre aux attentes des filières, en termes de rendement et de qualité. Les filières biologiques (meunières, pastières et d'alimentation du bétail) rencontrent en effet des difficultés d'approvisionnement en blé de qualité (David *et al.*, 2005) et en légumineuses à graines comme le pois (*Pisum sativum* L.) qui présentent en général des rendements faibles et variables (Corre-Hellou et Crozat, 2005). Pourtant, l'intégration de légumineuses dans les systèmes biologiques apparaît comme un des moyens de compenser, au moins partiellement, la balance azotée négative liée aux exportations d'azote, tout comme en agriculture conventionnelle pour réduire le recours aux engrais de synthèse, et ce en profitant de la capacité des légumineuses à fixer l'azote de l'air.

Les cultures associées (la culture simultanée d'au moins deux espèces sur une même parcelle pendant une période significative de leur croissance mais sans nécessairement être semées et récoltées simultanément), constitueraient l'une de ces voies susceptibles de contribuer à une plus grande durabilité des systèmes. En effet, les associations céréale-légumineuse présentent de nombreux avantages, tout particulièrement dans les systèmes biologiques où l'azote est souvent limitant (Bedoussac et Justes, 2010 ; Naudin *et al.*, 2010) à travers : i) l'accroissement et la stabilisation des rendements (Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2009 ; Lithourgidis *et al.*, 2006), ii) l'accroissement de la teneur en protéines des céréales et de leur qualité technologique (Gooding *et al.*, 2007), iii) le contrôle des adventices (Corre-Hellou *et al.*, 2011) ou encore iv) la réduction de certains ravageurs et maladies (Trenbath, 1993).

Si ces pratiques apparaissent comme l'une des solutions d'intérêts pour répondre aux enjeux agricoles de demain, elles sont encore aujourd'hui peu développées du fait de l'intensification de l'agriculture européenne au cours des 50 dernières années (Crews et Peoples, 2004). La moindre diffusion de ces systèmes peut s'expliquer par des difficultés d'adaptation des acteurs le long des filières à ces pratiques alternatives. A partir d'une synthèse de différentes études récemment conduites dans plusieurs régions françaises sur ces associations de cultures céréale-légumineuse à graines, nous proposons de revenir dans cet article sur les conséquences de leur introduction à l'échelle : i) des systèmes de culture biologiques de 18 exploitations agricoles de Lorraine puis ii) de l'organisation logistique de 15 coopératives agricoles de Midi-Pyrénées collectant du blé dur, dont l'une seulement en agriculture biologique. Nous terminerons par un retour d'expérience de deux coopératives ayant

collecté des cultures associées (Terrena à l'Ouest et AgriBioUnion au Sud). A travers la synthèse de ces résultats, nous essayerons d'identifier quels sont les facteurs pouvant expliquer la capacité des acteurs à accepter ou non les cultures associées, qu'ils soient en mode de production conventionnel ou biologique.

1. Incidences de l'introduction des cultures associées dans les exploitations

La conception de systèmes de culture impose dans un premier temps de fixer un cadre d'objectifs et de contraintes qui peuvent être aussi bien de nature pédoclimatique, technique que socio-économique (Loyce et Wery, 2006). Or, l'insertion des cultures associées dans les exploitations nécessite de revoir les systèmes de culture en place et pose en premier lieu la question de la position de ces mélanges d'espèces dans les rotations. Dès lors, il est nécessaire d'identifier quelles sont les contraintes des systèmes de production en place et les types de rotation existants. Pour ce faire, nous avons réalisé une enquête auprès de 18 agriculteurs biologiques en région Lorraine pour apprécier leurs systèmes de culture et de production (besoins en fourrages et en paille, cultures sous contrats, rotations, place de chaque culture dans les rotations, logiques agronomiques, lien avec d'autres ateliers...). Parallèlement, la performance des associations de blé tendre-pois protéagineux a été évaluée expérimentalement chez 6 d'entre eux sur des bandes allant de 0.5 à 2 hectares. Au-delà de cette évaluation agronomique et économique, ces essais ont permis l'acquisition de savoirs par les agriculteurs en terme de conduite de culture notamment mais ont également servi de support de réflexion quant aux conséquences induites sur les fermes par l'introduction de ces mélanges. Ces éléments, essentiels dans le cadre d'une approche participative de conception de systèmes de culture (Carberry *et al.*, 2002), ont été abordés au moyens d'entretiens semi-directifs de 2 à 3 heures réalisés individuellement avec chacun des agriculteurs ayant testé les associations, entretiens au cours desquels ont été abordés différents aspects comme : i) la conduite de l'association et les difficultés rencontrées, ii) leur place dans la rotation, iii) le tri et le stockage des récoltes à la ferme ou encore iv) la valorisation des produits pour l'alimentation humaine et animale.

1.1 Des systèmes de culture existants plus ou moins contraints

Le choix des systèmes de culture et des espèces cultivées sur une ferme est principalement influencé par 3 facteurs interdépendants que sont : i) les motivations des agriculteurs (sensibilité à certains ateliers, critères techniques, choix économiques...), ii) les conditions pédoclimatiques et iii) le contexte local à travers les filières en place. L'ensemble de ces contraintes détermine la souplesse des systèmes de production à l'introduction de nouvelles cultures à l'échelle de la ferme, et par effet induit à l'échelle du territoire et de l'opérateur de collecte. En particulier, la présence d'animaux va déterminer les besoins en fourrages, paille et céréales et ce de façon d'autant plus importante lorsque les agriculteurs ont pour but d'atteindre une autosuffisance alimentaire (Hellec, 2012).

En Lorraine, région traditionnelle de polyculture et d'élevage (bovins laitiers ou viande) et aux conditions pédoclimatiques difficiles (sols lourds, fortes amplitudes thermiques saisonnières), la durée de la rotation est en général de 6 à 7 ans (75% des fermes) tandis que des rotations plus longues (8 à 12 ans) sont rencontrées dans des fermes à vocation céréalière. Dans tous les cas, les systèmes de culture biologiques reposent systématiquement sur une tête de rotation fourragère constituée d'une prairie temporaire de 2 à 3 ans composée de mélanges de graminées et légumineuses (trèfles blanc et violet ou luzerne) servant de précédent à un blé tendre. Si les fermes d'élevage en rotation courte se limitent à ce seul blé on remarque que les fermes céréalières ou en polyculture élevage pratiquant des rotations longues introduisent un second blé avec à chaque fois comme précédent une légumineuse (dans 80% des cas un pois de type fourrager et de façon marginale du pois protéagineux et de la féverole) cultivée en association avec une céréale à paille (dans 75% des cas un triticale). Le reste des

rotations est constitué de cultures annuelles (essentiellement des céréales à paille telles que triticale, épeautre, seigle, avoine ou orge) qui sont destinées aux besoins du troupeau (paille et concentrés fermiers) ou à la vente en fonction des orientations des exploitations.

1.2 Performance et scénarios possibles pour l'insertion des associations

Les associations de blé-pois implantées chez 6 agriculteurs ont montré que le rendement du blé associé a été en moyenne sur l'ensemble des essais de 1,9 t/ha (valeurs comprises entre 1,2 et 2,6 t/ha) correspondant en moyenne à 83% du rendement du blé pur (valeurs comprises entre 80% et 95%). Le rendement du pois associé était quant à lui compris entre 0,3 et 1 t/ha représentant entre 13% et 30% du rendement total de l'association. *In fine*, le rendement total de l'association est inférieur à celui du blé pur chez 3 agriculteurs et supérieur chez les 3 autres (en moyenne respectivement 93% et 119% du rendement du blé pur). En ce qui concerne la qualité technologique, on observe que la teneur en protéines du blé associé est supérieure à celle du blé pur (en moyenne 11,0% et 10,1% respectivement) tout comme l'indice de Zélény (en moyenne 36,3 ml et 32,0 ml respectivement). Enfin, les tests de panification BIPEA norme NFV03-716 ne montrent pas de différences entre modalités et sites (en moyenne 242 points/300 pour les blés purs contre 246 points/300 pour les blés associés).

En ce qui concerne les possibilités d'insertion des cultures associées de blé-pois dans les rotations, deux scénarios ont été identifiés (Figure 1).

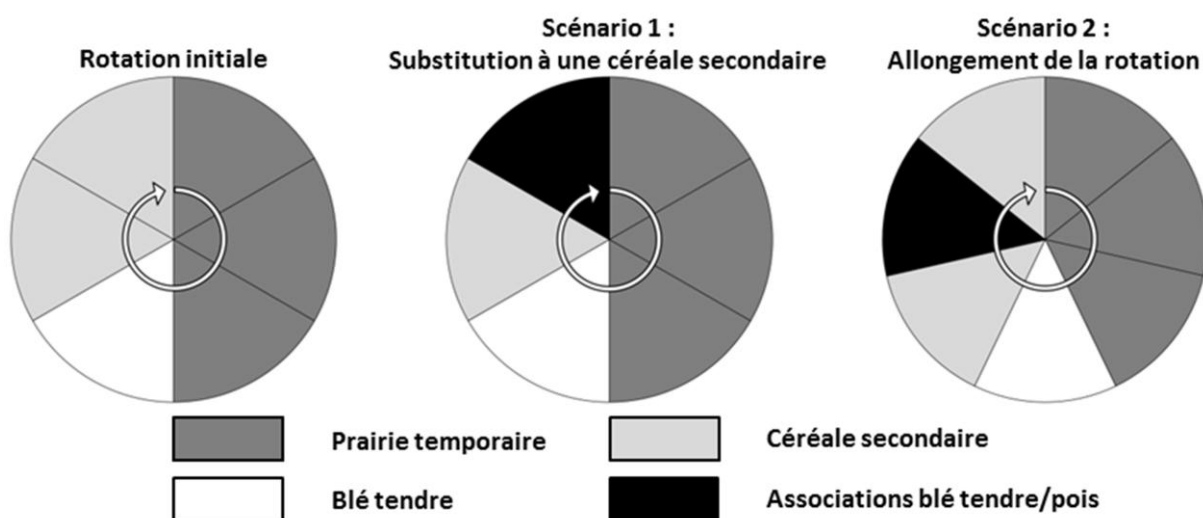


Figure 1 : Deux exemples d'insertion du blé en mélange dans une rotation de 6 ans : i) substitution à une céréale secondaire (scénario 1) et ii) allongement de la rotation (scénario 2).

1.2.1 Scénario 1 : Le mélange remplace une partie des céréales secondaires

Cette solution permet de produire un blé de qualité et d'augmenter ou tout du moins de sécuriser la quantité de blé produite sur la rotation dans un contexte pédoclimatique souvent limitant. Par ailleurs, cela permettrait d'accroître sur la rotation la quantité d'azote issue de la fixation symbiotique des légumineuses contribuant ainsi à améliorer l'autonomie azotée des systèmes de culture. Notons que dans le cas des rotations longues, ce mélange peut également être cultivé en remplacement du blé tendre pur sauf celui mis en place après la prairie et pour lequel la disponibilité en azote est moins limitante.

1.2.2 Scénario 2 : Le mélange vient s'intercaler entre deux cultures de céréales secondaires

Cette modification de la rotation doit être envisagée avec précaution dans les systèmes d'élevage ou de polyculture élevage du fait qu'un allongement de la durée de la rotation entraîne une diminution de la surface élémentaire de chaque culture et notamment celle en prairie temporaire. Dès lors, cette solution ne doit être retenue que si la diminution de la sole de prairie ne risque pas de remettre en cause l'autonomie fourragère des exploitations notamment lors d'années difficiles. Notons que cet allongement de la rotation est plus facilement envisageable dans les systèmes céréaliers qui manquent de légumineuses et où les prairies peuvent avoir un débouché plus limité.

1.3 Stockage et séparation des associations : des contraintes supplémentaires

Les agriculteurs biologiques lorrains disposent en majorité de moyens de stockage à la ferme et la plupart d'entre eux sont équipés d'appareils de nettoyage qu'ils utilisent après la récolte afin d'éliminer une partie des impuretés et améliorer ainsi la conservation du grain. Dans les exploitations d'élevage, les céréales secondaires tout comme le pois servent à l'autoconsommation alors que le blé tendre est destiné à l'alimentation humaine (meunerie) et livré à la coopérative en fonction de ses besoins car elle ne dispose pas d'une capacité de stockage suffisante (800 tonnes de capacité pour 4000 tonnes de céréales collectées). Par conséquent, du fait des débouchés respectifs des deux espèces, la récolte issue des associations blé-pois a vocation à être triée afin de séparer les graines. Les tests de tri effectués chez les agriculteurs montrent que les équipements de nettoyage présents dans les fermes permettent de séparer assez bien les graines de pois non cassées mais ne permettent pas de trier les graines de pois cassées de celles de blé. Pour cela il faudrait utiliser des trieurs plus performants (trieur alvéolaire, trieur optique, table densimétrique,...) mais cette hypothèse est difficilement envisageable en raison du coût d'investissement.

Même s'il reste insuffisant, un pré-tri des récoltes d'association serait un moyen de réduire les contraintes pour la coopérative lors de la livraison des récoltes mais ce pré-tri nécessite pour les agriculteurs d'investir ou tout du moins de consacrer aux associations des capacités de stockage plus importantes. En effet, en plus d'une cellule de stockage pour le blé et d'une pour le pois comme dans le cas des cultures monospécifiques, il faut également une cellule de stockage pour l'association avant tri. Une solution envisageable pour éviter d'accroître les besoins de stockage serait d'effectuer cette opération de pré-tri dès la récolte lors du nettoyage des grains. Cependant, les agriculteurs interrogés jugent cette opération difficilement compatible avec la pointe de travail au moment des moissons et imaginent plutôt de différer cette opération de pré-tri. En tant que premier intermédiaire pour la valorisation de ces produits, nous proposons donc d'analyser la structure logistique des coopératives pour identifier leur plus ou moins grande capacité d'adaptation afin d'évaluer *in fine* leur capacité à collecter ou non des cultures associées.

2. Incidences de l'introduction des cultures associées dans les coopératives

Les travaux de Magrini *et al.* (2013) visaient à étudier la structure technico-organisationnelle des coopératives au regard de leur logistique, pour apprécier certaines formes de résilience¹ permettant de gérer des produits agricoles issus de pratiques agronomiques alternatives. Du fait de la place stratégique occupée par les coopératives à l'interface entre le producteur et le transformateur, cette résilience pourrait constituer un point d'amorçage pour un changement de paradigme global de la filière vers des logiques plus économes en intrants, en se fondant notamment sur une plus grande diversité cultivée. Cette étude s'appuie sur une enquête réalisée en 2010 auprès des 15 coopératives de Midi-Pyrénées collectant plus de 500 tonnes de blé dur annuellement (dont une en agriculture biologique)

¹ La résilience est ici considérée comme la capacité d'une organisation à maintenir une activité de production tout en intégrant l'évolution des exigences sociétales, telles que les exigences de durabilité.

visant à mieux comprendre leur organisation logistique (collecte, tri, stockage, contractualisation et commercialisation) et à identifier leur degré de compatibilité avec les cultures associées.

Le choix du blé dur s'explique par le fait qu'il existe de nombreux critères de qualité pris en compte pour caractériser cette production (teneur en protéines, mitadinage, indice de jaune, grains germés, mouchetés ou fusariés, etc.) ce qui en fait une culture complexe et donc un cas d'étude intéressant. Quant au choix de la région Midi-Pyrénées, il se justifie par le fait qu'elle est la deuxième région française de production de blé dur (30 % de la récolte nationale et un peu plus de 600 000 tonnes collectées) derrière la région Centre (données de campagne 2009 et 2010, source Agreste).

2.1 Marges de manœuvre dans l'organisation logistique des coopératives

L'enquête réalisée a permis de mettre en évidence les modalités d'organisation des trois étapes clés que sont la livraison, le conditionnement et la commercialisation. A partir de la description de ces étapes, nous proposons de revenir sur les opportunités ou freins qui peuvent alors apparaître pour gérer des cultures associées.

2.1.1 La livraison à la coopérative

Prise en charge par l'agriculteur lui-même ou par la coopérative, la livraison se fait après la moisson, ou elle peut être différée via un stockage temporaire en bennes au champ ou à la ferme pour une durée plus ou moins longue. Ces stockages temporaires sont un moyen pour la coopérative de réguler les flux d'approvisionnement du fait d'une concentration des récoltes du blé dur sur deux à trois semaines (fin juin à mi-juillet). Le stockage à la ferme, qui représente entre 10 et 50% de la collecte de blé dur selon les coopératives peut être vu comme une solution alternative en cas notamment de capacité insuffisante de ces dernières offrant ainsi une solution alternative au stockage des cultures associées. Il est cependant ressorti de cette enquête que la plupart des coopératives ne souhaitent pas développer cette pratique du fait d'une moindre capacité de contrôle de la qualité sanitaire. Dès lors, lorsque les coopératives ont recours à cette pratique, elles tendent à mettre en œuvre des moyens visant à limiter les risques d'altération à la ferme via des cahiers des charges spécifiques.

2.1.2 Le conditionnement à la coopérative

A son arrivée à la coopérative, le blé dur subit une première série d'analyses rapides (2 à 3 minutes) visant à évaluer la qualité globale (humidité, poids spécifique et dans certains cas le taux de protéines) qui déterminera en grande partie la rémunération de l'agriculteur. Ces mesures sont en général complétées par une analyse visuelle de la quantité d'impuretés d'une part et du taux de mitadinage d'autre part servant ainsi à définir le premier silo de stockage. A noter qu'un échantillon est prélevé lors de chaque livraison pour réaliser *a posteriori* des compléments d'analyses qui serviront à moduler le paiement final aux agriculteurs en fonction de politiques tarifaires propres à chaque coopérative. Les critères de classement et les valeurs de références varient selon les coopératives, les cahiers des charges qui les lient aux clients et les années en lien avec les critères limitants rencontrés sur le marché des céréales. A titre d'exemple, si une année donnée les teneurs en protéines sont globalement bonnes, alors ce facteur de classement sera secondaire ou tout du moins les valeurs de référence seront revues à la hausse pour déterminer le prix à payer aux agriculteurs par rapport à d'autres éléments comme le poids spécifique ou le mitadinage.

2.1.3 La commercialisation

Elle dépend de la contractualisation avec les clients et des critères de qualité retenus dans les contrats. Afin d'atteindre les seuils d'exigence définis dans les contrats de commercialisation des semouliers-pastiers, une étape d'allotement est réalisée. Cette étape consiste à mélanger des lots de différentes qualités pour s'ajuster *a minima* à ces exigences ce qui est facilité par l'existence au départ d'un nombre important de classes. Si la majorité des coopératives réalisent deux ou trois classes de blé dur

on note que certaines coopératives ne différencient pas leurs lots alors que d'autres peuvent constituer jusqu'à cinq classes. A noter que certains semouliers établissent des contrats de pré-campagne lorsqu'ils recherchent une qualité spécifique comme par exemple un indice de jaune élevé qui nécessitera la mise en culture de variétés adaptées.

Dans le cas des cultures associées de blé dur-légumineuse à graines, leur production ne nécessite pas *a priori* d'investissement dans du matériel spécifique pour les coopératives, dans la mesure où les moyens matériels sont déjà adaptés aux pratiques et aux cultures régionales dominantes dont font partie ces deux espèces associées. Cependant, le produit livré à la coopérative doit correspondre aux exigences de qualité (normes définies dans la grille de l'Association Générale des Producteurs de Blé et autres céréales) de l'aval de la filière pour la transformation du produit du fait que les agriculteurs « *produisent avant tout pour un débouché* » d'après Bousseau (2009). Dès lors, les associations doivent être triées post récolte pour commercialiser séparément les deux espèces tout en garantissant *a minima* les qualités exigées dans les contrats de commercialisation et en particulier concernant le taux d'impuretés. Ainsi, l'acceptation de produits issus de cultures associées par la coopérative dépend de ses capacités techniques (stockage et segmentation) pour gérer la qualité et la diversité et, en tout premier lieu, de sa capacité à trier efficacement les lots. Cette étape peut donc nécessiter à la fois des adaptations dans le calibrage du matériel existant voire l'acquisition d'un matériel adapté afin de répondre aux exigences spécifiées dans les contrats de commercialisation, ce qui fait des cultures associées un exemple de pratique alternative particulièrement complexe et intéressant.

In fine, l'organisation logistique actuelle des coopératives peut être compatible avec l'accueil de nouvelles formes de production comme les cultures associées du fait que les grands principes d'organisation restent les mêmes : collecte, stockage avant tri, tri, stockage post-tri. Or, la logistique étant « *un gisement de différenciation et globalement d'efficacité économique et donc de compétitivité dans un monde hautement concurrentiel* » d'après Mathé et Tixier (2010), la capacité des coopératives à gérer des lots issus de pratiques alternatives pourrait témoigner d'une plus grande compétitivité en lien avec une logistique performante. Cette étude a donc cherché à évaluer *a priori* la capacité des coopératives de Midi-Pyrénées enquêtées à gérer les associations et à identifier les facteurs déterminants de cette capacité.

2.2 Organisation logistique des coopératives et acceptabilité des associations

A partir des éléments recueillis lors d'entretiens et enquêtes semi-directes, une analyse multicritères a été réalisée pour comprendre si les coopératives se disant *a priori* capables de collecter des cultures associées avaient une structure technique et organisationnelle particulière. En raison du faible nombre d'observations disponibles, la méthode choisie consiste en une somme pondérée (Roy, 1985) qui est une méthode simple mais qui présente des limites en particulier pour établir et interpréter les poids attribués à chaque critère (Vallin et Vanderpooten, 2006). Dix critères répartis en deux groupes pour un total de 20 points (Tableau 1) ont été retenus comme des déterminants importants de la structure technico-organisationnelle des coopératives. En parallèle de cette notation de l'organisation logistique des coopératives, leur capacité relative de stockage a été caractérisée à travers le ratio volume de stockage/volume collecté qui indique les marges de manœuvre dont dispose une coopérative pour gérer sur le court terme ses stocks. De plus, pour affiner cette analyse, les coopératives ont été réparties en trois classes : i) petite lorsque le volume de collecte est inférieur à 75000 tonnes, ii) moyenne lorsqu'il est compris entre 125000 et 300000 tonnes et iii) grande lorsqu'il est supérieur à 500000 tonnes.

Sur les 15 coopératives interviewées, 11 ont déclaré que leur logistique actuelle était *a priori* compatible avec l'introduction des cultures associées (Figure 2) et une seule coopérative (dédiée à l'agriculture biologique) a déjà expérimenté ces systèmes. Il ressort de notre analyse qu'aucun des critères de score pris individuellement n'est suffisamment discriminant pour expliquer ces résultats du fait que certains de ces critères peuvent se compléter pour favoriser ou non cette acceptabilité.

Tableau 1 : Description des critères d'analyse de la structure technico-organisationnelle des coopératives

| | Critère | Valeurs pondérées et hypothèse |
|---|---|--|
| Groupe 1 : Caractéristiques globales de l'organisation logistique | Critère 1 : Diversité des espèces collectées | 3 valeurs : 0, 1 ou 2 en fonction du nombre croissant d'espèces collectées. Hypothèse : une plus grande diversité contraint la coopérative à plus d'adaptation dans la maîtrise des opérations d'analyse, de tri, de séchage, de stockage différenciés etc. |
| | Critère 2 : Diversité relative | 3 valeurs : 0, 1 ou 2 inversement proportionnelle au ratio volume de collecte / diversité au sein de chaque classe de taille de coopérative. Hypothèse : pour un nombre d'espèces collectées comparable une coopérative ayant un volume de collecte faible aura une propension plus grande à gérer de la diversité qu'une coopérative ayant un volume de collecte élevé. |
| | Critère 3 : Perspectives de diversification | 2 valeurs : 0 (non) ou 2 (oui) selon si la coopérative envisage sur le court terme de collecter des espèces supplémentaires. Hypothèse : indique une capacité future à gérer plus de diversité. |
| | Critère 4 : Perspectives d'investissement | 2 valeurs : 0 (non) ou 1 (oui) selon si la coopérative envisage sur le court ou moyen terme d'investir dans de nouvelles capacités de stockage. Hypothèse : indique une capacité future à plus de flexibilité. |
| | Critère 5 : Stockage à la ferme | 2 valeurs : 1 (non) ou 0 (oui) selon que la coopérative favorise ou non le stockage à la ferme. Hypothèse : stockage à la ferme défavorable à la gestion de la qualité. |
| Groupe 2 : Caractéristiques de l'organisation logistique pour le blé dur | Critère 6 : Volume de blé dur | 4 valeurs : 0, 1, 2 ou 3 en fonction du volume de blé dur collecté (variant de 600 à 340000 tonnes). Hypothèse : les moyens dédiés au blé dur augmentent avec le volume collecté. |
| | Critère 7 : Classes de blé dur | 5 valeurs : 0, 1, 2, 3 ou 4 en fonction du nombre de classes de blé dur réalisées. Hypothèse : plus la coopérative distingue de classes plus elle a de flexibilité dans la préparation des lots pour ses clients. |
| | Critère 8 : Moyens pour la séparation des lots | 2 valeurs : 0 (non) ou 2 (oui) en fonction de leur appréciation de leur capacité de séparation des lots de blé dur. Hypothèse : une capacité de séparation suffisante témoigne d'une capacité technique à gérer la qualité du blé dur. |
| | Critère 9 : Moyens pour le stockage des lots | 2 valeurs : 0 (non) ou 2 (oui) en fonction de leur appréciation de leur capacité de stockage des lots de blé dur. Hypothèse : une capacité de stockage suffisante témoigne d'une capacité technique à gérer la qualité du blé dur. |
| | Critère 10 : Stockage du blé dur à la ferme | 2 valeurs : 1 (<20% du volume total de blé dur collecté par la coopérative) ou 0 (>20% du volume total de blé dur collecté par la coopérative) selon la part de blé dur stocké à la ferme. Hypothèse : le stockage à la ferme est défavorable à la gestion de la qualité du blé dur. |

Ces résultats suggèrent que seule une compréhension conjointe de ces éléments permet d'expliquer la compatibilité ou non des coopératives vis-à-vis des cultures associées et confirme la pertinence de la méthode de la somme pondérée. En effet, on observe que le score global semble expliquer la capacité *a priori* des coopératives à accepter ou non ces mélanges du fait que les 9 coopératives ayant les scores les plus élevés déclarent leur logistique actuelle comme « compatible » avec ces pratiques (Figure 2). Ces résultats sont indépendants de : i) la taille des coopératives et ii) du ratio volume de stockage sur volume collecté. Cependant, ce dernier critère devrait avoir une influence sur les stratégies de commercialisation des coopératives du fait qu'un faible ratio suggère que ces dernières doivent déstocker rapidement en cours d'été pour faire de la place aux récoltes des cultures d'automne.

La gestion de la qualité du blé dur, à travers le niveau de segmentation des lots (critère 7), témoigne d'une capacité à valoriser au mieux la production de blé dur sur les marchés. Ce critère apparaît donc comme important mais n'est pas discriminant (1.2 point en moyenne pour les coopératives déclarant leur logistique comme « compatible » contre 1.5 point pour les autres). Dès lors, ce n'est pas tant la gestion de la qualité du blé dur qui est importante mais la gestion de la qualité au sens large (critères 4, 5, 7, 8, 9 et 10) dont la somme pondérée est de 6.1 points pour les coopératives « compatibles » contre

4.8 points pour les autres. Au-delà de ce lien assez fort qui semble se dégager entre cette capacité de gestion par la qualité et l'acceptabilité des cultures associées, la diversification (critères 1, 2, 3 et 6) semble aussi être un facteur déterminant de l'acceptation *a priori* de nouvelles formes de cultures comme les cultures associées. En effet, pour les coopératives se disant « compatibles », la somme pondérée de ces critères est en moyenne de 3.9 points contre 2.5 points pour les autres. *In fine*, nous pouvons donc considérer que seul le score global qui peut être vu comme un indicateur d'une politique orientée vers la « qualité » et la « diversité » témoigne d'une structure technico-organisationnelle plus résiliente des coopératives. Une telle double orientation donnerait à ces structures une « avance » sur les autres dans leur capacité à anticiper et s'adapter à de nouvelles exigences sociétales et notamment à une plus grande diversité de produits à collecter (nombre d'espèces ou de modes de production).

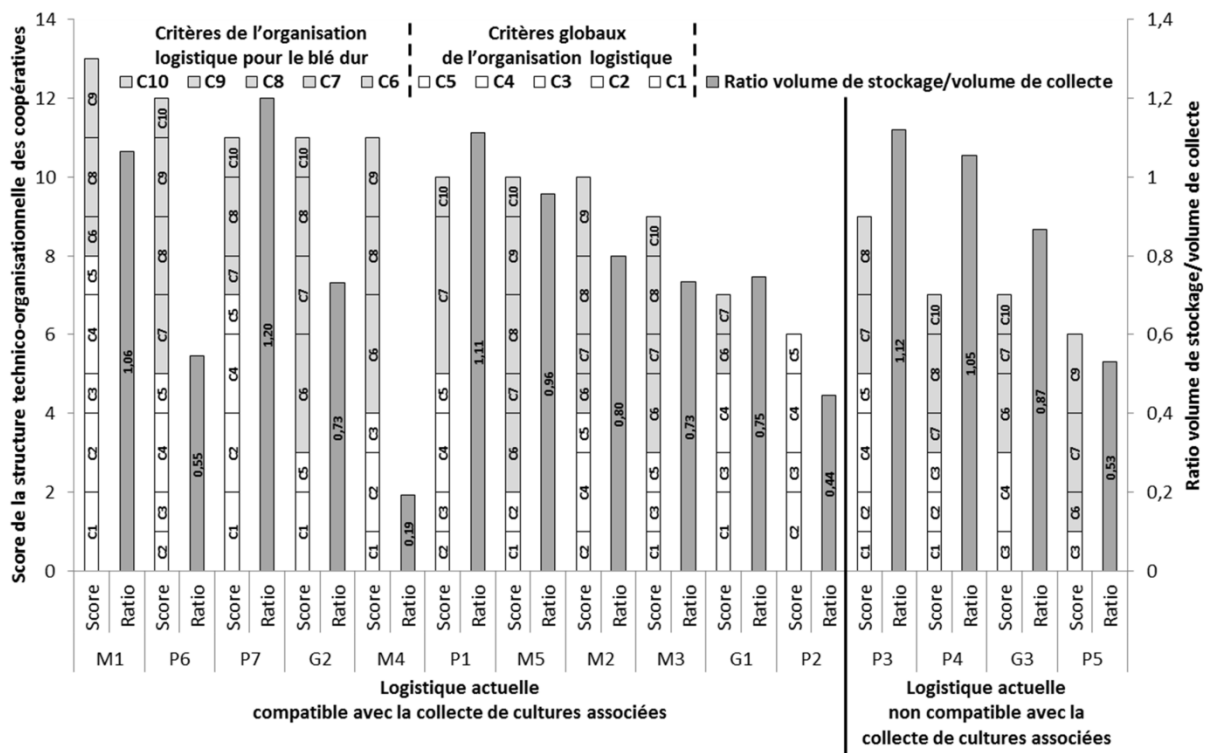


Figure 2 : Caractéristiques des coopératives enquêtées : i) Taille : petite (P ; moins de 75000 tonnes collectées) ; moyenne (M ; entre 125000 et 300000 tonnes collectées) et grande (G ; plus de 500000 tonnes collectées) ; ii) Score de l'organisation logistique des coopératives (critères globaux de 1 à 5 et critères spécifiques au blé dur de 6 à 10) ; iii) ratio entre la capacité de stockage et le volume de collecte et iv) évaluation par les coopératives elles-mêmes de la compatibilité actuelle de leur logistique avec la collecte de cultures associées.

In fine, si l'organisation logistique actuelle des coopératives peut être compatible avec l'accueil des cultures associées, les conclusions des enquêtes convergent sur la gestion délicate du tri. De plus, la question de la valorisation des deux productions à l'issue du tri présente un goulot d'étranglement du fait des difficultés à obtenir un blé dur répondant aux qualités requises pour l'alimentation humaine, et à valoriser des légumineuses à graines qui rencontrent des difficultés d'écoulement sur le marché de l'alimentation animale (Charrier *et al.*, 2013) ou qui, pour l'alimentation humaine, devront aussi présenter des seuils de qualité importants (notamment des taux d'impuretés très bas). Aussi, en complément de cette analyse, nous proposons de revenir maintenant sur les essais et les opérations de tri réalisés par deux coopératives ayant expérimenté les mélanges blé-légumineuses à graines : Terrena et AgriBioUnion.

3. Collecte et tri d'associations par les coopératives Terrena et AgriBioUnion

La coopérative Terrena a étudié en 2009 et 2010 les résultats de collecte d'associations céréale-légumineuse biologiques en termes de qualité et coût du tri, d'investissements nécessaires en stockage et séchage, de contraintes logistiques etc.). A titre d'illustration, 158 tonnes d'associations ont été traitées en 2010 et des tests de tri ont été réalisés sur 9 lots distinctifs au moyen d'un nettoyeur séparateur rotatif à 4 grilles. Les résultats du tri sont hétérogènes mais il ressort des analyses qu'il y a systématiquement trop de grains cassés de protéagineux dans le blé ce qui ne permet pas une valorisation de la céréale en alimentation humaine. Par ailleurs, cela engendre une moindre quantité de protéagineux à valoriser estimée à 8 €/tonne alors que le coût du tri *sensu stricto* est estimé à 7€/tonnemême si ces chiffres demandent à être affinés et validés sur des quantités plus importantes. Notons que la coopérative trouve un intérêt particulier à ces mélanges qui permettent de sécuriser un approvisionnement en protéagineux aujourd'hui faible en agriculture biologique, mais cela pose la question de la connaissance, de l'existence et de la pérennité des marchés pour les commercialiser.

Pour que la valorisation du blé en alimentation humaine soit envisageable en l'état, différentes solutions ont été évoquées, comme : i) minimiser l'hétérogénéité dans les types de mélanges pratiqués par les agriculteurs (proportion et choix des espèces), ii) réaliser un allotement avec des céréales issues de cultures monospécifiques ouiii) investir dans des trieurs de type table densimétrique ou trieur optique plus performants que les trieurs rotatifs classiques. Cette dernière hypothèse nécessite d'analyser la relation coût-bénéficecar l'usage de ce type de matériel augmenterait le coût du tri *sensu stricto*en lien avec un débit moindreet un prix à l'achat plus élevé (même si ce dernier tend à diminuer)qui pourrait être compensé par une réduction des taux de déchets par rapport à des trieurs conventionnels (selon une information diffusée par TVI qui fabrique des trieurs optiques, le taux de déchets sur des graines passe de 14-18% en outils traditionnels à 3-8% en triage optique).

Du point de vue du collecteur, au-delà de la qualité du tri, se pose la question des difficultés logistiques et des coûts supplémentaires en termes de : i) besoins supplémentaires en capacité de stockage et ii) disponibilité de la main d'œuvre pour traiter de façon particulière des lots en période de pointe d'activités. Il ressort d'un entretien complémentaire réalisé auprès de la coopérative AgriBioUnion, que la plupart des ajustements opérés rejoignent ceux évoqués *a priori* par les autres coopératives et en particulier par la coopérative Terrena. Ces deux coopératives ont également pointé du doigtle fait que la collecte de produits non homogènes comme les cultures associées conduirait à ajuster les méthodes d'échantillonnage et d'analyse à l'arrivée des bennes à la coopérative pour en évaluer la qualité et la compositionen vue du paiement de l'agriculteur (Bousseau, 2009).

3.1 Rôle déterminant des agriculteurs pour réduire les contraintes liées autri

Si l'investissement dans du matériel de tri performant est difficilement envisageable pour les agriculteurs lorrains enquêtés en raison du coût, il n'en reste pas moins que ces derniers peuvent agir en amont pour limiter les difficultés de tri et notamment la part de pois cassés. En effet, la qualité du tri sera d'autant meilleure que la taille des graines (diamètre) entre les deux espèces sera différente. En particulier, il a été observé par les coopératives Terrena et AgriBioUnionde meilleurs résultats de tri pour les mélanges blé-féverole comparativement aux mélanges blé-pois. Cependant, le choix de la féverole en lieu et place du pois n'est pas sans poser de questions dans les exploitations d'élevage en raison des caractéristiques alimentaires différentes de ces deux produits et en particulier des facteurs anti-nutritionnels (vicine-convicine et tanins) présents dans nombre de variétés de féverole².Il est

²Catalogue 2010 des variétés de protéagineux inscrites au catalogue européen et commercialisées ou testées en France ces dernières années. Edition ARVALIS - UNIP - FNAMS : http://www.unip.fr/uploads/media/Catalogue_varietes_Arvalis-Unip_2010_01.pdf

également possible d'adapter le choix variétal ce qui nécessite une bonne connaissance des variétés disponibles sur le marché et des caractéristiques susceptibles de faciliter le tri.

Au-delà du choix d'espèces et de variétés adaptées, il est possible de limiter la quantité de grains cassés lors de la récolte même si la marge de manœuvre est faible. En effet, céréales et protéagineux exigent des réglages de la moissonneuse batteuse opposés (vitesse de battage et écartement entre batteur et contre-batteur) et il est donc nécessaire de faire des compromis en s'orientant plutôt vers des choix limitant la casse de la légumineuse au risque de perdre une fraction de blé (épis mal battus). On pourra également privilégier des moissonneuses batteuses équipées de batteur/contre-batteur axiaux considérées comme moins agressives. Enfin, sachant que la vitesse de battage pour une même espèce dépend de la variété le choix de l'agriculteur devra se porter sur des blés faciles à battre.

In fine, ces résultats soulignent que les agriculteurs ont un rôle essentiel à jouer pour limiter les contraintes liées au tri à travers le choix des espèces et variétés et des réglages de la moissonneuse-batteuse à la récolte. Toutefois, les ajustements fins à la récolte sont délicats en raison des pointes de travaux à cette période et de leur diversité (diversité des cultures à récolter, ramassage des pailles, récolte des foins, semis des cultures intermédiaires,...). Par conséquent, il semble peu probable que les agriculteurs soient en mesure de livrer à la coopérative des lots de blé présentant une qualité suffisante pour un débouché en alimentation humaine. Dans ce cas, les contraintes liées au tri et au stockage des cultures associées se trouveront en partie reportées sur la coopérative qui devra de son côté s'assurer de la rentabilité d'une telle opération au regard de la valorisation escomptée. Ceci met en évidence le fait que l'adoption de pratiques alternatives comme les associations nécessite une coordination *à minima* entre ces deux maillons clés de la filière que sont les agriculteurs et les coopératives.

3.2 Une performance économique fonction des aides et de la qualité du tri

Sur la base des résultats d'un réseau d'expérimentation conduit chez des agriculteurs biologiques, Bedoussac *et al.* (2012) ont comparé la performance économique des cultures associées avec les cultures pures respectives en considérant l'ensemble des opérations réalisées du semis à la récolte ainsi que les apports de fumier réalisés avant le semis et les coûts liés au tri des grains après la récolte (3 passages au trieur rotatif à 10€/t/passage pour les cultures associées et 1 passage pour les cultures pures). Ces auteurs se sont basés sur la marge directe (correspondant au produit de la vente des cultures auquel on ajoute les aides moins les charges opérationnelles et les charges matérielles) afin de pouvoir comparer les performances économiques de différentes cultures dans différentes exploitations. Il ressort de leur analyse qu'il est plus intéressant d'un point de vue de la marge directe³ de cultiver 1 hectare de blé et 1 hectare de légumineuse que 2 hectares d'association dans 8 cas sur 11, lorsque l'on considère que les cultures associées ne peuvent pas bénéficier des aides compensatoires blé dur et protéagineux et que le tri ne permet pas une valorisation en alimentation humaine. A contrario, si l'on considère que les associations peuvent bénéficier *à minima* de 50% des aides compensatoires liées à leur caractéristique de production à « Haute Valeur Environnementale » et peuvent être commercialisées en alimentation humaine, alors il est plus intéressant dans 10 cas sur 11 de cultiver 2 hectares d'association que 1 hectare de blé et 1 hectare de pois.

Ces résultats mettent en avant le fait que les cultures associées peuvent avoir un intérêt économique certain en termes de marge directe par rapport aux cultures monospécifiques sous réserve qu'elles soient aidées et qu'elles puissent être triées correctement. Par ailleurs, cela confirme que les coûts liés au tri, s'ils sont répercutés sur le paiement de l'agriculteur, restent acceptables en agriculture biologique

³Dans cette étude, les auteurs ont considéré un prix de vente de 240 €/t pour les légumineuses et 200 €/t pour le blé dur en alimentation humaine avec un bonus en fonction de la teneur en protéines (jusqu'à 85€/t pour des teneurs entre 12 et 13.5% et jusqu'à 135 €/t pour des teneurs supérieures à 13.5%) et un déclassement du blé dur à 75% de sa valeur en alimentation animale. Les aides compensatoires blé dur et protéagineux ont été estimées à 111 et 196 €/ha respectivement.

du fait : i) des gains de rendement généralement observés, ii) de l'amélioration de la teneur en protéines des céréales et iii) du prix de vente élevé des protéagineux biologiques. Par contre, ces coûts apparaissent pour l'instant comme trop élevés en système conventionnel du fait de la faible valorisation commerciale des protéagineux et ce, malgré le gain lié à une diminution potentielle des coûts en intrants (azote et produits phytosanitaires). Néanmoins, ces résultats doivent être complétés par une analyse économique plus fine des coûts et avantages liés à l'adoption des cultures associées par les agriculteurs en intégrant mieux l'effet des cultures associées sur les systèmes de culture et non pas seulement à l'échelle des itinéraires techniques pour lesquels il existe d'ailleurs des marges de progrès certaines à réaliser.

Conclusion et perspectives

La mise en place par les agriculteurs des cultures associées nécessite d'adapter les systèmes de culture de ces derniers, mais cela a aussi des impacts sur les autres acteurs de la filière et en particulier les organismes de collecte et stockage qui livrent à des transformateurs ayant des exigences de qualité fortes. Dès lors, le développement des associations d'espèces ne pourra se faire sans une coordination efficace de tous les acteurs.

Sur le plan agronomique et du point de vue des agriculteurs seuls, les cultures associées présentent de réels intérêts aussi bien du point de vue qualitatif que quantitatif. Toutefois, l'optimisation des itinéraires techniques des cultures associées et l'analyse des effets de leur introduction dans les systèmes de culture restent à approfondir afin de caractériser l'effet précédent et le rôle sur les facteurs biotiques notamment et ceci en tenant compte des contraintes propres aux différents systèmes de production. Enfin, les effets agri-environnementaux des cultures associées doivent être mieux caractérisés pour que ces systèmes performants et économes en intrants puissent bénéficier d'une meilleure valorisation économique en lien avec leur caractéristique de « haute valeur environnementale » et *a minima* d'aides compensatoires conditionnant leur performance économique.

Les cultures associées sont également susceptibles de remettre en cause l'organisation logistique des coopératives. Les résultats empiriques que nous avons obtenus tendent à montrer que la majorité d'entre elles ont une logistique *a priori* compatible avec ces modes de productions et celles qui ont développé une logistique et une stratégie de commercialisation orientées « qualité » et « diversité » ont une capacité d'adaptation *a priori* plus forte indépendamment de leur capacité de stockage.

Il ressort enfin de notre étude que le principal frein au développement des cultures associées réside dans la faisabilité et le coût du tri des grains qui est un élément central nécessitant une coordination des acteurs de l'amont des filières : i) les agriculteurs en adaptant le choix des espèces et des variétés (taille des graines, facilité de battage) et les réglages de la moissonneuse batteuse et ii) les coopératives à travers le choix des équipements et leurs réglages. Des innovations technologiques dans le machinisme agricole et dans les technologies industrielles (trieurs optiques par exemple) pourraient aussi contribuer significativement à leur adoption. Enfin, des incitations privées, liées notamment à une meilleure valorisation commerciale de ces productions par les filières ou à des aides spécifiques, sont aussi nécessaires pour soutenir le développement des cultures associées, tout particulièrement dans la phase d'apprentissage de ces pratiques par les agriculteurs et les coopératives.

Les coûts, contraintes et bénéfices engendrés par le développement des cultures associées doivent donc être analysés plus finement et ce, à chaque maillon de la filière, afin d'apprécier plus précisément les conditions d'acceptabilité de ces systèmes agricoles innovants par les différents acteurs et pour construire collectivement les solutions permettant leur essor.

Remerciements: Ces travaux ont été financés dans le cadre des projets : i) CASDAR n° 8058 (2009-2012) coordonné par G. Corre-Hellou (Groupe ESA), ii) programme ANR SYSTERRA, projet PERFCOM (2009-2012) coordonné par P. Hinsinger (INRA Montpellier) et iii) programme ANR SYSTERRA, projet MicMac-Design (2010-2013) coordonné par E. Justes (INRA Toulouse). Les auteurs remercient les étudiants de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse qui ont contribué à la réalisation de cette étude ainsi que les différents interlocuteurs des coopératives de la région Midi-Pyrénées, le centre des groupements agrobiologistes de Lorraine et les coopératives Probiolor et Terrena.

Références bibliographiques

Bedoussac L., Justes E., 2010. The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth. *Plant and Soil* 330, 19-35.

Bedoussac L., Bernard L., Brauman A., Cohan J.-P., Desclaux D., Fustec J., Haefliger M., Hellou G., Hinsinger P., Journet E.-P., Magrini M.-B., Palvadeau L., Ridaura S., Triboulet P., 2012. Les Cultures Associées céréale / légumineuse en agriculture « bas intrants » dans le Sud de la France. Plaquette issue du projet ANR PerfCom, 28 pages.

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.

Carberry P.S., Hochman Z., Mc Cown R.L., Dalgliesh N.P., Foale M.A., Poulton P.L., Hargreaves J.N.G., Hargreaves D.M.G., Cawthray S., Hillcoat N., Robertson M.J., 2002. The FARMSCAPE approach to decision support: farmer's, adviser's researcher's monitoring, simulation, communication and performance evaluation. *Agric. Syst.* 74, 141-177

Charrier F., Magrini M.-B., Charlier A., Fares M., Le Bail M., Messéan A., Meynard J.-M., 2013. Alimentation animale et organisation des filières : une comparaison pois protéagineux-lin oléagineux pour comprendre les facteurs freinant ou favorisant les cultures de diversification. *OCL*, 20(4) D407.

Corre-Hellou G., Crozat Y., 2005. N₂fixation and Nsupply in organic pea (*Pisum sativum*)cropping systems as affected by weeds andpeaweevil (*Sitona lineatus*L.). *European Journal of Agronomy*, 22, 449-458

Corre-Hellou G., Dibet A., Hauggaard-Nielsen H., Crozat Y., Gooding M., Ambus P., Dahlmann C., von Fragstein P., Pristeri A., Monti M., Jensen E.S., 2011. The competitive ability of pea-barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. *Field Crops Research* 122(3), 264-272.

Crews T.E., Peoples M.B., 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 102, 279-297.

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, 213-223.

Fares M., Magrini M.-B., Triboulet P., 2012. Transition agro-écologique, innovation et effets de verrouillage : le rôle de la structure organisationnelle des filières. Le cas de la filière blé dur française. *Cahiers d'Agricultures* 21(1), 34-45.

Geels F., 2011. The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1(1), 24-40.

Gooding M.J., Kasynova E., Ruske R. Hauggaard-Nielsen H., Jensen E.S., Dahlmann C., Fragstein P. von, Dibet A., Corre-Hellou G., Crozat Y., Pristeri A, Romeo M. Monti M., Launay M., 2007. Intercropping with pulses to concentrate nitrogen and sulphur in wheat. *Journal of Agricultural Science* 145, 469-479.

Griffon M., 2010. Pour des agricultures écologiquement intensives, Ed. L'aube, La tour d'Aigues, 144p.

Hauggaard-Nielsen H., Gooding M., Ambus P., Corre-Hellou G., Crozat Y., Dahlmann C., Dibet A., vonFragstein P., Pristeri A., Monti M., Jensen E.S., 2009. Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N₂-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research* 113, 64-71

- Hellec F., Blouet A., 2012. Technicité versus autonomie - Deux conceptions de l'élevage laitier biologique dans l'est de la France. *Terrains & travaux* 20 (1), 157-172.
- Lithourgidis A.S., Vasilakoglou I.B., Dhima K.V., Dordas C.A., Yiakoulaki M.D., 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research* 99, 106-113
- Loyce C., Wery J., 2006. Les outils des agronomes pour l'évaluation et la conception des systèmes de culture. In: Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger-Estrade J. (Eds.), *L'agronomie aujourd'hui*. Ed. QUAE Editions, pp. 77-95.
- Magrini M.-B., Triboulet P., Bedoussac L., 2013. Pratiques agricoles innovantes et logistique des coopératives agricoles. Une étude ex-ante sur l'acceptabilité de cultures associées blé dur-légumineuses. *Economie rurale* (338 à paraître)
- Mathé H., Tixier D., 2010. La logistique, coll. Que sais-je ? éd. PUF.
- Meynard J.M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M.B., Savini I., 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Synthèse du rapport d'étude, INRA, 52 p.
- Naudin C., Corre-Hellou G., Pineau S., Crozat Y., Jeuffroy M.-H., 2010. The effect of various dynamics of N availability on winter pea-wheat intercrops: crop growth, N partitioning and symbiotic N₂ fixation. *Field Crops Research* 119(1), 2-11
- Roy B., 1985. Méthodologie multicritère d'aide à la décision. *Economica*, Paris, 423p.
- Schott C., Mignolet C., Meynard J.M., 2010. Les oléoprotéagineux dans les systèmes de culture : évolution des assolements et des successions culturales depuis les années 1970 dans le bassin de la Seine. *OCL Oléagineux Corps Gras Lipides* 17(5), 276-291.
- Trenbath B.R., 1993. Intercropping for the management of pests and diseases. *Field Crops Research* 34, 381-405
- Vallin P., Vanderpooten D., 2006. Aide à la décision – Une approche par les cas. Ellipses, Paris, 3ème édition, 240p.
- Vanloqueren G., Baret P., 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy* 38(6), 971-983.