

# **Déterminants économiques de la production de légumineuses : approche par les coûts d'opportunité et les coûts de transaction**

Julia Jouan<sup>a\*</sup>, Aude Ridier<sup>a\*</sup>, Matthieu Carof<sup>b</sup>

<sup>a</sup>SMART-LERECO, AGROCAMPUS OUEST, INRA 35000 Rennes, France

<sup>b</sup>SAS, AGROCAMPUS OUEST, INRA 35000 Rennes, France

\*Coordonnées des auteurs:

[aude.ridier@agrocampus-ouest.fr](mailto:aude.ridier@agrocampus-ouest.fr), AGROCAMPUS OUEST, 65 rue de Saint-Brieuc, CS  
84215, F-35042 Rennes cedex, +33(0)2 23 48 53 82

[julia.jouan@agrocampus-ouest.fr](mailto:julia.jouan@agrocampus-ouest.fr), AGROCAMPUS OUEST, 65 rue de Saint-Brieuc, CS  
84215, F-35042 Rennes cedex, +33(0)2 23 48 54 82

## **Abstract**

Les légumineuses font partie des cultures de diversification intéressantes à insérer dans les rotations. Néanmoins, ces cultures restent encore des productions minoritaires en France, en partie à cause de facteurs socio-économiques. L'objectif de cette étude est d'analyser en quoi l'attractivité économique des légumineuses peut être influencée par deux types de facteurs : les coûts d'opportunités et les coûts de transaction de ces cultures. Pour cela, nous avons réalisé une synthèse bibliographique sur les coûts d'opportunités des légumineuses. Puis nous avons caractérisé les coûts de transaction associés aux échanges de légumineuses entre producteurs et collecteurs. Enfin, nous avons analysé l'évolution de ces coûts de transaction suite à la mise en place de différents contrats de légumineuses actuellement proposés dans l'Ouest de la France. A titre de comparaison, les coûts de transaction et les contrats de légumineuses ont été comparés à ceux d'une autre culture de diversification : le lin oléagineux.

Nos résultats montrent que l'attractivité économique des légumineuses se révèle à l'échelle de la rotation: ces cultures ont un coût d'opportunité nul ou positifs seulement si l'on intègre la marge brute de la rotation. Néanmoins, leurs coûts de transaction sont élevés. Les contrats étudiés ne diminuent pas suffisamment ces coûts, en particulier car les incertitudes de prix restent importantes. Une différenciation en aval semble nécessaire pour diminuer les coûts de transaction en créant de la valeur ajoutée tout au long de la chaîne agro-alimentaire.

JEL : Q12, L14, Q13

Keywords: Contrat, Marge brute, Protéagineux, Lin oléagineux

## 1. Introduction

La diversification des cultures est un des principaux leviers identifiés pour développer une agriculture plus durable (Kremen and Miles, 2012). De nombreux impacts positifs sur les agrosystèmes y sont associés : amélioration de la biodiversité (Kennedy et al., 2013), augmentation de la résilience des systèmes agricoles (Gaudin et al., 2015; Lin, 2011) et diminution de l'usage des produits phytosanitaires (Butault et al., 2010; Lechenet et al., 2014). Les légumineuses, aussi bien les légumineuses à graines (pois, féverole, lupin, soja) que les légumineuses fourragères (luzerne, trèfle blanc, trèfle violet), font partie de ces cultures de diversification intéressantes à insérer dans les rotations. En effet, à la différence des autres cultures, les légumineuses ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique : leurs besoins en fertilisation azotée sont ainsi nuls. Sous certaines conditions, les légumineuses peuvent également fournir de l'azote au sol, réduisant ainsi l'apport d'intrants azotés pour la culture suivante, voire augmentant le rendement de celle-ci (Cernay et al., 2017). En plus de leur capacité à fixer l'azote, les légumineuses ont aussi des caractéristiques agronomiques intéressantes en matière de rupture du cycle des adventices et d'amélioration de la structure du sol (Schneider and Huyghe, 2015). La question du soutien aux légumineuses (et aux cultures d'oléagineux) est particulièrement importante dans l'Union européenne (UE) depuis l'accord de Blair House en 1992, qui a entraîné une diminution de leur production. En 2014, l'UE a permis à ses États membres d'établir des subventions à la surface pour les légumineuses, telles que des soutiens couplés à la production et des paiements verts liés à la présence de légumineuses sur une ferme, sans objectif de production. Ces mesures récentes ont inversé la tendance à la baisse et la superficie en légumineuses à grains, y compris le soja, a augmenté de 75% par rapport à 2013-2017 (Eurostat 2018). Néanmoins, la production de légumineuses à grains reste faible et ne représente que 2% de la superficie agricole utilisée dans l'UE en 2017 (Eurostat, 2017). Plusieurs facteurs socio-économiques peuvent expliquer cette situation (Zander et al., 2016). D'une part, à l'échelle de l'exploitation agricole, Ces facteurs peuvent être classés selon deux critères. D'une part, on peut les différencier selon leur échelle d'action : celle de l'exploitation agricole ou celle de la filière comprenant les industriels-transformateurs. D'autre part, on peut les distinguer par leur nature. Une première catégorie de facteurs sont ceux qui modifient le coût d'opportunité de ces cultures en remplacement des cultures produites ou commercialisées : perte de rendement, prix plus faibles, charges plus élevées. Une deuxième catégorie de facteurs relève d'autres types de coûts, pas ou peu quantifiables, liés aux asymétries d'information sur les nouvelles cultures et à l'incertitude lors de leur production et commercialisation. Ces coûts indirects s'apparentent à la catégorie des coûts de transaction (Coase, 1937).

Tout d'abord, à l'échelle des exploitations agricoles, en termes de coût d'opportunité, les légumineuses sont vues par les agriculteurs comme des cultures moins rentables à court terme que d'autres cultures majoritaires dans les assolements (blé, colza, etc.). Par contre, à l'échelle de la rotation, si l'on prend en compte les économies d'intrants et/ou les gains de rendement permis sur les cultures suivantes, la rentabilité peut être améliorée. De plus, les légumineuses sont perçues comme des cultures plus risquées que les cultures majoritaires du fait de rendements plus variables d'une année à l'autre, cette caractéristique ne faisant cependant pas consensus dans la communauté scientifique (Cernay et al., 2015; Peltonen-Sainio and Niemi, 2012). Du fait de l'aversion pour le risque des agriculteurs, les marges des légumineuses sont pénalisées d'une prime de risque plus importantes que les autres cultures, ce qui diminue encore leur rentabilité relative. Enfin, en termes de coût d'opportunité, mais vu cette fois-ci à l'échelle des industriels-transformateurs, le manque de valeur ajoutée et de différenciation dans les filières de légumineuses pénalise ces productions : par exemple, sur le marché de l'alimentation animale, les légumineuses sont facilement substituables par d'autres matières premières moins chères, ce qui limite considérablement leur incorporation dans les rations (Charrier et al., 2013). En ce qui concerne les coûts indirects à l'échelle des filières et du système de production dans son ensemble (au sens de système sociotechnique tel qu'analysé en anthropologie (Akrich, 1989), certains auteurs font le constat que les légumineuses ne se sont pas développées du fait d'une situation de verrouillage, ou « lock-in », déjà analysée dans d'autres secteurs en économie de l'innovation (David, 1985). Pour le secteur agricole, ce verrouillage serait le résultat d'une coévolution des marchés, des entreprises de l'agrochimie et des politiques publiques, favorisant plutôt les filières des céréales et des oléagineux (Magrini et al., 2016). Aujourd'hui, cette hégémonie de quelques céréales et oléagineux limiterait le développement des cultures de diversification comme les légumineuses ; les coopératives et entreprises collectrices n'ayant pas développé ni les moyens logistiques, ni les compétences techniques pour soutenir la production de ces cultures à grande échelle. D'importants coûts de transaction peuvent ainsi apparaître lors des échanges. La théorie des coûts de transaction, introduite par (Coase, 1937), puis théorisée par (Williamson, 1979), explique que ces coûts sont liés à la recherche d'information, au processus de négociation et aux contrôles avant et après la transaction. Plus les coûts de transaction sont élevés, plus les acteurs sont enclins à choisir un mode de coordination intégré. Différents modes de coordination sont ainsi décrits, allant du « marché » (le moins intégré) à la « firme » où les transactions ont lieu dans une seule et même entreprise. La contractualisation est un de ces modes de coordination dits « hybrides », entre le marché et la firme, qui peut limiter les coûts de transactions liés à l'échange de nouvelles cultures comme

les légumineuses (Meynard et al., 2013). De nombreuses études ont été menées sur la contractualisation dans le secteur agricole, aussi bien en productions animales que végétales (Antoine et al., 2015; Bouamra-Mechemache et al., 2015; Roussy et al., 2018). Mais peu de travaux se sont intéressés en particulier à la contractualisation dans les filières de légumineuses. (Cholez et al., 2017) ont étudié les contrats de production entre les coopératives et leurs adhérents en grandes cultures, certains produisant des légumineuses. Ils ont montré que ces contrats peuvent inciter les agriculteurs à diversifier leurs cultures en offrant un système de rémunération attractif, et que la collecte de ces nouvelles cultures nécessite des investissements spécifiques pour les coopératives. Néanmoins, cette étude ne s'est pas intéressée spécifiquement à la diversité des contrats liés aux différentes filières de légumineuses.

L'objectif de cette étude est d'analyser en quoi l'attractivité économique des légumineuses pour les agriculteurs peut être influencée par deux types de facteurs : les coûts d'opportunités et les coûts de transaction des cultures. Notre première hypothèse est que ce sont avant tout les coûts de transaction qui limitent l'attractivité économique des légumineuses, du fait de caractéristiques spécifiques aux échanges de ces cultures. Notre seconde hypothèse est que la contractualisation permet de limiter les coûts de transaction, et peut donc favoriser le développement de la production de légumineuses.

Dans une première partie nous aborderons les coûts d'opportunités des légumineuses dans les principaux systèmes de culture en France à travers les éléments bibliographiques, et en nous appuyant sur une collecte de données complémentaires, Dans une deuxième partie, nous chercherons à caractériser les coûts de transaction associés à l'échange de légumineuses. Enfin, nous étudierons, à partir d'une analyse de quelques contrats de légumineuses actuellement proposés dans l'Ouest de la France, si ceux-ci sont efficaces pour limiter les coûts de transaction et développer la production de légumineuses. A titre de comparaison, les coûts d'opportunités, de transaction et les contrats de légumineuses seront comparés à ceux d'une autre culture de diversification : le lin oléagineux.

## **2. Méthode**

### ***2.1. Analyse des coûts d'opportunités de cultures***

Une revue de littérature sur les coûts d'opportunités des légumineuses a été réalisée en cherchant les mots-clés « légumineuses », « protéagineux », « pois », « lupin », « soja », « féverole », « luzerne », associés à des termes tels que « marge brute », « rentabilité », « profit », au sein des bases de données Web of Science, Google Scholar, et Google. Ces recherches ont été effectuées en français et en anglais.

Le coût d'opportunité d'une légumineuse est défini, dans notre étude, comme la marge de cette légumineuse minorée de la marge de la culture qu'elle remplace (céréale ou oléagineux). Différents types de marge peuvent être utilisés pour le calcul. La marge brute prend en compte les produits issus de la vente de la culture auxquels on soustrait les charges d'intrants variables (coûts des semences, de la fertilisation et de la protection phytosanitaire). Dans les règles de comptabilité française, les aides couplées à la culture (ou aides à la production) peuvent également entrer dans les produits : on parle alors de marge brute avec aides. D'autres indicateurs de marge intègrent également des coûts supplémentaires tels que la mécanisation ou la main d'œuvre directement liées à la culture, on parle alors de marge semi-nette ou de marge sur mécanisation. Ces différentes marges peuvent être calculées à l'échelle d'une culture, ou à l'échelle d'une rotation. Dans ce dernier cas, on évalue la marge de la rotation par la moyenne des marges des différentes cultures qui se sont succédées. On ramène la marge brute totale dégagée sur plusieurs années à une marge brute équivalente annuelle, le plus souvent sans prendre en compte l'actualisation. Ceci est particulièrement intéressant pour les rotations où certaines cultures apportent des bénéfices agronomiques à d'autres, comme nous le verrons pour les rotations avec légumineuses. Enfin, les marges peuvent être calculées de deux manières. D'une part, une marge peut être définie *a priori* en intégrant dans son calcul les rendements, prix, charges disponibles dans les bases de données de la statistique publique ou des organismes agricoles. Mais c'est un exercice difficile car ces données diffèrent d'un territoire à un autre, varient chaque année et ne sont pas forcément diffusées (en particulier les charges à la culture). D'autre part, une marge peut être définie *a posteriori* en intégrant dans son calcul des informations comptables observées : produits de vente des cultures et charges des cultures. Mais ces données comptables restent souvent confidentielles et la ventilation analytique des produits et charges est propre à chaque cas d'exploitation et n'est pas opérée systématiquement dans toutes les comptabilités d'exploitations qui s'arrêtent le plus souvent à l'échelle de l'exploitation ou de l'atelier (Desbois, 2006).

## ***2.2. Analyse des coûts de transaction induits par les coûts de transaction***

### ***2.1.1. Enquêtes auprès de collecteurs de légumineuses ou de lin oléagineux***

Les agriculteurs qui produisent et commercialisent des légumineuses sont susceptibles, en plus des coûts de production directs, de supporter des coûts de transaction liés à la commercialisation. Afin d'évaluer l'intensité de ces coûts de transaction, nous avons enquêté cinq collecteurs du l'Ouest de la France (Bretagne et Pays de la Loire) : quatre coopératives qui collectent et commercialisent une ou plusieurs légumineuses et, à titre de comparaison,

l'entreprise E qui a développé une filière locale de lin oléagineux en alimentation animale (Tableau 1). En effet, comme nous le verrons par la suite, les échanges de lin oléagineux et de légumineuses ont de nombreuses caractéristiques communes et il nous est paru intéressant de comparer la filière « mature » de lin oléagineux avec les filières en devenir des légumineuses. Par la suite, afin de simplifier l'analyse, nous présentons les résultats pour une seule culture par collecteur (en gras dans le tableau 1). Par soucis de confidentialité, les noms des coopératives ont été rendus anonymes.

**Tableau 1** : Collecteurs enquêtés collectant des légumineuses ou du lin oléagineux

<b>COLLECTEUR</b>	<b>TAILLE</b>	<b>PRODUCTIONS</b>	<b>ACTIVITÉS</b>
<b>A</b>	1 000 adhérents	<b>Luzerne</b> déshydratée (90 000 T)	Conseil, approvisionnement, récolte, transport , déshydratation de luzerne (74 000t), commercialisation
<b>B</b>	4 000 adhérents	<b>Féverole</b> (1 800 T)	Conseil, collecte, fabrication et commercialisation d'aliments pour animaux
<b>C</b>	29 000 adhérents	<b>Lupin</b> (3 000 T), Féverole, Pois,	Conseil, collecte, commercialisation
<b>D</b>	16 000 adhérents	<b>Pois</b> (2 000 T), Féverole, Lupin	Conseil, collecte, commercialisation
<b>E</b>	120 salariés	<b>Lin oléagineux</b> (60 000 T), Féverole	Transformation, lien entre producteurs et transformateurs

Des entretiens semi-directifs d'une heure ont été réalisés sur une période de trois mois et portaient sur (i) les légumineuses collectées (ou le lin oléagineux) et les contrats associés que propose le collecteur, (ii) la gestion des risques sur le rendement, le prix et la qualité, ainsi que (iii) la valorisation et les débouchés des productions contractualisées.

### *2.1.2. Analyse de la spécificité des actifs et des incertitudes lors des transactions de légumineuses ou de lin oléagineux*

Afin de caractériser les coûts de transaction associés à l'échange de légumineuses (ou de lin oléagineux), nous avons élaboré une grille d'analyse basée sur la théorie des coûts de transaction. Dans l'approche de (Williamson, 1996), les coûts de transaction dépendent de trois caractéristiques de la transaction : la spécificité des actifs investis lors de la transaction, l'incertitude qui entoure la transaction et la fréquence de la transaction.

Concernant la spécificité des actifs, nous l'étudions selon : i) la qualité nutritionnelle et agronomique des cultures ; ii) les actifs humains engagés lors de la transaction (i.e., les

connaissances et savoir-faire, aussi bien du producteur que du collecteur) ; iii) les actifs matériels engagés (i.e., les investissements spécifiques, aussi bien du producteur que du collecteur) ; et iv) la localisation de l'aire de collecte si celle-ci est restreinte. Cette étude repose sur des entretiens avec les employés des collecteurs, exceptées les qualités nutritionnelles et agronomiques des cultures qui ont été évaluées à partir de données bibliographiques (INRA et al., 2018; Schneider and Huyghe, 2015). Concernant les incertitudes lors des transactions, elles sont principalement de trois types : (i) les incertitudes environnementales portant sur les aléas climatiques qui peuvent diminuer la qualité et les quantités des cultures collectées ; (ii) les incertitudes sur les prix des cultures, aussi bien à la baisse comme à la hausse ; (iii) les incertitudes sur les débouchés des cultures. L'ensemble de ces incertitudes est évalué à partir de données bibliographiques sur les rendements (Cernay et al., 2015), de données statistiques sur les prix (données FranceAgriMer sur le période 2013-2017), et à partir des informations issues des entretiens en ce qui concerne les débouchés. Les incertitudes lors des transactions, tout comme la spécificité des actifs, sont analysées de manière qualitative comme « faibles », « modérées » ou « élevées » par rapport à celles du blé. Concernant la fréquence des transactions, ces dernières ont lieu à chaque campagne ; nous ne l'étudierons donc pas en tant qu'attribut propre aux légumineuses (et au lin oléagineux).

### *2.1.3. Analyse de l'efficacité des contrats de légumineuses pour limiter les coûts de transaction*

Afin de savoir si la contractualisation est efficace pour limiter les coûts de transaction lors des échanges de légumineuses (ou de lin oléagineux), nous avons élaboré une grille d'analyse de différents contrats de légumineuses actuellement proposés par les collecteur enquêtés. Deux types de contrats sont analysés ici : des contrats de commercialisation qui spécifient seulement les conditions de vente (par exemple, les méthodes de détermination des prix et quantités, ainsi que les dates et modalités de livraison), et des contrats de production qui spécifient en plus au moins une des étapes de l'itinéraire technique appliqué afin d'influer sur la qualité finale du produit (Goodhue, 2011). Lorsqu'un même collecteur proposait différents types de contrat pour une même culture, seul le contrat de production a été étudié car, étant plus complet, il était plus susceptible de réduire les coûts de transaction. La grille d'analyse mise en place caractérise l'évolution des caractéristiques des coûts de transaction : les incertitudes sont-elles diminuées ? Les actifs spécifiques sont-ils sécurisés. Comme pour les caractéristiques des coûts de transaction, nous avons analysé qualitativement leurs variations.

### 3. Résultats

#### 3.1. Coûts d'opportunités des légumineuses

Plusieurs revues bibliographiques récentes ont étudié les performances agronomiques et environnementales des légumineuses (Cernay et al., 2015; Dequiedt and Moran, 2015; Lötjönen and Ollikainen, 2017; Pelzer et al., 2017). Néanmoins, peu de travaux se sont intéressés aux légumineuses sous l'angle économique (Bridet-Guillaume et al., 2010). En particulier, on dispose de peu de données ou d'études scientifiques sur l'intérêt économique des légumineuses, alors que la question de leurs coûts d'opportunité est une priorité pour les agriculteurs en matière de choix d'assolement. Les différentes études citées ci-dessous ont étudié, pour la plupart, seulement des marges brutes, sans prise en compte des coûts de mécanisation ou de main d'œuvre.

##### 3.1.1. Coûts d'opportunité des légumineuses : approche annuelle au système de culture

La revue bibliographique réalisée par (Preissel et al., 2015) montre que les coûts d'opportunité des légumineuses en substitution au blé (que nous désignerons par la suite seulement « légumineuse-blé »), sont négatifs dans dix des douze cas-types étudiés : les marges brutes moyennes annuelles des légumineuses calculées *a priori* étant inférieures à celles du blé. Plus récemment, (Ridier et al., 2016) ont estimé une marge brute *a priori* du pois inférieure à hauteur de 56% dans le Sud-Ouest de la France, et Carof et al (soumis à publication) une marge brute *a priori* inférieure à environ 50% à celle du blé en Bretagne, aussi bien pour le pois, le lupin que la féverole. On a donc des coûts d'opportunité légumineuse-blé négatifs dans ces deux études. Néanmoins, Carof et al (soumis à publication) montrent néanmoins que les performances des légumineuses sont meilleures dans les systèmes biologiques. Par exemple, la marge brute de la féverole conduite en agriculture biologique atteint 800€/ha<sup>-1</sup>, ce qui est quasiment double que celle conduite en agriculture conventionnelle. Des données comptables *a posteriori* d'exploitation agricoles d'Ille-et-Vilaine confirment ces études *a priori* : elles donnent un coût d'opportunité légumineuse-blé négatif avec un différentiel de marge brute entre légumineuses à graines et blé de l'ordre de 46% (Martin et al., 2014). Cependant, comme le soulignent (Preissel et al., 2015), il serait plus pertinent d'un point de vue agronomique de calculer les coûts d'opportunité entre les légumineuses et les autres têtes d'assolement potentielles comme le colza (i.e., culture mise en place la première année d'une rotation du fait de caractéristiques agronomiques favorables aux cultures suivantes). Dans la revue de (Preissel et al., 2015), les coûts d'opportunités légumineuses-colza sont négatifs dans onze des douze cas

étudiés. (Xing et al., 2017), quant à eux, trouvent des coûts d'opportunité négatifs avec des marges brutes *a priori* pour le lupin et le pois environ trois fois inférieures à celle du colza.

### 3.1.2. Coûts d'opportunités des légumineuses : approche pluriannuelle au système de culture

L'étude d'un coût d'opportunité d'une rotation avec légumineuse par rapport à celle sans légumineuse (nous utiliserons la notation « coût d'opportunité avec/sans ») est beaucoup plus pertinente : elle permet de prendre en compte le fait que la légumineuse fixe l'azote atmosphérique, ce qui permet de réduire l'apport d'intrants azotés pour la culture suivante, voire d'augmenter le rendement de celle-ci. Les rotations intégrant des légumineuses ont généralement des coûts d'opportunité nuls, voir positifs, avec des marges brutes similaires, voire meilleures, que les rotations qui n'en intègrent pas. Dans la revue de (Preissel et al., 2015), les coûts d'opportunités avec/sans légumineuses sont proches de zéro pour 35 des 53 rotations avec légumineuses modélisées *a priori*. Ceci confirme une première étude réalisée par (Carrouée et al., 2012) dans le centre et l'Est de la France et qui portait sur des rotations incluant du colza, du blé et de l'orge (sur 3 à 4 ans). Les résultats de cette étude indiquent que les rotations avec du pois ont des marges brutes comparables, voire supérieures à celles sans pois (de +0% à +6%), excepté pour une situation. Plus récemment, (Reckling et al., 2016) ont montré que les coûts d'opportunité des rotations avec/sans légumineuses à graines sont légèrement négatifs, mais ceux avec/sans légumineuses fourragères sont nuls, voire positifs, avec des marges brutes sont similaires, voire légèrement meilleures. Il est intéressant de noter que sur les 5 études que nous avons trouvées portant sur les coûts d'opportunité des rotations avec légumineuse, seules deux études (Hirth et al., 2001; Reckling et al., 2016) analysent le coût d'opportunité d'une rotation avec/sans légumineuse fourragère. (Hirth et al., 2001) étudient le cas de la luzerne et concluent que le coût d'opportunité d'une rotation avec/sans luzerne est quasi nul, le différentiel de marge brute des rotations étant très faible. Ce manque de visibilité des légumineuses fourragères peut s'expliquer par le fait que celles-ci sont rarement vendues ce qui ne permet pas de calculer des marges. Enfin, (Xing et al., 2017) ont calculé les marges brutes du blé et du colza lorsque ces derniers sont intégrés dans des rotations avec légumineuses. Ils trouvent que les marges brutes sont supérieures pour ces deux cultures lorsqu'on les compare avec leur performance dans des rotations sans légumineuses, à condition que leur fertilisation azotée soit inférieure à  $75 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

L'intérêt économique des légumineuses est étroitement associé à l'effet précédent : ces cultures ont un coût d'opportunité nul ou positif seulement si on l'étudie à l'échelle de la rotation. Les légumineuses ne détériorent donc pas la compétitivité des exploitations agricoles à moyen terme

et ont, en plus, des effets bénéfiques sur l'environnement qui sont plus difficilement quantifiables d'un point de vue économique (biodiversité, qualité de l'eau).

### *3.1.3. Coût d'opportunité : approche pluriannuelle dans les systèmes de polyculture-élevage*

L'intérêt économique des légumineuses peut également être appréhendé à une échelle supérieure à la rotation. En effet, dans les systèmes de polyculture-élevage, les légumineuses peuvent ne pas être vendues et servir à nourrir les animaux de l'exploitation. Elles remplacent alors d'autres types d'aliments du bétail et le coût du renoncement à ces aliments peut être pris en compte (Froidmont and Bartiaux-Thill, 2004; Jezierny et al., 2010). Néanmoins, peu d'études se sont intéressées aux conséquences économiques de telles pratiques (Schilizzi and Pannell, 2001). Les modèles en programmation mathématique représentent un outil intéressant pour évaluer les impacts de l'introduction de légumineuses dans les rations car ils permettent la mise en concurrence d'activités à travers un arbitrage fondé sur le coût d'opportunité de l'ensemble des facteurs de production. A notre connaissance aucun modèle ne s'est intéressé spécifiquement à l'utilisation de légumineuses, hormis le travail de (Jouan et al., 2017) qui analyse les conséquences de l'introduction de légumineuses dans les exploitations de polyculture élevage, aussi bien d'un point de vue économique qu'environnemental .

## ***3.2. Coûts de transaction et choix organisationnels dans les filières de légumineuses : cas d'études l'Ouest***

### *3.2.1. Les coûts de transaction associés à l'échange de légumineuses et de lin oléagineux*

La spécificité des actifs lors de transactions de légumineuses est, pour la plupart, élevée, au même titre que pour le lin oléagineux (Tableau 2). Tout d'abord, les qualités nutritionnelles des légumineuses sont avérées, en particulier grâce à leurs taux de protéines importants. En effet, les légumineuses étudiées ici ont des taux de Matières Azotées Totales (MAT) supérieurs à 200g/kg, et qui peuvent atteindre 335g/kg comme dans le cas du lupin. Les taux de MAT pour les oléo-protéagineux majoritaires en France sont de l'ordre de 150 à 193g/kg et le blé plafonne à 110g/kg. Les qualités agronomiques des légumineuses sont également importantes car elles constituent des têtes de rotation intéressantes du fait de leur effet précédent. De plus, la spécificité des actifs humains engagés est modérée pour les producteurs mais peut être élevée pour certains collecteurs qui mettent en place des procédés de transformation des légumineuses comme c'est le cas chez A et C. En ce qui concerne la spécificité des actifs matériels, ceux-ci sont faibles pour les producteurs qui n'ont pas absolument besoin de s'équiper avec du matériel spécifique à la production de légumineuses (ou au lin oléagineux). Par exemple, les semoirs

classiques à céréales conviennent, mais un semoir pneumatique « monograin » peut être utile pour mieux maîtriser la profondeur de semis. Par contre, les collecteurs doivent souvent adapter leurs capacités de stockage, d'autant plus si elles trient les lots selon la qualité. Les collecteurs qui ont mis en place des procédés de transformation de légumineuses ont également des actifs matériels spécifiques importants étant donné que des investissements en matériels sont nécessaires pour la transformation. Enfin, la spécificité de localisation est particulièrement élevée chez A où l'aire de collecte de la luzerne est restreinte à 70km à la ronde autour de l'usine de déshydratation du fait de contraintes logistiques.

**Tableau 2** : Analyse de la spécificité des actifs lors des transactions de légumineuses et de lin oléagineux

Spécificité des actifs		A	B	D	C	E
		Luzerne	Féverole	Pois, féverole, lupin	Lupin, pois	Lin oléagineux
Qualité	Nutritionnelle	<b>Elevée</b> Riches en protéines (MAT <sup>a</sup> = 183)	<b>Elevée</b> Riches en protéines (MAT <sup>a</sup> = 290)	<b>Elevée</b> Riches en protéines (MAT <sup>a</sup> = 239)	<b>Elevée</b> Riches en protéines (MAT <sup>a</sup> = 380)	<b>Elevée</b> Riches en protéines (MAT <sup>a</sup> = 237g) et en oméga 3 (56%) <sup>b</sup>
	Agronomique	<b>Elevée</b> Tête d'assolement intéressante (fixation azote, rupture cycle adventices et des maladies, amélioration structure du sol)				
Actifs humains	Pour le producteur	<b>Modérée</b> Itinéraire technique spécifique, peu connu mais sans difficulté particulière				
	Pour le collecteur	<b>Elevée</b> Technique de déshydratation et techniciens dédiés à cette culture	<b>Modérée</b> Formation du personnel pour reconnaître la propreté d'une parcelle	<b>Faible</b> Pas de conseil dédié ni de process particulier	<b>Elevée</b> Différentes techniques de transformation du lupin (pépites, farine, poudre et flocon) pour des utilisations dans l'agroalimentaire et les cosmétiques	<b>Elevée</b> Technique de thermo-extrusion du lin oléagineux pour l'alimentation animale et humaine
Actifs matériels	Pour le producteur	<b>Faible</b> Pas de matériels spécifiques absolument nécessaires				
	Pour le collecteur	<b>Elevée</b> Matériel de récolte et outils de déshydratation	<b>Modérée</b> Capacités de stockage adaptées	<b>Modérée</b> Capacités de stockage adaptées	<b>Elevée</b> Deux sites de transformation dédiés en partie à la transformation du lupin, capacités de stockage adaptées	<b>Elevée</b> Nombreux silos pour différencier les lots de différentes qualités, outils de transformation
De localisation		<b>Elevée</b> 70 km autour de l'usine de déshydratation	<b>Faible</b> Pas d'aire spécifiée			

<sup>a</sup>MAT = Matière Azotée Totale en g/kg de matière sèche, à comparer à celle du blé (126g/kgMS), du tourteau de colza (383g/kgMS) et du tourteau de soja (518g/kgMS), données issues de (INRA et al., 2018) ; <sup>b</sup> en pourcentage d'acide gras, à comparer avec celui des graines de colza (10.1%) et de soja (7.8%), données issues de (INRA et al., 2018) ; Les autres données et évaluations sont issues des entretiens réalisés dans le cadre de l'étude.

Les incertitudes lors des transactions de légumineuses (ou de lin oléagineux) sont modérées à élevées (Tableau 3). Tout d'abord, les incertitudes environnementales sont particulièrement fortes pour le lupin qui a un écart-type d'anomalies de rendements de 0,32, bien plus élevé que celui du blé qui est d'environ 0,06 (Cernay et al., 2015). Nous ne disposons pas de données sur la variabilité des rendements de la luzerne et du lin oléagineux. En ce qui concerne la variabilité de la qualité des cultures étudiées, nous n'avons pas données spécifiques à cette problématique. Néanmoins, il est apparu lors des entretiens que les variations de taux de MAT (ou d'autres critères de qualité) n'étaient pas jugées comme un problème. De plus, d'après nos calculs, sur la période 2013 à 2017, les incertitudes de prix sont particulièrement élevées pour la féverole avec un coefficient de variation des prix de vente de 0,221 par rapport à celui du blé qui est de 0,155. Pour les autres cultures, les incertitudes de prix sont inférieures à celle du blé, le pois et le lin oléagineux ayant même des coefficients de variation de prix inférieurs à 0,1.

**Tableau 3** : Analyse des incertitudes lors des transactions de légumineuses ou de lin oléagineux au sein des cinq collecteurs étudiés

Incertitudes lors des transactions		A	B	D	C	E
		Luzerne	Féverole	Pois, féverole, lupin	Lupin, pois	Lin oléagineux
Volume	Pour la producteur et le collecteur	Pas de donnée	<b>Modérées</b> Ecart-type d'anomalies de rendement environ égal à 0,09 <sup>a</sup>	<b>Elevées</b> Ecart-type d'anomalies de rendement environ égal à 0,12 <sup>a</sup>	<b>Elevées</b> Ecart-type d'anomalies de rendement environ égal à 0,32 <sup>a</sup>	Pas de donnée
Prix	Pour la producteur et le collecteur	<b>Modérées</b> CV <sup>b</sup> = 0,113	<b>Elevées</b> CV <sup>b</sup> = 0,221	<b>Modérées</b> CV <sup>b</sup> = 0,093	Pas de donnée	<b>Faibles</b> CV <sup>c</sup> = 0,066
Débouchés	Pour le collecteur	<b>Faibles</b> Utilisée dans de nombreux aliments pour bétail	<b>Elevées</b> Marché assez dépendant des exportations vers l'Egypte	<b>Faibles</b> Utilisé dans de nombreux aliments pour bétail	<b>Elevées</b> Marché de niche, manque de visibilité	<b>Modérées</b> Marché assez dépendant de la filière BBC <sup>d</sup>

<sup>a</sup>(Cernay et al., 2015) écart-type d'anomalies de rendement pour l'Ouest de l'Europe, celui du blé étant environ égal à 0,06 ; <sup>b</sup> coefficient de variation des prix de vente hors contractualisation, celui du blé étant égal à 0,155, calcul des auteurs à partir des données de prix FranceAgriMer sur la période 2013-2017 ; <sup>c</sup> coefficient de variation des prix de vente hors contractualisation, calcul des auteurs à partir des données de prix de la FAO sur la période 2013-2016 pour le Canada ; <sup>d</sup> Bleu-Blanc-Coeur

Ainsi, il apparaît à l'issue de l'analyse des entretiens que les échanges de légumineuses sont caractérisés par des coûts de transaction élevés, du fait d'actifs très spécifiques et d'incertitudes élevées. Les acteurs seraient donc enclins à choisir une structure plus intégrée que le marché afin de limiter les coûts de transaction.

Notre hypothèse que les contrats permettent de limiter les coûts de transaction en (i) minimisant les incertitudes environnementales et de marché, largement supportées par les producteurs, grâce au transfert d'une partie des risques de rendement et de prix vers les collecteurs ; et en (ii) sécurisant les actifs spécifiques dont les investissements reposent avant tout sur les collecteurs qui souhaitent obtenir la qualité et les volumes de cultures désirés. Cette hypothèse est renforcée par le fait que les collectes de lin oléagineux, dont les caractéristiques sont proches de celles des légumineuses, sont déjà en grande partie contractualisées en amont de la récolte. Afin de valider cette hypothèse, nous avons étudié les caractéristiques des contrats de légumineuses mis en place chez les différents collecteurs.

### *3.2.2. Efficacité des contrats pour limiter les coûts de transaction associés à l'échange de légumineuses ou de lin oléagineux*

L'analyse des contrats de légumineuses les collecteurs enquêtés montre une grande diversité : des contrats de commercialisation avec un engagement à la surface ou au volume sont proposés dans deux des collecteurs, et des contrats de production sont proposés dans les trois autres (Tableau 4). Nous avons regardé si ces contrats permettent de limiter les coûts de transaction en diminuant les incertitudes environnementales et en sécurisant les actifs spécifiques.

**Tableau 4 :** Analyse de l'évolution des coûts de transaction de légumineuses et de lin au sein des contrats proposés par les collecteurs enquêtés

Evolution des coûts de transaction		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>E</b>
		<b>Luzerne</b>	<b>Féverole</b>	<b>Pois, féverole, lupin</b>	<b>Lupin, pois</b>	<b>Lin oléagineux</b>
Nature des contrats		<b>Commercialisation</b>	<b>Production</b>	<b>Commercialisation</b>	<b>Production</b>	<b>Production tripartite</b>
Incertitudes sur les volumes	Pour le producteur	<b>Stables</b> Paiement en fonction du tonnage	<b>Légèrement diminuées</b> Paiement au tonnage mais suivi technique important	<b>Stables</b> Paiement en fonction du tonnage	<b>Légèrement diminuées</b> Paiement au tonnage mais suivi technique important	<b>Légèrement diminuées</b> Paiement au tonnage mais suivi technique important
	Pour le collecteur	<b>Stables</b> Engagement du producteur seulement à la surface	<b>Légèrement diminuées</b> Engagement du producteur seulement à la surface mais suivi technique important	<b>Légèrement diminuées</b> Engagement du producteur en volume mais pas de pénalité en cas de non-conformité	<b>Légèrement diminuées</b> Engagement du producteur seulement à la surface mais suivi technique important	<b>Légèrement diminuées</b> Engagement du producteur seulement à la surface mais suivi technique important
Incertitudes sur les prix	Pour le producteur	<b>Stables</b> Prix fixé chaque année en fonction du prix du blé	<b>Diminuées</b> Garantie de marge brute	<b>Légèrement diminuées</b> Garantie d'un complément de prix (8 €.t <sup>-1</sup> ), mais pas de prix de base	<b>Diminuées</b> Prix et bonus fixés à la signature du contrat	<b>Diminuées</b> Prix « tunnel » avec un minimum garanti à la signature du contrat
	Pour le collecteur	<b>Stables</b> Les contrats n'ont pas d'influence				
Incertitudes de marché	Pour le collecteur	<b>Stables</b> Les contrats n'ont pas d'influence				
Spécificité des actifs nutritionnels	Pour le collecteur	<b>Sécurisé</b> La culture est acceptée quand elle contient plus de 20% de MAT	<b>Non sécurisé</b> Pas de paiement en fonction de la qualité	<b>Non sécurisé</b> Pas de paiement en fonction de la qualité	<b>Non sécurisé</b> Pas de paiement en fonction de la qualité	<b>Légèrement sécurisé</b> Paiement en fonction de la teneur en oméga 3

Les incertitudes sur les volumes ont été légèrement diminuées pour les producteurs et les collecteurs par les contrats des collecteurs B, D et E, grâce au suivi technique qui limite les variations de rendement. En revanche, les incertitudes sur les prix sont restées inchangées pour les collecteurs, mais légèrement

réduites pour les producteurs du fait du contrat du collecteur C, qui garantit un complément de prix de 8 € .t<sup>-1</sup>, bien que basé sur un prix fixé à la récolte. Les contrats des collecteurs B et D ont également diminué les incertitudes sur les prix pour les producteurs en garantissant une marge brute (collecteur B) ou un prix fixe avant la récolte (collecteur D). Cette différence est liée aux structures internes des collecteurs (par exemple, la mutualisation des risques entre plusieurs produits) et aux contrats négociés en aval, pour lesquels nous n'avons aucune information. Le collecteur E a proposé un contrat avec un prix «tunnel» qui limite les variations positives et négatives des prix. Cette plus grande diminution des incertitudes sur les prix est possible car le collecteur E commercialise directement en aval les produits provenant d'animaux nourris avec la graine de lin sur le marché Bleu-Blanc-Cœur. Grâce à ce label, les qualités nutritionnelles (teneur en oméga-3 et -6) de ces produits sont reconnues par les consommateurs. En ce qui concerne les incertitudes de marché pour les collecteurs, elles sont restées inchangées: les contrats ne sécurisent pas leurs marchés en aval. En ce qui concerne la qualité agronomique, les contrats ne la sécurisent pas: les contrats de commercialisation (collecteurs A et C) n'influencent pas la gestion des cultures, tandis que le suivi technique dans les contrats des collecteurs B, D et E vise à améliorer la qualité nutritionnelle des produits végétaux, pas leur qualité agronomique. Le collecteur A garanti la qualité nutritionnelle demandant une teneur minimale en protéines brutes, mais ne semble pas appliquer de pénalité si elle n'est pas atteint. Le collecteur E a une politique de primes / pénalités en fonction du contenu de certains acides gras. En revanche, les collecteurs B, C et D n'ont pas calculé leurs paiements pour les légumineuses en fonction de la qualité. Comme pour toutes les grandes cultures, des normes de propreté et d'humidité sont attendues pour les légumineuses. Si elles ne sont pas respectées, des coûts supplémentaires de séchage peuvent être facturés aux producteurs (collecteurs B et C) ou la récolte peut être refusée (collecteur D). Enfin, la sécurisation des actifs humains et physiques était liée à une diminution des incertitudes sur les volumes: plus le contrat diminuait, plus les investissements du collecteur dans la production et / ou la transformation de légumineuses (ou de lin) étaient sécurisés. Ainsi, les actifs humains et physiques ont été légèrement sécurisés pour les collecteurs B, C, D et E.

#### **4. Discussion & conclusion**

Les légumineuses restent encore peu implantées par les agriculteurs en France, et cela malgré leurs atouts agronomiques. L'objectif de cette étude était d'analyser en quoi l'attractivité économique des légumineuses pour les agriculteurs pouvait être influencée par deux types de facteurs: les coûts d'opportunités et les coûts de transaction. Concernant les coûts d'opportunité, la revue de littérature que nous avons réalisée montre que les légumineuses ont des marges brutes similaires aux cultures dominantes, à condition que l'on regarde à l'échelle de la rotation. Par conséquent, notre première hypothèse testée est que ce sont avant tout les coûts de transaction qui limitent l'attractivité économique des légumineuses, du fait de

caractéristiques spécifiques aux échanges de ces cultures. Concernant les coûts de transaction apparaissant lors des échanges, l'analyse menée suite aux entretiens montre que ces coûts sont élevés, du fait d'actifs très spécifiques et d'incertitudes élevées. Ceci renforce l'hypothèse que ce sont avant tout les coûts de transaction qui limitent le développement des légumineuses, mais seulement dans le cas où les agriculteurs sont conscients des coûts d'opportunités intéressants des légumineuses à l'échelle de la rotation. La seconde hypothèse testée est que la contractualisation permet de limiter les coûts de transaction, et peut donc favoriser le développement de la production de légumineuses. Pour tester cette hypothèse, quatre contrats existants de légumineuses ont été analysés à travers la théorie de l'agence. Cette analyse nous permet de conclure que les risques encourus par les producteurs sont encore importants, en particulier les risques en matière de volume. Par contre, le risque prix est plus partagé entre producteurs et collecteurs pour la moitié des contrats de légumineuses, grâce notamment à une assurance de marge brute ou à un prix fixé en amont de la récolte. Ainsi, la contractualisation permet, dans une certaine mesure, de limiter les coûts de transaction. Néanmoins, cette contractualisation est beaucoup moins aboutie que dans la filière témoin utilisée pour cette étude : le lin oléagineux. Seule l'entreprise E applique une politique de bonus/malus en fonction du taux de certains acides gras dans le lin oléagineux, et propose un contrat avec un prix tunnel permettant de partager les risques. Ce partage élevé du risque-prix est possible car une différenciation des produits en aval est mise en place à travers la filière Bleu-Blanc-Cœur. Notre étude rejoint les résultats de (Charrier et al., 2013) qui concluent que les contrats à prix garantis contribuent à développer une culture de diversification telle que le lin oléagineux. Des résultats similaires à ceux de (Cholez et al., 2017) sont également trouvés en ce qui concerne les coûts de transaction. Néanmoins, les contrats que nous avons étudiés semblent limiter de manière moins importante ces coûts de transaction que dans l'échantillon de (Cholez et al., 2017).

L'étude que nous avons menée propose un regard nouveau sur le caractère concomitant et complémentaire de deux types de coûts à la production et à la commercialisation de légumineuses : les coûts directs et les coûts de transaction. L'originalité de l'étude réside également dans l'utilisation de différents outils : une revue bibliographique des marges des légumineuses définies a priori ou a posteriori, une grille d'analyse des coûts de transaction et enfin une grille d'analyse inspirée de la théorie de l'agence. Enfin, le travail d'enquête mené aussi bien auprès de coopératives que d'autres types de structure a permis de prendre en compte la diversité des structures de collecte situées sur le territoire. Néanmoins, une des limites principales de l'étude se situe dans le nombre restreint des collecteurs enquêtés : une étude à

plus grande échelle, sur un temps plus long, aurait été plus robuste. De plus, nous n'avons pas eu accès aux détails des différents contrats étudiés.

Cette étude souligne que les coûts d'opportunité des légumineuses sont négatifs ou nuls si l'on regarde à l'échelle de la rotation. Néanmoins, ce calcul peut s'avérer fastidieux à réaliser, aussi bien pour l'agriculteur lui-même que pour ses conseillers, qui n'analysent souvent que les marges brutes annuelles à la culture. Une plus grande diffusion de l'intérêt économique des légumineuses sur le moyen terme est donc essentielle et pourrait prendre la forme d'articles de vulgarisation, mêlant agronomie et économie, voire de formations auprès des agriculteurs et de leurs conseillers.

Concernant les contrats, le partage élevé du risque-prix proposé par E est possible car une différenciation des produits en aval est mise en place à travers la filière Bleu-Blanc-Cœur. Cette filière intègre des produits issus d'animaux nourris avec du lin oléagineux et dont les qualités nutritives (taux en oméga 3 et 6) sont reconnues par le consommateur. Cette différenciation des produits permet de limiter la substituabilité des matières premières utilisées dans la production agricole (ici les graines de lin oléagineux), et de créer de la valeur ajoutée en traçant les intérêts nutritionnels de ces matières premières jusqu'au consommateur. Plus récemment, la mise en valeur des impacts positifs sur l'environnement (diminution des rejets de gaz à effet de serre par les ruminants, amélioration de la biodiversité) sont aussi apparus comme des arguments de différenciation au sein de cette filière. La différenciation des produits pourrait demain également se développer sur la non-acceptabilité de certaines matières premières utilisées dans l'alimentation des animaux. Par exemple, les produits « sans-OGM » (ou plus précisément sans soja OGM dans l'alimentation du bétail) ont de plus en plus de succès auprès des consommateurs. Des entreprises agro-alimentaires segmentent leurs offres pour répondre à cette demande, aussi bien en France que dans certains pays européens (Pruilh, 2017). Ces nouveaux produits représentent une opportunité unique pour le développement des légumineuses, celles-ci étant substituables au tourteau de soja importé.

La production de soja français, donc non-OGM, peut également représenter une alternative intéressante. Cette production est majoritairement située dans le Sud-Ouest de la France, hors de notre zone d'étude. Des contrats y sont mis en place entre producteurs et collecteurs. Il serait donc intéressant d'étudier les différentes formes de contractualisation mises en place pour le soja français, et les autres légumineuses, afin d'accompagner le développement de ces productions.

## Remerciements

Cette étude a été cofinancée par deux régions françaises, la Bretagne et les Pays de la Loire, et le Fonds européen agricole pour le développement rural 2014-2020 (PEI 16.1), à travers le projet SOS-PROTEIN. Les auteurs remercient les étudiants d'AGROCAMPUS OUEST qui ont réalisé les entretiens dans le cadre de leur projet ingénieur.

## Références bibliographiques

- Akrich, M., 1989. La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques. *Anthropologie et Sociétés* 13, 31–54. <https://doi.org/10.7202/015076ar>
- Antoine, E., Roussillon, M.-A., Legendre, V., Rieu, M., 2015. Les contrats de commercialisation des animaux en France. Une réponse à la variabilité du prix du porc ? *Économie rurale* 53–72.
- Bouamra-Mechemache, Z., Duvaleix-Tréguer, S., Ridier, A., 2015. Contrats et modes de coordination en agriculture. *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires* 7–28. <https://doi.org/10.4000/economierurale.4545>
- Bridet-Guillaume, F., Millot, D., Buitink, J., Gueguen, J., Jeuffroy, M.-H., Le Gall, M., Munier-Jolain, N., Tivoli, B., Duc, G., 2010. Analyse bibliométrique des publications scientifiques françaises et mondiales sur les protéagineux au cours de la période 2000-2009 : comparaison au soja et aux espèces modèles. *Innovations Agronomiques* 11, 137–145.
- Butault, J.-P., Dedryver, C.-A., Gary, C., Guichard, L., Jacquet, F., Meynard, J.M., Nicot, P.P., Pitrat, M., Reau, R., Sauphanor, B., Savini, I., Volay, T., 2010. Synthèse du rapport d'étude Écophyto R&D : quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, Paris, France.
- Carrouée, B.B., Schneider, A.A., Flénet, F.F., Jeuffroy, M.-H.M.-H., Nemecek, T.T., 2012. Introduction du pois protéagineux dans des rotations à base de céréales à paille et colza : impacts sur les performances économiques et environnementales. *Innovations Agronomiques* 25, 125–142.
- Cernay, C., Ben-Ari, T., Pelzer, E., Meynard, J.-M., Makowski, D., 2015. Estimating variability in grain legume yields across Europe and the Americas. *Scientific Reports* 5, 11171. <https://doi.org/10.1038/srep11171>
- Cernay, C., Makowski, D., Pelzer, E., 2017. Preceding cultivation of grain legumes increases cereal yields under low nitrogen input conditions. *Environ Chem Lett* 1–6. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0698-z>
- 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, D407. <https://doi.org/10.1051/ocl/2013011>
- Cholez, C., Magrini, M.-B., Galliano, D., 2017. Les contrats de production en grandes cultures. Coordination et incitations par les coopératives. *Économie rurale* 65–83.
- Coase, R.H., 1937. The Nature of the Firm. *Economica* 4, 386–405. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x>
- David, P.A., 1985. Clio and the economics of QWERTY. *The American Economic Review* 75, 332–337.
- Dequiedt, B., Moran, D., 2015. The cost of emission mitigation by legume crops in French agriculture. *Ecological Economics* 110, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.12.006>
- Desbois, D., 2006. Méthodologie d'estimation des coûts de production agricole, comparaison de deux méthodes sur le base du RICA. *Revue Modulad* 28.
- Eurostat, 2017. Utilised agricultural area by categories [WWW Document]. URL <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tag00025&plugin=1> (accessed 10.17.17).

- Froidmont, E., Bartiaux-Thill, N., 2004. Suitability of lupin and pea seeds as a substitute for soybean meal in high-producing dairy cow feed. *Anim. Res.* 53, 475–487. <https://doi.org/10.1051/animres:2004034>
- Gaudin, A.C.M., Tolhurst, T.N., Ker, A.P., Janovicek, K., Tortora, C., Martin, R.C., Deen, W., 2015. Increasing crop diversity mitigates weather variations and improves yield stability. *PLOS ONE* 10, e0113261. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113261>
- Goodhue, R.E., 2011. Food quality: the design of incentive contracts. *Annual Review of Resource Economics* 3, 119–140. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-040709-135037>
- Hirth, J.R., Haines, P.J., Ridley, A.M., Wilson, K.F., 2001. Lucerne in crop rotations on the Riverine Plains. 2. Biomass and grain yields, water use efficiency, soil nitrogen, and profitability. *Aust. J. Agric. Res.* 52, 279–293. <https://doi.org/10.1071/ar00006>
- INRA, CIRAD, FAO, 2018. Feedipedia: An on-line encyclopedia of animal feeds [WWW Document]. URL <https://www.feedipedia.org/> (accessed 5.25.18).
- Jezierny, D., Mosenthin, R., Bauer, E., 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: a review. *Animal Feed Science and Technology* 157, 111–128. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.001>
- Jouan, J., Carof, M., Ridier, A., 2017. Upscaling bio-economic model: economic and environmental assessment of introducing legume and protein rich crops in farming systems of Western France, in: *Sustainable Agriculture*. Presented at the XV EAAE Congress 2017, Parma, Italy.
- Kennedy, C.M., Lonsdorf, E., Neel, M.C., Williams, N.M., Ricketts, T.H., Winfree, R., Bommarco, R., Brittain, C., Burley, A.L., Cariveau, D., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Cunningham, S.A., Danforth, B.N., Dudenhöffer, J.-H., Elle, E., Gaines, H.R., Garibaldi, L.A., Gratton, C., Holzschuh, A., Isaacs, R., Javorek, S.K., Jha, S., Klein, A.M., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Morandin, L., Neame, L.A., Otieno, M., Park, M., Potts, S.G., Rundlöf, M., Saez, A., Steffan-Dewenter, I., Taki, H., Viana, B.F., Westphal, C., Wilson, J.K., Greenleaf, S.S., Kremen, C., 2013. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters* 16, 584–599. <https://doi.org/10.1111/ele.12082>
- Kremen, C., Miles, A., 2012. Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society* 17. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05035-170440>
- Lechenet, M., Bretagnolle, V., Bockstaller, C., Boissinot, F., Petit, M.-S., Petit, S., Munier-Jolain, N.M., 2014. Reconciling pesticide reduction with economic and environmental sustainability in arable farming. *PLOS ONE* 9, e97922. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097922>
- Lin, B.B., 2011. Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. *BioScience* 61, 183–193. <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.4>
- Lötjönen, S., Ollikainen, M., 2017. Does crop rotation with legumes provide an efficient means to reduce nutrient loads and GHG emissions? *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies* 98, 283–312. <https://doi.org/10.1007/s41130-018-0063-z>
- Magrini, M.-B., Anton, M., Cholez, C., Corre-Hellou, G., Duc, G., Jeuffroy, M.-H., Meynard, J.-M., Pelzer, E., Voisin, A.-S., Walrand, S., 2016. Why are grain-legumes rarely present in cropping systems despite their environmental and nutritional benefits? Analyzing lock-in in the French agrifood system. *Ecological Economics* 126, 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.03.024>
- Martin, A., Kucab, L., Bressand, M., Colbert, E., Le Jeune, C., Montrone, E., 2014. Accroître l'autonomie protéique, quels enjeux pour la France et la Bretagne dans l'UE? Quelle faisabilité pour les exploitations d'Ille-et-Vilaine? (Projet ingénieur). AGROCAMPUS OUEST, Rennes, France.
- Meynard, J.M., Messéan, A., Charlier, A., Charrier, F., Fares, M., Le Bail, M., Magrini, M.-B., 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures, Délégation à l'Expertise Scientifique, à la Prospective et aux Etudes. INRA, Paris, France.
- Peltonen-Sainio, P., Niemi, J.K., 2012. Protein crop production at the northern margin of farming: to boost or not to boost. *Agricultural and Food Science* 21, 370–383.

- Pelzer, E., Bourlet, C., Carlsson, G., Lopez-Bellido, R.J., Jensen, E.S., Jeuffroy, M.-H., 2017. Design, assessment and feasibility of legume-based cropping systems in three European regions. *Crop Pasture Sci.* 68, 902–914. <https://doi.org/10.1071/CP17064>
- Preissel, S., Reckling, M., Schläfke, N., Zander, P., 2015. Magnitude and farm-economic value of grain legume pre-crop benefits in Europe: A review. *Field Crops Research* 175, 64–79. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.01.012>
- Pruilh, C., 2017. Mais où s’arrêtera la vague du “sans OGM”? Réussir Lait 8–10.
- Reckling, M., Bergkvist, G., Watson, C.A., Stoddard, F.L., Zander, P.M., Walker, R.L., Pristeri, A., Toncea, I., Bachinger, J., 2016. Trade-offs between economic and environmental impacts of introducing legumes into cropping systems. *Front Plant Sci* 7, 669. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00669>
- Ridier, A., Chaib, K., Roussy, C., 2016. A Dynamic Stochastic Programming model of crop rotation choice to test the adoption of long rotation under price and production risks. *European Journal of Operational Research* 252, 270–279. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.025>
- Roussy, C., Ridier, A., Chaib, K., Boyet, M., 2018. Marketing contracts and risk management for cereal producers. *Agribusiness* 34, 616–630. <https://doi.org/10.1002/agr.21549>
- Schilizzi, S., Pannell, D.J., 2001. The economics of nitrogen fixation. *Agronomie* 21, 527–537. <https://doi.org/10.1051/agro:2001142>
- Schneider, A., Huyghe, C., 2015. *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*. Editions Quae, Versailles, France.
- Williamson, O.E., 1996. *The Mechanisms of Governance*. Oxford University Press, Oxford, England, UK.
- Williamson, O.E., 1979. Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations. *The Journal of Law and Economics* 22, 233–261. <https://doi.org/10.1086/466942>
- Xing, H., Liu, D.L., Li, G., Wang, B., Anwar, M.R., Crean, J., Lines-Kelly, R., Yu, Q., 2017. Incorporating grain legumes in cereal-based cropping systems to improve profitability in southern New South Wales, Australia. *Agricultural Systems* 154, 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.010>
- Zander, P., Amjath-Babu, T.S., Preissel, S., Reckling, M., Bues, A., Schläfke, N., Kuhlman, T., Bachinger, J., Uthes, S., Stoddard, F., Murphy-Bokern, D., Watson, C., 2016. Grain legume decline and potential recovery in European agriculture: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 26. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0365-y>