



**HAL**  
open science

## Setting up an alfalfa hay production chain at a territory scale: determination of the price of interest for producers and buyers

Thiery E, Gilles Brunschwig, Patrick Veysset, Claire Mosnier

### ► To cite this version:

Thiery E, Gilles Brunschwig, Patrick Veysset, Claire Mosnier. Setting up an alfalfa hay production chain at a territory scale: determination of the price of interest for producers and buyers. 25. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Institut de l'Élevage; INRAE, Dec 2020, En ligne, France. pp.326-329. hal-03384792

**HAL Id: hal-03384792**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03384792v1>**

Submitted on 19 Oct 2021

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

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

## Mise en place d'une filière foin de luzerne valorisant les complémentarités plaine-montagne : détermination du prix d'intérêt pour le producteur et les acheteurs

THIERY E. (1,2), BRUNSCHWIG G. (2), VEYSSET P. (2), MOSNIER C. (2)

(1) AgroSup Dijon, 26, Boulevard Docteur Petitjean-CS 87999, F-21079 Dijon Cedex

(2) Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, INRAE, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle

**RESUME** - La mise en place de coopérations favorisant les interactions culture-élevage à l'échelle de plusieurs exploitations agricoles apparaissent comme une alternative optimisant l'utilisation et la préservation des ressources sur un territoire et permettent de réduire de nombreux déséquilibres biogéochimiques et économiques. La mise en place d'une filière courte de foin de luzerne, pourrait permettre d'améliorer la fertilité des sols, réduire les intrants et les risques pour les céréaliers et favoriser un approvisionnement protéique local pour les éleveurs, mais il existe un manque de référence et de cadrage pour faciliter et accompagner la mise en place de telles démarches de coopération culture-élevage. L'objectif de cette étude était de faire une estimation du prix d'intérêt du foin de luzerne, respectivement pour une exploitation céréalière potentiellement productrice, et des exploitations bovin lait susceptibles d'acheter du foin de luzerne. Pour cela, nous avons utilisé le modèle d'optimisation bioéconomique ORFEE. Trois exploitations types ont été modélisées : une exploitation spécialisée en grandes-cultures en plaine et deux exploitations en élevage bovins laitiers. La première est un système herbager de piedmont avec une production en lait standard. La seconde est un système avec production et transformation fromagère sous IGP Tomme et Emmental. Ces trois systèmes de productions ont été optimisés selon trois scénarios : 1) sans foin de luzerne (témoin), 2) possibilité de produire ou d'acheter du foin de luzerne, sans engagement de quantité mais avec des prix fluctuant selon le cours des fourrages, 3) possibilité de produire ou d'acheter du foin de luzerne, avec engagement de la quantité sur 3 ans et prix garanti. Nous avons estimé les prix d'intérêt du foin de luzerne : prix à partir duquel l'agriculteur retire au moins autant « d'utilité » à produire ou acheter de la luzerne qu'à ne pas le faire. Nous avons pu établir pour du foin de luzerne une fourchette de prix de vente entre 145 et 151 €/t et une fourchette de prix d'achat de 179 à 181€/t pour l'élevage en lait standard et de 201 à 206€/t pour l'élevage avec IGP. Ce premier résultat montre que les agriculteurs (éleveurs et céréaliers) peuvent trouver un intérêt économique dans cet échange, même si celui-ci reste modéré. Cette étude a également montré un écart important dans le prix d'intérêt pour les deux exploitations d'élevage, mettant en évidence une meilleure propension à payer pour l'élevage avec une production fromagère sous IGP. S'ajoute à ce premier critère économique un réel intérêt sur la traçabilité du fourrage acheté, ainsi que sur l'image d'une production locale.

## Setting up an alfalfa hay production chain at a territory scale: determination of the price of interest for producers and buyers.

THIERY E. (1,2), BRUNSCHWIG G. (2), VEYSSET P. (2), MOSNIER C. (2)

(1) AgroSup Dijon, 26, Boulevard Docteur Petitjean-CS 87999, F-21079 Dijon Cedex

(2) Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, INRAE, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle

**ABSTRACT** - The establishment of cooperations favouring crop-livestock interactions on the scale of several farms appears to be an alternative that optimises the use and preservation of resources on a territory and makes it possible to reduce many biogeochemical and economic imbalances. Setting up a short alfalfa hay production chain could improve soil fertility, reduce inputs and risks for cereal farmers and promote local protein supply for livestock farmers, but there is a lack of reference and framework to facilitate and support the implementation of such crop-livestock cooperation approaches. The objective of this study was to estimate the interest price of alfalfa hay, respectively for a potentially producing crop farm and dairy cattle farms likely to purchase alfalfa hay. To do this, we used the ORFEE bio-economic optimization model. Three typical farms were modelled: one farm specialising in crops on the plain and two dairy cattle farms. The first is a piedmont grassland system with standard milk production. The second is a system with cheese production and processing under PGI Tomme and Emmental. These three production systems have been optimised according to three scenarios: 1) without alfalfa hay (control), 2) possibility of producing or purchasing alfalfa hay, without quantity commitment but with prices fluctuating according to the price of the fodder, 3) possibility of producing or purchasing alfalfa hay, with quantity commitment over 3 years and guaranteed price. We estimated the interest price of alfalfa hay: the price at which the farmer derives at least as much "utility" from producing or purchasing alfalfa as from not producing or purchasing alfalfa. We established for alfalfa hay a selling price range between 145 and 151 €/t and a buying price range of 179 to 181 €/t for standard milk production and 201 to 206 €/t for PGI production. This first result shows that farmers (stockbreeders and cereal farmers) can find an economic interest in this exchange, even if it remains moderate. This study also showed a significant difference in the interest price for the two livestock farms, highlighting a better propensity to pay for livestock farming with PGI cheese production. In addition to this first economic criterion, there is a real interest in the traceability of the fodder purchased, as well as in the image of local production.

## INTRODUCTION

Depuis les années 1970, l'abandon de l'élevage dans des bassins de production spécialisés en grandes cultures a entraîné la disparition des légumineuses fourragères du paysage français (Magrini *et al.* 2016). Pourtant les légumineuses fourragères, notamment la luzerne, sont reconnues pour leurs intérêts agronomiques. De plus, les modes de production ouverts sur les marchés mondiaux ont engendré une dépendance notable des systèmes d'élevage aux importations d'aliments riches en protéine, d'où une importation de 3 millions de tonnes de matières premières riches en protéines en Europe (Peyraud *et al.* 2014).

Bien que reconnue comme enjeux de sécurité et de souveraineté alimentaire par les politiques publiques, la culture des légumineuses est en général peu compétitive par rapport à celle des céréales, en particulier si l'indicateur de comparaison est la marge brute (Preissel *et al.* 2015). Par ailleurs, les légumineuses sont considérées, par les agriculteurs, comme des cultures plus à risques que les autres cultures (Jouan *et al.* 2019). Pour la luzerne par exemple, il ne reste sur le territoire français qu'un nombre restreint d'usines de déshydratation et l'absence de marché structuré pour le foin de luzerne, rend les débouchés incertains. Une gestion collective peut lever certains de ces verrous, au niveau de la production, des compétences techniques et des capacités d'investissement (Moraine 2015).

Il est pour cela, nécessaire de réunir producteurs et consommateurs et d'apporter un certain cadrage pour faciliter la mise en place d'interactions entre la production du foin de luzerne et ses utilisateurs. La présence d'un intermédiaire pour encadrer cette filière courte peut être un atout si, toutefois les prix sont rémunérateurs pour toutes les parties.

Dans le cadre du projet PSDR POEETE (Réfléchir la polyculture élevage à l'échelle des exploitations et des territoires) développé en Bourgogne Franche Comté et Rhône- Alpes, nous nous sommes intéressés à la mise en place d'une filière foin de luzerne alliant les exploitations céréalières de la plaine avec les exploitations en élevage de piedmont et montagne en région Rhône-Alpes.

Afin d'apporter une piste de réflexion pour l'établissement d'un prix d'équilibre juste pour les deux parties et permettant de payer les autres coûts liés à la transaction, nous avons tenté de déterminer à l'aide d'un modèle d'optimisation bioéconomique des prix d'intérêts du foin de luzerne pour les céréaliers et les éleveurs.

## 1. MATERIEL ET METHODE

### 1.1. PRESENTATION DU MODELE

Le modèle bioéconomique ORFEE, Optimization of Ruminant Farm for Economic and Environmental assessment (Mosnier *et al.* 2017) permet de simuler le fonctionnement d'une exploitation, sous contraintes. L'exploitation modélisée peut être constituée d'un ou plusieurs ateliers d'élevage de ruminants et de plusieurs ateliers de cultures de céréales et d'oléo-protéagineux ainsi que de surfaces fourragères et des prairies.

Le modèle optimise le système de production, en maximisant une fonction objectif, sous contraintes structurelles, agronomiques, zootechniques, économiques et administratives. Tous changements de pratique entraînent le calcul par le modèle, des gains et coûts engendrés par ce changement (coût des intrants des cultures, mécanisation,

charges opérationnelles du troupeau et des surfaces, ainsi que le coût du travail supplémentaire). La fonction objectif maximisée est le revenu net moyen de l'exploitation sur la période 2010-2017. Le revenu net correspond au résultat courant<sup>1</sup> auquel est retiré le coût du travail réalisé par l'exploitant, sur la base du SMIC horaire brut.

Pour une exploitation de grandes-cultures, plusieurs effets agronomiques de la luzerne ont été pris en compte dans l'implémentation du modèle, dont la fixation d'azote atmosphérique et un effet « précédent » sur le rendement de la culture suivante. La fertilisation azotée minérale pour la luzerne est donc nulle pour les trois années de culture. On considère également le relargage d'azote durant les deux années suivant la culture de luzerne. La minéralisation résiduaire est définie à hauteur de 30 kg d'azote pour chacune des deux années (Comifer 2013). Pour une exploitation d'élevage, le foin de luzerne est valorisé dans la ration des animaux selon les valeurs alimentaires données par l'INRAE (Inra, 2019)

## 1.2. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE ET DES EXPLOITATIONS

### 1.2.1. La région Rhône-Alpes, un territoire contrasté

L'orientation technico-économique dominante de la région Rhône-Alpes est l'élevage avec 58% des exploitations agricoles dont 38% en élevage bovin. Cependant, dans les zones de plaine, on observe un recul de l'élevage au profit des grandes-cultures (Agreste 2018). Les zones de productions sont concentrées. Les élevages sont répartis sur les zones défavorisées de montagne, là où il n'y a pas (ou peu) d'alternative à la production d'herbe. Ces systèmes ont souvent une stratégie de différenciation (fromage d'Appellation d'Origine Protégée) favorisant une bonne valorisation du lait.

### 1.2.2. L'exploitation de grandes cultures

Il a été choisi une exploitation moyenne avec un assolement initial tiré des moyennes régionales de la statistique agricole française (recensement agricole 2010) de la région Rhône-Alpes. Cette exploitation dispose d'une surface agricole utile (SAU) de 170 ha avec la possibilité de cultiver du blé tendre, du maïs, du colza et du tournesol.

Afin de modéliser cette exploitation, nous avons calibré le modèle en utilisant des références disponibles dans différentes bases de données statistiques (Agreste et Réseau d'Information Comptable Agricole).

### 1.2.3. Les exploitations d'élevage

Les données utilisées pour les deux exploitations d'élevage laitier choisies sont issues des données de références Inosys Réseaux d'Elevage. Un premier cas type a été sélectionné, à dominante herbagère en zone de montagne, sans valorisation spécifique du lait. Sa SAU est de 112 ha avec 12 ha en culture pour 85 vaches laitières plus le renouvellement. En 2017, l'excédent brut d'exploitation (EBE) de cette exploitation était de 127 k€ avec un prix du lait à 344€ les 1 000L.

Le second cas type correspond à une exploitation représentative des systèmes laitiers savoyardes en zone IGP Tomme et Emmental créée à partir des résultats des exploitations du réseau bovins lait en Rhône-Alpes PACA. Cet élevage exploite 129 ha dont 17 ha de cultures et le reste

<sup>1</sup> Résultat Courant = Ventes de produits animaux et végétaux + subventions publiques – charges opérationnelles-charges de structure-charges d'amortissement et frais financier

de des surfaces est alloué aux fourrages pour 89 vaches laitières plus le renouvellement. En 2017, l'EBE de cette seconde exploitation était de 167 k€ avec un prix du lait à 461€ les 1000L.

### 1.3. CALCUL DU PRIX D'INTERET

Dans cette étude, le prix d'intérêt est le prix auquel un agriculteur change de pratique (ici vend ou achète une marchandise), sans dégrader son revenu (Figure 1). Afin de calculer le prix d'intérêt du foin de luzerne pour chacune des exploitations étudiées, une première simulation avec le scénario témoin est réalisée pour calculer le revenu net moyen optimum sous les contraintes de ce scénario. Dans un second temps, la fonction objectif des scénarios avec luzerne est adaptée pour calculer le prix du foin de luzerne permettant d'égaliser le revenu net moyen du témoin pour une surface ou une quantité de foin de luzerne donnée.

### 1.4. ANALYSE DE SENSIBILITE

Pour représenter la variabilité de rendement interannuelle de chaque culture, nous avons utilisé les données Agreste et complété par des données simulées sur le modèle de croissance des cultures STICS pour la luzerne. Les indices de prix des produits agricoles à la production (IPPAP<sup>2</sup>) ont été utilisés pour représenter la variabilité des prix des productions végétales et animales au cours des années 2010 à 2017.

Une analyse de la sensibilité du prix d'intérêt face à l'aversion des agriculteurs de la variabilité interannuelle du revenu et d'un revenu minimum a été également réalisée. Pour tenir compte de l'aversion au risque des exploitants, une pénalité de 0,5 a été appliquée à la fonction objectif sur l'écart type du revenu sur la période considérée ou sur les revenus en deçà d'un revenu minimum. Le seuil minimum était de 2 SMIC pour le cas type grandes-cultures et revu à 1,5 SMIC pour les élevages ayant un revenu net moyen plus faible.

### 1.5. DESCRIPTION DES SCENARIOS

#### 1.5.1. Les scénarios grandes-cultures

Lors des simulations, nous avons testé trois modalités d'aversion par rapport au témoin représentant une exploitation grandes-cultures sans luzerne. Dans les trois scénarios, avec luzerne, 15% de la surface agricole utile est attribuée de manière fixe à la culture de luzerne, le prix du foin de luzerne fluctue chaque année et est indexé sur le prix des fourrages. On considère que le matériel pour la culture et la récolte du foin de luzerne est en propriété pour le céréalier qui supportera donc les frais d'utilisation et d'amortissement de ce matériel. Dans le premier scénario avec luzerne, on ne considère aucune aversion au risque. Dans le second scénario, est prise en compte l'aversion à une variabilité interannuelle du revenu. Enfin dans le troisième scénario, est testée l'aversion sur le revenu minimum.

#### 1.5.2. Les scénarios élevages

Pour les deux systèmes d'élevage, le témoin n'est pas autorisé à acheter du foin de luzerne pour l'alimentation du troupeau. Dans les scénarios avec luzerne, les élevages ont la possibilité d'acheter 10% de leur consommation de fourrage en foin de luzerne, le prix de ce dernier étant indexé

sur le prix des autres fourrages. Comme pour l'exploitation en grandes-cultures, le prix d'intérêt est recalculé en faisant varier l'aversion au risque.

## 2.RESULTATS

### 2.1. ESTIMATION DU PRIX D'INTERET SANS AVERSION AU RISQUE

Pour l'exploitation de grandes-cultures, le prix d'intérêt pour la vente du foin de luzerne, sur la période 2010-2017 est de 145 €/t en moyenne pondérée des quantités produites (variations interannuelles du rendement) en fonction de la variabilité interannuelle du prix. Pour l'élevage avec une production en lait standard, le prix d'intérêt pour l'achat du foin de luzerne sur la période est de 167 €/t pour une quantité moyenne de 12.7 t. Pour le cas type élevage avec une production sous label IGP, le prix d'intérêt pour l'achat du foin de luzerne est de 206 €/t pour 31.5 t achetée en moyenne.

### 2.2. RESULTATS AVEC AVERSION AU RISQUE

L'ajout de la luzerne dans l'assolement permet de limiter les chutes de revenu, c'est-à-dire que le revenu le plus faible sur la période 2010-2017 est plus élevé pour les scénarios avec luzerne que pour le témoin. Ceci est donc favorable en cas d'aversion sur un revenu minimum. Selon les résultats présentés dans le Tableau 1, l'exploitation de grandes-cultures diminue de façon notable son prix de vente du foin de luzerne avec cette aversion. L'écart de prix est pratiquement nul pour les élevages avec un seuil minimum plus faible, bien que le prix plafond augmente de 2 €/t pour le cas type en production de lait standard.

Si on prend en compte l'aversion sur la variabilité du revenu, le prix d'intérêt du foin de luzerne est plus faible pour le cas type élevage avec une production sous label IGP relativement au scénario sans aversion. Ceci signifie que dans le cas où l'agriculteur est averse aux variations du revenu, le foin de luzerne est moins intéressant, l'écart étant toutefois ténu. Pour le cas type élevage en production de lait standard ainsi que pour l'exploitation de grandes-cultures, les prix d'intérêt sont respectivement supérieurs et inférieurs avec aversion sur la variabilité du revenu par rapport à sans aversion. Cela signifie qu'avec cette aversion au risque, l'éleveur est prêt à acheter plus cher et le céréalier à vendre moins cher le foin de luzerne pour se prémunir des fluctuations de revenu.

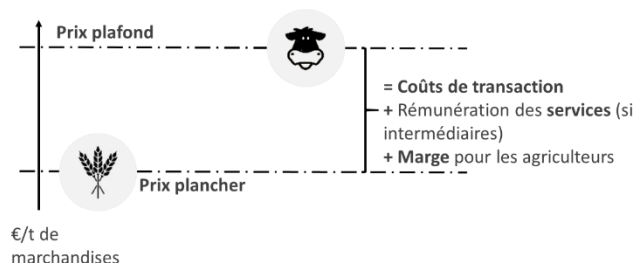


Figure 1 : Schéma explicatif des prix plancher et prix plafond pour une transaction de luzerne entre une exploitation de grandes-cultures vendeuse et une exploitation d'élevage acheteuse

Tableau 1 : Estimation du prix d'intérêt du foin de luzerne pour trois types d'exploitation (productrice ou consommatrices de foin de luzerne) sur la période 2010-2017 en €/t

	Elevage	Elevage	Exploitation
--	---------	---------	--------------

<sup>2</sup> IPPAP : indices prix des produits agricoles mesure l'évolution des prix des produits vendus par les agriculteurs. Il est élaboré par l'institut national de la statistique et des études économique à partir de l'observation des prix de marché.

	(lait standard)	(lait sous IGP)	de grandes cultures
Prix en €/t du foin de luzerne (sans aversion)	167	206	145
- avec aversion sur la variabilité du revenu	168	203	143
- avec aversion sur un revenu minimum	169	206	128

### 3. DISCUSSIONS

#### 3.1. DISCUSSION DES RESULTATS

Il existe dans notre simulation un écart entre le prix d'intérêt (prix de vente) pour le foin de luzerne auquel le céréalier est prêt à en produire et le prix d'achat sur lequel les deux éleveurs peuvent acheter du foin de luzerne sans dégrader leur revenu par rapport au témoin. L'introduction de luzerne permet une stabilisation relative du revenu de l'exploitation en grandes cultures.

Pour ce qui est des simulations sur les exploitations d'élevage, l'achat de foin luzerne n'a qu'un faible effet sur la stabilisation du revenu. D'une part, parce que le revenu des exploitations d'élevage est initialement plus stable que celui de l'exploitation des grandes cultures. D'autres parts, les cas types élevages étant pratiquement autonomes en fourrage, l'achat de foin de luzerne les incite à accroître leur production de lait avec une augmentation de la taille du troupeau, ce qui rend les scénarios avec achat de luzerne plus sensibles aux variations de prix du lait et des intrants. Dans le cadre d'une rationalité économique, le modèle choisit d'intensifier la production avec cette nouvelle ressource plutôt que de l'utiliser comme un levier d'adaptation en cas de déficit fourrager. En revanche, cet apport permet de réduire l'achat de matières premières riches en protéine (luzerne déshydratée et tourteau de soja). Il existe donc un compromis entre une autonomie fourragère à l'échelle de l'exploitation et une autonomie alimentaire plus globale à l'échelle du territoire.

Enfin, on peut noter la meilleure propension à payer pour le cas type élevage avec production fromagère sous label qui est capable d'acheter plus cher le foin de luzerne. La mise en place de la coopération semble beaucoup plus aisée entre le céréalier et ce second cas type qu'avec l'élevage avec une production de lait standard pour laquelle les prix d'intérêt (prix d'achat) sont pratiquement identiques aux prix d'intérêt (prix de vente) du céréalier. Dans ce cas de figure, il paraît difficile de pouvoir rémunérer tous les coûts annexes liés à l'échange ainsi que les services de la coopérative qui prend en charge les transactions tout en laissant une marge incitative pour les céréaliers et éleveurs.

#### 3.2. LA PLACE DE LA COOPERATIVE

Dans cet échange, la coopérative offrirait une capacité de logistique et transport en plus du partage du risque. Elle offrirait également la possibilité de faire correspondre l'offre à la demande en reliant un grand nombre d'agriculteurs entre eux. Le développement d'une filière de production locale lui permettrait une diversification de son offre et une meilleure traçabilité ainsi qu'une meilleure maîtrise des prix des produits qu'elle vend par rapport à la situation initiale où elle revendait du foin acheté hors région.

### CONCLUSION

S'il est acquis que la luzerne a de nombreux intérêts agronomiques et environnementaux, nous avons montré dans quelle mesure son introduction dans une exploitation de grandes cultures et son utilisation en foin pour l'alimentation de troupeau de montagne et piedmont pouvait avoir un intérêt économique pour les exploitations pouvant échanger du foin.

Pour l'exploitation céréalière, l'introduction de luzerne permet de réduire la variabilité du revenu et en particulier les chutes de revenu. En revanche, pour une exploitation d'élevage pratiquement autonome en fourrage, notamment notre exemple d'élevage en production de lait standard, l'achat de foin de luzerne la rend plus dépendante, bien que le foin de luzerne se substitue en partie aux achats de tourteaux de soja. Il accroît la quantité de fourrage disponible, que le modèle utilise pour augmenter la production globale en intensifiant le système et en le soumettant plus encore aux fluctuations des prix du marché plutôt que d'améliorer sa sécurité. Dans nos simulations, le prix d'intérêt du foin de luzerne pour cette exploitation est donc faible par comparaison avec une exploitation en production IGP. Cette dernière valorise souvent mieux sa production et recherche dans le même temps un produit tracé lui permettant de mettre l'accent sur l'origine locale de la matière première. L'intérêt d'avoir comparé différents systèmes est de pouvoir tester différentes structures d'exploitations laitières que la coopérative pourrait cibler pour la vente de foin de luzerne.

*Nous tenons à remercier Jean-Philippe Goron, Jean-Pierre Manteau, Marianne PHILLIT et Tanguy MOREL (ingénieurs et conseillers de terrain) qui ont participé à l'atelier collectif et qui ont pu être sollicités par la suite pour leurs expertises dans la validation de certaines données de l'étude. Nous remercions aussi la coopérative dauphinoise pour son partage d'expérience qui nous a servi d'exemple pour notre étude. Nous remercions Camille Launay impliquée dans le projet 4p1000 qui nous a fourni les données utilisées sur le modèle STICS.*

Agreste Auvergne-Rhône-Alpes, 2018. Mémento de la statistique agricole. Edition 2018.

COMIFER : Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnable, 2013.

Jouan, J., Ridier, A. & Carof, M. 2019. <https://ideas.repec.org/p/hal/journal/hal-01937084.html>.

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. Ecological Economics 126, 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.03.024>

Moraine, M., 2015.

Mosnier, C., Duclos, A., Agabriel, J., Gac, A., 2017. Agricultural Systems 157, 202–215. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.07.005>

Peyraud, J.-L., Taboada, M., Delaby, L., 2014. European Journal of Agronomy, Integrated crop-livestock 57, 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.02.005>

Preissel, S., Reckling, M., Schläfke, N. & Zander, P. 2015. Field Crops Research 175, 64–79.