# PSDR4 POEETE - Réfléchir la polyculture élevage à l'échelle des territoires et des exploitations

**Brunschwig G.[1], Thiery E.[1], Goron J.-P.[2], Chapuis D.[3], Veysset P.[1], Mosnier C.[1]**

[1] VetAgro Sup, Inrae, UMR Herbivores, 89 avenue de l'Europe - BP 35, F-63370 Lempdes

[2] PEP bovins lait chambre agriculture, 40, avenue Marcelin Berthelot, F-38100 Grenoble

[3] Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire, BP 522, F-71010 Macon Cedex

**Correspondance** : gilles.brunschwig@vetagro-sup.fr

## Résumé

Le projet POEETE avait pour ambition de revisiter l'intérêt de maintenir ou d'intégrer de l'élevage et des cultures dans des exploitations et territoires. Nous avons tenté d'apporter une vision intégrée et systémique de ces systèmes de polyculture-élevage (PCE) pour appréhender leurs contributions à la transition agroécologique, en mobilisant au besoin des comparaisons avec des exploitations spécialisées. Nous avons mis en relation la perception de la durabilité de systèmes PCE avec leur ancrage dans la modernité (au sens sociologique). Nous avons identifié les freins et les motivations à l'adoption ou au maintien de systèmes favorisant les synergies entre culture et élevage à l'échelle des exploitations ou de territoires. Nous avons apporté des références techniques et agronomiques adaptées aux régions Bourgogne Franche-Comté et Rhône-Alpes sur de nouvelles pratiques renforçant l'autonomie alimentaires des élevages via l'utilisation de substituts au tourteau de soja et le développement de nouvelles légumineuses dans des prairies multi espèces. Nous avons enfin modélisé le fonctionnement d'exploitations pour explorer de nouvelles pratiques d'échanges entre exploitations spécialisées ou de conduite plus autonomes valorisant les interactions culture-élevage afin d'accroitre leur durabilité.

**Mots-clés**: Transition agroécologique, Echange entre exploitations, Complémentarité entre ateliers, Modélisation des exploitations, Complément azoté local

## Abstract: PSDR4 - POEETE - Thinking about mixed farming at the level of territories and farms

The POEETE project aimed to revisit the interest of maintaining or integrating livestock and crops in farms and territories. We tried to bring an integrated and systemic vision of these mixed farming-livestock systems (MFS) to apprehend their contributions to the agro-ecological transition, by mobilising comparisons with specialised farms if necessary. We related the perception of the sustainability of MFS systems with their anchoring in modernity (in the sociological sense). We have identified the obstacles and motivations for adopting or maintaining systems that promote synergies between crops and livestock at the farm or territorial level. We have provided technical and agronomic references adapted to the Bourgogne Franche-Comté and Rhône-Alpes regions on new practices strengthening the food autonomy of livestock farms via the use of soybean meal substitutes and the development of new legumes in multi-species grasslands. Finally, we modelled the functioning of farms to explore new practices of exchange between specialised farms or more autonomous management enhancing crop-livestock interactions to increase their sustainability.

**Keywords:** Agro-ecological transition, Exchange between farms, Complementarity between workshops, Farm modelling, Local nitrogen complement

## 1. Introduction : La polyculture-élevage, une voie naturelle pour la transition agroécologique

Après la seconde guerre mondiale, les systèmes agraires ont été significativement transformés. La généralisation massive de la mécanisation et de l'utilisation des produits phytosanitaires et engrais de synthèse a permis une augmentation de la productivité par unité de surface et par travailleur (Chatellier et Gaigné, 2012). Cette spécialisation sur des bases pédoclimatiques a entrainé des spécialisations collectives localisées conduisant à l'apparition de bassins de production.

Aujourd'hui, les crises successives questionnent les pratiques actuelles, mais aussi les fondements et orientations des exploitations ainsi que leurs organisations à différentes échelles. Volatilité des prix des produits, raréfaction des ressources naturelles et des énergies fossiles, augmentation des pollutions et des dégâts sur la biodiversité, variations et accidents climatiques sont de plus en plus fréquents et conséquents.

Les systèmes de productions diversifiés, comme les systèmes de polyculture-élevage (PCE) présentent a priori des intérêts en lien avec les principes d'agroécologie et d'écologie industrielle et territoriale. Les complémentarités entre les différents ateliers d'un système diversifié peuvent potentiellement engendrer des interactions et des synergies au sein du système et par exemple permettre le bouclage du cycle des nutriments (Bonaudo et al., 2014 ; Lemaire et al., 2014 ; Peyraud et al., 2014 ; Soussana et Lemaire, 2014 ; Sulc et Franzluebbers, 2014). Le couplage entre ateliers de culture et d'élevage est ainsi promu par de nombreux auteurs. Cependant, les résultats de ces recherches sont souvent théoriques ou issus d'une recherche disciplinaire. Or ces systèmes complexes nécessitent une vision intégrée et systémique pour répondre à ces enjeux. D'autre part, certains résultats suggèrent que les systèmes de polyculture-élevage ne sont souvent pas plus performants que les systèmes spécialisés (Ryschawy et al., 2012 ; Veysset et al., 2014). Ceci pourrait être lié à une diversité de pratiques, aux nombreux équipements et aux différents degrés d'intégration entre culture et élevage (Veysset et al., 2014).

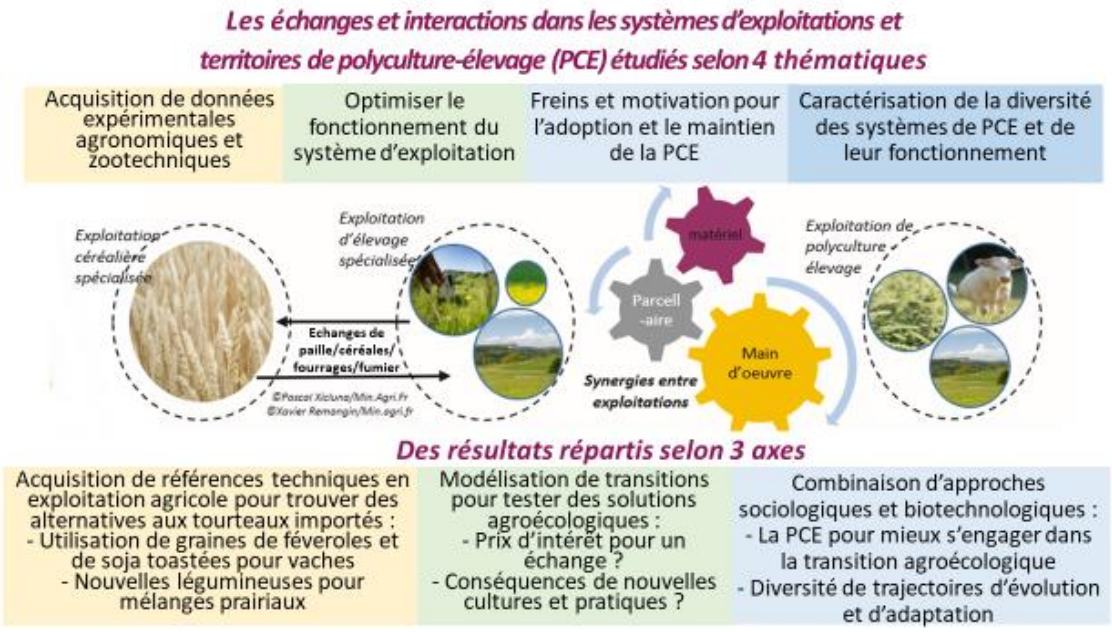


**Figure 1** : Thématiques d'études et résultats du projet PSDR4 POEETE

Le projet PSDR4 - POEETE (POlyculture Elevage à l'Echelle des Territoires et des Exploitations) découle donc d'une nécessité d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement des systèmes de polyculture-élevage et sur leur diversité dans les contextes Rhône-Alpin, Bourguignon et Franc-Comtois. L'enjeu initial du projet était de re-visiter les conditions et facteurs clés du développement ou du maintien

d'activités d'élevage et de cultures intégrées dans les exploitations et les territoires en vue d'accroître leur durabilité et leur résilience. Il s'agissait de réfléchir à l'optimisation de l'organisation de systèmes de polycultures - élevage et de leur fonctionnement, aussi bien à l'échelle des exploitations qu'à l'échelle d'un territoire. Ce changement d'échelle implique l'interaction entre exploitations ainsi qu'entre acteurs des filières dans une démarche participative. Pour conduire ces recherches, cette étude se proposait d'une part, de réfléchir à l'organisation ou à la conception de systèmes favorisant les synergies entres exploitations spécialisées de grandes cultures et exploitations d'élevage. Elle se fixait d'autre part, comme objectifs, de caractériser les éventuels intérêts de la complémentarité entre cultures et élevage au niveau des exploitations et des territoires afin de pouvoir les raisonner et les favoriser. De plus, le projet avait pour ambition de contribuer au développement d'un outil d'optimisation du fonctionnement des systèmes de polyculture-élevage à l'échelle d'une exploitation ou d'un territoire, en prenant en compte les spécificités des territoires d'étude. Par ailleurs, l'acquisition de références agronomiques et zootechniques sur de nouveaux compléments alimentaires azotés ou sur l'utilisation de légumineuses ou de cultures dérobées fourragères apparaissait comme un enjeu complémentaire des acquisitions et des connaissances attendues dans ce projet. Ces références obtenues localement devaient faciliter l'adaptation des modèles utilisés pour l'optimisation du fonctionnement des exploitations.

### *1.1 Des terrains répartis sur deux régions, choisis dans des zones intermédaires*

Pour aborder les différentes échelles de la polyculture-élevage, des exploitations aux territoires, il était nécessaire de choisir des terrains d'études comprenant des exploitations spécialisées (S) et des exploitations de PCE. D'autre part, les terrains d'étude devaient couvrir des zones où les activités d'élevage et de cultures présentent chacune un enjeu majeur dans les territoires. Enfin, pour respecter la dimension interrégionale du projet POEETE, nous avons essayé de répartir au mieux les terrains d'étude entre les deux régions, en fonction des enjeux propres à chacune.

Les zones à enjeux majeurs pour la polyculture-élevage en Rhône-Alpes que nous avions identifiées étaient les secteurs de plaine avec une activité d'élevage. Les terrains d'étude les plus pertinents sont apparus être les secteurs de coteaux à dominante élevage, associés à des cultures. Ces zones sont le plus souvent en périphérie des zones de plaine et interagissent avec celles-ci. Trois études ont ainsi porté sur la zone Nord Isère, où la spécialisation semble s'être principalement tournée vers l'élevage laitier, avec quelques spécialisations en grandes cultures, assez peu présentes car de nombreuses exploitations ont des STH (surfaces toujours en herbe) obligatoires. D'autre part, le potentiel agronomique assez moyen et le morcellement, réduisent le développement d'exploitations spécialisées en cultures. Ceci incite donc les agriculteurs à garder au moins un atelier allaitant pour valoriser en pâtures ces STH. Ces exploitations restent néanmoins déséquilibrées au profit des grandes cultures. D'autre part, des expérimentations agronomiques ont été mises en place au lycée agricole du Valentin à Bourg-lès-Valence pour étudier le développement de légumineuses méditerranéennes afin d'observer leur adaptation aux conditions climatiques de la Drome. Elles avaient pour but de produire des références adaptées à ce territoire souvent touché par des sécheresses qui impactent fortement les rendements des systèmes fourragers.

En Bourgogne Franche-Comté, la Saône-et-Loire a servi de terrain d'étude pour l'optimisation du fonctionnement des interactions culture-élevage à l'échelle de plusieurs exploitations. Les exploitations représentées étaient réparties entre d'une part, une exploitation spécialisée en grandes cultures dans la zone du Chalonnais pour laquelle se pose un fort enjeu de conservation de matière organique dans les sols, et d'autre part, une exploitation d'élevage allaitant représentative de la zone d'élevage Charolais située à l'ouest du département. De plus, des expérimentations en alimentation de ruminants pour valoriser des compléments azotés locaux ont été réalisées sur les exploitations des lycées agricoles de Fontaines et de la Barotte.

### *1.2 Des partenaires diversifiés*

Le projet POEETE a été dès le départ co-construit avec les chambres d'agriculture de Saône et Loire et d'Isère (cf. PEP bovins lait) qui ont activement participé à sa réalisation et à son animation durant tout son déroulement. Parmi les organismes de recherche, le projet a permis d'associer AgroSup Dijon avec l'Inrae et VetAgro Sup via l'UMR Herbivores basée à Clermont-Ferrand. Des complémentarités ont également été construites avec le RMT Systèmes de Polyculture Élevage. Les autres acteurs professionnels, qui se sont impliqués dans le projet allaient de coopératives locales comme la Dauphinoise, jusqu'aux lycées agricoles des deux régions d'études (la Barotte, Fontaines, la Côte-St-André, le Valentin).

## 2. Une sélection de résultats scientifiques issus d'approches variées

Présenter l'ensemble des résultats du projet POEETE ne semblant pas pertinent, nous avons plutôt choisi de nous focaliser sur trois exemples à même d'illustrer l'intérêt des résultats obtenus.

### *2.1 Combiner des approches sociologiques et biotechnologiques pour étudier les freins et motivations aux transitions agroécologiques*

Nous avons réalisé une enquête semi-directive dans les plaines de l'Isère et de l'Ain, auprès de 16 exploitations diversifiées de polyculture élevage (PCE) (bovins / ovins, vaches laitières / allaitantes, conventionnelles / biologiques) disposant d'ateliers de grande taille *vs* 14 fermes spécialisées (S) (cultures / vaches laitières / avec bétail allaitant). Les discours des agriculteurs ont été, analysés parallèlement selon 2 analyses qualitatives (Jarousse et al., 2018 ; Brunschwig et al., 2019a, 2019b, 2020). Une première analyse a porté sur les piliers de la durabilité exprimés dans leur discours afin de créer une typologie. Une seconde analyse s'est appuyée sur les notions sociologiques de « modernité » exprimées dans les motivations des agriculteurs pour définir des archétypes. Nous avons dans cette étude considéré la « modernité » d'un point de vie sociologique, c'est-à-dire telle que considérée à la fin du XX$^{ème}$ siècle (monde commercial + monde industriel + relation au contrôle de la nature) (Latour, 1991). Nous avons ensuite élaboré une synthèse des types et archétypes à l'aide d'une analyse graphique. Enfin, des entretiens complémentaires menés dans 11 exploitations (7 PCE et 4 S) ont permis de valider les résultats et de visualiser la trajectoire des exploitations.

Ce premier volet de recherche met en lumière les freins et motivations liés à l'adoption et au maintien des systèmes de polyculture-élevage à l'échelle de l'exploitation et des territoires. La série d'entretiens souligne quelques causes d'abandon de la polyculture-élevage. Les principales raisons évoquées sont : une charge de travail trop importante, des investissements trop lourds pour la mise aux normes des bâtiments d'élevage et du matériel. Par ailleurs, aux dires des agriculteurs, les productions céréalières seraient plus rentables que la production laitière au regard du temps consacré à chaque atelier (Mondière, 2018).

Cette étude a aussi permis de mettre en lumière la perception de la durabilité des exploitations selon les dires des agriculteurs. Plusieurs visions de cette durabilité ont été identifiées et ont donné lieu à la construction d'une typologie basée sur les discours de chaque agriculteur (cf. piliers économique, social et environnemental). L'analyse des discours nous a ainsi permis d'obtenir 6 types liés à la durabilité (de - exprimé à +) et 5 archétypes liés à la modernité (de + exprimé à -). L'analyse du lien entre les piliers de la durabilité et les valeurs sociales de référence met en évidence deux tendances. Certains agriculteurs restent ancrés dans la « modernité » avec un pilier économique prioritaire et tendent toutefois à mieux prendre en compte les piliers sociaux et environnementaux. A l'inverse, certains agriculteurs changent leur point de vue sur la "nature" et remettent en question le système moderne et parlent simultanément des trois piliers de la durabilité. Par ailleurs, l'analyse des trajectoires montre pour les systèmes PCE et S, un mouvement global vers une plus grande prise en compte des trois piliers de la durabilité, mais avec toutefois deux grandes tendances vis à vis de la modernité : soit la trajectoire reste ancrée dans la

modernité, en adaptant le systèmes existant, soit elle montre une extraction de la modernité, avec une forte remise en cause des valeurs modernes, une reconception du système et souvent des conversions à l'agriculture biologique. Cette extraction est d'autant plus marquée que les liens entre les ateliers sont forts au sein des exploitations. Ainsi, les fermes S correspondent principalement à la première tendance d'adaptation des systèmes, tandis que les fermes PCE font davantage partie de la deuxième tendance visant plutôt à reconcevoir les systèmes (Jarousse et al., 2018 ; Brunschwig et al., 2019a).

Dans cette étude, la caractérisation de la diversité des systèmes de polyculture-élevage à l'échelle de l'exploitation et des territoires, via la schématisation des couplages entre les ateliers de cultures, élevage et prairies de chaque exploitation a permis de visualiser les synergies mises en place. Les résultats obtenus mettent en lumière que la polyculture-élevage n'est pas nécessairement associée à de forts couplages et qu'il existe une diversité de situations. Mais globalement, les exploitations présentant les plus forts niveaux de couplage sont aussi celles dont le discours prend le plus en considération les 3 piliers de la durabilité (Brunschwig et al., 2020).

Sur le plan méthodologique, l'originalité de cette étude réside dans l'utilisation combinée d'approches sociales et biotechniques obtenues lors d'un seul entretien, mais analysées de manières disjointes avant d'être recombinées, permettant ainsi de mettre en lumière les liens entre les valeurs des agriculteurs qui sous-tendent leurs systèmes et les modalités de couplage et de durabilités mises en œuvre.

### *2.2 Acquérir des références techniques en exploitation agricole pour trouver des alternatives aux tourteaux importés*

En zone de polyculture élevages, l'alimentation des vaches laitières est très souvent basée sur l'ensilage de maïs, riche en énergie mais nécessitant une correction azotée significative. Parallèlement les demandes sociétales évoluent et la demande « non-OGM » augmente. L'achat de concentré « non-OGM » représente une charge importante pour l'éleveur, la recherche de plus d'autonomie protéique devient donc plus forte. Si de nombreux projets de toastages de graines à la ferme (CUMA, prestataires, etc.) se développent, les références sont hélas encore insuffisantes. Nous avons alors étudié les intérêts zootechniques et économiques de l'utilisation de graines de féveroles et de soja toastées dans une ration pour vaches laitières (Chapuis et Demarbaix, 2020).

Nous avons réalisé deux essais zootechniques (Tableau 1), le premier au lycée agricole de Fontaines (71) et le second au lycée agricole de La Barotte (21). Début 2018, à Fontaines, lors du premier essai, 2 lots de 31 Vaches Montbéliardes ont été constitués. Des graines de féveroles toastées ont été distribuées au lot Expérimental (E) contre du tourteau de Colza pour le lot Témoin (T). Puis fin 2019, à La Barotte, le deuxième essai a été conduit avec de 2 lots de 20 Vaches Brunes. Des graines de Soja toastées ont été distribuées au lot E tandis que le lot T recevait du tourteau de Soja 48. Dans chaque essai, nous avons étudié, au cours des semaines d'expérimentations, l'ingestion, l'évolution de la production laitière, et l'évolution des taux butyreux(TB) et protéiques(TP) pour les deux lots E et T.

Lors de l'essai à Fontaines, la distribution de 3,5 kg de graines de Féveroles toastées a permis d'économiser 3 kg tourteau de colza et 2,2 kg de céréales. Nous avons cependant observé une légère baisse de production pour le lot E (-1,6 kg de lait par jour) mais cet écart n'était pas statistiquement significatif. Nous avons également observé des écarts non significatifs de taux butyreux (+0,6g/kg) et protéiques (-0,6g/kg) pour le lot E par rapport au lot T. D'un point de vue économique, les coûts de ration pour les lots E et T étaient identiques (101 €/1000L 7%). Les écarts des mesures entre laboratoires concernant les valeurs alimentaires de la Féverole ont compliqué l'ajustement de la ration en amont et entrainé un léger déséquilibre pour le lot E. Un apport supplémentaire de 0,6 kg de Féverole aurait permis théoriquement d'avoir une production équivalente en maintenant l'efficacité économique.

Lors du deuxième essai à La Barotte, la distribution de 2,6 kg de graines de Soja toastées a permis d'économiser 1,6 kg de tourteau de Soja 48. Les graines toastées ont permis un gain de production

statistiquement très significatif de 2,3 kg de lait supplémentaire par rapport au lot témoin. Nous avons observé une baisse des taux de -1,6 g/kg pour le TB et -1,3 g/kg pour le TP pour le lot E par rapport à T. Le coût de ration était cependant plus élevé pour le lot E, à 104 €/1000L à 7% contre 96 €/1000L à 7% pour le lot T, du fait du coût d'achat des graines de Soja (360 €/T) et d'une charge pour le toastage de 50 €/T par rapport à l'achat de tourteaux de Soja (385€/T).

**Tableau 1** : Utilisation de graines toastées pour l'alimentation de vaches laitières, résultats des essais conduits au lycée de Fontaines (71) et au lycée de la Barotte (21)

| **Traitements expérimentaux** | **Lycée de Fontaines** | | **Lycée La Barotte** | |
|---|---|---|---|---|
| **Variables ** | **Lot Témoin** | **Lot Expé.** | **Lot Témoin** | **Lot Expé.** |
| Nombre de vaches laitières | 31 | 31 | 20 | 20 |
| | | | | |
| **Féverole toastée** (kg brut) | 0,0 | **3,5** | | |
| Tourteaux de Colza (kg brut) | 4,0 | 1,1 | | |
| Blé (kg brut) | 1,6 | 0,5 | | |
| Maïs grain (kg brut) | 1,6 | 0,5 | | |
| **Soja toasté** (kg brut) | | | 0,0 | **2,6** |
| Tourteau de soja 48 (kg brut) | | | 1,6 | 0,0 |
| Aliment VL(kg brut) | | | 1,6 | 1,7 |
| Orge (kg brut) | | | 0,7 | 0,7 |
| Maïs épis (kg brut) | | | 2,2 | 2,2 |
| Fourrages (kg MS) | 17,0 | 17,9 | 14,4 | 13,9 |
| Matière sèche totale ingérée (kg MS) | 23,6 | 23,0 | 20,4 | 20,9 |
| | | | | |
| Lait produit (kg / j) | 25,7 | 24,1 | 26,3 | 28,6 |
| TB (g / kg) | 41,7 | 42,3 | 43,6 | 42,0 |
| TP (g / kg) | 34,3 | 33,8 | 35,2 | 33,9 |
| Coût ration (€ / 1000 L à 7%) | 101 | 101 | 96 | 104 |
| Coût concentré (€ / 1000 L à 7%) | 55 | 51 | 53 | 65 |
| Marge Brute (€ / 1000 L) | 227 | 226 | 238 | 230 |

Dans une démarche de filières « non-OGM » ou d'autonomie protéique, l'utilisation de graines de protéagineux semble donc techniquement et économiquement envisageable. Le toastage permet l'élimination des facteurs antinutritionnels des graines de protéagineux et permet une meilleure conservation en ferme. La distribution de graine toastée est réalisable en ration complète ou à l'aide d'un distributeur automatique de concentré. La difficulté de cette utilisation réside dans la disponibilité des moyens de toastage et du temps nécessaire (~ 1,8 T/h). La production ou l'approvisionnement des graines peut être également une difficulté pour l'éleveur. Il est alors intéressant d'étudier localement les échanges possibles entre céréaliers et éleveurs. L'intérêt économique de ce type de ration est donc à nuancer en la replaçant dans le contexte global de l'exploitation incluant les contraintes d'un cahier des charges, le potentiel agronomique des terres et les impacts sur l'assolement et le travail.

### *2.3 Modéliser des transitions pour tester des solutions agroécologiques*

Un dernier volet de recherche portait sur l'optimisation et la simulation du fonctionnement des systèmes de polyculture-élevage à l'échelle de l'exploitation et des territoires. L'utilisation de la modélisation a permis d'étudier d'une part des coûts de transaction entres exploitations (Thiery et al., 2017 ; 2018 ; 2019a ; 2019c), et d'autre part d'explorer des voie d'amélioration de l'autonomie des exploitations et de diminution des intrants via la mise en place de nouvelles cultures et de nouvelles techniques comme le méteil, le pâturage tournant dynamique, ou encore le développement d'intercultures (Mondière et al., 2019 ; Mosnier et al., 2020).

Nous avons utilisé le modèle de simulation Orfee qui simule le fonctionnement d'une exploitation agricole (Mosnier et al., 2017). Il optimise les choix de production, notamment de taille et de production du

troupeau, de rations des animaux, d'assolement et de production végétale, de main-d'œuvre et de matériel utilisé pour maximiser une fonction objectif (résultat courant) sous un ensemble de contraintes stratégiques (autonomie alimentaire minimum, cahier des charges etc.), structurelles (surfaces, main-d'œuvre et bâtiments disponibles), techniques (rotations, opérations culturales, besoins alimentaires de troupeau etc.) ou règlementaires.

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, 2018).

Le modèle Orfee a ainsi permis d'étudier l'intérêt de mettre en place une filière courte de foin de luzerne entre exploitations de grandes cultures et exploitations d'élevage laitiers en Isère (Thiery et al. 2019b et 2020) (Figure 2). 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.

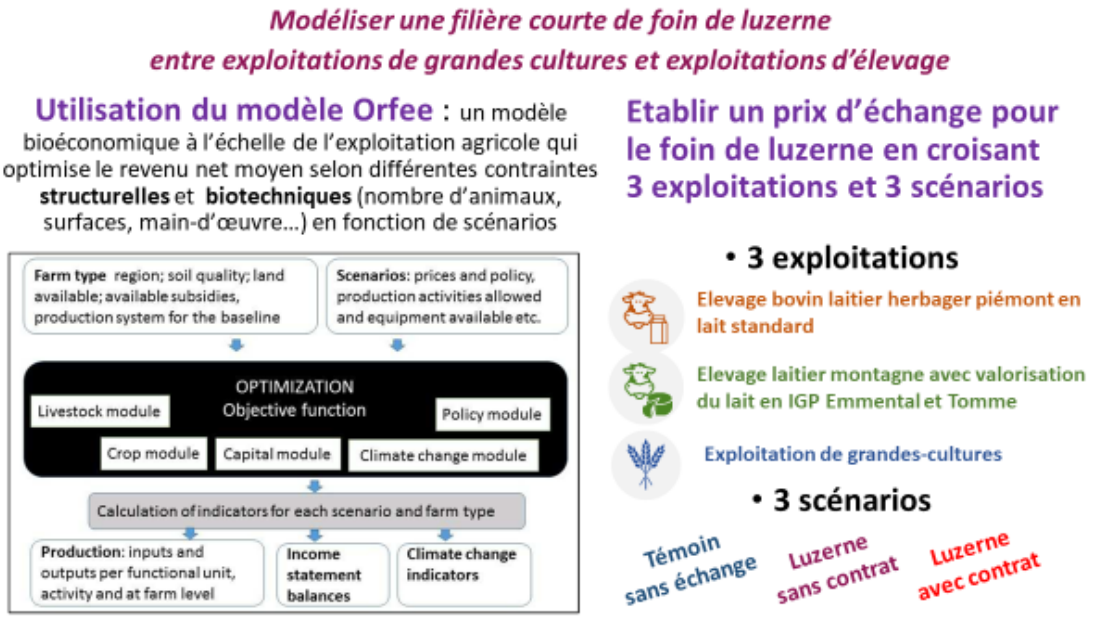


**Figure 2** : Utilisation du modèle Orfee pour déterminer un prix d'échange pour du foin de luzerne dans une filière courte entre exploitations de grandes cultures et exploitations d'élevage.

Dans cette étude, le prix d'intérêt est le prix auquel un agriculteur change de pratique (ici vendre ou acheter une marchandise), sans dégrader son revenu. 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.

Pour l'exploitation de grandes-cultures, le prix d'intérêt pour la production de luzerne sur 15% de la SAU et 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 achetées en moyenne.

Ces résultats montrent que les agriculteurs (éleveurs et céréaliers) peuvent trouver un intérêt économique dans cet échange (prix d'intérêt du vendeur inférieur au prix d'intérêt de l'acheteur), même si celui-ci reste modéré. Cette étude montre également 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 renforcée d'une production locale.

Le modèle Orfee a également été utilisé avec des exploitations des quatre lycées (La Barotte, Fontaines, La Côte-St-André, Le Valentin), pour réaliser des simulations d'optimisations de leur fonctionnement et tester des pistes visant à augmenter leur autonomie et à mieux prendre en compte certains aspects environnementaux (Mosnier et al., 2020). Sur le plan économique, les simulations tendent à privilégier la production laitière selon deux stratégies possibles : soit augmenter la production (scénario avec optimisation du revenu), soit diminuer les charges (optimisation de l'autonomie) et améliorer la qualité des produits (en s'appuyant sur des labels). Sur le plan environnemental, le modèle opte pour une diminution de la quantité d'intrants utilisés et une augmentation des surfaces en herbe.

Enfin sur le volet technique, les simulations mettent en évidence des marges d'amélioration de l'autonomie des exploitations et de diminution des intrants via la mise en place de nouvelles cultures et de nouvelles techniques comme le méteil, le pâturage tournant dynamique, ou encore le développement d'intercultures. Mais ces résultats ne sont toutefois valables qu'en lien avec les hypothèses posées au préalable et en considérant des points de scénarios qui restent à affiner, en particulier pour la calibration de la main-d'œuvre, des itinéraires techniques de cultures dérobées et des charges inhérentes. Ces résultats constituent donc une aide à la réflexion, mais ne sont pas à proprement parler une aide à la décision. Ils peuvent néanmoins être utilisés en formation agricole, par exemple en utilisant un des cas types pour étudier les liens entre les différents ateliers, mais aussi pour évaluer les impacts de modifications internes ou externes aux systèmes (techniques, économiques ou environnementales) ou encore pour réfléchir la co-conception de systèmes innovants abordée dans des focus groups d'éleveurs.

### *2.4 Discussion : intérêts d'approches multidisciplinaires*

Le projet POEETE a donc réussi à couvrir une grande partie des objectifs fixés lors de l'écriture initiale. Nous avons notamment apporté des réponses sur l'évaluation de la durabilité environnementale des exploitations de polyculture-élevage en fonction de leur degré de couplage culture-élevage. Nous avons également pu apporter des réponses sur les freins et motivations de la mise en place et du maintien des interactions culture élevage à l'échelle de l'exploitation et des territoires. Le projet a permis de développer une approche originale sur des aspects sociologiques (Jarousse et al., 2020e ; 2021) qui n'étaient pas clairement définis dans les objectifs initiaux, mais qu'il est apparu pertinent d'investiguer, au regard des résultats des premières études initiées dans le projet.

Les différents essais zootechniques et agronomiques ont pu être menés dans les lycées par les acteurs des chambres d'agriculture partenaires du projet. Cependant, la dimension exploratoire et originale des essais réalisés aurait surement mérité des répétitions pour valider les premiers résultats. Toutefois, les premiers résultats obtenus ont permis de balayer une diversité de cultures de substitutions, et ces retours d'expériences peuvent être diffusées pour favoriser des essais par les agriculteurs.

Les travaux de modélisation ont montré un certain nombre de résultats prometteurs. Les acteurs du développement ont apprécié de s'impliquer dans les simulations à l'échelle du territoire. De même dans les lycées agricoles, les chefs d'exploitations ainsi que d'autres membres du personnel se sont bien impliqués dans ces approches. Les résultats de ces simulations ont pu être présentés lors d'assemblées dans chacun des quatre lycées et plusieurs pistes de développement simulées sont envisagées pour être

mises en place sur ces lycées. Cependant, nous ne sommes pas arrivés à produire un outil d'aide à la décision dans la mesure où le modèle Orfee est un outil de recherche et d'exploration très puissant, mais qui demande en contrepartie une forte expertise pour son utilisation. Il ne peut donc pas être diffusé et utilisé sans l'appui d'un expert.

Il reste toutefois à approfondir l'analyse de la durabilité environnementale des systèmes de polyculture-élevage en fonction de leur degré de couplage en augmentant le nombre d'indicateurs afin de répondre à une analyse multicritère. Il pourrait être également intéressant de pouvoir coupler l'approche sociologique et l'évaluation environnementale via l'analyse du cycle de vie pour voir si le discours des agriculteurs sur leur trajectoire dans la transition agroécologique est corrélé ou non à de réels résultats environnementaux.

## 3. Contribution au développement régional et territorial

Le projet a contribué à comprendre et analyser les dynamiques propres aux différents territoires par rapport à l'abandon ou au maintien des exploitations de polyculture-élevage avec l'identification des freins et motivations les plus importants. Les travaux sur les trajectoires des exploitations diversifiées *vs* spécialisées ont permis de mettre en évidence l'intérêt de la polyculture-élevage dans la transition agroécologique.

La caractérisation et l'optimisation de plusieurs initiatives d'échanges entre exploitations, ainsi que des modalités mises en place et les freins rencontrés, nous ont permis de mettre en avant plusieurs leviers pour favoriser l'autonomie des territoires. Nous n'avons malheureusement pas pu aller jusqu'à la concrétisation d'outils de modélisation pouvant être utilisés dans le cadre d'une démarche de conseil pour piloter des exploitations. En revanche, les premières simulations réalisées et l'adaptation du modèle de recherche Orfee à de nouvelles pratiques agroécologiques ont donné des résultats intéressants. Et la modélisation, telle que nous avons pu la conduire, a bien fonctionné en tant qu'outil de réflexion et de communication entre les chercheurs et les acteurs du développement, les agriculteurs ou les conseillers techniques.

Certains résultats obtenus pourront également permettre d'argumenter, auprès des différents acteurs politiques et économiques, l'intérêt du maintien et du développement des synergies entre culture et élevage dans les territoires, notamment pour le maintien d'élevage dans certains territoires et pour accroitre la durabilité et la résilience des exploitations.

Les expérimentations menées dans le cadre du projet ont permis la création de références terrain. Ainsi les essais agronomiques sur les légumineuses et les prairies multi-espèces menés au Lycée du Valentin (26) (Manteau, 2017 ; Manteau et Goron, 2020) ont été plusieurs fois diffusés (ex : Tech'n Bio 2019), et ont apporté des éclairages et des connaissances nouvelles pouvant être valorisées dans d'autres contextes séchants en France. Les essais zootechniques conduits au Lycée de Fontaines (71) complètent les références actuelles sur le potentiel de valorisation des méteils protéiques et des graines de protéagineux, avec une évaluation économique permettant de mesurer les capacités de transferts des résultats en exploitation agricole.

Une partie des résultats a été valorisée sous forme de communications lors de congrès, d'articles scientifiques et de documents techniques. L'organisation de journées techniques a facilité la diffusion des résultats produits chaque année et permis leur partage avec les partenaires du projet. De plus, la mise en place de journées techniques, en collaboration avec le projet ProSys a permis de regrouper des résultats clés pour les diffuser plus largement auprès des acteurs de la région Bourgogne-Franche-Comté. Enfin, la réalisation de fiches techniques, mais surtout de vidéos sur la PCE (Jarousse et al., 2020a ; 2020b ; 2020c ; 2020d) et d'une Web-TV (POEETE et DuReSPCE 2021) a permis de produire des supports tant pour la formation initiale que continue.

## Conclusion

Après quelques difficultés à mi-parcours, le projet POEETE a connu un vrai rebond grâce aux chercheurs et acteurs qui se sont impliqués significativement. Les différentes études réalisées ont permis d'obtenir des résultats variés et complémentaires qui apportent des références locales, mais qui peuvent aussi être réutilisées plus largement dans d'autres contextes. La polyculture élevage constitue ainsi un atout pour s'engager dans la transition agroécologique, que ce soit au niveau des exploitations ou des territoires, et d'autant plus que l'on renforce les couplages entre ateliers et le bouclage des cycles. Des filières courtes valorisant des ressources locales, comme le toastage de graines de légumineuses ou la valorisation de foin de luzerne peuvent par ailleurs contribuer à une meilleure autonomie des exploitations laitières, notamment dans des contextes de renchérissement des produits importés ou de besoin de consolider la traçabilité. Enfin, la modélisation a souligné l'intérêt de nouvelles techniques, intercultures ou rotations pour renforcer l'autonomie des exploitations, améliorer leur autonomie et diminuer leurs intrants. Les principaux objectifs fixés à la construction du projet ont pu être respectés et en particulier le transfert régulier des dernières avancées des travaux lors des séminaires annuels, ainsi que leur diffusion via des communications scientifiques et techniques dans différents symposiums et colloques, ou via des vidéos et Web-TV.

Une recherche pluridisciplinaire et partenariale a été menée, grâce à la dynamique collégiale qui s'est instaurée entre tous les membres actifs du projet, notamment dans la seconde phase. Cette dynamique a permis un choix équilibré et cohérent des zones et des objets d'études. Une concertation régulière des partenaires, tout au long du projet a également permis la mise en place de liens de confiance. Cette diversité de compétence acteurs-chercheur a également créé une opportunité pour mettre en place des méthodes d'étude originales.

Les liens entre les projets ProSys et POEETE, établis suite à la forte incitation de la cellule de pilotage PSDR4, se sont développés surtout durant les deux dernières années du projet. La proximité thématique autour des légumineuses et de l'autonomie protéique ont largement facilité l'instauration de synergies (Voir article complémentaire, ce volume). Les questions du développement et de la recherche sur les légumineuses en général et les légumineuses fourragères en particulier, ainsi que leur valorisation par l'élevage, constituent aujourd'hui un enjeu majeur. Cette première expérience de collaboration ProSys-POEETE, représente donc un intérêt certain, d'autant plus grand si au-delà des échanges réalisés, cela se prolonge dans un projet commun cultures de légumineuses et élevage qui reste cependant encore à définir.

### Remerciements

Les études présentées dans cet article ont reçu le soutien financier accordé par le 4e programme PSDR (INRAE, Régions Auvergne Rhône-Alpes et Bourgogne Franche-Comté, Union Européenne / FEADER) dans le cadre du projet « POEETE ».

L'ensemble des publications relatives aux 33 projets du programme PSDR4 est consultable : https://www.psdr.fr/

#### Références bibliographiques

Bonaudo T., Burlamaqui Bendahan A., Sabatier R., Ryschawy J., Bellon S., Leger F., Tichit M., 2014. Agroecogical principles for the redesign of integrated crop-livestock systems. European Journal of Agronomy, 57, 43 51.

Brunschwig G., Mondière A., Jarousse A., Cayre P., Goron J.P., 2019a. A method combining sociological and biotechnological approaches to study agroecological transitions. In: Book of abstracts of the 70th annual meeting of the European Federation of Animal Science. (NLD): Wageningen Academic Publishers 2019. 655

Brunschwig G., Mondière M., Jarousse A., Cayre P., Goron J.P., 2019b. Une méthode combinant des approches sociologiques et biotechnologiques pour étudier les transitions agroécologiques. OPDE Clermont-Ferrand, 15 octobre 2019

Brunschwig G., Jarousse A., Mondière A., Cayre P., Goron JP., 2020. Une méthode combinant des approches sociologiques et biotechnologiques pour étudier les transitions agroécologiques. Symposium PSDR4, Transitions pour le développement des territoires, 28-30 octobre 2020, Webinaire, http://www.psdr.fr/PSDRfinal.php?categ=197&lg=fr

Chapuis D., Demarbaix A., 2020. Utilisation de graines de protéagineux toastées pour vaches laitières. Symposium PSDR4, Transitions pour le développement des territoires, 28-30 octobre 2020, Webinaire, http://www.psdr.fr/PSDRfinal.php?categ=197&lg=fr

Chatellier V., Gaigné C., 2012a. Les logiques économiques de la spécialisation productive du territoire agricole français. Innovations Agronomiques 22, 185–203.

Comife: Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée, 2013.

Inra, 2018. Alimentation des ruminants, Éditions Quæ, Versailles, France, 728 p.

Jarousse A., Cayre P., Goron J.P., Brunschwig G., 2018. Une méthode combinant approches sociologique et biotechnique pour étudier la transition agroécologique de systèmes de polyculture élevage. Renc. Rech. Ruminants, 24, pp. 21-25

Jarousse A., Lardy Q., Brunschwig G, Goron J.P., 2020a. La polyculture-élevage : une complémentarité des ateliers pour plus d'autonomie et de durabilité. Vidéo 6mn 06s, https://youtu.be/ZH_Dv0kzuyo

Jarousse A., Lardy Q., Brunschwig G., Goron J.P., 2020b. La polyculture-élevage : des risques économiques atténués pour plus de résilience., vidéo 6mn 08s, https://youtu.be/y1QTcpkwTQo

Jarousse A., Lardy Q., Brunschwig G., Goron J.P., 2020c. La polyculture-élevage : un travail varié et épanouissant. Vidéo 3mn 57s, https://youtu.be/CHVBork3kCw

Jarousse A., Lardy Q., Brunschwig G., Goron J.P., 2020d. Polyculture-élevage : systèmes d'avenir pour la transition agroécologique et la durabilité agricole. Vidéo 26mn 29s, https://www.youtube.com/watch?v=bchpb4vwICs

Jarousse A., Dernat S., Cayre P., Goron J.P., Brunschwig G., 2020e. Relation des agriculteurs à la transition agroécologique, entre modernité et durabilité. Intérêt d'une analyse logométrique de discours. Symposium PSDR4, Transitions pour le développement des territoires, 28-30 octobre 2020, Webinaire, http://www.psdr.fr/PSDRfinal.php?categ=197&lg=fr

Jarousse A., Dernat S., Cayre P., Brunschwig G., 2021. Utilisation de la modélisation comme support de reconception des systèmes Polyculture élevage. JRSS Edition 2020, 7 et 8 avril 2021, D-43, https://www.sfer.asso.fr/event/view/41

Latour B., 1991. Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique. Paris : La Découverte, 210p

Lemaire G., Franzluebbers A., de Carvalho P.C., Dedieu B., 2014. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. Agriculture, Ecosystems & Environment, 190, 4 8.

Manteaux J.P., 2017. De nouvelles légumineuses à intégrer dans les mélanges prairiaux. Tech & Bio. 20-21 septembre 2017. Valence

Manteaux J.P., Goron J.P., 2020. Développement des légumineuses dans les prairies Multi-Espèces. Résultats expérimentaux au Lycée Agricole du Valentin (Drome). Symposium PSDR4, Transitions pour le développement des territoires, 28-30 octobre 2020, Webinaire, http://www.psdr.fr/PSDRfinal.php?categ=197&lg=fr

Mondière A., 2018. Etude de la durabilité et de l'inscription dans la transition agroécologique d'exploitations ayant abandonné la polyculture élevage laitière dans le Nord Isère. Mémoire de fin d'études ENSAT, Toulouse, 88p.

Mondière A., Thiery E., Veysset P., Mosnier C., Brunschwig B., 2019. Utilisation d'un modèle de simulation bioéconomique pour encourager de nouvelles coordinations entre acteurs en systèmes de polyculture-élevage. SPACE Rennes, 11 septembre 2019

Mosnier C., Duclos A., Agabriel J., Gac A., 2017. Orfee: A bio-economic model to simulate integrated and intensive management of mixed crop-livestock farms and their greenhouse gas emissionsAgricultural Systems 157, 202–215. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.07.005

Mosnier C., Mondière A., Veysset P., Brunschwig G., 2020. Utilisation de la modélisation comme support de reconception des systèmes Polyculture élevage. Symposium PSDR4, Transitions pour le développement des territoires, 28-30 octobre 2020, Webinaire, http://www.psdr.fr/PSDRfinal.php?categ=197&lg=fr

Peyraud J.L., Taboada M., Delaby L., 2014. Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: A review. European Journal of Agronomy, 57, 31 42.

POEETE DuReSPCE, 2021. Web-TV polyculture-élevage – projet POEETE PSDR BFC & projet DuReSPCE. 5 Vidéos : Introduction 6mn 47s, Le couplage et son impact 23mn 00s, Le travail en PCE 29mn 33s, Durabilité et résilience en PCE 27mn 12s, Conclusion 12mn59s. https://www.youtube.com/playlist?list=PLT74_Ig5ickT506A39z032ISkR5vTbTrE

Ryschawy J., Choisis N., Choisis J.P., Joanon A., Gbon A., 2012. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming? Animal 6 (10): 1722-1730.

Soussana J.-F., Lemaire G., 2014. Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, (190), 9-17

Sulc R.M., Franzluebbers A., 2014. Exploring integrated crop-livestock systems in different ecoregions of the United States. European Journal of Agronomy, 57, 21 30.

Thiery E., Brunschwig G., Pierret P., Moraine M., Ben Chedly E., 2017. Caractérisation du fonctionnement de systèmes de polyculture-élevage au niveau du territoire : approche par l'analyse des coûts de transactions. Colloque national les polycultures-élevages : valoriser leurs atouts pour la transition agro-écologique, quels leviers mobiliser pour accorder théorie et pratique ? 10-11 octobre 2017. Dijon

Thiery E., Brunschwig G., Veysset P., Mosnier C., 2018. Simulation des intérêts agronomiques et économiques des échanges paille-fumier entre exploitations de grandes cultures et d'élevage. Journées de Recherche en Sciences Sociales. 13-14 décembre 2018. Nantes

Thiery E., Ben Chedly H., Pierret P., Veysset P., Brunschwig G., 2019a. Caractérisation du fonctionnement de systèmes de polyculture-élevage au niveau du territoire : approche par l'analyse de coûts de transactions. Innovations Agronomiques, 2019, 72, pp.15-29. ⟨10.15454/7B45V4⟩. ⟨hal-02297466⟩

Thiery E., Brunschwig G., Veysset P., Mosnier C., 2019b. Organization of an alfalfa hay sector between cereal farms, livestock farms and a local cooperative. In: Book of abstracts of the 70th annual meeting of the European Federation of Animal Science. (NLD): Wageningen Academic Publishers 2019. 428

Thiery E., Brunschwig G., Veysset P., Mosnier C., 2019c. Agronomic and economic interest of straw-manure exchanges between crop and livestock farmsE. In: Book of abstracts of the 70th annual meeting of the European Federation of Animal Science. (NLD): Wageningen Academic Publishers 2019. 657

Thiery E., Brunschwig G., Veysset P., Mosnier C., 2020. 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., Renc. Rech. Ruminants, 25, pp. 326-329

Veysset P., Lherm M., Bébin D., Roulenc M., 2014. Mixed crop-livestock farming systems: a sustainable way to produce beef? Commercial farms results, questions and perspectives. Animal: an international journal of animal bioscience 8, 1218–1228.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son DOI)