

# L'association cultures et élevage : un moyen pour réduire l'usage des pesticides et une piste pour la reconception agroécologique de systèmes de productions agricoles.

Pierre Mischler, Gilles Martel, Philippe Tresh, Nicolas Chartier

## ► To cite this version:

Pierre Mischler, Gilles Martel, Philippe Tresh, Nicolas Chartier. L'association cultures et élevage : un moyen pour réduire l'usage des pesticides et une piste pour la reconception agroécologique de systèmes de productions agricoles.. Innovations Agronomiques, INRAE, 2020, 80, pp.41-54. 10.15454/e9fz-fc55 . hal-03321423

**HAL Id: hal-03321423**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03321423>**

Submitted on 17 Aug 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.



## **L'association cultures et élevage : un moyen pour réduire l'usage des pesticides et une piste pour la reconception agroécologique de systèmes de productions agricoles**

**Mischler P.<sup>1</sup>, Martel G.<sup>3</sup>, Tresh P.<sup>2</sup>, Chartier N.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institut de l'élevage, 19 bis Rue Alexandre Dumas, F-80096 Amiens

<sup>2</sup> Institut de l'élevage, 23 Rue Jean Baldassini, F-69007 Lyon

<sup>3</sup> INRAE, UMR BAGAP, ESA, 55 Rue Rabelais, F-49007 Angers Cedex

**Correspondance** : pierre.mischler@idele.fr

### **Résumé**

Cet article propose une synthèse de deux projets Casdar (Phytoel, RED-SPyCE), portant sur l'effet de l'association de l'élevage et des cultures sur l'usage des intrants, en mobilisant des bases de données (BDD) d'Ecophyto et d'Inosys Réseaux d'Élevage. Phytoel a aussi réalisé de la co-conception de systèmes économes, associant les compétences des agriculteurs et de conseillers agronomes et zootechniciens, pour réduire l'usage des pesticides de 50%, en favorisant la reconnexion cultures-élevage. RED-SPyCE a produit l'outil NICC'EL, qui a permis d'évaluer a posteriori, ce couplage. L'analyse des BDD de Phytoel montre que les systèmes de culture associés à une présence d'élevage, utilisent 43% de pesticides en moins que ceux non associés à l'élevage. Cette réduction est liée à la présence de surfaces fourragères, au choix des itinéraires techniques et à la destination ou non vers l'alimentation animale des cultures. Par ailleurs, l'analyse de la BDD Inosys montre que renforcer le couplage cultures-élevage d'exploitations, permet 32% d'usage en moins des pesticides en cultures et régularise le revenu des exploitations. Une mise en pratique, au cours des ateliers de co-conception, a permis de bâtir des projets d'exploitation mobilisant en moyenne 52% de pesticides en moins. L'évaluation du couplage cultures-élevage par NICC'EL, montre que la réduction de l'usage des pesticides est viable économiquement en renforçant ou non les interactions cultures-élevage. Les performances économiques et environnementales des fermes du projet Phytoel dont le couplage a augmenté sont significativement supérieures.

**Mots-clés** : Polyculture-élevage, Couplage, Co-conception, Efficience, Pesticides

### **Abstract: Crop-livestock association: a way to reduce the use of pesticides and a way for the agro-ecological redesign of agricultural production systems**

This article proposes a synthesis of two Casdar projects (Phytoel, RED-SPyCE), on the effect of the association of livestock and crops on the use of inputs, by mobilizing Ecophyto and Inosys databases. Phytoel also realized the co-design of efficient systems, combining the skills of farmers and agronomists and zootechnicians, to reduce by 50% the use of pesticides, through crop-livestock reconnection. RED-SPyCE produced the NICC'EL tool, which allowed to evaluate ex-post this integration. The analysis of the Phytoel databases shows that cropping systems, associated with livestock, use 43% less pesticides than cropping systems without animals. This reduction is related to fodder surfaces, crop practices and the crop destination to sale or feeding animals. On the other side, the analysis of the Inosys database shows that strengthening the crop-livestock integration, allows 32% less use of pesticides in crops and regulates farm income. In practice, during the co-design workshops, it was possible to build farms prototypes that mobilized on average 52% less pesticides. The evaluation of crop-livestock integration with the NICC'EL tool, shows that reducing the use of pesticides is possible by strengthening or not the

interactions between livestock and livestock. But, the environmental and economical performances of the farms from the Phytoel project whose integration has increased are significantly higher.

**Keywords:** Mixed farming, Integration, Co-design, Efficiency, Pesticides

## **Introduction : reconnecter cultures et élevage, un moyen pour de la transition agroécologique**

L'agriculture française est régulièrement mise en cause pour ses impacts négatifs sur l'environnement. L'objectif de réduction de ces impacts se traduit le plus souvent par la mise en place palliative de réglementations associées à des contraintes sur les pratiques agricoles, citons par exemple la directive nitrate, ou plus récemment l'existence de la controverse concernant le glyphosate. La spécialisation des exploitations est souvent mise en avant comme une cause de ces problèmes car elle déboucle les cycles biogéochimiques (Mignolet et al., 2012). Les systèmes de polyculture élevage (PCE) mobilisant les synergies entre ateliers, sont susceptibles de répondre à ces enjeux tout en visant une efficacité productive élevée. Un CIAg polyculture élevage en 2012 et un séminaire Acta/INRA en 2013, ont reconnu l'intérêt de ces systèmes et constaté leur paradoxale et apparente diminution dans les statistiques nationales. Ce constat est visible tant au niveau du fonctionnement des ateliers, du collectif sur la ferme, du conseil que dans l'organisation des filières. Ces systèmes ayant été moins étudiés que les systèmes spécialisés, le Réseau Mixte Technologique (RMT) Systèmes de Polyculture-Elevage (SPyCE) a été créé en 2013, pour contribuer à la mise en réseau de travaux sur les diverses formes de PCE, où les références technico économiques manquent (Mischler et al., 2013). **Les systèmes associant élevage, culture et plus largement les ressources fourragères, s'insèrent dans le projet agroécologique national, à condition de valoriser les synergies entre ateliers animaux et végétaux, ce qui n'est que peu le cas dans les systèmes ruminants français** (Perrot et al., 2013 ; Veysset et al., 2014).

Cet article propose de réaliser une mise en perspective de résultats de 2 projets Casdar IP soutenus par le RMT SPyCE et financés par le Casdar. Chacun à sa manière montre que les systèmes renforçant les liens entre culture et élevage, permettent de réduire l'usage des intrants et d'améliorer les performances économiques et environnementales des exploitations agricoles. La manière d'accompagner les agriculteurs joue aussi un rôle important pour la reconception vers des systèmes économes, autonomes et plus performants.

**Le projet Phytoel**, s'est inscrit dans le cadre du plan national Écophyto. Lancé en 2008, révisé en 2015, il a pour objectif de réduire de 50% du recours aux produits phytosanitaires. Ce projet est parti du constat du manque de références sur l'incidence d'une baisse importante d'usage des pesticides dans les exploitations ayant de l'élevage, qui valorisent tout ou partie de leur production végétale pour leurs animaux. Elles représentent plus de la moitié des exploitations agricoles françaises et exploitent près de 50 % des terres labourables (64% de la SAU, Chartier et al., 2015). Leur rôle dans la réduction des pesticides est donc potentiellement important dans le plan Ecophyto. **Phytoel avait pour objectif d'évaluer les incidences d'une réduction d'usage des produits phytosanitaires de -50%, dans des exploitations associant élevage et cultures sur les volets économique, travail et environnemental.** L'étude porte sur des systèmes en PCE bovin lait ou viande et des systèmes mixtes lait et viande et s'appuie sur une base de données (BDD) du réseau Ecophyto DEPHY-Ferme et des réseaux d'élevage INOSYS. Il a impliqué 12 ingénieurs compétents en productions animales ou végétales, accompagnant 26 agriculteurs à la co-conception de systèmes d'exploitations économes en pesticides.

**Le projet RED-SPyCE**, est une proposition directe du RMT SPyCE pour répondre au manque de connaissance sur l'effet d'interactions accrues (ou couplage) entre productions animales et végétales. Au démarrage du projet en 2015, cette question n'avait été que relativement peu étudiée en Europe. Ce

projet, centré sur l'exploitation agricole, avait notamment pour **but de contribuer à l'amélioration des performances de systèmes en PCE ayant des ruminants, par la production de références nouvelles autour du couplage entre cultures et élevage**. Il s'agissait aussi de mieux connaître les conséquences de cette reconnexion sur le travail. En effet, les agriculteurs éleveurs ont pour souhait de mener une existence plus confortable dans ces systèmes, ou le travail d'astreinte lié à l'élevage est souvent mis en avant et parfois mal vécu. Elle a mobilisé, entre autres, la BDD Inosys réseaux d'élevage et a impliqué 9 ingénieurs des réseaux d'élevage Inosys ou de CIVAM dans 5 régions françaises (Picardie, Normandie, Pays de la Loire, Midi-Pyrénées et Lorraine), des chercheurs de l'INRA et l'Institut de l'élevage. Des enquêtes et des focus group auprès de 60 agriculteurs ont ajouté un volet qualitatif à l'analyse des données et enrichi la diversité de contextes des formes de PCE.

## **1. Mutualiser les enseignements de 2 projets de R&D sur le renforcement des liens cultures et élevage**

Pourquoi combiner et présenter des résultats de ces deux projets ? Phytoel et RED-SPyCE ont étudié l'impact de l'association culture-élevage sur la réduction des intrants, dont les pesticides, en mobilisant des leviers d'autonomie alimentaire et de fertilisation renforçant le lien entre animaux et végétaux à l'échelle de l'exploitation. Ils en ont aussi évalué les conséquences en termes d'impacts environnementaux, économiques et sociaux et produit des résultats similaires et cohérents. Phytoel a de son côté, testé l'association de compétences d'agronomes et de zootechniciens pour la co-conception avec des agriculteurs, de nouveaux systèmes culture-élevage renforçant le lien animal / végétal, moins consommateurs en phytosanitaires. RED-SPyCE a pour sa part, élaboré l'outil NICC'EL destiné aux conseillers, permettant d'évaluer ce niveau de couplage entre cultures et élevage (Martel, 2018). **NICC'EL sera utilisé ici de manière originale, pour tester a posteriori l'évolution de la reconnexion cultures-élevage dans les ateliers de co-conception du projet Phytoel.**

### *1.1 Les projets PHYTOEL et RED-SPyCE*

Dans ces projets, les exploitations associent des proportions variables d'élevage et de cultures. Le terme « cultures » désigne ici les cultures vendues, fourragères et les surfaces fourragères herbacées ou de mélanges de cultures récoltés immatures ou en sec. Sont exclues les fermes 100% herbe et celles sans élevage.

**Le projet Phytoel** a pour originalité d'avoir à la fois i) étudié l'impact de l'association culture-élevage sur la réduction d'usage des pesticides en mobilisant la base de données DEPHY-Ecophyto et ii) innové en mobilisant conjointement les compétences d'agronomes, zootechniciens et agriculteurs pour reconcevoir et évaluer de nouveaux systèmes. L'étude de **l'impact de l'association cultures-élevage sur l'usage des pesticides** a été faite à l'échelle des Systèmes de Culture (SDC), qui représentent un ensemble de parcelles conduites sur plusieurs années, de la même façon, selon les mêmes objectifs et principes de gestion (Sébillotte, 1990). En moyenne les SDC incluant des cultures représentent 40% de la SAU des exploitations de la BDD Ecophyto sur la période 2010 à 2012. A cette période le réseau comptait 1075 SDC de grandes cultures, dont 544 affiliés à la PCE dès lors qu'une des productions végétales est destinée aux animaux (Chartier et al., 2015). Les données correspondent à celles des exploitations à leur entrée dans le réseau, avant de bénéficier de l'accompagnement du réseau DEPHY.

**La phase de co-conception de nouveaux systèmes d'exploitations** à moindre usage de phytosanitaires, s'est appuyée sur la comparaison de 26 exploitations décrites en système « Initial » pour l'année 2013 et autant de scénarios de changements, ou projets, pour atteindre une baisse de 50% de l'usage des pesticides. Le réseau d'exploitations couvrait une diversité de départements : Aisne, Aveyron, Loire-Atlantique, Meurthe et Moselle, Sarthe, Deux-Sèvres et les Vosges. Elles ont

toutes un atelier de cultures intra-consommées, de vente et de fourragères, ainsi qu'un ou deux ateliers de gros bovins (10 avec un atelier lait, 8 avec un atelier viande et 8 avec les deux). Notons que l'année 2013 se caractérisait par des prix de vente relativement élevés aussi bien sur les produits animaux que pour les cultures. La conjoncture économique était bonne et a priori moins favorable aux systèmes moins consommateurs d'intrants. La comparaison entre système initial et projet est réalisée à structure constante pour la SAU, les surfaces en prairies permanentes, le matériel, la main d'œuvre, etc... La co-construction s'est faite avec des agriculteurs volontaires et motivés pour à s'investir dans le projet. Ils devaient, si possible, déjà appartenir au réseau INOSYS ou DEPHY Ecophyto, pour faciliter la collecte des données. Phytoel a aussi proposé de **repenser le mode de conseil**, en combinant dans cette co-construction, les univers agronomiques et phytosanitaires des réseaux Dephy, avec celui des réseaux INOSYS axés sur la zootechnie et l'économie.

**Le projet RED-SPyCE** avait pour enjeu de faire du couplage cultures-élevage une force pour l'accroissement des performances des fermes en PCE. Il a pour originalité i) d'avoir développé une méthode pour estimer rapidement le niveau de couplage entre ateliers animaux et végétaux et ii) d'en avoir développé l'outil NICC'EL destiné aux conseillers agricoles, basé sur un arbre de segmentation des fermes par la mise en commun de 3 bases de données de l'INRA, des CIVAM et Inosys). Elle permet de classer les fermes en 3 niveaux de **couplage : faible, moyen et fort comme cela a été décrit par** Martel et al., (2017). Ainsi, une exploitation agricole en couplage fort par rapport à une exploitation en couplage faible, mobilise davantage les surfaces de cultures intra-consommées, est plus autonome en concentrés et en paille pour la litière, avec plus de prairies. Ces systèmes ont un recours moindre au maïs fourrage et sont moins dépendants aux achats d'engrais minéraux grâce à un meilleur recyclage des effluents et une mobilisation accrue de légumineuses qui fixent l'azote de l'air.

RED-SPyCE a analysé l'effet du couplage sur les performances économiques et environnementales, dont le niveau d'usage des pesticides, de 1051 exploitations de la BDD Inosys. Les résultats présentés ici, pour faciliter la mise en perspective des deux projets, porteront sur 584 systèmes conventionnels ayant des bovins laitiers (288) ou allaitants (296) dans toute la France. L'outil NICC'EL permet d'évaluer le niveau de couplage avec quelques critères techniques, sur l'autonomie alimentaire, l'usage des surfaces, le niveau de fertilisation azotée. Il sera utilisé pour évaluer a posteriori, le niveau de couplage des fermes et des scénarios produits dans le projet Phytoel.

## *1.2 Evaluation de l'impact de l'association cultures-élevage sur l'usage des intrants / pesticides en ferme*

**L'analyse de l'association cultures-élevage** dans le projet Phytoel, s'est basée sur un indicateur du niveau d'usage des produits phytosanitaire, l'IFT ou Indice de Fréquence de Traitement. C'est le nombre de doses homologuées de pesticides appliquées, par hectare et par an pour chacune des exploitations. Pour éviter l'effet de dilution de l'IFT par des prairies permanentes très peu consommatrices de pesticides, le calcul est limité aux seules surfaces labourables. L'IFT des systèmes de cultures associés à l'élevage et ceux qui ne le sont pas sont comparés et les facteurs explicatifs, identifiés.

L'analyse de l'effet du niveau de couplage cultures élevage (faible, moyen, fort) sur les performances de fermes issues de la BDD Inosys de RED-SPyCE, est basée sur des indicateurs issus ou calculés à partir de données obtenues à partir du Grand Livre des exploitations agricoles. Les performances environnementales sont décrites par les **charges en pesticides** en €/ha des cultures, la **consommation de fioul** en litres/ha, le **bilan N** d'exploitation en kgN/ha. Au niveau économique les indicateurs sont les charges opérationnelles sur le produit brut (**CO/PB en %**), l'excédent brut d'exploitation sur le produit brut (**EBE/PB en %**) et le résultat courant par hectare pour s'affranchir de l'effet taille de l'exploitation (**RC/ha en €**). L'analyse de ces indicateurs, a été réalisée pour les années 2011 à 2013 (moyennées), dans un contexte de conjoncture économique similaire à Phytoel. En

complément, une analyse sur le temps long de l'effet d'interactions culture-élevage accrues, a été réalisée. Des données sont disponibles depuis l'an 2000 dans la BDD Inosys. Elles ont permis de sélectionner un échantillon constant de 1664 individus en agriculture conventionnelle, entre 2004 et 2016, pour maximiser le nombre de fermes prises en compte dans l'analyse, soit 128 exploitations dont 56 ayant des vaches laitières et 72 des vaches allaitantes. Le volet travail, abordé dans les deux projets n'est pas détaillé ici.

### 1.3 Evaluer les progrès dans les interactions cultures et élevage, après co-construction de nouveaux systèmes plus économes.

L'équipe projet de Phytoel, constituée par un binôme de conseillers et de l'agriculteur, était en charge de co-concevoir les nouveaux systèmes d'exploitation. L'agriculteur était positionné comme l'acteur principal des évolutions de son outil de travail, pour co-concevoir des systèmes économes acceptables pour lui. Pour évaluer le renforcement du lien entre cultures et élevage, nous avons réalisé **une évaluation originale et a posteriori, des progrès dans les interactions cultures et élevage mises en place dans le cadre des ateliers de co-conception, en mobilisant l'outil NICC'EL**, qui n'était pas encore disponible au moment où les ateliers ont eu lieu. En effet, les changements de systèmes se sont principalement basés sur une évolution du système fourrager, l'introduction de légumineuses, l'augmentation de l'autonomie alimentaire et des économies en intrants, qui font partie des constituants du calcul du niveau de couplage réalisé dans RED-SPyCE (Ramette et Martel, 2019). Le but est de vérifier i) quels progrès ont été réalisés en termes de reconnexion culture-élevage, si progrès il y a, ii) la nature de l'évolution des performances des fermes et iii) la cohérence de ces résultats avec ceux du projet RED-SPyCE.

## 2. Il y a un intérêt fort à re-connecter cultures, élevage et les compétences dédiées.

### 2.1 Associer cultures et élevage permet de réduire l'usage des pesticides

L'analyse de la BDD Ecophyto compare les IFT, sans tenir compte du couplage, des SDC de grandes cultures et de polyculture élevage. Elle montre que ces derniers sont significativement inférieurs de 43% à ceux des grandes cultures (Tableau 1). Les usages sont aussi différents : par rapport aux systèmes uniquement associés aux cultures, les systèmes polyculture-élevage utilisent -32% d'herbicides, -40% de fongicides, -74% d'insecticides et -29% de régulateurs de croissance. Ces résultats confirment le constat réalisé dans le réseau Dephy ou des projets plus anciens (Mischler et al, 2009), que les herbicides sont les produits phytosanitaires parmi les plus utilisés et les plus difficiles à réduire.

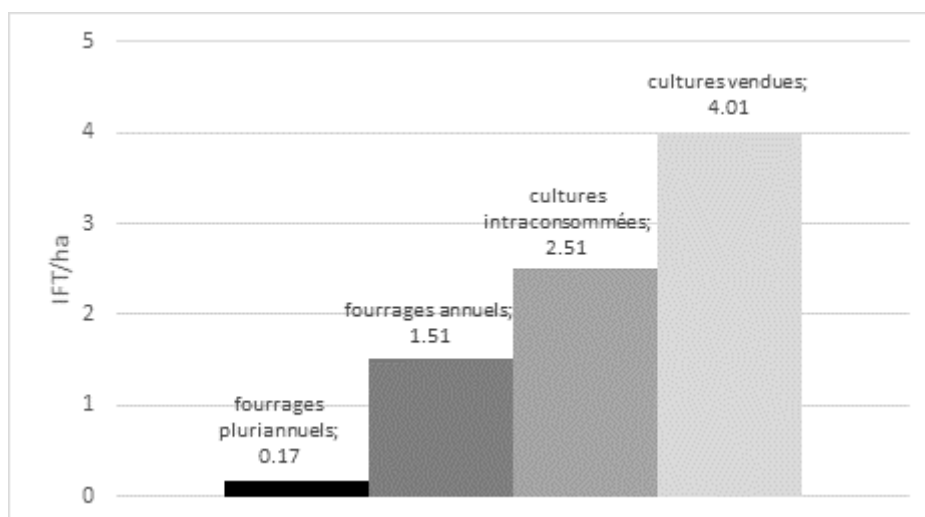
**Tableau 1** : Indices de Fréquence de Traitement selon les systèmes de culture

Type de système de culture	herbicide	fongicide	insecticide	régulateur	autres
Grandes cultures (GC)	1.77	1.14	0.68	0.18	0.17
GC associées à l'élevage	1.21	0.68	0.18	0.13	0.04
Ecart	-32%	-40%	-74%	-29%	-78%

Les facteurs expliquant cette différence d'usage des pesticides sont principalement l'assolement et la destination des cultures en alimentation animale ou en vente :

**Le rôle de l'assolement:** globalement le blé tendre d'hiver et le maïs représentent près de 50% de la sole des systèmes de cultures associés ou non à l'élevage. Il y a une forte disparité des autres types de

cultures ou de fourrages cultivés, qui explique l'essentiel des écarts d'IFT observés. Pour les systèmes de culture associés à l'élevage, les fourrages pluriannuels dont les IFT moyens sont très faibles (IFT = 0.17) représentent 49 % de la sole. Les IFT sont plus élevés pour les fourrages annuels, principalement le maïs, avec une moyenne se situant autour de 1.5 (Figure 1). A contrario, les systèmes de culture qui ne sont pas associés à l'élevage ont une part plus importante de cultures ayant un IFT moyen supérieur à celui du blé tendre (3.7). Ces cultures représentent 24 % des surfaces des SDC de type grandes cultures contre 8% pour les SDC associés à l'élevage et contribuent à l'IFT moyen des cultures à hauteur de 38 % contre 18% pour les SDC associés à l'élevage.



**Figure 1** : IFT moyens des principaux fourrages et des cultures selon leur destination (traitements des données DEPHY, Phytoel 2015)

**Des pratiques plus économes, liées à la destination des cultures** : les itinéraires techniques de protection phytosanitaire diffèrent entre les systèmes de culture associés à l'élevage et ceux qui ne le sont pas. Les IFT sont respectivement de 2.51 et 4.01 (Figure 1). Cette différence moyenne de -38% quand les cultures sont destinées à l'alimentation animale, masque une disparité entre productions : -73% en féverole, -23% en blé, -5% en maïs grain, cet écart passe à -24% si l'on considère la destination en ensilage (Tableau 2). Ce moindre usage pour les cultures intra-consommées, concerne l'ensemble des familles de pesticides. Cela s'explique par exemple par une récolte plus précoce du maïs sous forme d'ensilage, nécessitant moins de protections contre les insectes foreurs responsables de la verse en fin de cycle végétatif. En féverole, le grain creusé par certains insectes, garde ses qualités nutritionnelles et permet de se passer de 2 à 3 insecticides, tandis que cet aspect « bruché » des grains empêcherait leur commercialisation en alimentation humaine. Les rendements sont légèrement inférieurs en polyculture-élevage avec 73qx/ha en moyenne contre 76 qx/ha en grandes cultures.

**Tableau 2** : IFT des cultures selon leur destination, vente ou intra-consommation

Culture :	féverole	blé	pois	orge	céréales secondaires	sorgho grain	maïs grain
Destination vente	4.71	3.87	3.55	3.34	2.71	2.28	2.13
Destination intra-consommation	1.72	2.98	2.91	2.76	2.12	2.40	2.03 / 1.62*
Ecart	-73%	-23%	-18%	-17%	-22%	+5%	-5% / -24%*

\*Destination en maïs ensilage

**Quel est l'importance de l'effet prairie ?** Si l'effet positif de la présence de prairies pluri annuelles dans les rotations a été décrite (Meiss et al., 2010 ; Munier-Jolain et al., 2012.), le réseau DEPHY ne permet pas de mettre en évidence de différences significatives des IFT herbicide sur les cultures des SDC avec prairies et celles sans prairies, dans les systèmes associés à la polyculture élevage. Mais, présence de prairies faibles consommatrices de pesticides permet de réduire par « dilution » l'IFT des SDC.

## 2.2 Accroître le couplage entre cultures et élevage est aussi un moyen de réduction des intrants.

L'analyse de la BDD Inosys pendant le projet RED-SPyCE, montre que le renforcement des liens entre culture et élevage permet également une réduction d'usage des intrants et d'avoir des performances économiques intéressantes (Mischler et al., 2017). La diminution des charges en pesticides est de -19% en système avec bovins laitiers BL et -36% avec des bovins allaitants (Tableau 3). Sur l'ensemble de la BDD Inosys et pour tous les systèmes conventionnels ayant des ruminants (986 fermes), cet écart est en moyenne de -32%. RED-SPyCE s'est aussi intéressé à la consommation de fioul, plus faible d'un tiers qu'en couplage faible et au bilan azoté dont l'excédent est réduit des deux tiers. Les résultats des exploitations ayant des bovins laitiers ou allaitants sont comparables (Tableau 3).

**Tableau 3 :** Performances de fermes associant cultures et élevage

Niveau de couplage* (2011-13)	Faible	Moyen	Fort	Ecart [fort-faible] en%
Système ruminant	BL/BV**	BL/BV**	BL/BV**	
Nombre de fermes	160/48	103/156	25/92	
<b>Charges pesticides des cultures (€/ha)</b>	<b>108 /144</b>	<b>77 /116</b>	<b>88 / 92</b>	<b>-19% / -36% (S)</b>
<b>Consommation de carburant (l/ha)</b>	<b>120 / 115</b>	<b>93 / 87</b>	<b>80 / 72</b>	<b>-33% / -37% (S)</b>
<b>Bilan azoté (kgN /ha)</b>	<b>107 / 101</b>	<b>65 / 58</b>	<b>32 / 36</b>	<b>-70% / -64% (S)</b>
<b>% charges opérationnelles/PB (%)</b>	<b>38 / 39</b>	<b>34 / 34</b>	<b>28 / 31</b>	<b>-26% / -21% (S)</b>
<b>% excédent brut d'exploitation/PB (%)</b>	<b>31 / 28</b>	<b>35 / 33</b>	<b>42 / 35</b>	<b>+35% / +25% (S)</b>
<b>Résultat courant/ha (€/ha)</b>	<b>423 / 255</b>	<b>444 / 247</b>	<b>496 / 246</b>	<b>+11% / -3% (NS)</b>
<i>% parcelles faible potentiel (147 fermes)</i>	<i>25%</i>	<i>44%</i>	<i>75%</i>	<i>nc</i>
Fertilisation N minéral cultures	125 / 146	86 / 109	70 / 81	-44% / -45%
Rendement céréales d'hiver	64 / 79	64 / 59	48 / 51	-25% / -35%
Concentrés achetés/UGB	1.25 / 1.13	0.87 / 0.41	0.54 / 0.28	-57% / -75%
% autonomie massique concentrés	15% / 36%	27% / 44%	57% / 59%	+42% / +23%
Lait/VL (litres) / pbvv***/UGB (kg)	8045 / 323	7120 / 331	6369 / 310	-21% / -4%
Charges de matériel €/ha	579 / 442	495 / 369	465 / 329	-20% / -26%
Annuités des emprunts LMT/ha	372 / 219	259 / 180	271 / 139	-22% / -27%

\*Sans fermes biologiques, ni cultures industrielles, \*\* naisseurs et naisseurs engraisseurs ; \*\*\* pbvv = production brute de viande vive ; BL = bovins laitiers, BV = Bovins viande / allaitants

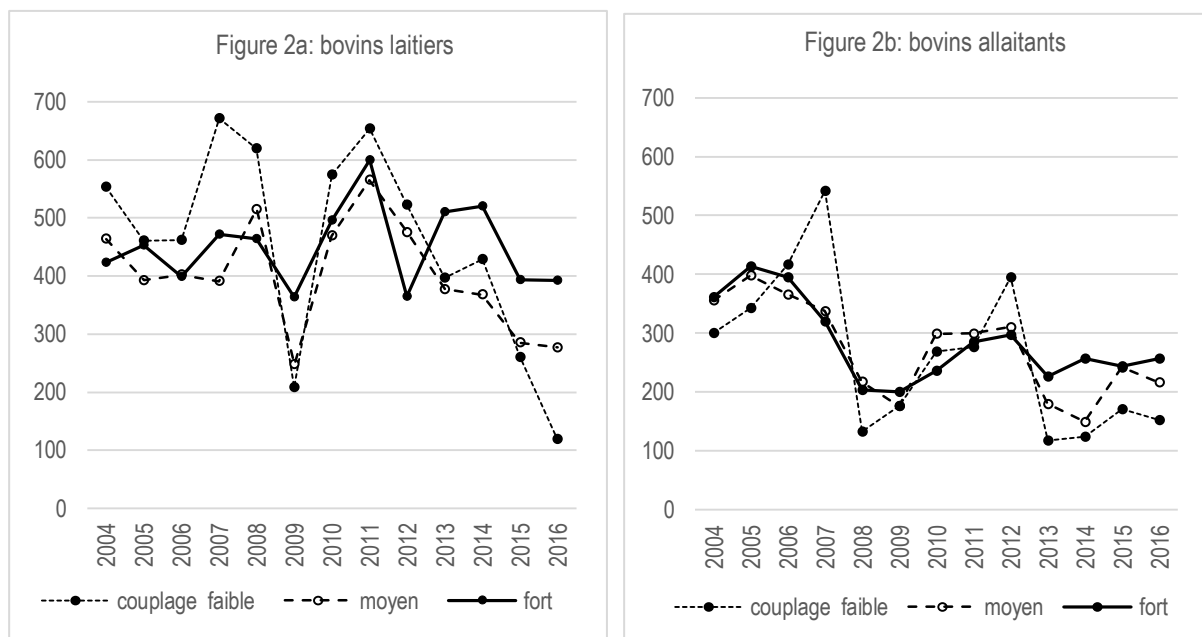


Le Tableau 3 montre que les systèmes les plus couplés consomment globalement moins d'azote pour la fertilisation des surfaces: la fertilisation azotée des cultures de vente est de 130 kgN/ha en couplage faible, contre 79 kgN/ha en couplage fort, soit -39%, à mettre en regard avec le rendement moyen de l'ensemble des cultures qui est de 65 qx/ha en couplage faible et 48 qx/ha en couplage fort, soit -26%. La baisse plus forte de la fertilisation azotée minérale par rapport à la baisse plus modérée du rendement, laisse supposer une plus grande efficacité de la fertilisation des cultures. De même la quantité moyenne de concentrés achetés par UGB pour les bovins laitiers passe en moyenne de 1.25 kg/UGB à 0.54 kg/UGB (-67%) pour une production de lait par vache qui passe de 8045l /VL à 6369 l/VL (-soit -23%). Pour les exploitations avec des bovins allaitants les valeurs passent respectivement de 1.13 kg/UGB à 0.28 kg/UGB (-75%) et de 323 kg de viande vive (vv) /UGB à 310 kgvv/UGB (-4%). Dans le même temps l'autonomie en concentrés passe de 15 à 57% pour les ateliers laitiers et de 36 à 59% pour les allaitants.

Au niveau économique, les systèmes les plus couplés mobilisent moins de charges opérationnelles dans le produit brut en raison de moindres achats d'intrants. Ils sont aussi plus efficaces avec un EPB/PB en hausse : les baisses de production constatées sont plus faibles que la baisse des intrants. Le résultat courant par hectare en fonction du couplage est équivalent pour les fermes ayant des bovins laitiers ou allaitants. Cette valeur du résultat courant est d'autant plus remarquable que les fermes les plus couplées ont, en tendance, davantage de parcelles labourables à faible potentiel agronomique (Tableau 3).

### 2.3 Accroître le couplage entre cultures et élevage réduit la variabilité du revenu sur le long-terme.

Sur une longue durée, les courbes de revenus présentent des dynamiques variables selon le niveau de couplage (Figures 2a et 2b). Les fermes en couplage fort ont des revenus moyens, sur 13 années, équivalents aux fermes en couplage plus faible, qu'il y ait un atelier laitier ou allaitant. **Ce qui change est le coefficient de variation du revenu** : le revenu des fermes est moitié moins variable en couplage fort (Tableau 4).



Figures 2a et 2b : Résultat courant en €/ha pour des exploitations avec bovins laitiers et allaitants

En considérant le nombre d'individus ayant un résultat courant négatif, la tendance est la même : par exemple en systèmes avec atelier allaitant, 13.6% des individus ont au moins un résultat courant négatif en couplage faible sur la période 2004-2016, contre seulement 2.6% en couplage fort. L'observation de la typologie des fermes montre que les fermes les plus couplées apparaissent en fréquence plus spécialisées dans l'élevage (Tableau 4). La proportion plus grande d'herbe, la moindre consommation d'intrants (fertilisants, aliments) décrite plus haut peuvent expliquer cette moindre variabilité du résultat courant : ces systèmes sont moins dépendants aux variations des prix des intrants achetés. La moindre proportion de cultures de vente peut être un autre facteur explicatif, qui limite l'impact des rendements et les prix des cultures sur une surface plus limitée.

Cette moindre variabilité avec l'augmentation du niveau de couplage s'observe cependant aussi dans les fermes de polyculture-élevage au sens structurel du terme (plus de 33% de cultures de vente dans la SAU). Dans le cas des exploitations en bovins viande, par exemple, le coefficient de variation est respectivement de 57%, 34% et 22% pour les couplages faible, moyen et fort. Tout comme les systèmes plus orientés vers l'élevage, ces systèmes valorisent davantage leurs propres ressources fourragères et sont plus économes en intrants.

**Tableau 4 :** Revenu et variabilité du revenu des fermes laitières et allaitantes

BL / BV 2004-2016	RC/ha	Variabilité (CV%)	% d'individus avec RC<0	% herbe	Typologie, dominance : <b>Elevage / Culture</b>
Faible (n=35 / 17)	456 / 262	38% / 51%	7.3% / 13.6%	35% / 48%	<b>27% / 73%</b>
Moyen (n= 14 / 37)	402 / 273	24% / 30%	3.8% / 7.9%	71% / 68%	<b>55% / 45%</b>
Fort (n = 7 / 18)	450 / 284	15% / 25%	1.1% / 2.6%	81 % / 83%	<b>96% / 4 %</b>

#### 2.4 En quoi la co-conception a permis de réduire l'usage des pesticides en polyculture-élevage ?

La phase de co-conception de nouveaux systèmes de production a permis pour les 26 exploitations du projet Phytoel, une baisse moyenne de -52% de l'IFT par ha. Il y a une disparité de résultats : certains agriculteurs ont totalement abandonné le recours aux produits phytosanitaires en envisageant une conversion en AB, d'autres n'ont évolué qu'à la marge. 6 systèmes n'ont pas atteint ce but: pour les agriculteurs une reconception trop importante de leurs systèmes les aurait trop éloigné des objectifs qu'ils ont exprimés au cours de l'exercice, tels que l'autonomie, la charge et l'organisation du travail ou l'économie.

La diminution de l'IFT s'explique pour 38% par des **leviers de « pratiques »**. Ce sont des moyens agronomiques mises en place sur chacune des cultures, tels que la substitution d'un désherbage chimique par un désherbage mécanique, des décalages de date de semis, etc. **Les leviers « sole »**, expliquent les 62 % de baisse d'IFT restant. Il s'agit d'évolutions d'assolements, avec la réduction de cultures consommatrices de pesticides (céréales, colza, ...) par d'autres qui le sont moins (tournesol, maïs grain, méteils, prairies temporaires ...). Ces changements ont nécessité de repenser les ateliers animaux et végétaux. Les évolutions d'assolement ont entraîné une baisse de 20% des surfaces en cultures de vente au profit des cultures fourragères. Les systèmes de culture sont devenus plus diversifiés et nombreux pour la moitié des fermes. Dans les deux tiers des cas de nouvelles cultures ont été introduites alors que d'autres ont disparu. Ces modifications profondes ont été citées par certains exploitants et certains ingénieurs réseaux comme un frein au changement en raison de l'incertitude quant au résultat attendu: quels rendements ? Quelle qualité des produits ? Quelle organisation du travail ? Etc. **Pour la partie animale**, la réduction d'usage des produits phytosanitaires a eu un impact

sur la conduite, la nature et les effectifs des animaux en raison de la modification du type de fourrages et de concentrés autoconsommés. Le volume annuel de fourrage produit évolue peu : la hausse des surfaces fourragères herbagères compense une baisse du tonnage de matière sèche (MS) par ha/an liée à la baisse des surfaces et du rendement du maïs ensilage. Le développement des prairies temporaires entraîne une baisse de la densité énergétique et protéique des rations. Ces évolutions ont, dans les projets, une incidence sur la productivité des troupeaux : -3% de lait par vache et -10% de production de viande vive par UGB. Certains éleveurs laitiers ont imaginé augmenter la taille de leurs troupeaux pour compenser la baisse de production par vache laitière, mais au détriment des ateliers d'engraissement de jeunes bovins, qui disparaissent ou sont remplacés par des bœufs. En système allaitant, c'est la finition des animaux qui est sacrifiée, au profit de la vente de brouillards. On note également le développement d'ateliers de bœufs au détriment des jeunes bovins : en allongeant la durée de finition des mâles, le recours aux aliments riches en énergie et protéines issus de cultures à forts IFT diminue (Tresch et al, 2019).

### *2.5 L'association des compétences agronomiques et zootechniques permet-elle d'accroître le couplage ?*

L'outil NICC'EL issu de RED-SPyCE a été utilisé sur le jeu de données des fermes du projet Phytoel. Le but est de mesurer a posteriori, le progrès réalisé en termes de couplage cultures-élevage et l'incidence des changements de pratiques sur les performances économiques et environnementales des fermes. Une ferme aux résultats économiques négatifs avant et après reconception a été retirée de l'échantillon : sur 25 exploitations restantes, l'évaluation du couplage dans la situation initiale et dans le projet co-construit, montre que 9 d'entre elles ont amélioré le couplage, 14 l'ont maintenu, 2 l'ont diminué (ces dernières ne sont pas présentées ici en raison de leur faible nombre). Les fermes ayant amélioré le couplage étaient en couplage initial faible ou moyen, celles qui l'ont maintenu étaient majoritairement en couplage moyen.

**Au niveau structurel**, les fermes qui ont le plus progressé dans le couplage ont davantage développé la surface fourragère principale (SFP) qui progresse de 13% dans la SAU, avec un chargement apparent qui passe de 1.4 à 1.1 et une légère réduction du cheptel de 9 UGB. Pour les fermes maintenant leur niveau de couplage, le % de SFP/SAU progresse un peu (+2%) et la baisse du chargement est limitée. **Les valeurs des critères utilisés pour caractériser le couplage** évoluent le plus dans les fermes qui ont connu une hausse du couplage entre la situation initiale et le projet. Ainsi, l'autonomie en concentrés passe de 44 à 69% alors qu'elle évolue peu en cas de maintien du couplage dans le projet : de 52 à 57%. De même la dépendance aux engrais sur l'herbe, est quasiment réduite de moitié dans le projet des fermes où le couplage s'accroît et plus modérée pour les autres. Les prairies temporaires incluant des légumineuses permettent de réaliser des économies d'engrais. Les critères de pourcentage d'autonomie en concentrés, de pourcentage de cultures intra-consommées et la baisse de pourcentage de maïs fourrage dans la SFP sont significativement différents (Tableau 5).

**Les performances environnementales s'améliorent**, l'IFT baisse pour l'ensemble des exploitations par construction puisque c'était le but recherché. Ceci montre qu'il est possible de baisser l'usage des herbicides en changeant les systèmes de cultures, de manière plus ou moins forte. Cependant, il semble que la baisse soit plus importante pour les fermes où le couplage s'accroît en passant de 1.9 à 0.7, soit -64%. Dans les autres situations la baisse est de l'ordre de 50% en partant d'un niveau initial d'IFT légèrement plus élevé, le stockage de C est significatif, mais pas la réduction des émissions nettes de GES estimés par l'outil Cap2er<sup>1</sup>, entre état initial et projet (Tableau 5).

<sup>1</sup> <http://idele.fr/services/outils/cap2er.html>

**Tableau 5** : Incidence sur différents critères économiques, environnementaux et techniques du projet de changement de système co-construit, selon que le couplage soit en hausse ou stable.

Impact des changements :	Hausse du couplage			Couplage stable			Effet de la hausse de couplage par rapport à un couplage resté stable	
	Initial	projet	écart	Initial	projet	écart		
Nombre de fermes	9			14			Significatif ?	
<b>niveau de couplage initial calculé par NICC'EL</b>								
Faible / moyen / fort (nombre)	5 / 4 / 0			3 / 9 / 2				
<b>critères de couplage</b>							Significatif ?	
% SAU dédiée à l'élevage	71%	81%	<b>+10%</b>	76%	78%	<b>+2%</b>		
% maïs dans la SFP	22%	10%	<b>-13%</b>	17%	13%	<b>-4%</b>	OUI (p<0.01)	
% cultures intra-consommées	27%	61%	<b>+34%</b>	55%	55%	<b>0%</b>	OUI (p<0.01)	
%autonomie concentrés	44%	69%	<b>+25%</b>	52%	57%	<b>+5%</b>	OUI (p<0.1)	
Charge engrais herbe €/ha	81	41	<b>-40</b>	95	74	<b>-21</b>		
<b>Indicateurs environnementaux</b>							objectif recherché	
IFT/ha labourables	1.9	0.7	<b>-64%</b>	2.1	1.1	<b>-46%</b>		
Stockage carbone, en kg Eq CO2/an*	94231	169031	<b>+79%</b>	143918	147426	<b>2%</b>	OUI (p<0.01)	
Emissions nettes GES, en kg Eq CO2/an	842080	592866	<b>-30%</b>	936734	873287	<b>-7%</b>		
<b>Indicateurs économiques</b>							OUI (p<0.05)	
EBE/PB	32.2%	38.4%	<b>+6.2%</b>	35.0%	35.6%	<b>+0.6%</b>		
Charges opérationnelles/PB	34.9%	26.8%	<b>-8.1%</b>	32.2%	30.4%	<b>-1.8%</b>	OUI (p<0.01)	
EBE en €/ha	778	867	<b>+11%</b>	760	736	<b>-3%</b>		
Charges de structure	123019	120386	<b>-2%</b>	103300	105005	<b>2%</b>		
Charges opérationnelles	129606	94073	<b>-27%</b>	108168	96717	<b>-11%</b>	OUI (p<0.01)	
<b>Données de structure</b>							Non analysé, n'est pas l'objet de l'étude	
SAU	170	170	<b>0</b>	161	161	<b>0</b>		
SFP/SAU	63%	77%	<b>+13%</b>	61%	67%	<b>+6%</b>		
Chargement UGB/ha	1.4	1.1	<b>-0.3</b>	1.6	1.4	<b>-0.2</b>		
Nombre d'UGB	140	130	<b>-9</b>	137	135	<b>-2</b>		

\*Différence significative dans l'évolution du critère entre systèmes changeant de niveau de couplage et systèmes ne changeant pas de niveau ; test de Mann-Whitney Wilcoxon

**Les performances économiques dans les projets co-construits évoluent positivement entre état initial et projet.** La baisse des charges opérationnelles dans le produit brut est significativement plus importante dans les fermes ayant augmenté le couplage, tout comme l'augmentation moyenne d'EBE/PB. C'est la tendance observée dans le résultat de RED-SPyCE. Par contre le gain d'EBE par hectare de 11% n'est pas significativement différent.

### 3. Discussion : les principaux enseignements

#### 3.1 L'association culture-élevage : un réel moyen pour baisser les intrants

**Le projet Phytoel, montre que le caractère économe en pesticides (-43% d'IFT) des systèmes en polyculture-élevage en routine est associé aux cultures intra-consommées et surtout aux surfaces fourragères.** Si 80% des écarts de niveau d'usage s'expliquent par des différences d'assolements et la présence de prairies pluri annuelles, seuls 20% de ces écarts sont liés à des pratiques agronomiques au niveau des itinéraires techniques. En revanche, **lors des exercices de co-construction, cette valeur passe à 38%** et indique des possibilités de changement supplémentaires grâce à un accompagnement.

Les résultats du projet RED-SPyCE vont dans le même sens: les charges en €/ha des pesticides des cultures diminuent avec l'augmentation du couplage. Comme elles ne concernant que les cultures, il ne s'agit pas d'un effet « dilution » lié à la présence d'herbe dans les rotations. Les fermes plus couplées ont en moyenne davantage de prairies temporaires dans leur assolement (en moyenne, 40% des surfaces en herbe dans la SAU, contre 19% pour les moins couplées). Il reste à vérifier l'hypothèse de l'effet des prairies temporaires **en rotation** sur les adventices et autres bio-agresseurs des cultures. En l'état ce n'est pas possible dans la BDD Inosys qui ne décrit pas les systèmes de cultures.

Plus largement, l'accroissement du couplage des fermes associant cultures et élevage, améliore leurs autres performances. Si la question du travail non présentée ici peut faire l'objet de débats, au niveau environnemental le bilan azoté qui se réduit, s'explique par un niveau de fertilisation plus limité, adapté au potentiel productif et par un moindre recours aux achats d'aliments. Celle de la consommation de fioul peut s'expliquer par un niveau de matériel plus faible dont les charges ramenées par hectare sont plus faibles pour les fermes plus couplées (358€/ha) que moins couplées (547€/ha), ce qui donne une indication du potentiel de consommation de carburant. Au niveau économique, l'accroissement du lien cultures-élevage va de pair avec une diminution forte des charges variables et un accroissement de l'efficacité économique. Cette moindre dépendance aux intrants ainsi que des charges fixes et les frais liés aux emprunts, qui varient dans le même sens (tableau 3), est une des explications de la moindre variabilité du revenu des fermes. Une autre explication est le maintien du couplage fort depuis l'an 2000, alors qu'il se dégrade en couplage faible. Les fermes en couplage fort réduisent donc leur exposition à la variabilité des prix des engrais, des aliments et autres intrants. Cette stratégie basée sur la parcimonie, réduit le risque économique en situation de faibles rendements des cultures et des prix de vente des productions, comme cela a été notablement le cas en 2016.

#### 3.2 Réunir les compétences agronomiques et zootechniques est un atout pour la transition agroécologique.

Le projet Phytoel, s'est appuyé sur la co-construction de nouveaux systèmes en associant des compétences agronomiques, zootechniques à celles de l'agriculteur (Tresch et al., 2019). Cette manière de mener le changement de pratiques a permis d'atteindre l'objectif de réduction d'usage des produits phytosanitaires. Les débats au sein du trio d'acteurs a permis de discuter l'importance du recours au levier assolement, par un changement du système fourrager, de faire des compromis entre intérêt agronomique et besoins alimentaires du troupeau. Les prairies temporaires, le méteil et certaines céréales secondaires ont remplacé les cultures de ventes aux IFT plus importants. Des réductions de phytosanitaires par des leviers agronomiques au niveau des itinéraires techniques expliquent le reste de la diminution. Ces choix ont respecté les objectifs des agriculteurs et facilité l'exercice de co-construction. Toutefois, si cette manière de procéder a permis d'atteindre l'objectif de baisse d'IFT, elle n'a pas donné aux conseillers d'informations sur l'intensité du couplage entre animal et végétal, sachant que lorsqu'il est fort, il permet de renforcer les performances environnementales et économiques (Martel et al, 2017).

### 3.3 Il est possible de mesurer les progrès en termes d'interactions cultures-élevage avec l'outil NICC'EL.

L'outil NICC'EL a été utilisé a posteriori pour évaluer les progrès en termes d'interactions entre cultures et élevage. Limité à 3 classes de couplage (faible, moyen, fort), il ne mesure que des **changements contrastés** du système en termes d'utilisation des surfaces, d'autonomie alimentaire et de fertilisation. Le premier constat est que seules 9 fermes sur 23, soit 40%, ont imaginé des changements suffisamment significatifs pour changer d'une classe de couplage au moins. La plupart des exploitations ont pu atteindre ou s'approcher de l'objectif de baisse de 50% des IFT. Mais, les fermes qui ont le plus accru le couplage, ont davantage dépassé l'objectif (7 fermes sur 9), que celles qui l'ont maintenu (7 sur 14). Dans l'exercice de reconception, l'usage des pesticides diminue quel que soit le gain de couplage, mais les performances économiques apparaissent plus solides, si ce gain est significatif (Tableau 5). D'autres situations pourraient être étudiées pour conforter ce propos, tel que l'exemple de l'UE INRA de Saint Laurent de la Prée, où l'outil NICC'EL a permis un suivi de l'évolution du couplage dans le cadre de la transition agroécologique de la ferme expérimentale de l'INRA (Durant et Martel, 2017).

L'analyse des résultats économiques et environnementaux en fonction de l'accroissement du couplage par l'évolution du système fourrager est également encourageante : les données moyennes évoluent dans le sens des résultats de Martel et al. (2017). Les 9 fermes ont des performances, économiques très cohérentes avec le résultat attendu et même statistiquement significatives ou proches du seuil de signification : baisse des charges opérationnelles dans le produit brut, hausse de l'efficacité économique (EBE/PB). Cette signification aurait pu être renforcée par un travail de réduction des charges de structure, comme observé dans RED-SPyCE, mais qui n'étaient pas le but de l'exercice de reconception, centré sur les pesticides. Les fermes restant dans la même gamme de couplage ont modifié leurs systèmes de production de manière plus modeste. La baisse de l'IFT est alors neutre sur les performances économiques et environnementales, ce qui en soit est un résultat positif, dans le contexte du programme Ecophyto, où le maintien des performances économiques est un enjeu fort pour convaincre les agriculteurs.

NICC'EL pourrait donc être envisagé comme un outil simple à mobiliser dans des exercices de reconception favorisant le lien entre animaux et végétaux. Il ne mobilise que quelques critères techniques facilement accessibles et propose un cadre qui permet de s'orienter plus facilement dans le changement. Il a été ici possible d'estimer le niveau de couplage à partir des données de Phytoel et de tester cet outil sur un jeu de données indépendant de la BDD Inosys. L'outil mesure des changements de pratiques contrastées imaginées par des parties, ce **rôle de NICC'EL comme aide au changement**, est d'autant plus important que les agriculteurs ont une perception faussée de leur niveau de couplage cultures-élevage. Quand celui-ci est faible, ils ont tendance à le voir plus important qu'il n'est en réalité (Schrefheere, 2017). Il permet d'objectiver la situation initiale de la ferme et aux conseillers de mobiliser leurs compétences agronomiques, zootechniques au sein d'un cadre permettant de structurer le renforcement des liens entre animaux et végétaux, si tel est le souhait de l'agriculteur.

La réflexion sur le couplage des compétences pourrait d'ailleurs se poursuivre en réfléchissant à la manière et le moment d'associer d'autres domaines compétences, tels que l'intervention d'acteurs de la mécanisation ou le recours accru aux CUMA par exemple, qui sont des pistes à envisager pour faire évoluer les systèmes dans un sens plus agroécologique.

#### Références bibliographiques

Chartier N., Tresch P., Munier-Jolain N., Mischler P., 2015. Utilisation des Produits Phytosanitaires dans les systèmes de Polyculture-élevage et de Grandes Cultures : analyse des données du réseau DEPHY ECOPHYTO. Rencontres Recherche Ruminant 2015, p 57-61.

Durant D., Martel G., 2017. Détermination du niveau de couplage élevage-cultures au sein de la ferme expérimentale de Saint Laurent de la Prée : quelle évolution dans le cadre de la transition agro-écologique? [https://colloque.inra.fr/polyculture-elevage2017/content/download/4426/44760/version/2/file/10\\_atelierA\\_15h20\\_COM\\_Durant.pdf](https://colloque.inra.fr/polyculture-elevage2017/content/download/4426/44760/version/2/file/10_atelierA_15h20_COM_Durant.pdf)

Martel G., Guilbert C., Veysset P., Dieulot R., Durant D., Mischler P., 2017b. Mieux coupler cultures et élevage dans les exploitations d'herbivores conventionnelles et biologiques : une voie d'amélioration de leur durabilité ? Fourrages, 231,235-245.

Martel G., 2018. Vidéo sur l'outil NICC'EL, <https://video.terre-net.fr/embed/2727>

Meiss H., Mediene S., Waldhardt R., Caneill J., Bretnole V., Reboud X., Munier-Jolain N., 2010. Perennial lucerne affects weed community trajectories in grain crop rotations. Weed Research 50, 331–340.

Mignolet C., Schott C., Benoît M., Meynard J.M., 2012. Transformation des systèmes de production et des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970, Innovations Agronomiques 22, 1-16.

Mischler P., Lheureux S., Dumoulin F., Menu P., Sené O., Hopquin j-P., Cariolle M., Reau R., Munier-Jolain N., Faloya V., Boizard H., Meynard J-M., 2009. En Picardie, 8 fermes de grande culture engagées en Production Intégrée réduisent fortement les pesticides sans baisse de marge. Courrier de l'environnement de l'INRA, 57, 73-91.

Mischler P., Guilbert C., Durant D., Martel G., 2017, Des interactions élevées entre animal et végétal améliorent les performances économiques et environnementales des exploitations en polyculture-élevage de ruminants, présentation au colloque du RMT SPYCE, Dijon [https://colloque.inra.fr/polyculture-elevage2017/content/download/4425/44757/version/2/file/10\\_atelierA\\_14h55\\_COM\\_Mischler.pdf](https://colloque.inra.fr/polyculture-elevage2017/content/download/4425/44757/version/2/file/10_atelierA_14h55_COM_Mischler.pdf)

Mischler P., Ramoneteu S., Gibon A., 2013. [http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/RMT\\_SPYCE/0-RMT\\_polyculture-elevage\\_final\\_240913.pdf](http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/RMT_SPYCE/0-RMT_polyculture-elevage_final_240913.pdf)

Munier-Jolain N., Médiene S., Meiss H., Boissinot F., Rainer W., Jacques C., Bretnole V., 2012. Rôle des prairies temporaires pour la gestion de la flore adventice dans les systèmes céréaliers. Innovations Agronomiques 22, 71–84.

Perrot C., Caillaud D., Chambaut H., 2013. Economies d'échelle et économies de gamme en production laitière. NESE, 7–32.

Ramette C., Martel G., 2019; [http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/RMT\\_SPYCE/05-2019061-BESOINS DES CONSEILLERS et NICCEL-C\\_Ramette et G. Martel.pdf](http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/RMT_SPYCE/05-2019061-BESOINS DES CONSEILLERS et NICCEL-C_Ramette et G. Martel.pdf)

Schrefheere A., 2017. La polyculture-élevage: le point de vue des agriculteurs, Mémoire de fin d'études, Master EAAD, Université Jules Vernes d'Amiens, 116 pages.

Tresch P., Chartier N., Combourieu Q., 2019. Quels systèmes de polycultures élevages demain face aux enjeux de réduction d'usage de produits phytosanitaires. Revue Innovations Agronomiques 71, 311-322.

Veysset P., Lherm M., Bébin D., Roulenc M., 2014. La polyculture-élevage bovin viande : un système durable de production de viande bovine ? Résultats à l'échelle de la ferme, questions et perspectives. Innovations Agronomiques 39, 83–97

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 URL ou DOI).