

# Savoir caractériser les complémentarités entre cultures et élevage pour accompagner la reconception des systèmes de polyculture-élevage dans leurs transitions agroécologiques.

MISCHLER P., TRESCH P., JOUSSEINS C., CHAMBAUT H. (1) ; DURANT D., VEYSSET P., MARTIN G., FIORELLI J.-L. (2) ; BEN CHEDLY H., PIERRET P. (3) ; CANDAU D., SENNEPIN D. (4) ; CAILLY B. (5) ; EMONET E. (6) ; RAMETTE C., FLAMENT M. (7) ; MARTEL G. (2b)

(1) Institut de l'élevage, 19 bis rue Alexandre Dumas 80000 Amiens

(2) INRA, 2b = 42 rue Georges Morel, 49070 Beaucaouzé

(3) AgroSupDijon

(4) Chambres d'Agriculture

(5) Lycée Agricole de Brémontier-Merval

(6) ACTA

(7) Agro-Transfert

## RESUME

Les systèmes de polyculture-élevage ont théoriquement les moyens de maximiser la mise en œuvre de pratiques agroécologiques : les cultures alimentent le troupeau dont les effluents fertilisent les terres selon un cercle vertueux. Cependant, le terme « polyculture-élevage » (PCE) masque une diversité de systèmes sans l'existence d'un consensus sur la façon de la caractériser. Or, chaque forme de PCE ne va pas viser les mêmes objectifs, ni avoir les mêmes performances environnementales et économiques. Pour atteindre des situations où les caractéristiques théoriques vertueuses attendues sont obtenues, ces systèmes auront des trajectoires différentes. C'est ce que nous montrons à travers l'expérience de 4 exploitations expérimentales et de présentations faites lors du colloque « Les polycultures-élevages: valoriser leurs atouts pour la transition agroécologique » à Dijon en Octobre 2017, ainsi que de résultats d'analyses et de présentations de méthodes et outils de conseil développés pour ces systèmes.

MISCHLER P., TRESCH P., JOUSSEINS C., CHAMBAUT H. (1) ; DURANT D., VEYSSET P., MARTIN G., FIORELLI J.-L. (2) ; BEN CHEDLY H., PIERRET P. (3) ; CANDAU D., SENNEPIN D. (4) ; CAILLY B. (5) ; EMONET E. (6) ; FOURCIN C., FLAMENT M. (7) ; MARTEL G. (2)

(1) Institut de l'élevage

## SUMMARY

Integrated Crop-Livestock farming systems (ICLS) should be able to maximize the implementation of agro-ecologic practices. Crops feed livestock and manure fertilize crops, which creates a virtuous circle. However, integrated crop-livestock farming systems cover a diversity of agricultural systems without consensus on how to characterize them. As each form of ICLS has not the same aims, they also do not have the same economic and environmental performances. To achieve obtaining situations with the expected virtuous theoretical characteristics, these systems will have to implement different changes. This is what we describe through the experience of four experimental farms and several communications made during the symposium "Les polycultures-élevages: valoriser leurs atouts pour la transition agroécologique" in Dijon in October 2017, as well as results from analyzes and presentations of methods and tools developed for these systems.

## INTRODUCTION

Le paradigme de l'accroissement de l'efficacité productive des systèmes agricoles par la spécialisation des productions et les économies d'échelle, a produit des effets collatéraux : sensibilité à la conjoncture économique, pollutions, baisse d'attractivité du métier... Les systèmes de polyculture-élevage (PCE), bardés de vertus théoriques de durabilité dans un contexte de promotion de l'agroécologie, sont questionnés sur leurs performances. Cette synthèse fait le bilan des travaux présentés à ce sujet, lors du colloque « *Les polyculture-élevages : valoriser leurs atouts pour la transition agroécologique* » en octobre 2017. Elle n'ambitionne pas de répondre à toutes les questions que pose la reconception des systèmes de PCE en transition vers l'agroécologie, mais à présenter les dernières propositions de caractérisation de ces systèmes au niveau du couplage culture-élevage, son lien avec les performances des fermes et de nouvelles manières d'accompagner des polyculteurs-éleveurs.

### 1. UNE PRESENTATION DE LA POLY-CULTURE-ELEVAGE

#### 1.1. DE REELS ATOUTS

La PCE, souvent citée comme un idéal agronomique, s'appuie en théorie sur des pratiques de gestion plus efficaces que les systèmes spécialisés, sur les cycles des éléments minéraux, les régulations biologiques, l'énergie, le matériel et les

ressources humaines, qui impactent l'usage des fertilisants, des pesticides, l'alimentation et le logement du bétail. Elles favorisent les économies d'intrants, d'énergie, le stockage du carbone, la vie microbienne du sol et la biodiversité selon Dufumier (2009) et de nombreux travaux de recherche.

Dans les systèmes de PCE herbivores, la gestion efficace des consommations intermédiaires est permise par les productions fourragères dans les systèmes de cultures. Elles contribuent à réprimer les adventices dans les cultures, sans y proliférer ensuite et diminuent la consommation d'énergie liée aux engrais chimiques (Munier-Jolain et al., 2012). Le bétail consommant des couverts d'interculture réduit la biomasse en adventices, sans affecter le rendement des cultures suivantes (Tracy and Zhang, 2008). Des ovins peuvent remplacer le broyage des couverts en bonnes conditions de pâturage, car un sol tassé par les animaux en conditions pluvieuses impacte négativement les rendements (Miller et al., 2015).

L'emploi de légumineuses limite les achats d'aliments du bétail riches en protéines, les engrais chimiques grâce à la fixation symbiotique de l'azote et favorisent les rendements des autres cultures. Les effluents d'élevage, permettent de réduire les achats de fertilisants (Peyraud et al., 2012). Des expérimentations « systèmes de culture » aux USA, Canada ou Brésil, concordent sur l'absence de dégradation du sol par le pâturage des ovins et bovins, qui peut même l'enrichir en nitrate, phosphore, potasse ou en carbone issu de la biomasse microbienne, voire accroître les rendements (da Silva et al., 2014; Franzluebbers et Stuedemann, 2015; Tracy et Zhang,

2008). L'introduction de prairies temporaires dans les rotations contribue aussi au maintien du stock de carbone (Körschens et al., 2014).

## 1.2. UNE DYNAMIQUE DES SYSTEMES PCE QUI S'ÉLOIGNE DE L'IDÉAL AGRONOMIQUE ?

Malgré leurs intérêts, les complémentarités entre cultures et élevage sont mises à l'épreuve depuis la fin de la seconde guerre mondiale. L'accès facilité aux engrais et pesticides de synthèse a accru la productivité des systèmes tout en spécialisant les productions, l'agrochimie permettant de s'affranchir du bouclage des cycles biogéochimiques (Guihard et Lesdos, 2007). Les travaux de l'équipe de Billen du CNRS, montrent selon une méthodologie basée sur le cycle de l'azote, les limites des spécialisations des territoires représentés tels des systèmes ouverts. A l'opposé, ils montrent une utilisation plus faible des fertilisants et des pertes réduites dans des systèmes de PCE comparés aux systèmes spécialisés (Le Noe et al., 2017). La reconnexion entre l'animal et le végétal en système d'agriculture biologique (AB) réduirait les pertes de nitrates en-deçà d'une situation ancienne où l'agriculture était moins intensive (Garnier et al., 2016).

La spécialisation vers les productions animales ou végétales a diminué le nombre des fermes en PCE depuis 1945, mais leur proportion s'est maintenue entre les recensements agricoles de 2000 et 2010, au sens de l'OTEX (orientation technico-économique des exploitations). Avec le développement des grandes cultures, il y a diminution du cheptel et un écart inédit entre la rémunération du travail des cultures, en hausse, et celle des animaux, en baisse (Perrot et al., 2013). Le projet Casdar RED-SPyCE a montré qu'en Pays de la Loire, Normandie, Midi-Pyrénées et Lorraine, il existe en fait des évolutions contrastées entre régions qui s'oppose à l'idée reçue d'une diminution générale de la PCE (Hirschler et al., 2017): en moyenne les fermes de grandes cultures se développent entre 2007 et 2014 (+1.8% de SAU), les fermes spécialisées d'élevage diminuent (-1.7%) et les fermes de PCE se maintiennent (-0.1%). Si les dynamiques régionales diffèrent, les systèmes laitiers spécialisés diminuent partout et la PCE devient une forme de résistance des activités d'élevage ou une étape avant arrêt; la préserver revient à maintenir l'élevage (Hirschler et al. 2017) dont la disparition dans une région entraîne une perte des compétences, des infrastructures et du conseil, rendant difficile son retour.

## 1.3. DES PERFORMANCES EN DEBAT

La spécialisation des systèmes agricoles, ou « poly-spécialisation », dans le cas d'une simple coexistence d'ateliers dans une ferme, est interrogée sur sa résilience face aux aléas économiques (prix des productions, des intrants, ...) et climatiques (irrégularité des productions). Les complémentarités entre culture et élevage au sens large (matériel, main d'œuvre, pratiques,...) augmenteraient leur résilience, capacité à absorber une perturbation, à se réorganiser et à fonctionner d'une manière équivalente qu'avant celle-ci (Sauvant et Martin, 2010).

**Les complémentarités peuvent s'exprimer au travers de pratiques de couplage culture-élevage qui sont au cœur de cette synthèse.**

Les études comparant les **performances** de fermes en PCE ou spécialisées (élevage, cultures), ne montrent pas de tendances claires. Le projet européen Cantogether montre que ces fermes, en Italie et Espagne, comparées à des fermes spécialisées d'élevage, ont un bilan N, une consommation de pesticides et de carburants équivalents ou inférieurs (Regan et al., 2017). En France, une étude sur les réseaux d'élevage Inosys montre que les fermes de PCE laitières font davantage coexister que collaborer leurs ateliers. Les économies d'échelle sont davantage recherchées (**la capacité à baisser le coût moyen de production avec davantage de facteurs de production**), que des économies de gammes (**la capacité à produire de manière moins coûteuse plusieurs biens ensemble que séparément**), sans effet sur le bilan N ou les

charges en intrants des surfaces (Perrot et al., 2013). Avec des bovins allaitants, il en est de même et les revenus plus élevés des systèmes PCE sont attribués à une SAU supérieure (Veysset et al., 2014).

Ces études ont utilisé des définitions économiques (OTEX) (Perrot et al., 2013; Regan et al., 2017) ou structurelles des systèmes agricoles, parfois associées à un nombre limité de critères fonctionnels cherchant à décrire le couplage (% de surfaces intra-consommées en fourrages et cultures, Veysset et al., 2014). D'autres ont privilégié **des critères fonctionnels, comme l'intensité des flux de matière**, pour **caractériser des interactions** entre animaux, cultures et productions fourragères. Un couplage élevé permet alors plus d'autonomie alimentaire et en fertilisation (Mischler et al., 2014; Sneessens et al., 2016) et de meilleures performances : le bilan N, l'usage des pesticides et les consommations en carburant diminuent. L'efficacité économique de ces systèmes augmente (excédent brut d'exploitation/produit brut, EBE/PB), sans effet apparent sur le revenu par travailleur (Mischler et al., 2014).

Ces résultats divergents entre études s'expliquent par l'hétérogénéité des fermes (structure, contexte régional) dans les bases de données et la méthodologie de caractérisation de la PCE. La taille de l'exploitation peut créer un biais sur le revenu s'il est exprimé par travailleur. Le contexte pédoclimatique agit sur les performances : la PCE est souvent reléguée dans des zones au potentiel productif limité. En s'affranchissant des questions de structure, les performances économiques et environnementales permises par un couplage élevé apparaissent meilleures (Sneessens et al., 2016). Si les méthodes de caractérisation de type OTEX et Inosys font l'objet de consensus, la caractérisation fonctionnelle reste à construire et les indicateurs de couplage entre ateliers à identifier. Les bénéfices attendus de la PCE étant principalement basés sur le bouclage des cycles, un consensus sur une caractérisation fonctionnelle pourrait mieux souligner leurs performances, produire des références et aider à la conception de nouveaux systèmes PCE durables.

## 1.4. MIEUX CARACTERISER LE COUPLAGE ENTRE CULTURES ET ELEVAGE

Cette caractérisation pose trois difficultés méthodologiques : **la première est que la diversité de définitions** des systèmes de PCE où étudier les associations culture-élevage **peut se faire sur une base agronomique, économique, structurelle, capitalistique ou sur le travail**. Les collaborations entre ateliers y sont absentes ou existent à des degrés divers, rendant difficiles les comparaisons. Une combinaison des dimensions agronomiques et économiques proposée par Séré et al. (1996) a été reprise internationalement (Ryschawy et al., 2014). La limite majeure des indicateurs économiques est le changement de catégorie polyculture-élevage à spécialisée culture ou élevage selon les rendements ou les prix des productions (Alig et Mischler, 2015; Ryschawy et al., 2014).

**Ensuite, ces définitions n'intègrent pas ou peu, les flux de matière** entre ateliers, qui sont au cœur du bouclage des cycles des minéraux. Un cadre conceptuel récent (Moraine, 2015) propose des formes d'association entre culture et élevage à l'échelle de la ferme où des ateliers cohabitent ou interagissent, mais aussi des synergies locales entre fermes ou sur un territoire.

**Enfin, les indicateurs pour quantifier le lien entre animaux et cultures sont multiples.** Il n'y a pas d'indicateur de couplage unique, bien que flux de matière soient bien identifiés et peu de publications sur cette quantification: partant de ce constat et pour paramétrer les effets du couplage sur les postes de consommation de l'exploitation agricole, la thèse de Sneesens (2014) propose un premier cadre d'analyse. Cette caractérisation quantitative du couplage en systèmes ovins avec le modèle « *sheep'n crop* », est basée sur la part de surface dédiée à l'alimentation animale et des céréales intra-consommées, l'insertion de prairies en rotations et la période de mise bas. D'autres propositions (Chambaut et al., 2015;

Mischler et al., 2014) reposent sur un score basé sur l'autonomie en concentrés et en fertilisation azotée ou en se basant sur les flux d'azote entre les ateliers de l'exploitation (Stark et al., 2016). **Clarifier les définitions de ce que l'on entend par systèmes PCE, implique d'identifier des pratiques agricoles relatives au couplage entre ateliers.** Des travaux récents sont présentés en ce sens dans la seconde partie de cette synthèse. Ils ambitionnent de caractériser le couplage de manière générique, au moins pour les systèmes avec des ruminants (Martel et al., 2017b), les monogastriques étant généralement peu étudiés dans le cas de systèmes de PCE (Garrett et al. 2017).

## 1.5. RECONCEVOIR LES SYSTEMES DE POLY-CULTURE-ELEVAGE : TENIR COMPTE LES VERROUILLAGES SOCIOTECHNIQUES

L'agroécologie concerne les champs de l'agronomie et de l'écologie, mais aussi ceux des sciences économiques, sociales, politiques et de l'action (Meynard, 2017). Reconcevoir les systèmes de PCE **se heurtera à des obstacles** où les possibilités de changements sont limités **par les effets de verrouillage dans le système agri-alimentaire** (Geels, 2004). L'agriculture française intensifiée à partir de 1945, a structuré progressivement, dans ce but, les acteurs de l'amont à l'aval des agriculteurs. Leur interdépendance croissante a mené à un verrouillage, rendant difficiles les évolutions de pratiques hors du cadre de fonctionnement dominant (Lamine et al., 2010), quand bien même elles ont prouvé une efficacité supérieure comme l'a montré l'étude de l'INRA sur les **freins et leviers à la diversification des cultures** basée sur l'hypothèse du verrouillage technologique (Meynard et al., 2013).

Reconcevoir des formes de PCE innovantes, devra mobiliser des connaissances sur (1) le bouclage des cycles biogéochimiques, (2) le fonctionnement des agroécosystèmes et les compromis entre services écosystémiques, (3) les effets de la biodiversité sur les régulations biologiques et (4) l'étude des systèmes d'innovations et des processus, y compris de verrouillage, impliqués dans la transition agroécologique. Il faudra considérer que la diversité des situations est une donnée parmi d'autres, rendant caduc le paradigme de la technique universelle. Les changements progressifs de pratiques auront pour conditions de réussite, la mobilisation d'une bibliothèque d'innovations, la mise en œuvre de boucles d'apprentissages et de dynamiques collectives (Lucas et al., 2015; Meynard, 2017).

## 2. LES EFFETS POSITIFS DU COUPLAGE CULTURE-ELEVAGE SUR LES PERFORMANCES ET LA RESILIENCE DE FERMES COMMERCIALES

Cette partie présente (1) de nouvelles méthodes de caractérisation du couplage, (2) des typologies de polyculture-élevage et (3) des évaluations de leurs performances.

### 2.1. UNE DIVERSITE DE METHODES POUR CARACTERISER LE COUPLAGE ENTRE CULTURES ET ELEVAGE

#### 2.1.1. Caractériser à dire d'expert

Cette méthodologie, retenue par le projet POEETE (PSDR Bourgogne-Franche-Comté), est basée sur une méthode d'agrégation à des pôles définis à dire d'experts (Perrot, 1990), ici les conseillers agricoles. Le but est de construire une base de connaissances par enquête d'experts qui permet de construire des pôles avec des variables qualitatives et quantitatives, structurelles et de fonctionnement, relatives à l'interaction culture-élevage. L'ensemble est la clé typologique. L'appartenance d'une exploitation à un pôle se décide par le calcul **d'un coefficient de ressemblance partielle** aux variables et d'un coefficient de ressemblance globale au pôle. Le coefficient de ressemblance partielle utilise **une méthode de logique floue** qui atténue le caractère « couperet » des typologies classiques. Les variables mobilisées pour

caractériser chaque type d'exploitations laitières du territoire sont structurelles (ex. %SFP/SAU), productives (ex. lait produit /vache) ou techniques (ex. niveau de fertilisation). Cette méthode décrit des types d'exploitations selon le niveau de couplage tout en accordant un intérêt particulier aux déterminants du pilotage des systèmes et leur organisation (ex. « simplifier le travail via la gestion séparée des ateliers »).

#### 2.1.2. Caractériser avec une matrice de Bertin

En Hauts-de-France, Agro-Transfert a caractérisé le couplage dans le cadre du projet « Complémentarités Culture-Elevage », en partant d'un diagnostic des pratiques agricoles de fermes dans 4 territoires-pilotes, pour proposer des pistes d'actions. L'intensité d'utilisation de chaque pratiques recensées, a été estimée par expertise avec un score (0=absente, 1=faible, 2=forte), puis classées par niveau d'organisation (exploitation, inter-exploitation, filière), de coordination (spatiale et/ou temporelle) et de nature (ex. pâturage). Les exploitations sont ensuite classées avec la méthode de Bertin (1966).

#### 2.1.3. Caractériser avec une analyse en composante principale (ACP)

Les caractérisations précédentes décrivent finement des fonctionnements d'exploitations ou des pratiques de couplage. Bien adaptées à une région ou pour comparer un faible nombre de fermes, leur généricité est questionnée en dehors de ce cadre. Dans le projet RED-SPyCE, Martel *et al.* (2017b) proposent d'utiliser des bases de données de suivis d'élevage. La première étape de cette méthodologie, appelée NICC'EL pour *Niveau de Couplage Culture Elevage*, est de choisir l'objectif de la typologie : ici, distinguer des fermes selon un gradient de couplage croissant. Cela nécessite le choix d'un jeu d'indicateurs facilement interprétables par rapport à l'objectif (ex. une valeur en baisse d'un critère est en lien avec la recherche de l'objectif, ou inversement). Puis, ces indicateurs sont étudiés par une ACP qui résume la variabilité d'un grand nombre de variables au sein d'un échantillon d'individus. Les axes issus de l'analyse sont interprétés par rapport à l'objectif en identifiant les indicateurs qui y sont corrélés et chaque exploitation est projetée sur les axes dont les coordonnées serviront à calculer un score. Plus le score est élevé, plus l'exploitation est proche de l'objectif.

## 2.2. LES TYPES DE POLY-CULTURE-ELEVAGE ISSUS DES METHODES DE CARACTERISATION

Les trois méthodes de caractérisation proposent des formes de couplage. Présentées ci-dessous, elles seront décrites et comparées sur leurs points communs et leurs différences.

### 2.2.1. Les types issus de l'expertise

La typologie POEETE représente par un schéma les flux d'intrants et d'extrants dont la taille est proportionnelle à leur importance quantitative. Les experts ont ajouté des dimensions autour des objectifs des agriculteurs, du contexte de production en Isère (pédoclimat, parcellaire, cahier des charges, ...), de l'intensité des productions et de la dominance ou non d'un atelier. Sept types d'exploitations laitières en PCE ont été construits selon un gradient de couplage croissant entre ateliers, depuis des systèmes produisant majoritairement des céréales toutes vendues où la fertilisation minérale est prioritaire, l'élevage ne valorisant que des terres à faible potentiel agronomique, jusqu'à des systèmes sous cahier des charges extensifiant l'élevage et produisant des céréales dans un but d'autonomie alimentaire.

### 2.2.2. Les types issus de la méthode de Bertin

**En Hauts-de-France, quatorze types de systèmes ont été identifiés** selon le bouquet de complémentarités mis en place en ferme ou entre fermes. Les types se distinguent selon les questionnements stratégiques des agriculteurs : (i) renforcer le couplage au sein de l'exploitation pour bénéficier au maximum de ses effets positifs, (ii) accroître la valeur ajoutée du système par des échanges accrus entre exploitations, ce qui permet de

proposer deux accompagnements: (1) celui d'un collectif d'agriculteurs vers des changements intra-exploitation et (2) celui d'un collectif d'agriculteurs vers une structuration commune entre fermes.

### 2.2.3. Les types issus de la méthode NICC'EL

La caractérisation (Martel et al., 2017b), s'appuie sur 10 critères technico-économiques communs aux bases de données des partenaires de RED-SPyCE. Les critères sont positionnés par rapport au couplage (ex. plus les animaux intra-consomment les productions de l'exploitation, plus le couplage est élevé) et concernent 3 dimensions: l'utilisation des surfaces pour l'alimentation animale, l'autonomie alimentaire et de paillage et l'autonomie de fertilisation via les protéagineux et le recyclage des effluents. Les fermes sont réparties en 3 classes 30% de faiblement et fortement couplées et 40% en couplage moyen. Chaque filière de ruminants, toutes les tailles de fermes et toutes les régions y sont représentées. Une seconde application de cette méthode a été réalisée par le projet POEETE. Elle mobilise 8 critères d'une base de données issue de l'outil COUPROD<sup>1</sup>, proches des 10 cités plus haut.

### 2.2.4. Intérêts et limites des méthodes de caractérisation du couplage

Ces méthodes aboutissent à des typologies dont le point commun est l'autonomie globale de la ferme en aliments et en intrants. Les niveaux d'utilisation des surfaces d'herbe, des cultures fourragères ou de vente pour l'alimentation animale et le recyclage des effluents pour la fertilisation des cultures sont centraux. Les méthodes par expertise et Bertin décrivent finement le fonctionnement des systèmes (stratégie de commercialisation, potentiel agronomique, couplage). La méthode NICC'EL permet une quantification du niveau de couplage de nombreuses fermes.

**La caractérisation par expertise** ne mobilise que des connaissances fines de la diversité du fonctionnement de fermes. La typologie décrit des stratégies de pilotage des systèmes au regard de l'interaction entre culture et élevage et traduit indirectement l'importance des contextes locaux dans les choix des agriculteurs. Elle permet l'étude de trajectoires d'évolution voire d'identifier des tendances nouvelles de pilotage des exploitations.

**La caractérisation avec la méthode de Bertin** a pour force d'être applicable avec un échantillon de petite taille (10-20 fermes), d'utiliser des indicateurs qualitatifs faciles d'accès et d'appréhender les stratégies des agriculteurs. L'effectif faible de fermes limite sa représentativité statistique et les seuils retenus pour catégoriser les niveaux de couplage, spécifiques au contexte local empêchent la comparaison à d'autres contextes. Ces deux méthodes descriptives fines ont pour revers de les rendre spécifiques de la zone d'étude : les enquêtes mobilisées sont difficilement généralisables sur de grands effectifs de fermes et de régions, limitant la production des références.

**La méthode NICC'EL** a pour limite des indicateurs adaptés aux systèmes avec des ruminants et aux données initiales, ils ne conviennent pas tous aux exploitations porcines ou avicoles. L'ACP est sensible à la composition du jeu de données disponibles. Ainsi la faible part des surfaces de protéagineux cultivés, dans la base de données, joue peu sur le niveau de couplage, mais traduit une réalité. Sa force est de prendre en compte beaucoup d'exploitations et de valoriser des données issues de suivis d'élevage, rendant possible la comparaison de performances d'exploitations de systèmes et de contextes (cf. section 2.3.1.). Cette méthode a produit un arbre de classement prédisant le niveau de couplage d'une exploitation agricole, mobilisable dans un cadre d'expérimentation, de conseil ou d'enseignement agricole (partie 3).

## 2.3. POUVOIR CALCULER LE NIVEAU DE COUPLAGE PERMET DE REVISITER LES PERFORMANCES DES SYSTEMES DE PCE

### 2.3.1. Effets économiques et environnementaux du couplage selon la méthode statistique

Les projets RED-SPyCE et POEETE ont utilisé la méthode NICC'EL. Le premier concerne l'échelle nationale (Martel et al., 2017b; Mischler et al., 2017) où en plus de la caractérisation fonctionnelle (couplage), ont été considérés les effets structurels des fermes selon différents niveaux de part de la SFP dans la SAU. POEETE n'a analysé que l'aspect fonctionnel sur les performances (Veysset et al., 2017). Les résultats pour des systèmes avec des **bovins laitiers sont similaires** (Tableau 2): les exploitations fortement couplées ont plus de surfaces fourragères et de cultures dédiées à l'alimentation animale.

**Sur la seule caractérisation fonctionnelle**, elles apparaissent plus spécialisées en production animale, avec un chargement apparent plus faible de la SFP. Les fermes en couplage fort de l'Isère ont un produit brut par exploitant 24% inférieur aux fermes en couplage faible, pour une SAU inférieure de 30%. Mais grâce à une meilleure efficacité économique EBE/PB = 34% vs 30 %, le revenu disponible par exploitant n'est que de 15% inférieur. Les fermes moyennement couplées ont une productivité physique du travail proche de celles fortement couplées, mais restent moins productives qu'en couplage faible (produit par travailleur inférieur de 17%). Leur revenu par travailleur est identique. Dans l'analyse de RED-SPyCE, les fermes fortement couplées sont aussi plus petites (SAU inférieure de 26% en moyenne) et plus efficaces (EBE/PB de 42% vs. 32% en couplage faible). Le revenu disponible, équivalent (+5.5%, non significatif), augmente avec le couplage une fois ramené à l'hectare. Les fermes moins couplées ont une SAU plus importante et plus de cultures que des fermes plus couplées et peuvent amener à conclure que les fermes de PCE atteignent un revenu disponible plus élevé notamment grâce à leur taille élevée (Perrot et al., 2013; Veysset et al., 2014). Mais, il faut aussi prendre en compte les proportions très variables de surfaces fourragères, de cultures et le potentiel agronomique des fermes. Un échantillon du jeu de données Inosys où ce potentiel est disponible montre qu'il est faible pour 75% des fermes en couplage fort (rendements en blé moindres), 37% s'il est moyen et à peine 12% en couplage faible. Pour limiter l'effet de la taille nous avons choisi de regarder le revenu disponible par hectare de SAU.

**En combinant caractérisation fonctionnelle ET structurelle** (Tableau 1), l'efficacité économique croît aussi avec le couplage. Martel et al. (2017b) remarquent aussi que les surfaces et le potentiel agronomique plus faibles n'empêchent pas les exploitations plus couplées d'avoir un revenu disponible par exploitant équivalent à celles moins couplées. Ces tendances sont observables en présence de bovins laitiers, allaitants et en ovins viande.

Au niveau environnemental, le couplage améliore les performances quel que soit le type fonctionnel et structurel : le bilan d'azote, les charges en pesticides des cultures et la consommation de carburant diminuent. Les systèmes biologiques, qui favorisent davantage les interactions cultures-élevage s'inscrivent dans cette tendance (Martel et al., 2017b; Mischler et al., 2017, 2014). Veysset et al. (2017) montrent que les agriculteurs peuvent encore optimiser la gestion de la fertilisation minérale par une meilleure prise en compte de la valeur fertilisante des effluents. De même dans les données Inosys, à couplage équivalent, les fermes ayant les bilans N les plus excédentaires sur-fertilisent le maïs ensilage pour un rendement identique et ce, d'autant plus que le couplage est faible (Mischler, 2017).

<sup>1</sup> Outil de calcul du coût de production d'un atelier de ruminants, Institut de l'Élevage

**Tableau 1 : Effet du couplage sur les performances économiques de fermes laitières de l'Isère et du réseau Inosys**

type structure	Fonctionnelle						Fonctionnelle et structurelle					
	2008-2014*			2011-13**			2011-13**			2011-13**		
	Isère*			Inosys								
	1-99% SFP/SAU toutes fermes			1-99% SFP/SAU toutes fermes			66-99.9% SFP/SAU spécialisées herbivores			33-66% SFP/SAU polyculture-élevage		
Couplage	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort
Effectif	107	127	113	196	105	25	82	91	24	97	14	1
%EBE/PB	30	34	34	32	35	42	32	35	42	32	39	46
%Charges opérationnelles/PB				38	34	28	39	34	28	37	31	24
PB/UMOe (k€)	155	128	117	161	120	103	103	87	67	175	165	121
Disponible/UMOe/ha de SAU (€)	199	257	242	245	285	350	303	305	372	220	222	178
SAU	147	115	103	138	117	102	85	101	94	169	220	302
UMOe	2,5	2,3	1,3	2,1	1,9	1,7	1,9	1,9	1,6	2,2	2,3	4
UGB/ha SFP	1,6	1,4	1,3	1,7	1,3	1,1	1,7	1,3	1,1	1,6	1,3	1,2
%SFP/SAU	47	72	84	63	86	85	84	89	86	52	66	25
%prairies/SFP	70	69	72	65	85	94	66	85	94	66	84	98
%SCOP intra-consommée	7	26	58	9	40	79	22	50	81	7	20	47
Lait/VL (l)				8092	7128	6369	7752	7017	6396	8287	7854	5725
Lait produit (l x 1000)	202	208	198	575	433	356	492	419	339	629	529	754
Concentrés consommés (kg/VL)				1 769	1 597	1 500	1 576	1 599	1 488	1 881	1 592	1 782

\*hors AOP et AB, \*\*hors cultures industrielles et AB

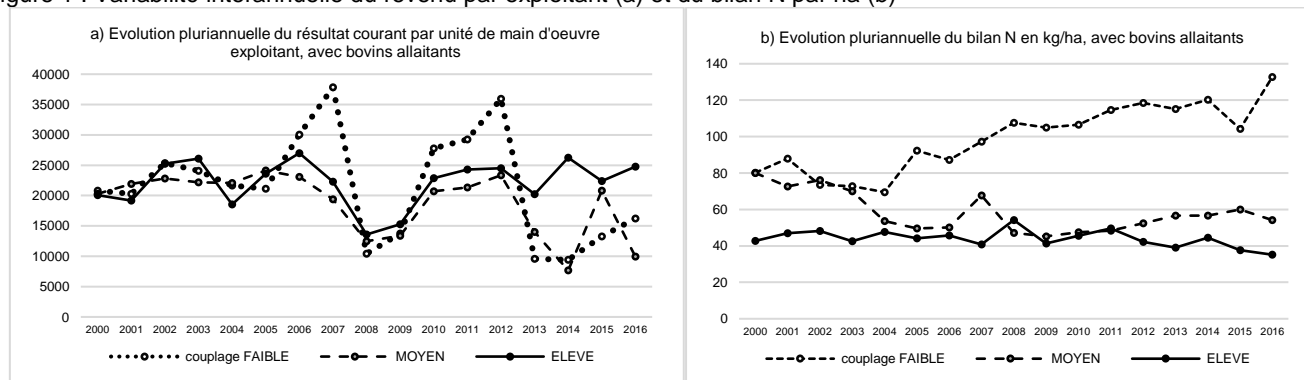
L'effet du couplage est similaire quelle que soit la part de SFP dans la SAU. Mais Martel et al. (2017b) montrent qu'un couplage fort est plus fréquent quand le %SFP/SAU est important : par construction le couplage dédie les surfaces de l'exploitation à l'alimentation animale et les produits animaux aux surfaces agricoles et pointe l'intérêt de prendre aussi en compte la dimension de diversité des productions dans la construction des performances des fermes. L'hypothèse que de fermes en PCE plus couplées et plus diversifiées encore plus performantes est posée et son analyse, une perspective pour approfondir l'étude des performances.

### 2.3.2. Effet du couplage sur la variabilité des résultats sur le temps long

Sur plus de 15 ans et près de 200 fermes en bovins laitiers, allaitants et ovins viande, le projet RED-SPyCE confirme les résultats économiques et environnementaux précédents. La

dynamique du bilan N des fermes en couplage fort (Figure 1a), montre des excédents d'azote toujours plus réduits que les fermes en couplage faible dans les systèmes bovins. Cet écart augmente depuis 2008. Le résultat courant par exploitant (Figure 1b), est en moyenne équivalent mais **sa variabilité plus faible en couplage fort qu'en couplage faible**, va de pair avec une fréquence inférieure de revenus négatifs (Mischler 2017). Cette **résilience** résulte de la combinaison des pratiques de couplage : (1) la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses et le recyclage du fumier qui réduisent les achats d'engrais, (2) la mobilisation de l'herbe ou de fourrages, faibles consommateurs de pesticides et d'engrais, peu soumis aux variations des prix de ces intrants et (3) s'y ajoute la recherche d'autonomie réduisant la dépendance aux achats d'aliments. Enfin, les fermes plus couplées ont aussi des charges de structure plus réduites, qui contribuent à leur bonne efficacité économique.

Figure 1 : Variabilité interannuelle du revenu par exploitant (a) et du bilan N par ha (b)



## 3. RECONCEVOIR DES SYSTEMES DE POLY-CULTURE-ELEVAGE RE-COUPLES AVEC DE NOUVEAUX OUTILS ET DEMARCHES D'ACCOMPAGNEMENT

Ces dernières décennies, la structuration de la recherche-développement est passée par une spécialisation des compétences par filière animale ou végétale, où l'approche globale de l'exploitation considère plutôt l'addition d'ateliers que leurs interactions. Le RMT SPyCE a été créé en 2014 pour contribuer à reconnecter des compétences au sein d'un mouvement plus global sous la bannière de l'agroécologie. Le colloque de Dijon a mis en valeur des travaux portant (1) sur les besoins des conseillers et agriculteurs dans la transformation des systèmes, (2) la production de références nouvelles sur la reconnexion entre cultures et élevage portés par des fermes expérimentales de

recherche ou de lycées agricoles, (3) sur des outils de caractérisation du couplage et d'évaluation de ces systèmes et (4) sur des manières originales d'accompagnement de polyculteurs-éleveurs dans la transition agroécologique.

### 3.1. L'ACCOMPAGNEMENT DE FERMES PCE VERS PLUS DE COUPLAGE, AU CONFLUENT DES BESOINS DES CONSEILLERS ET DES ATTENTES DES AGRICULTEURS

#### 3.1.1. Etat des lieux des besoins d'outils et démarches d'accompagnement

L'offre et la demande d'outils et de démarches d'accompagnement sur le couplage entre ateliers des exploitations de PCE a été analysée. Pour capter une grande diversité d'outils ou de méthodes (Fourcin et van den Broek,

2017), une enquête a été réalisée sur internet, complétée par 13 entretiens semi-directifs auprès d'une diversité d'organismes de développement. Le bon taux de retour (47%) traduit l'intérêt des conseillers, indépendamment de l'organisme ou de la région. Aucun des 55 outils ou démarches recensés n'est spécifique à la PCE : ils sont détournés de leur usage premier et le plus souvent combinés. Le regard porté sur le couplage entre ateliers est lié au niveau de confrontation des conseillers au sujet.

Les moins convaincus le perçoivent comme un levier d'action pour répondre à une pression règlementaire ou conjoncturelle, devant faire la preuve de son intérêt. Ils sont les plus en demande de nouveaux outils de diagnostics, démarches et références pour mieux connaître le couplage et par ces moyens, être capables de convaincre les agriculteurs. Les conseillers maîtrisant la notion du couplage le perçoivent comme une démarche stratégique, pour répondre à un cahier des charges ou renforcer les performances et la durabilité des fermes. Leurs besoins portent plus sur des outils d'accompagnement au changement.

Ce manque d'outils dédiés n'est pas le frein le plus prégnant à l'accompagnement: la conjoncture économique difficile pour les organismes de conseil limite les investissements dans de nouveaux outils. Le besoin le plus exprimé, « *mieux connaître le couplage pour convaincre les agriculteurs* » et le manque de moyens des structures, ouvrent le champ à un outil complémentaire de l'existant, générique et simple d'évaluation du niveau de couplage.

### 3.1.2. Les attentes d'agriculteurs pour créer ou faire évoluer des systèmes en PCE

Dans un contexte de fluctuations des marchés et notamment celui des céréales et de politiques favorables à la production ovine, l'étude VEGETOV a analysé les intérêts de l'association ovins-cultures. Des entretiens collectifs avec les techniciens ovins et des entretiens semi-directifs de polyculteurs-éleveurs ovins (3) et de céréaliers souhaitant créer une troupe ovine (14) (Jousseins et al., 2017), ont été réalisés dans plusieurs régions. Les exploitants déplorent un manque d'approche globale de l'exploitation et de conseils autour des synergies entre ateliers. Ils ignorent quelle structure peut les accompagner et les techniciens spécialisés ne s'intéressent ou ne maîtrisent pas les interactions entre ateliers. Un autre enjeu est la maîtrise du travail en compétence et en volume dans les systèmes PCE. Ce frein à la création d'un atelier animal sur une ferme céréalière, implique d'acquérir ou déléguer à un ouvrier spécialisé, la maîtrise du métier d'animalier et d'anticiper une nouvelle organisation.

Il y a une différence de perception entre les agriculteurs et les conseillers : pour les premiers la production ovine est une source de diversification des revenus, avec des questions liées au travail ovin (pénibilité, ressources humaines...) et à la rentabilité de cet atelier par rapport au temps passé. Les conseillers sont plus axés sur l'amélioration de l'autonomie alimentaire, l'optimisation des ressources au profit de l'élevage, son intérêt pour la production céréalière ou la stratégie d'entreprise. Les divergences de vue sur le développement de systèmes en PCE ou "néo-PCE", montrent que leur promotion et leur accompagnement, doivent être repensés pour (1) mieux tenir compte des attentes des (futurs) polyculteurs-éleveurs et (2) satisfaire les besoins des conseillers dans l'accompagnement des agriculteurs dans la transition de ces nouveaux systèmes.

### 3.2. PRODUIRE DES REFERENCES NOUVELLES SUR LES FERMES EXPERIMENTALES, AVANT-POSTE D'EXPLORATION ET DE CAPITALISATION

Lieux essais et d'apprentissages dans le changement de pratiques, nous relatons ici l'expérience de quatre fermes expérimentales qui affichent des objectifs d'accroissement de l'intégration entre cultures et élevage (Cailly, 2017; Durant et Martel, 2017; Fiorelli et al., 2017; Fortin et al., 2017) (Tableau 2). Les expérimentations sont raisonnées par rapport à des

objectifs d'autonomie alimentaire et de réduction des charges. La performance économique est affichée en fermes de lycée et de Chambre d'agriculture, la performance environnementale est recherchée par tous. Au moins un tiers des surfaces est cultivé pour y parvenir. La diversité des espèces végétales des systèmes de culture est recherchée pour sécuriser la fourniture de fourrages et concentrés aux animaux, maîtriser la gestion des ennemis des cultures et préserver la « ressource sol ». Avec l'agronomie, la zootechnie apporte sa contribution, par des moyens classiques (ex. vèlages calés sur la disponibilité en fourrages) ou des choix radicaux : recherche de productivité animale élevée en AB (Thorigné d'Anjou) ou plus faible (Mirecourt), utilisation d'une race locale adaptée au contexte (Saint Laurent de la Prée), ou création d'un type d'animal répondant aux besoins de l'exploitation (Pixérécourt).

Ces travaux mobilisent de la **connaissance experte** et des **expérimentations** conduites sur un temps long. La reconception « pas à pas », ponctuellement en rupture, permet d'atteindre ou de modifier les objectifs grâce à des échanges constants de savoir-faire entre les acteurs de ces sites et les nombreux visiteurs professionnels ou non. La rupture se situe davantage dans une exploration des possibles où les trajectoires recherchées des fermes diffèrent de celles présentes sur leur territoire. Ainsi l'AB et la mobilisation des seules ressources propres (Mirecourt), la recherche de productivité (Thorigné), d'autonomie alimentaire en zone à potentiel limité de marais avec une race locale (Saint Laurent de la Prée), ou la recherche d'un effet d'hétérosis sur l'animal (Pixérécourt), sont les marqueurs de l'identité de chaque site, utile pour communiquer, mais avec une recherche de généricité pour pouvoir être mis en œuvre ailleurs.

Ces expériences permettent de mesurer les changements et difficultés dans la transition agroécologique en PCE, de réaliser un bilan des performances et de capitaliser sur leurs démarches. Mais, elles sont difficiles à comparer en l'absence d'une méthode commune de caractérisation du niveau de couplage, qui aurait aussi pu guider l'évolution des actions en fixant un ordre de priorité des postes à améliorer.

### 3.3. DE LA FERME EXPERIMENTALE A LA TRANSFORMATION DE LA FERME COMMERCIALE : CARACTERISER LE COUPLAGE POUR INITIER LE CHANGEMENT

De nouveaux outils génériques désormais sont utilisables par le développement existant pour explorer des transformations en PCE, d'autres sont encore des outils de recherche.

**3.3.1. Evaluer rapidement le couplage avec l'outil NICC'EL. L'arbre NICC'EL a été conçu dans le cadre du projet RED-SPyCE (Martel et al., 2017a) pour répondre** à une attente des conseillers, au temps contraint, de disposer d'une **manière simple et rapide pour** estimer un niveau de couplage d'une ferme. L'arbre de segmentation permet à la fois (1) d'estimer un niveau de couplage et (2) de suivre l'effet de changements de pratiques de couplage (Durant and Martel, 2017). Seuls 7 critères techniques sont requis et permettent de positionner une ferme en couplage faible, moyen ou fort avec un taux d'erreur d'environ 15%. Le risque de positionner une exploitation dont le couplage est faible, en couplage fort et inversement est quasi-nul. Des acteurs sont en mesure de s'en emparer (Encadré 1). Une fois la caractérisation effectuée, il est possible de rechercher des pistes d'améliorations avec des outils préexistants (Autosysel, Méthode du bilan N, Décelait, etc.)

**Tableau 2** : descriptif des objectifs et moyens mis en place dans les 4 fermes expérimentales retenues

Ferme expérimentale (début d'expérimentation)	Lycée agricole Pixérécourt (2005)	Ferme de Thorigné Anjou (2000)	INRA de Mirecourt (2004)	INRA St Laurent de la Prée (2009)
<b>Objectifs prioritaires ...</b>				
Plus d'autonomie, moins de charges	O	O	O	O
Performance économique	O	O	N	N
Performance environnementale	O	O	O	O
Recherche de productivité (maîtrise de l'improductivité)	N	(O)	N	N
Autres objectifs de l'entité	pédagogie, démonstration	démonstration	Recherche, démonstration	recherche, démonstration
Démarche de reconception	pas à pas/rupture, échange savoirs faire	pas à pas	pas à pas, échange savoirs faire	pas à pas
"Devise"	Un système homme sol animal plante atypique	un système bio- productif du sol à l'animal	Faire au mieux avec les ressources du milieu	Concevoir une ferme agro écologique en marais
<b>Structure / production</b>	<i>conventionnelle</i>	<i>biologique</i>	<i>biologique</i>	<i>conventionnelle</i>
SAU	280	137	160	160
UGB	130	115	100-110	100
%cultivé (ha)/prairies temporaires	86% (120 ha)/O	35% (48 ha)/O	66% (105 ha)/O	36% (57 ha)/N
% prairies permanentes=PP/SAU	14%	65%	34%	64%
% SFP/SAU	29%	72%	67-87%	72%
UGB/ha SFP	1.40	1.12	1.05-0.77	0.90
<b>kgN minéral/ha SAU</b>	<b>60</b>	<b>0 (bio)</b>	<b>0 (bio)</b>	<b>18.4</b>
<b>Leviers mobilisés</b>	<b>partie végétale</b>			
Pâturage (tournant) des PP	(O)	O	(O)	(O)
Prairies temporaires multi-espèces	O	O	O	(O) depuis 2015
Mélange céréales-protéagineux	N	O	O	O
Luzerne/protéagineux	O/O	O/O	O/N	O/O
Rotations longues (avec PT)	(O)	(O)	(O)	O
Travail simplifié du sol	O	N	N	N
Agroforesterie	O	N	N	N
<b>Leviers mobilisés</b>	<b>partie animale</b>			
Race	croisement 5 voies	limousine	prim'holstein, montbéliarde	maraîchine
Amélioration génétique (moyen)	O (effet hétérosis)	O (format lourd)	N	N
Période de vêlage	double période	double période	fin d'hiver	double période
Age 1 <sup>er</sup> vêlage (mois)	24 ou 30	30	35	36
Poly-élevage	O	N	N/O (récent)	N
lait livré ou kgVV produite	400000	35758	310055	20785
lait livré/VL ou (kgVV/UGB)	5000	(311)	5350	(208)
kg concentrés/VL/an ou (/UGB)	230	(445)	650	(270)
<b>Bilan N (*fixation symbiotique)</b>	-	<b>+20*</b>	<b>+52*</b>	<b>14*</b>
Année pour les données	2014-2017	2008-12	2007-15	2014

O=oui, N=non ; (texte) = indique l'information entre parenthèse

**Encadré 1** : Témoignages d'utilisateurs de l'outil NICC'EL

<p><b>Daphné Durant, INRA</b> : l'outil NICC'EL pour suivre le couplage culture-élevage au cours la transition agroécologique de l'exploitation de Saint Laurent de la Prée (INRA). Sa mise en œuvre simple fait néanmoins ressortir la progression de l'exploitation qui change niveau de couplage au cours du temps. Ce changement de classement est notamment lié à la forte augmentation de l'autonomie en concentré. Le passage vers un niveau de couplage plus élevé nécessitera d'augmenter la part de cultures pour nos animaux et de réduire nos achats d'engrais sur les cultures. Ainsi NICC'EL peut servir d'outil d'accompagnement de la réflexion d'un collectif en priorisant les aspects du fonctionnement de l'exploitation à améliorer.</p>
<p><b>Dominique Candau, Chambre d'Agriculture des Vosges</b> : Dans le conseil, l'outil NICC'EL a toute sa place quand un polyculteur-éleveur manifeste une volonté de changement. C'est un outil simple de diagnostic et un support d'échanges et de réflexion qui engage l'agriculteur comme le technicien à prendre du recul sur une situation. Avant de l'utiliser, le conseiller demande à l'agriculteur d'auto-estimer, en l'explicitant, le niveau de couplage de sa ferme. Puis, le calcul est fait avec les 7 critères nécessaires, faciles d'accès par l'agriculteur et le technicien. La confrontation de l'auto-évaluation et du niveau de couplage calculé met en place un langage commun aux deux protagonistes. Les critères faisant référence aux cultures et à l'élevage, ils orientent les échanges sur une approche globale d'exploitation. L'agriculteur peut alors évoquer sa stratégie, ses motivations, préoccupations et les conditions de la réussite. L'outil pourra être remobilisé pour voir l'évolution du système.</p>
<p><b>Bertrand Cailly, directeur du Lycée Agricole de Brémontiers</b> : L'outil NICC'EL peut avoir sa place en enseignement afin d'appréhender les interactions entre ateliers d'une manière globale au-delà de l'analyse par atelier. Parfois, des interactions entre culture et élevage sont perçues sans avoir conscience de leur puissance réelle. NICC'EL permet d'appréhender concrètement un système de polyculture-élevage dans son ensemble et non par discipline. Il vient en soutien aux autres approches pluridisciplinaires qui aident à faire le lien pour les apprenants. Associer des références technico-économiques à NICC'EL permettra de mieux argumenter l'intérêt du couplage.</p>



### 3.3.2. Explorer des changements possibles dans les systèmes PCE avec des calculateurs.

Une fois le diagnostic posé et les domaines d'amélioration ciblés, une phase exploratoire peut faciliter l'identification de changements pertinents pour la rentabilité de l'exploitation. L'exploration plus ou moins complexe peut proposer des scénarios à un agriculteur avec un nombre limité de données (outil Ovicultures), de manière plus complète (outil Systerre®), voire d'engager une réflexion plus approfondie (outil Orfee).

**Ovicultures** (Sennepin et Sagot, 2017) et **Systerre®** (Emonet, 2017) permettent d'identifier les scénarios permettant d'introduire de la manière la plus appropriée, un atelier d'élevage. Ovicultures propose des scénarios préétablis avec seulement 3 critères : taille du troupeau, race et mode d'élevage et la prise en compte l'assolement initial de l'exploitation, pour choisir un scénario. Celui-ci permet d'évaluer les besoins alimentaires du troupeau et les surfaces nécessaires, pour faire évoluer l'assolement et réaliser une première approche économique.

**Systerre®**, destiné à des évaluations multicritères environnementales et technico-économiques de fermes en grande culture, est mobilisé après la construction des scénarios pour simuler les impacts sur les cultures des changements induits par la présence d'ateliers d'élevage sur le territoire. Les scénarios ont été construits sur la base d'une enquête territoriale pour choisir les types d'atelier d'engraissement (bovins/ovins) et les interactions entre ateliers, y compris les changements d'assolement. Ces outils permettent à chaque agriculteur d'un collectif de se projeter sur les forces et faiblesses des scénarios proposés.

La recherche développe des modèles bioéconomiques qui facilitent l'évaluation *ex-ante* des performances économiques, d'un changement de pratiques de couplage ou d'une évolution de conjoncture pour une ferme ou entre fermes, rendus difficiles *in-vivo* du fait de l'hétérogénéité des structures, des contextes pédoclimatique et socio-économiques.

La modélisation bioéconomique aide les décideurs et les chercheurs à analyser les compromis entre modalités d'organisation et de gestion technique de systèmes de PCE avec ovins ou bovins pour les conduire vers plus de durabilité. Ainsi, **Sheep'n'Crop** évalue au niveau économique et environnemental, l'impact de pratiques de couplage pour des exploitations de PCE ovines dans différentes conjonctures économiques et variations de la proportion des surfaces attribuée aux cultures et à l'élevage. L'amélioration des performances globales de l'exploitation peut se faire avec l'optimisation des pratiques de couplage pour une ferme et une structure donnée (Sneessens et al., 2016).

Le modèle **Orfee** permet de représenter et simuler des systèmes bovin viande et lait associés ou non avec des grandes cultures et gérés selon des niveaux d'intensité et de pratiques de couplage variables (Mosnier et al., 2017). L'utilisation d'Orfee sur trois cas-types de fermes en PCE en Lorraine, Normandie et Midi-Pyrénées (Steinmetz et Mosnier, 2018) a montré que le cas-type normand est le système le plus stable grâce à la forte rentabilité du lait, mais l'arrêt du lait est observé en cas de baisse durable du prix des produits animaux. La répartition élevage/culture est la plus sensible aux variations de prix dans le système allaitant de Midi-Pyrénées, mais l'élevage se maintient dans tous les cas en raison des prairies permanentes. Ces outils de recherche pourraient être mobilisés par les conseillers en aide à la décision.

### 3.4. ACCOMPAGNER LE CHANGEMENT DE SYSTEMES PCE PAR LE COUPLAGE DE COMPETENCES VARIEES

Reconcevoir un système est difficile car le conseil est disjoint entre les productions animales et végétales. Des méthodes originales peuvent y pallier : (1) en jouant sur la force d'un collectif via des jeux sérieux et (2) en associant des conseillers spécialisés en productions animales et végétales

### 3.4.1. Changer les systèmes en jouant sur la force du collectif (RAMI/ DYNAMIX)

**Le changement, peut être outillé par un jeu sérieux avec un collectif d'agriculteurs**, appuyés par un conseiller et un animateur. L'outil met en situation les participants grâce à un plateau de jeu, utilisable dans des formations. Deux outils complémentaires sont mobilisables : le RAMI fourrager, centré sur l'échelle d'exploitation et DYNAMIX, qui permet d'approcher l'échelle territoriale, quand des cultivateurs et des éleveurs souhaitent collaborer.

Dans le Rami Fourrager®, les éleveurs simulent une exploitation en manipulant des objets représentant les cultures et les prairies, les animaux et les rations distribuées. L'utilisation **du plateau et des cartes** associées, amène les participants à discuter de stratégies de gestion des animaux et des parcelles, partageant ainsi leurs points de vue autour d'une problématique (Felten et al., 2012).

Dynamix associe pour sa part **un modèle** qui calcule des bilans offre-demande de cultures, prairies et produits animaux au niveau de l'exploitation et du territoire à **un plateau de jeu** permettant aux agriculteurs de placer sur une carte des pions et cartes des produits et coproduits échangés et d'organiser la logistique des échanges. Les scénarios testés sont ensuite évalués au niveau économique, environnemental et social par une analyse multicritère au niveau individuel et collectif (Ryschawy et al., 2018).

### 3.4.2. Changer les systèmes en combinant les compétences en productions animales et végétales au niveau du conseil

Dans le cadre du plan Ecophyto, le projet Casdar PHYTOEL a créé une démarche originale **pour accompagner les agriculteurs** en PCE (Chartier et Tresch, 2017), en s'appuyant sur un réseau de 32 fermes réparties dans 8 départements. L'originalité a été de créer **des binômes de compétences pour accompagner les agriculteurs** dans la transformation des systèmes de culture : un conseiller en productions végétales et un en productions animales. L'un apporte son expertise agronomique pour la réduction des pesticides et l'autre est familier avec une approche globale de l'exploitation, nécessaire pour les évolutions des rations animales et la cohérence technico-économique des changements proposés à l'agriculteur, lui-même acteur de la co-construction.

Après une description du système initial, le trio coconstruit des systèmes en rupture (rentables) répondant à un objectif de réduction de 50% des pesticides. Les changements consistent, selon la ferme, à introduire des cultures tel du méteil peu consommateur de pesticides en comparaison du blé ou du colza. Le maïs ensilage peut être remplacé par des prairies temporaires. Ces changements entraînent une réorganisation du travail, en déchargeant les périodes estivales (animaux au pâturage) et à l'automne (moins de cultures d'hiver). Cette co-conception permet d'atteindre l'objectif de réduction des pesticides (-52%). Les performances économiques évoluent peu, bien que ces systèmes soient un peu moins productifs avec des ateliers cultures et des pratiques plus diversifiés

## CONCLUSION

Cette synthèse a présenté une sélection de travaux récents issus de fermes expérimentales, de la recherche & développement, ainsi que de moyens en termes d'outils et méthodes d'accompagnement d'agriculteurs en PCE dans le cadre d'une transition favorisant les complémentarités entre cultures et élevage. Ces travaux ont permis de (1) combiner des définitions fonctionnelles (niveau de couplage) et structurelles (ratio élevage/culture) et d'en évaluer les performances en réduisant les biais d'interprétation, (2) montrer qu'accroître le couplage accru améliore les performances économiques et environnementales) de ces systèmes y compris en contexte de potentiel agronomique



limité, (3) caractériser le couplage cultures-élevage à des échelles locales ou sur un grand nombre de fermes et (4) de proposer, une fois la caractérisation réalisée, des outils dédiés à la PCE que peuvent avantageusement compléter des outils dédiés aux ateliers animaux et végétaux, à condition de coupler aussi les compétences des conseillers agricoles.

Ce travail d'analyse transversale fait aussi ressortir une diversité de perspectives. Ainsi les dimensions du travail sont évoquées par les agriculteurs (pénibilité, délégation, organisation...) ainsi que l'émergence de demandes, vis-à-vis de la valorisation des pratiques d'intégration culture-élevage, soit au travers des politiques publiques, ou au travers des sigles officiels de qualité. Toujours en lien avec le couplage culture-élevage, il serait important d'explorer les services écosystémiques et l'intérêt pour la biodiversité des systèmes en fonction de leur niveau de couplage. Ces approches amènent aussi à explorer les interactions entre fermes au sein d'un territoire ou d'un paysage. Enfin d'autres filières hors des ruminants sont aussi concernées par le couplage culture-élevage qu'il conviendrait de prendre en compte et d'autres dimensions semblent importantes à prendre en compte pour couvrir l'ensemble du champ ouvert par la PCE, notamment celle de la diversité des productions. Ces perspectives et la diffusion des résultats et outils déjà produits sont au cœur des enjeux portés par le RMT SPYCE.

**Alig M., Mischler P., 2015.** Synthesis of environmental impacts of mixed versus specialized farms. (Deliverable Cantogther project D2.6).

**Bertin J., 1966.** La cartographie statistique automatique. *Mathématiques Sci. Hum.* 17, 71–76.

**Cailly B., 2017.** Un système "Homme-sol-plante-animal" atypique et performant. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**Chambaut H., Fiorelli J.-L., Espagnol S., Foray S., Maignan S., Leterme P., 2015.** Valoriser la complémentarité entre les cultures et l'élevage dans l'exploitation agricole pour améliorer l'efficacité environnementale. Journées 3R, Paris, pp. 61–64.

**Chartier N., Tresch P., 2017.** Accompagner des systèmes d'exploitation en polyculture-élevage vers la réduction d'usage des produits phytosanitaires Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**da Silva F.D., Amado T.J.C., Ferreira A.O., Assmann J.M., Anghinoni I., de Faccio Carvalho P.C., 2014.** Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop–livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 190, 60–69.

**Dufumier M., 2009.** Quels enjeux pour les agronomes de demain ? *Pour* 200, 227.

**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 ? Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**Emonet E., 2017.** La réintroduction d'élevage dans un territoire spécialisé en grande culture est-elle durable ? Diagnostic et simulation de scénarios de recouplage et évaluation de leur durabilité. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**Felten B., Magne M.-A., Piquet M., Sautier M., Theau J.P., Thénard V., Duru M., 2012.** Le rami fourrager : un support pour la conception de scénarios de systèmes fourragers avec des éleveurs et des conseillers. *Fourr.* 210 119-128.

**Fiorelli J.-L., Trommenschlager J.-M., Lave R., Echampard L., Godfroy M., Bazard C., 2017.** Le système de polyculture-élevage laitier autonome en Agriculture biologique de Mirecourt : quel renforcement des interfaces cultures-élevage au cours de la décennie 2006-2015 ? Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**Fortin J., Daveau B., Chambaut H., 2017.** Couplage culture élevage en agriculture biologique : actions pour un système viande bovine bio productif et respectueux de l'environnement-

Cas de la ferme expérimentale de Thorigné-d'Anjou(49). Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**Fourcin C., van den Broek M., 2017.** Démarches d'accompagnement des exploitations en polyculture-élevage : état des lieux des outils et démarches, recensement des besoins. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**Franzluebbbers A.J., Stuedemann J.A., 2015.** Does grazing of cover crops impact biologically active soil carbon and nitrogen fractions under inversion or no tillage management? *J. Soil Water Conserv.* 70, 365–373.

**Garnier J., Anglade J., Benoit M., Billen G., Puech T., Ramarson A., Passy P., Silvestre M., Lassaletta L., Trommenschlager J.-M., 2016.** Reconnecting crop and cattle farming to reduce nitrogen losses to river water of an intensive agricultural catchment (Seine basin, France): past, present and future. *Environ. Sci. Policy* 63, 76–90.

**Geels F.W., 2004.** From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. *Res. Policy* 33, 897–920.

**Guihard V., Lesdos C., 2007.** L'agriculture sur trente ans : une analyse comparative avec l'industrie et les services. *L'agriculture Nouv. Défis* 47–63.

**Hirschler J., Gourlaouen Y., Dubosc N., Fougy F., Lafont M., Perrot C., Ramonteu S., 2017.** Dynamiques d'évolution 2007-2014 de la polyculture-élevage dans quatre régions françaises. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**Jousseins C., Bellet V., Servière G., Bataille J.-F., Venineau C., Saget G., 2017.** Ovins et grandes cultures : retrouver les complémentarités d'une association traditionnelle, relever le défi d'un nouvel accompagnement. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**Körschens M., Albert E., Baumecker M., Ellmer F., Grunert M., Hoffmann S., Kismanyoky T., Kubat J., Kunzova E., Marx M., 2014.** Humus und Klimaänderung-Ergebnisse aus 15 langjährigen Dauerfeldversuchen. *Arch. Agron. Soil Sci.* 60, 1485–1517.

**Lamine C., Meynard J.-M., Bui S., Messéan A., 2010.** Réductions d'intrants : des changements techniques, et après ? Effets de verrouillage et voies d'évolution à l'échelle du système agri-alimentaire. *Innov. Agron.* 8, 121–134.

**Le Noe J., Billen G., Garnier J., 2017.** Approche biogéochimique pour l'analyse spatiale et temporelle des systèmes de polyculture-élevage en France depuis la fin du XIXe siècle. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**Lucas V., Gasselin P., Thomas F., Vaquié P.-F., 2015.** Coopération agricole de production : quand l'activité agricole se distribue entre exploitation et action collective de proximité, in: Gasselin, P., Choisis, J.-P., Petit, S., Purseigle, F., Zasser, S. (Eds.), *L'agriculture En Famille : Travailler, Réinventer, Transmettre.* EDP Sciences, p. 201.

**Martel G., Veysset P., Dieulot R., Mischler P., 2017a.** Mobiliser des bases de données de suivi d'élevage pour évaluer le niveau de couplage des exploitations : proposition méthodologique. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon

**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 ? *Fourr.* 231,235-245.

**Meynard J.-M., 2017.** L'agroécologie, un nouveau rapport aux savoirs et à l'innovation. *OCL* 24, D303.

**Meynard J.-M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Le Bail M., Magrini M.-B., Savini I., 2013.** Freins et leviers à la diversification des cultures : étude au niveau des exploitations agricoles et des filières. *OCL* 20, D403.

**Miller Z.J., Menalled F.D., Sainju U.M., Lenssen A.W., Hatfield P.G., 2015.** Integrating sheep grazing into cereal-based crop rotations: spring wheat yields and weed communities. *Agron. J.* 107, 104–112.

- Mischler P., 2017.** Des économies d'azote minéral sont possibles grâce à des interactions cultures élevage plus élevées. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon
- Mischler P., Chambaut H., Alig M., 2014.** Les fermes plus autonomes en alimentation qui valorisent des interactions entre culture et élevage, sont-elles plus durables sur les plans économique et environnemental ? Journées 3R, Paris, pp 89–92.
- 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. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon
- Moraine M., 2015.** Conception et évaluation de systèmes de production intégrant culture et élevage à l'échelle du territoire. Université de Toulouse, Toulouse.
- 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 emissions. *Agric. Syst.* 157, 202–215.
- Munier-Jolain N., Médiène S., Meiss H., Boissinot F., Rainer W., Jacques C., Bretagnolle V., 2012.** Rôle des prairies temporaires pour la gestion de la flore adventice dans les systèmes céréaliers. *Innov. Agron.* 22, 71–84.
- Perrot C., 1990.** Typologie d'exploitations construite par agrégation autour de pôles définis à dire d'experts: Proposition méthodologique et premiers résultats obtenus en Haute-Marne. *INRA Prod. Anim.* 3, 51–66.
- Perrot C., Caillaud D., Chambaut H., 2013.** Economies d'échelle et économies de gamme en production laitière. *NESE*, 7–32.
- Peyraud J.L., Cellier P., Donnars C., Réchauchère O., 2012.** Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres., Expertise scientifique collective, synthèse du rapport. INRA.
- Regan J.T., Marton S., Barrantes O., Ruane E., Hanegraaf M., Berland J., Korevaar H., Pellerin S., Nesme T., 2017.** Does the recoupling of dairy and crop production via cooperation between farms generate environmental benefits? A case-study approach in Europe. *Eur. J. Agron.* 82, 342–356.
- Ryschawy J., Charneau A., Pelletier A., Moraine M., Martin G., 2018.** Dynamix, un "jeu sérieux" pour concevoir des scénarios d'échanges entre céréaliers et éleveurs. Une application en Ariège. *Fourr.*
- Ryschawy J., Joannon A., Gibon A., 2014.** L'exploitation de polyculture-élevage: définitions et questions de recherche. Une revue. *Cah. Agric.* 23, 346–356.
- Sauvant D., Martin O., 2010.** Robustesse, rusticité, flexibilité, plasticité... les nouveaux critères de qualité des animaux et des systèmes d'élevage: définitions systémique et biologique des différents concepts. *INRA Prod. Anim.* 23, 5–10.
- Sennepin D., Sagot L., 2017.** OVICULTURES : un nouvel outil pour aider le technicien à simuler l'introduction d'un atelier ovin dans une exploitation de grandes cultures. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon
- Séré C., Steinfeld H., Groenewold J., 1996.** World livestock production systems. Current status, issues and trends (No. 127), FAO Animal production and Health. FAO.
- Sneessens I., 2014.** La complémentarité entre culture et élevage permet-elle d'améliorer la durabilité des systèmes de production agricole? Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand.
- Sneessens I., Veysset P., Benoit M., Lamadon A., Brunschwig G., 2016.** Direct and indirect impacts of crop–livestock organization on mixed crop–livestock systems sustainability: a model-based study. *animal* 10, 1911–1922.
- Stark F., Fanchone A., Semjen I., Moulin C.-H., Archimède H., 2016.** Crop-livestock integration, from single practice to global functioning in the tropics: Case studies in Guadeloupe. *Eur. J. Agron.* 80, 9–20.
- Steinmetz L., Mosnier, C., 2018.** Evolution des prix des produits agricoles ou de la SAU : quels effets sur les systèmes en polyculture-élevage ? *Innov. Agron.*
- Tracy B.F., Zhang Y., 2008.** Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. *Crop Sci.* 48, 1211–1218.
- Veysset P., Goron J.-P., De Pomyers A., Martel G., Pierret P., Ben Chedly H., 2017.** Caractérisation des exploitations laitières de polyculture-élevage en Isère. Colloque RMT Systèmes de Polyculture-élevage, AgroSup Dijon
- 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. *Innov. Agron.* 39, 83–97.