

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.org

Comment évoluer vers davantage d'autonomie au sein des systèmes de polyculture-élevage ? : l'expérience d'une ferme expérimentale en marais

D. Durant¹, G. Martel², C. Chataigner¹, A. Farruggia¹, E. Kernéis¹, M. Prieur¹, P. Roux¹, A. Tricheur¹

L'autonomie des exploitations agricoles (part de leurs besoins couverts par leurs ressources propres) est mise en avant dans le cadre de la transition agroécologique. Les études sur la façon de mettre en œuvre cette transition sont cependant rares. Formaliser le cheminement réalisé par une ferme vers davantage d'autonomie, en fonction des ressources disponibles localement, reste un enjeu pour la recherche, mais aussi pour guider le conseil en agriculture. Nous proposons ici une rétrospective du cheminement suivi par une ferme expérimentale INRAE située dans les marais littoraux atlantiques.

RESUME

Cet article montre comment le collectif travaillant sur la ferme expérimentale INRAE de Saint Laurent de la Prée a fait évoluer un système de polyculture-élevage vers davantage d'autonomie alimentaire de son troupeau (de 2009 à 2017), en cherchant notamment à renforcer le couplage entre les productions végétales et animales. Nous illustrons à travers cet exemple le parcours réalisé, à partir de données collectées sur l'évolution de la structure et du fonctionnement de la ferme. Nous retraçons les changements apportés au système de production et les raisons de ces choix. L'analyse des indicateurs d'autonomie montre que l'autonomie alimentaire a été acquise au bout de 6 ans. A partir du calcul d'un score, nous montrons que le niveau de couplage cultures-élevage passe de moyen (de 2009 à 2012), à fort (de 2013 à 2017). Nous rapportons les éléments au cœur des enjeux d'autonomie alimentaire et discutons la question des performances technico-économiques de la ferme basées sur de nouveaux équilibres. Enfin, la récente conversion de la ferme à l'agriculture biologique met en perspective de nouvelles pistes à explorer pour maintenir voire améliorer l'autonomie alimentaire, mais également les autres autonomies du système (en paille, en azote, en énergie, etc.).

SUMMARY

Enhancing the feed self-sufficiency of mixed crop-livestock systems: lessons from an experimental wetland farm

This study shows how a research collective modified the mixed crop-livestock system used by INRAE's experimental farm in Saint Laurent de la Prée (between 2009 and 2017) and thus increased feed self-sufficiency for the farm's livestock herd. Notably, links between crop and livestock production were strengthened. We used data on the farm's structure and function to illustrate a potential pathway to feed self-sufficiency. We examined the changes made to the production system and explored the reasons behind the choices made. Key indicators show that feed self-sufficiency was attained after six years. Using a system for scoring coupling strength, we found that the degree of coupling between crop and livestock production went from intermediate (2009–2012) to high (2013–2017). We identified the key challenges associated with transitioning to feed self-sufficiency and explored how the farm's new circumstances translated into technical and economic performance. Finally, the farm recently converted to organic production, opening the door to new possibilities for maintaining or even improving feed self-sufficiency, as well as other forms of self-sufficiency (e.g., straw, nitrogen, energy).

Dans un contexte de fluctuation (et d'augmentation) des prix des matières premières, **la recherche d'une plus grande autonomie** est aujourd'hui considérée comme un **facteur de réussite économique des élevages de ruminants**, tout en améliorant leur résilience et leurs

performances environnementales (Lemaire et al., 2014 ; Russelle et al., 2007 ; Wilkins, 2008). Concernant la recherche d'autonomie alimentaire des troupeaux (rapport entre les aliments consommés produits sur l'exploitation et la totalité des aliments consommés par les animaux) dans les systèmes de polyculture-élevage (PCE), les objectifs sous-jacents sont : (i) une

AUTEURS

1 : INRAE Unité Expérimentale 57, 545 route du bois maché - 17450 Saint Laurent de la Prée, France - daphne.durant@inrae.fr

2 : INRAE, UMR BAGAP, Agrocampus Ouest, ESA 49 045, Angers, France.

MOTS-CLES : Agroécologie, couplage, durabilité, expérimentation-système, zones humides.

KEY-WORDS : agroecology, coupling, sustainability, experimental system, wetlands

REFERENCES DE L'ARTICLE : Durant D., Martel G., Chataigner C., Farruggia A., Kernéis E., Prieur M., Roux P., Tricheur A. (2020). Comment évoluer vers davantage d'autonomie au sein des systèmes de polyculture-élevage ? : l'expérience d'une ferme expérimentale en marais. *Fourrages*, 241, 21-34

indépendance vis-à-vis de la fluctuation des prix des aliments distribués, et donc une meilleure maîtrise des coûts de production ; mais aussi (ii) la garantie de l'origine de ces aliments, ce qui peut être un argument de vente notamment dans le cadre des circuits de vente courts ou labellisés (Laignel et Benoit, 2004).

En France, depuis le début des années 2000, l'autonomie des exploitations agricoles est une thématique qui n'a cessé d'être explorée. Plusieurs études ont cherché à évaluer le niveau d'autonomie alimentaire des fermes (Paccard et al., 2003a ; Lherm et Benoit, 2003 ; Pelletier et al., 2011). D'autres ont montré **les conséquences** (bien souvent positives) **d'une amélioration de cette autonomie sur leurs performances économiques** (Lherm et Benoit, 2003) **ou environnementales** (Paccard et al., 2003b). Plus récemment, l'autonomie alimentaire s'est révélée être un déterminant de l'efficacité technique globale des systèmes bovin viande (Veysset et al., 2015) ou de l'efficacité technico-économique des systèmes d'élevage de ruminants en agriculture biologique du Massif Central (Veysset et al., 2018). Des fiches techniques ont été produites pour diverses filières (ex. bovin lait : Peyrille et al., 2002 ; caprin : Gendron et al., 2003, bovin lait et viande bio : Madeline et al., 2016). Plusieurs voies d'amélioration de l'autonomie sont ainsi proposées aux éleveurs, par exemple une gestion optimisée des pâturages, la diversification de l'assolement, l'amélioration de la conservation et de la qualité des fourrages, etc. Mais, si les mérites de l'accroissement de l'autonomie alimentaire sont souvent soulignés (Paccard et al., 2003b ; Pelletier et al., 2011), la phase de mise en œuvre est rarement analysée. Or, **cette mise en œuvre est dépendante de la structure de chaque exploitation, des potentialités et des contraintes qui pèsent sur elle** (voire de son territoire et des filières associées qui réservent une plus ou moins grande place à l'autonomie alimentaire des troupeaux - exemple de certaines productions AOP). D'autres travaux récents des CIVAMs ont cherché à comprendre les transitions opérées par des systèmes herbagers vers une autonomie quasi-totale, dans le but d'accompagner ces transitions (Lusson et al., 2014). Fiorelli et al. (2017) ont également montré comment un recentrage sur la culture de l'herbe et des changements de logiques d'assolement sur la ferme expérimentale INRAE de Mirecourt ont permis en quelques années d'atteindre l'autonomie en aliments et en paille du troupeau laitier. Il reste que peu d'études explicitent **le chemin parcouru et le raisonnement des agriculteurs pour accroître l'autonomie de leur ferme**. Formaliser ce cheminement, en fonction des ressources humaines, naturelles ou matérielles disponibles localement, reste donc un enjeu pour la recherche mais également pour guider le conseil agricole.

Dans le cadre de son expérimentation-système appelée **Transi'marsh** (<https://www6.nouvelle-aquitaine-poitiers.inrae.fr/dslp/>), la ferme expérimentale INRAE de Saint Laurent de la Prée (PCE, bovin allaitant ; Charente-Maritime) **fait l'objet depuis 2009 d'une**

transition agroécologique. L'ambition est d'atteindre un système plus autonome et économe en intrants (et donc moins dépendant des achats en approvisionnements extérieurs) mais aussi de contribuer à la préservation de l'environnement - de la biodiversité en particulier (Durant et Kernéis, 2010). Nous montrons ici **comment un collectif de recherche a fait évoluer cette ferme vers davantage d'autonomie**, notamment vis-à-vis de l'alimentation du troupeau, dans un milieu de marais fortement contraint (Encadré 1). Notons que dans cet article, sauf mention contraire, le terme autonomie sera utilisé pour parler de l'autonomie alimentaire de l'exploitation. Cette transition s'est faite en cherchant notamment à **renforcer le couplage entre les productions végétales et animales**, ce qui la distingue des expérimentations décrites plus haut (Lusson et al., 2014 ; Fiorelli et al. 2017 ; voir cependant Coquil et al., 2014). Le couplage entre ces productions se traduit par des échanges entre ateliers (de paille et d'aliments pour le/les troupeau/x, de fertilisants organiques pour les cultures), connus pour limiter la consommation d'intrants, la production de déchets ou l'émission de polluants (Moraine et al., 2012). Ces échanges ont également pour but de faciliter le recyclage des nutriments, limiter les fuites vers l'environnement et améliorer les performances économiques ainsi que la résilience des exploitations soumises aux aléas économiques et climatiques (Ryschawy et al., 2012 ; Martin et al., 2016).

Nous décrivons les neuf premières années de transition de la ferme (2009-2017) dans une première partie de l'article : (i) les étapes de réflexion du collectif de recherche, (ii) les changements et les leviers actionnés, (iii) les raisons de ces choix, et (iv) les difficultés rencontrées. Nous faisons l'**hypothèse qu'un tel cas d'étude peut fournir des références, souligner des points de vigilance et inspirer des agriculteurs en transition vers un système en PCE plus autonome**. Nous examinons ensuite l'évolution des indicateurs d'autonomie de la ferme sur cette période 2009-2017, pour enfin rendre compte du renforcement du couplage élevage-cultures.

1. METHODOLOGIE

1.1. La ferme en 2009

La ferme est située dans les marais de Rochefort-sur-mer (Charente-Maritime) (45°58'52" Nord, 0°02'28" Ouest). Un système en PCE bovin allaitant est mis en œuvre sur un peu moins de 180 ha de SAU. Le parcellaire est localisé à 90 % en marais, les 10 % restant étant en « terres hautes ». Il comprend 48 ha de cultures majoritairement drainées sur sols argileux hydromorphes et un peu plus de 130 ha de surface fourragère principale (SFP), dont une majorité de prairies naturelles de marais (73 % de la SAU) qui sont soit fauchées, soit pâturées. Le troupeau est composé de 58 mères de races Maraîchine et Charolaise et leur suite (86 UGB), conduit en vêlage de printemps. Depuis 2008,

Le climat de Saint Laurent de la Prée est de type océanique (thermo-atlantique). La pluviométrie annuelle est de 780 mm et la température moyenne de 13°C. Les pluies sont inégalement réparties sur l'année, avec de fortes précipitations en hiver et une sécheresse estivale allant de juin à octobre environ. Les marais sont des espaces gagnés sur l'océan, morcelés par un réseau de canaux et de fossés. Les sols sont d'origine sédimentaire (sédiments marins et fluviaux), composés à 55-60 % d'argile. Sur la ferme, les parcelles cultivées sont équipées de 2 types de dispositifs de drainage (tuyaux enterrés ou rigoles) pour évacuer les excédents d'eau l'hiver.

Pour l'agriculture, le facteur « eau » constitue la principale contrainte. Les conditions hydriques sont particulièrement changeantes en cours d'année. Les sols argileux hydromorphes restreignent les périodes d'accessibilité aux parcelles, avec notamment une impossibilité de travailler les cultures de novembre à mi-mars. En prairies naturelles, le réseau de canaux constitue des clôtures naturelles et des sources d'abreuvement du bétail. La nature du sol et les conditions climatiques contraignent la production fourragère : i) une forte saisonnalité de la pousse de l'herbe (d'avril à fin juin) et ii) une productivité moyenne : 4,5 t de matière sèche/ha fauchés en une seule fauche par an, avec une grande variabilité interannuelle. La gestion du pâturage est aussi spécifique au marais : i) une mise à l'herbe rarement faite avant début avril, due à une faible portance des prairies ; ii) un « trou d'herbe » estival marqué, obligeant à un affouragement en foin ; iii) des repousses d'automne peu fréquentes. Enfin, le caractère humide des prairies rend plus difficile la gestion du parasitisme chez les bovins.

ENCADRE 1 : *L'agriculture dans les marais littoraux atlantiques*

SIDEBAR 1 : *Agricultural systems in Atlantic coastal wetlands.*

la ferme a souhaité ne garder qu'un troupeau maraîchin et vend ses dernières charolaises. Il s'agit d'un système naisseur-engraisseur avec production de bœufs (vendus à 36-42 mois), de veaux rosés (élevés sous la mère, tout en ayant accès à l'herbe et/ou au foin), de brouillards, de génisses ou vaches de réforme engraisées, dont une partie est commercialisée en vente directe à la ferme.

Le chargement extensif est voisin de 0,65 UGB/ha de SFP. Les cultures sont entièrement destinées à la vente (blé, tournesol, orge de printemps, etc.) et leurs co-produits (paille) assurent en partie les besoins en litière pour la période de stabulation. Le fumier est restitué entièrement aux cultures et seule une fertilisation à base d'azote minéral est apportée aussi bien aux cultures qu'aux prairies. La complémentation des animaux est basée sur des mélanges achetés (composés de maïs, luzerne déshydratée, tourteau de colza ou de lin et pulpe de betterave déshydratée). Ces aliments sont destinés en grande partie à l'engraissement des animaux vendus en boucherie, notamment les bœufs.

1.2. Pas à pas vers l'autonomie

L'ensemble de la ferme et des animaux est engagé dans l'expérimentation-système Transi'marsh, dont le fonctionnement technique est très proche de celui d'une exploitation agricole classique (pour en savoir plus l'expérimentation-système, se référer à <https://www6.inrae.fr/experimentations-systeme/Definition-experimentation-systeme>). Sa transition s'opère à travers la révision progressive du système de production selon la **méthode de conception dite « pas à pas »** (Meynard et al., 2001 ; Meynard, 2008). Elle conduit le système à suivre une trajectoire qui lui est propre, dans le but d'atteindre des objectifs fixés à l'avance (l'horizon temporel espéré était de l'ordre de 5 ans). Cette transition a débuté en 2009 avec une étape de diagnostic portant sur une évaluation des performances du système (environnementales et technico-économiques). Sur cette base, **un premier plan d'action est élaboré** afin d'améliorer en priorité l'autonomie (des mesures en faveur de la biodiversité

sont également faites en parallèle). Les actions sont mises en pratique et des données sont collectées pour le calcul d'une série d'indicateurs (environnementaux, technico-économiques et sociaux ; Durant et Kernéis, 2010). Chaque année, le plan d'action est revu et modifié à la lumière de nouvelles connaissances accumulées sur le système, selon un processus itératif.

Le collectif de recherche est composé des ingénieurs, assistant-ingénieurs et techniciens, appuyés par des chercheurs extérieurs à la ferme expérimentale, organisés dans un conseil scientifique, soit au total 17 personnes. **Les agents font des propositions d'amélioration** sur la base de leurs expériences passées, de celles qu'ils ont acquises en cours d'expérimentation, mais aussi des informations et connaissances apprises au contact d'agriculteurs ou de techniciens d'instituts techniques ou de développement. Des visites de fermes « produisant autrement » et en décalage par rapport à ce que l'on voit classiquement en agriculture sont également sources d'inspiration pour ce collectif. Enfin, la gouvernance du projet se traduit par l'existence i) d'un groupe de pilotage (composé du chef d'exploitation, des techniciens et ingénieurs ; réunions hebdomadaires) et ii) d'un groupe restreint (ingénieurs et assistants ingénieurs ; réunions mensuelles) qui prennent les décisions, respectivement, techniques et stratégiques qui s'imposent pour progresser au mieux vers les objectifs.

L'analyse de la transition a mobilisé les « archives » de l'expérimentation-système, constituées des comptes rendus des réunions mentionnées plus haut, des présentations (documents power-point) réalisées en cours de projet sur les changements déjà opérés, ou des documents annuels de « bilan de campagne culturelle ». Ces diverses sources d'informations et les décisions prises dans Transi'marsh ont été rassemblées et synthétisées. **Une chronologie du changement** a été réalisée après avoir identifié les années clés (2012 et 2015) pendant lesquelles des changements ont marqué un tournant majeur dans le fonctionnement de la ferme et dans son autonomie. La transition a cependant été freinée par la tempête Xynthia de février 2010 qui, ayant

inondé 80 % de la surface de l'exploitation par de l'eau de mer, a fortement impacté la ferme en 2010 et 2011 (Durant et al., 2018).

Dans cette étude, nous considérons l'autonomie alimentaire comme **la part des besoins du troupeau couverts par les aliments produits sur la ferme**. Nous avons distingué l'autonomie globale, de l'autonomie fourragère et de l'autonomie en concentrés. Ce faisant, nous pouvons raisonner les améliorations au cours du temps des différents types d'aliments qui composent l'autonomie générale. Ces indicateurs ont été calculés tous les ans (hors 2010 et 2011), et sur une campagne de 12 mois (calquée sur l'année civile) en utilisant **une méthode basée sur les unités fourragères (UF) des aliments** (Benoît et Laignel, 2006 ; Lherm et Benoit, 2003). Par exemple, l'autonomie globale (exprimée en %), se calcule comme suit : $[\Sigma \text{ UF consommées} - \text{UF "fourrages, céréales, protéagineux..." achetées}] / [\Sigma \text{ UF consommées}]$.

1.3. Caractérisation du niveau de couplage élevage-cultures

Pour caractériser le niveau de couplage élevage-cultures et son évolution de 2009 à 2017, nous avons utilisé une méthode construite dans le programme CASDAR « Résilience, Efficience et Durabilité des systèmes de PCE » (RED-SPyCE). Cette méthode est basée sur **le calcul d'un score synthétique** construit à partir de dix variables traduisant l'utilisation des surfaces par les animaux, l'autonomie alimentaire et en litière du troupeau, et l'autonomie en fertilisation azotée des végétaux (Martel et al., 2017). A partir de l'analyse des scores de 1190 exploitations d'herbivores (moyennés

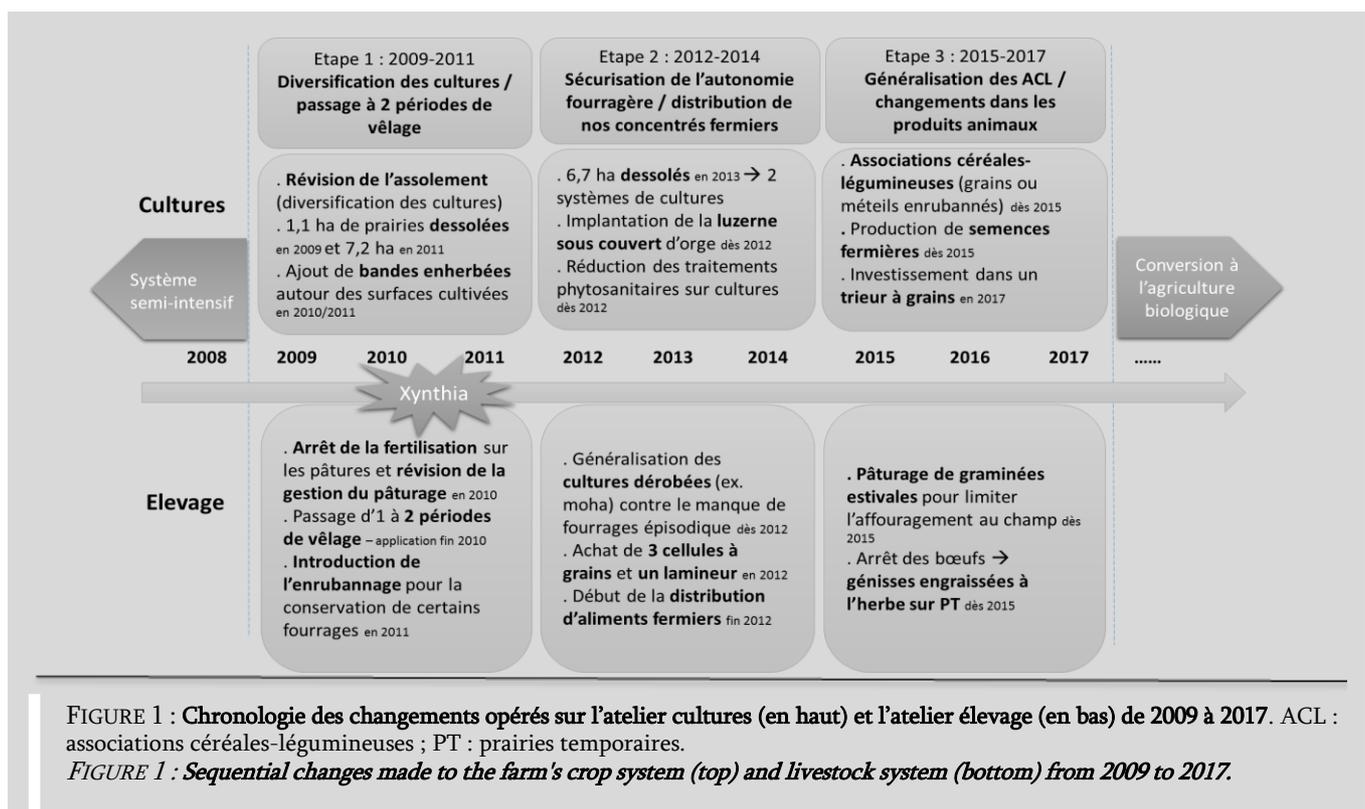
sur 2011, 2012 et 2013), trois niveaux de couplage ont été définis : faible, moyen et fort. Ces dix variables ont ainsi été calculées (pour les 7 années : 2009, et de 2012 à 2017) en mobilisant les chiffres de la ferme expérimentale. Seul le « nombre d'années avec achat de paille » a dû être calculé différemment de la méthode : plutôt que de considérer 2011-2012 et 2013, pour une année n donnée, la variable a pris en compte les données des années n-1 et n+1 (par exemple, pour faire le calcul en 2014, nous avons considéré 2013, 2014 et 2015 et avons additionné le nombre de ces 3 années où de la paille a été achetée).

2. Analyse de la trajectoire vers plus d'autonomie

Avant le lancement de Transi'marsh, la ferme était dépendante des intrants suivants : un peu plus de 25 t/an d'engrais azotés, 6500 € de pesticides, 40 t/an de concentrés alimentaires et 8000 litres de fioul. Au regard de ces chiffres, le système pouvait être qualifié de « semi-intensif ». Bien que 75 % de la SAU de la ferme soit dédiée aux fourrages, les interactions entre les surfaces cultivées et le troupeau étaient très limitées (seuls existaient des échanges paille/fumier).

2.1. La trajectoire suivie

La figure 1 schématise l'analyse que nous faisons de la trajectoire suivie à travers la chronologie des changements apportés au système de production. La figure 2 vient compléter celle-ci en évoquant les avancées réalisées mais aussi les points corrigés à chacune des 3 étapes de la transition.



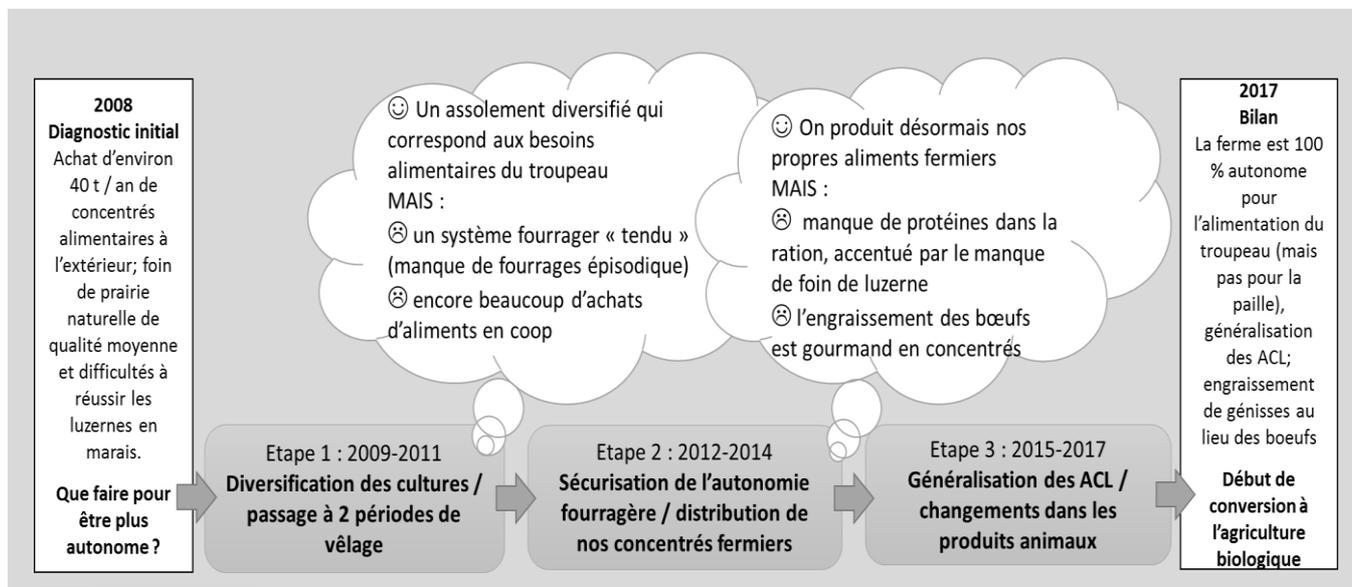


Figure 2 : Schéma résumant le diagnostic initial, les avancées réalisées mais aussi les points à corriger à l'issue de chacune des 3 étapes de la transition, pour atteindre l'objectif fixé. ACL : associations céréales-légumineuses.

Figure 2 : *Initial assessment of the farm followed by the three phases of the transition towards feed self-sufficiency, in which the actions taken and the points to be rectified are described.*

Nous pouvons distinguer **3 phases** dans cette trajectoire (Figure 1) :

• **Phase 1 (2009-2011) : diversification des cultures / passage à 2 périodes de vêlage**

Motivés par la volonté de **réduire les quantités d'aliments concentrés achetés**, nous avons organisé la production et la distribution de nos aliments fermiers (estimés à 25-30 t de grains). Un préalable a été **une révision de l'assolement, à travers une diversification des cultures et un allongement de la durée des rotations**. Dans l'objectif de produire des fourrages riches en protéines (et bénéficier de leurs propriétés de mobilisation de l'azote atmosphérique), nous avons introduit de la luzerne et des protéagineux (pois ou féveroles) dès la campagne 2009-2010. La rotation type prévue sur 9 ans était : luzerne (3 ans) - blé tendre - triticale/orge d'hiver - pois ou féverole - blé tendre - tournesol ou maïs - blé tendre. La surface en céréales d'hiver (20-25 ha) ainsi obtenue nous permettait d'espérer atteindre une autonomie en paille de 70-80 % (besoins annuels en paille ~ 130 t) et l'alternance des cultures de printemps et d'hiver de faciliter le contrôle des adventices. Nous avons également entrepris de **systematiser les mélanges de variétés** pour les céréales d'hiver, dans le but de limiter l'application de fongicides (et donc réduire l'Indice de Fréquence de Traitement - IFT) et d'introduire des cultures intermédiaires pièges à nitrate (CIPAN) – ici davantage dans un but d'atténuation des pollutions azotées et de couverture du sol en automne-hiver.

Dans un système plutôt herbager comme celui qui est étudié ici (~ 75 % de la SAU en prairies naturelles et permanentes), **l'autonomie fourragère est une composante importante de l'autonomie**. Notre objectif était d'augmenter les surfaces en fourrages

riches en protéines (par exemple les luzernes). Comme il n'était pas envisagé (ni envisageable, compte tenu de la réglementation actuelle) de « toucher » aux prairies naturelles de marais présentes sur la ferme, nous avons exploré les autres surfaces qui étaient potentiellement labourables. En 2009, **nous avons dessolé (modifié l'assolement) une petite parcelle d'1,1 ha** puis en 2011, **mis en culture une partie des prairies de fauche des « terres hautes »** (7,2 ha), qui avaient été semées en fétuque plusieurs années auparavant et qui avaient progressivement perdu en rendement. Ce remplacement de prairies par des cultures a surtout eu lieu en 2011, où nous avons cherché un moyen de combler le manque de fourrages qui s'annonçait cette année-là (dû aux arrière-effets de la submersion marine de 2010 et à la sécheresse du printemps 2011) par un semis de moha. Ceci a été **l'élément déclencheur pour introduire l'enrubannage** sur la ferme qui nous permettait de récolter les fourrages plus tôt, donc de leur garantir une meilleure valeur nutritionnelle et de libérer des surfaces pour une dérobée d'été (type moha). Par ailleurs, **des bandes enherbées** de 5 m de large (soit une surface d'un peu moins de 5 ha), semées avec un mélange ray-grass-luzerne, ont été implantées en 2010/2011. Le but était de fournir un habitat favorable à la biodiversité (carabidés, pollinisateurs, oiseaux, etc.) et de les faucher en juin, apportant un petit complément fourrager de 2 à 9 t selon les années (représentant moins de 5 % de la récolte de foin).

Nous avons également **cherché à optimiser la gestion du pâturage**. Les parcelles pâturées étaient auparavant fertilisées (engrais azoté de synthèse à 40-50 unités N/ha) avec un objectif de production « d'herbe sèche » (herbe épiée consommée sur pied en été) afin de combler une partie du « trou d'herbe » estival. Constatant un gaspillage d'herbe les années de plus

forte production, **nous avons décidé d'arrêter cette fertilisation**. Nous visions ainsi le retour « naturel » des légumineuses, connues pour être défavorisées par la fertilisation azotée. Répondant également à un objectif de biodiversité, les prairies ont fait l'objet d'une gestion en pâturage tournant pour les lots de mères : 1) une mise à l'herbe plus précoce (à 18 cm maximum) pour éviter que la laïche divisée (*Carex divisa*) et les orges (faux-seigle et maritime, *Hordeum secalinum* et *H. marinum*) ne se développent rendant la végétation moins appétente ; 2) une sortie des animaux de la parcelle à une hauteur d'herbe de 7-8 cm (facilitant la repousse de l'herbe pour les passages suivants) ; 3) des parcelles tampon passant en fauche si besoin. Enfin, concernant la conduite du troupeau, suite à une réflexion menée au sein du comité scientifique et à un travail de simulation des conséquences que cela engendrerait (sur l'alimentation des animaux, leur logement en bâtiment, les aspects sanitaires du troupeau, la charge de travail, etc.), nous avons décidé en 2010 de **passer d'une période de vêlage (printemps) à deux (printemps et automne)**. Cela permettait d'élargir la période de commercialisation des produits animaux sur l'année et tirer ainsi profit d'un plus grand nombre d'opportunités de vente, notamment en vente directe.

Difficultés rencontrées : la rotation envisagée n'a pas pu être mise en place sur la campagne 2009-2010 du fait des conséquences de la submersion marine. **L'autonomie fourragère du système, alors de 100 %, a été fortement impactée** : la production des prairies naturelles a chuté de 50 %. Du foin et davantage de concentrés alimentaires ont été achetés pour pallier le manque de fourrages ; l'achat de paille a été nécessaire. La campagne suivante a été marquée par les arrière-effets de la submersion, aggravés par une sécheresse printanière en 2011 ne permettant que partiellement le processus naturel de désalinisation des sols par l'eau de pluie.

• Phase 2 (2012 à 2014) : sécurisation de l'autonomie fourragère, distribution de nos concentrés fermiers

Passées les difficultés engendrées par la submersion marine et les aléas climatiques de 2011, les productions ont repris en 2012. Les deux aspects que nous cherchions à améliorer étaient i) les achats d'aliments pour le troupeau qui restaient élevés et ii) le manque de fourrages épisodique. Dès la rentrée en stabulation de novembre 2012, et forts des très bons résultats obtenus sur les surfaces cultivées (2012 ayant été une année exceptionnelle du point de vue agronomique), nos **premières céréales et protéagineux étaient intra-consommés. Des investissements en matériels** ont été nécessaires pour stocker et transformer ces grains : 3 cellules (capacité : 178 qx chacune) et leur vis élévatrice, le raccordement électrique de l'installation et enfin, l'acquisition d'un laminoir (pour l'aplatissement des grains avant leur

distribution aux animaux). Ces investissements, d'un coût de 25 000 €, sont assez conséquents pour une exploitation de la taille de celle de Transi'marsh.

Afin de pallier le manque de fourrages de bonne qualité (par exemple le foin récolté est < 0,6 UFL/kg de MS), nous avons terminé en 2013 le retournement de prairies de fétuque (6,7 ha) sur les « terres hautes ». Ce transfert de surfaces avait pour objectif de **poursuivre la sécurisation de l'autonomie fourragère**, à savoir d'augmenter la sole cultivée et ainsi mettre en place dès juin 2014 une rotation spécifique à cette partie de la ferme, sur quatre parcelles (soit 13,5 ha) : prairies temporaires (2 à 3 ans) - ACL (2 ans ; majoritairement enrubannées). Nous avons ainsi sur l'exploitation **un deuxième système de culture** avec une rotation de 5 ans. Ce choix visait à pallier les difficultés d'implantation des luzernes dans le marais, **l'implantation de luzerne sous couvert d'orge de printemps** n'ayant pas toujours été couronnée de succès. Le fourrage enrubanné d'ACL devait ainsi venir remplacer le foin de luzerne manquant, alors que nous souhaitions simultanément restaurer le nombre d'UGB du troupeau d'avant la vente des charolaises (~ 100 UGB) pour maintenir les droits à produire de la ferme (et ainsi ne pas pénaliser les « primes élevages » qui constituent une partie de ses revenus). Les besoins en concentrés fermiers du troupeau étaient alors de 25-30 t (en comptant sur les fourrages enrubannés, le foin de prairie naturelle et le peu de foin de luzerne récolté).

Difficultés rencontrées : du fait d'une **série d'épisodes météorologiques défavorables**, la rotation envisagée dans la partie marais n'a pas pu être mise en place. Les hivers 2012-2013 et 2013-2014 ont été très pluvieux. Nous avons dû ressemer des parcelles en cultures de printemps, les structures de sol étant également fragilisées par les arrière-effets de la tempête Xynthia. Ces aléas climatiques ont compliqué la constitution des rations hivernales. Deux années de suite (notamment lors de la campagne 2013-14), les grains récoltés n'étaient pas à la hauteur de nos attentes (très peu de protéagineux récoltés) **ce qui a abouti à des rations pauvres en protéines, sans foin de luzerne ni enrubannage**. Pour réduire les coûts d'alimentation, des changements dans l'alimentation des animaux ont été testés, comme par exemple en 2013 et 2014, une complémentation hivernale des veaux en vêlage d'automne plutôt que des mères.

L'obtention d'un système fourrager sécurisé (avec constitution d'un stock de foin de sécurité d'environ 80 t) **a été rendu difficile** en raison de : i) en 2012, l'arrêt d'une entente avec un agriculteur voisin pour récupérer, à moitié, le produit de la fauche de 18,5 ha de prairies naturelles (compensée en partie certaines années par l'exploitation de prairies d'éleveurs voisins) ; ii) des stocks de foin entamés plus tôt du fait d'un démarrage de l'affouragement au champ mi-juillet, c'est-à-dire 20-30 jours plus tôt qu'avant l'arrêt de la fertilisation des prairies ; iii) des difficultés pour

produire du foin de luzerne de bonne qualité et en quantité suffisante (mauvaise implantation, sécheresse printanière/estivale qui a pénalisé les rendements...). En septembre 2013, une entorse à la rotation sur les terres hautes a dû être tentée pour assurer des stocks de foin, en semant une luzerne, ce qui s'est cependant soldé par un échec (du fait de l'acidité du sol qui aurait nécessité un chaulage et de la difficulté de gestion des mauvaises herbes sur la parcelle).

• Phase 3 (2015 à 2017) : généralisation des associations céréales-légumineuses, changements dans les produits animaux

Au début de cette phase, la ferme produisait ses concentrés fermiers mais le manque d'aliments riches en protéines (tels que les protéagineux) dans les rations animales, accentué par le manque de foin de luzerne, nous a incités à **explorer la voie des ACL**. Ces mélanges composés d'une à deux céréales et d'une à deux légumineuses cultivées ensemble (exemple : blé-pois fourrager) avaient pour but de constituer des stocks de fourrages enrubannés, et ce dès la campagne culturale 2014-2015. Cette direction a également été motivée par la volonté de réduire davantage les apports en azote minéral du système (environ 15-20 t/an). Les ACL ainsi que des intercultures semblaient pouvoir améliorer ce point, tout en limitant les désherbages chimiques. Le deuxième constat portait sur les besoins élevés en concentrés pour produire des bœufs engraisés (besoin de 500 à 600 kg / bœuf fini). Nous avons alors pris **la décision d'arrêter la production de bœufs**, pour tenter en 2015-16 et 2016-17 la voie des génisses engraisées à l'herbe sur des prairies temporaires (ray-grass et trèfles) des « terres hautes ».

Par ailleurs, dès 2015 nous avons opéré un changement de raisonnement pour définir l'assolement : au lieu de suivre une rotation-type, le choix des cultures dans l'assolement était fonction des exigences du système vis-à-vis de son autonomie en aliments et en paille et de l'état de « salissement » des parcelles. Il était alors basé sur **l'établissement de quelques règles générales**, par exemple : i) prévoir environ 10 ha (soit 2 parcelles) de luzerne, implantées en priorité sur les surfaces les plus enherbées ; ii) 9-12 ha de céréales à paille ; iii) 14-17 ha d'ACL pour nourrir le troupeau ; iv) 10-12 ha de cultures de printemps (Cf. le principe agronomique d'alternance des cultures de printemps et d'hiver pour gérer les adventices). Du fait de la généralisation des ACL, nous avons pris la décision de garder les luzernes 3 ans (pour réaliser des économies en azote). Enfin, une partie des récoltes des céréales et protéagineux (quelques centaines de kg) était destinée à **produire des semences fermières** (investissement en 2017 dans un trieur à grains).

Les ACL permettaient, une fois la récolte effectuée en mai (enrubannage), de **semier la parcelle avec une culture dérobée** implantée sur les « terres hautes ». Ceci a constitué une alternative au manque de fourrage épisodique en :

- **complétant les stocks de fourrages** ; par exemple avec une graminée estivale, le moha (*Setaria italica*), testée lors de la campagne 2014-15 ;

- **constituant des surfaces à pâturer** et ainsi en palliant le manque d'herbe dès la mi-juin dans les prairies de marais. Un mélange à pâturer, composé d'espèces fourragères estivales (Sorgho fourrager, millet perlé) et de trèfles (trèfle vésiculé, trèfle d'Alexandrie) a été testé sur la campagne 2015-16 (de la mi-juillet à début septembre) sur un lot de génisses pour réduire l'affouragement au champ.

Difficultés rencontrées : celles-ci portent sur la mise en route de la rotation sur les « terres hautes » et l'installation des prairies temporaires (par exemple, gestion des levées de rumex), ainsi que le **résultat mitigé des deux années d'engraissement de génisses à l'herbe** (état d'engraissement insuffisant des génisses sans complémentation avant leur vente prévue début juillet ; NEC < 3 pour la plupart). La difficulté majeure rencontrée lors de cette phase concerne cependant **l'adaptation aux variations interannuelles dans les fourrages et grains stockés**. Il a rarement été possible de compter sur les 80 t de stocks de foin « de sécurité » que l'on s'était fixé. Le principe « on fait avec ce que l'on a » a ainsi été appliqué pour constituer les rations. La campagne 2014-2015 a été très favorable à la production d'herbe, aux stocks de foin, d'enrubannage et de paille. L'hiver suivant (2015-2016) au contraire nous a obligés à affourager en paille les génisses d'un an. Enfin, compte-tenu des orientations prises sur l'assolement et les ACL ne produisant pas autant de paille qu'une céréale « en pure », **l'autonomie en paille restait à améliorer**.

2.2. Un système basé sur de nouveaux équilibres

Nous avons réalisé des changements structurels (par exemple, des ajustements sur le nombre d'ha exploités et sur l'usage des terres), mais aussi de pratiques culturales et de conduite des prairies et du troupeau. Au cours de cette transition, nous avons choisi **d'actionner plusieurs leviers simultanément**, que nous pouvons résumer en trois catégories :

- **La révision de l'assolement** : les surfaces cultivées deviennent davantage dédiées à l'alimentation du troupeau. De nouveaux choix ont été faits dans les espèces et les variétés cultivées, avec un accroissement des surfaces en légumineuses et protéagineux. Un second système de culture est mis en route sur les « terres hautes » (complémentarité entre ces terres et celles de marais). De nouvelles pratiques sont mises en œuvre (par exemple, la généralisation des ACL) et l'enrubannage est adopté pour la récolte et la conservation des ACL fourragères. L'intra-consommation des grains produits sur la ferme est généralisée.

- **L'ajustement de la conduite du pâturage et des besoins du troupeau** : nous avons appliqué une gestion optimisée du pâturage. Un changement majeur de produits animaux concerne l'arrêt de la production de bœufs, au profit d'une tentative d'engraissement de génisses à l'herbe.

- **Des investissements en matériels** : ils ont été nécessaires pour le stockage et la distribution de nos aliments fermiers.

Le fonctionnement de la ferme repose ainsi sur de nouveaux équilibres, issus du **renforcement des complémentarités entre les ateliers élevage et cultures**. L'évolution des principales caractéristiques structurelles de la ferme est évoquée dans le tableau 1.

Nous avons évoqué les éléments sur lesquels l'amélioration de l'autonomie alimentaire a reposé durant ces 9 années de transition agroécologique. Comment cette évolution s'est-elle traduite à travers **les valeurs prises par les indicateurs d'autonomie** ? De

CARACTERISTIQUES	PHASE 1		PHASE 2		PHASE 3		
	2009	2012	2013	2014	2015	2016	2017
SURFACES							
SAU (HA)	178,8	160,2	160,2	160,2	160,2	160,2	160,2
SURFACE FOURRAGERE PRINCIPALE (HA)	130,6	118,7	124,4	111,2	112,4	119,6	123,9
SURFACES EN CULTURES NON FOURRAGERES (HA)	48,2 (27 %)	45,0 (28,1 %)	45,0 (28,1 %)	53,4 (33,3 %)	47,8 (29,8 %)	40,6 (25,3 %)	36,3 (22,8 %)
PRAIRIES NATURELLES (HA)	130,6 (73 %)	103,7 (64,7 %)	103,7 (64,7 %)	97,0 (60,5 %)	97,0 (60,5 %)	97,0 (60,5 %)	97,0 (60,5 %)
DONT FAUCHEES (HA) (LES HA RESTANT SONT PATURES)	58,8 (45 %)	41,5 (40 %)	46 (44,3 %)	32 (33 %)	32 (33 %)	32 (33 %)	32 (33 %)
PRAIRIE TEMPORAIRES (HA)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	4,9 (3,1 %)	4,9 (3,1 %)	6,4 (4 %)	8,6 (5,4 %)
SURFACES EN ACL (HA)	0,1 (0,1 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	20,7 (12,9 %)	19,3 (12 %)	10,9 (6,8 %)
SURFACES EN CEREALES A PAILLE (HA)	43,2 (24,3 %)	35,3 (22 %)	15,4 (9,6 %)	24,1 (15 %)	27,1 (16,9 %)	21,8 (13,6 %)	29,9 (18,6 %)
TROUPEAU							
RACE	M et C	M	M	M	M	M	M
NOMBRE D'UGB	85,9	84,3	91,4	97,4	105,7	104,1	102,9
PERIODES DE VELAGE	Print	Print	Print/Aut	Print/Aut	Print/Aut	Print/Aut	Print/Aut
PRODUITS ANIMAUX	Veaux, Btd, Boeufs	Veaux, Btd, Boeufs	Veaux, Btd, Boeufs	Veaux, Btd, Bœufs	Veaux, Btd, Boeufs	Veaux, Btd, Gen	Veaux, Btd, Gen

Les luzernes sont ici considérées comme des cultures fourragères (et non comme des prairies). Entre parenthèses, les valeurs exprimées en % de la SAU ; ACL = associations céréales-légumineuses ; Race : C = Charolaise ; M = Maraîchine ; Btd = broutards/broutardes ; Gen = génisses. Il est possible que Surface fourragère principale + Surfaces en cultures non fourragères > SAU (ha) car la SFP prend également en compte quelques ha de prairies hors SAU que nous exploitons certaines années pour assurer une récolte de foin suffisante (pas de calcul de la SFP en % de SAU qui serait ainsi erroné).

TABLEAU 1 : Evolution des principales caractéristiques structurelles de la ferme expérimentale entre 2009 et 2017 (les années 2010 et 2011 n'ont volontairement pas été renseignées).

TABLE 1 : Changes between 2009 and 2017 in the farm's main structural features (data for 2010 and 2011 were excluded).

plus, la transition ayant reposé sur un accroissement du couplage élevage-cultures, il restait à déterminer **comment rendre compte du renforcement de ce couplage**. C'est ce que nous allons détailler dans cette dernière section.

3. L'évolution de l'autonomie du système et de son niveau de couplage

3.1. Les indicateurs d'autonomie de 2009 à 2017

L'autonomie du système, basée sur de l'herbe pâturée, des céréales et protéagineux (récoltés en grains ou enrubannés) et du foin de prairie naturelle ou de luzerne est élevée (85 à 100 % selon les années ; Figure 3a). L'autonomie par le pâturage (non représentée sur la figure) est en moyenne de 45-50 %, ce qui signifie que **la moitié environ des besoins en énergie (en UF) du troupeau provient de l'exploitation des prairies humides présentes sur la ferme expérimentale**. L'autonomie en fourrages a été atteinte 4 années sur 7 (en 2009, 2014, 2015 et 2016). Les stocks de foin de prairies naturelles sont déterminants, mais très variables d'une année à l'autre. Les quantités totales de foin distribué sont en moyenne de 210 ± 40 t/an sur la période 2009-2017. Par contre, les fourrages à base

d'ACL (enrubannés) ont augmenté. Ils permettent de réduire les quantités de grains distribués. Enfin, le produit de la fauche des bandes enherbées entourant les parcelles cultivées ne contribue que faiblement à l'autonomie fourragère (du fait d'un rendement moyen de 1,5 t de MS/ha seulement pour ce type de surface).

L'autonomie en concentrés est passée de 1 % (en 2009) à 16 % (en 2012), puis de 82 % (en 2013) à 97 % (en 2014). Pendant cette même période, **les quantités de concentrés distribués achetés ont été divisées par 30** (Figure 3b). A partir de 2015 (début de la phase 3), l'autonomie en concentrés est maximale (100 %). L'autonomie globale est améliorée (de presque 15 points) et atteint 100 %, exception faite de l'année 2017 où un achat de foin (24 t) a été nécessaire.

Au final, malgré l'augmentation de la taille du troupeau de presque 20 % (Tableau 1), en 2017 la ferme est autonome pour l'alimentation de son troupeau. Les quantités totales de fourrages (tous fourrages confondus) nécessaires sur la ferme ont augmenté de 30 % environ. Mais cette augmentation a été contre balancée par une diminution de 20 % des quantités de grains distribués. Il y a donc eu une substitution d'une partie des besoins en grains par une distribution de plus de fourrages.

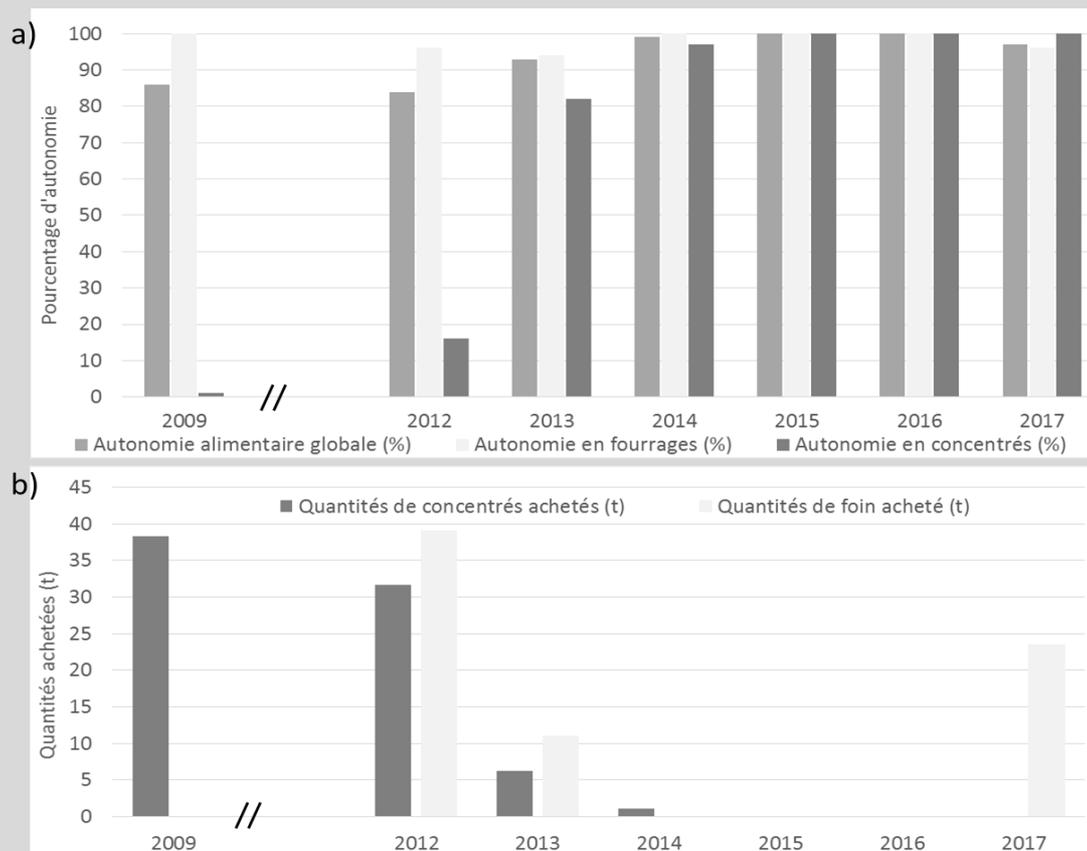


FIGURE 3 : a) évolution des diverses composantes de l'autonomie alimentaire (%) de 2009 à 2017 et b) quantités de concentrés et fourrages achetés (t MS).

FIGURE 3 : Changes from 2009 to 2017 in a) the various elements that form the basis for feed self-sufficiency (%) and b) the amounts of concentrates and forage purchased (t DM).

3.2. Quel renforcement du couplage élevage-cultures de 2009 à 2017 ?

Le Tableau 2 rassemble les valeurs prises de 2009 à 2017 par les 10 variables retenues par Martel et al. (2017) et ayant servi au calcul des scores de couplage.

La tendance d'évolution de chaque variable (\nearrow , \searrow ou \rightarrow) est également renseignée. Ici, la méthode de calcul de l'autonomie en concentrés étant différente de celle de Benoît et Laignel (2006), il peut exister une légère différence sur ce critère par rapport à la section précédente.

Variables	Phase 1		Phase 2		Phase 3			Tendance
	2009	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
1. Utilisation des surfaces pour les animaux								
Part de la SAU (%) dédiée à l'AA ^a	75,3	77,7	86,3	75,6	80,6	84,6	90,6	\nearrow
Part des cultures non fourragères (%) dédiées à l'AA	0,2	2,7	15,9	18,4	22	22,5	25,6	\nearrow
Surfaces d'intercultures (% de la SAU) dédiées à l'AA	0	2,8	4,2	0	3,9	4,5	2,5	\rightarrow
2. Autonomie alimentaire et en litière du troupeau								
Autonomie (%) en concentrés	1,0	13,4	81,1	96,5	100	100	100	$\nearrow\nearrow$
Somme (€) dépensée par UGB pour l'achat de fourrage	0	49,8	8,5	0	0	0	5,2	\rightarrow
Nombre d'années avec achat de paille	3	3	3	3	2	1	1	\searrow
3. Autonomie en fertilisation azotée des végétaux								
Somme (€) dépensée par ha pour la fertilisation des surfaces cultivées	97,2	63,7	87,2	35,5	80,0	56,8	77,6	\searrow
Somme (€) dépensée par ha pour la fertilisation des surfaces en herbe	40,6	49,5	30,7	16,5	31,1	36,8	31,7	\searrow
Part de protéagineux (%) dans les surfaces non fourragères	0,2	10,7	0	8,6	38,8	37,8	22,0	\nearrow
^a y compris les surfaces d'intercultures.								

TABLEAU 2 : Chiffres de la ferme expérimentale concernant les 10 variables issues de Martel et al. (2017), ainsi que leur tendance d'évolution. AA : alimentation animale.

TABLEAU 2 : *Changes over time in the farm's values for the 10 variables described in Martel et al. (2017).*

La figure 4 représente l'évolution des scores de couplage et du niveau de couplage (faible, moyen et fort) ainsi que les éléments permettant d'expliquer leur variation. Les bornes délimitant les niveaux de couplage ont été définies par l'analyse faite sur la base d'une Analyse en Composantes Principales (ACP) sur les 1 190 fermes : faible $\leq -2,76$ < moyen $< 2,14 \leq$ fort (voir Martel et al., 2017 pour plus de détails). Trois axes de projection les plus significatifs - en rapport avec le couplage entre cultures et élevage - ont ainsi été révélés par l'ACP.

Au début de la phase 1 (2009), la ferme se positionnait parmi les fermes moyennement couplées des bases de données mobilisées par Martel et al. (2017). Malgré une autonomie en concentrés quasiment nulle,

les besoins en fourrages étaient assurés par les surfaces de prairies naturelles. Des échanges paille/fumier au sein des deux ateliers avaient déjà lieu. En 2012, au début de la phase suivante, **la ferme s'est maintenue à un couplage moyen**, ce dernier étant cependant à la limite du niveau « faible », du fait d'achats de fourrages élevés cette année-là (Figure 4). 2013 constitue une année charnière dans l'évolution du niveau de couplage de la ferme, notamment du fait de la forte progression dans son autonomie en concentrés (passant de 13,4 à 81,1 %). En 2014, la ferme expérimentale a atteint un nouveau palier : elle entre dans le groupe des fermes ayant les scores de couplage les plus élevés (10 % des fermes de la base de données de référence), et ce

principalement par la baisse des achats d'engrais destinés aux cultures et aux surfaces en herbe.

Le niveau fort s'est ensuite maintenu tout au long de la phase 3. En 2015, le début de l'utilisation des intercultures pour l'alimentation des animaux fait évoluer le couplage favorablement. On remarque cependant que le score de 2016 est inférieur à celui de 2014 du fait de l'augmentation de la part de protéagineux dans les surfaces non fourragères. En effet, dans la base de données, très peu d'exploitations avaient de larges surfaces en protéagineux. Il en résulte que ce critère est ressorti sur un axe également associé

à l'achat de fourrage (un des 3 axes de projection de l'ACP). Le choix méthodologique a été de considérer que ni des achats de fourrages, ni une absence de protéagineux n'étaient positifs pour le couplage. Ainsi, la valeur observée dans notre système sort du lot et pénalise le score calculé dans la méthode de Martel et al. (2017). Cet axe ayant cependant moins de poids que les 2 autres, cet artefact méthodologique ne remet pas en cause l'ordre de grandeur des scores de couplage calculés pour la ferme expérimentale.

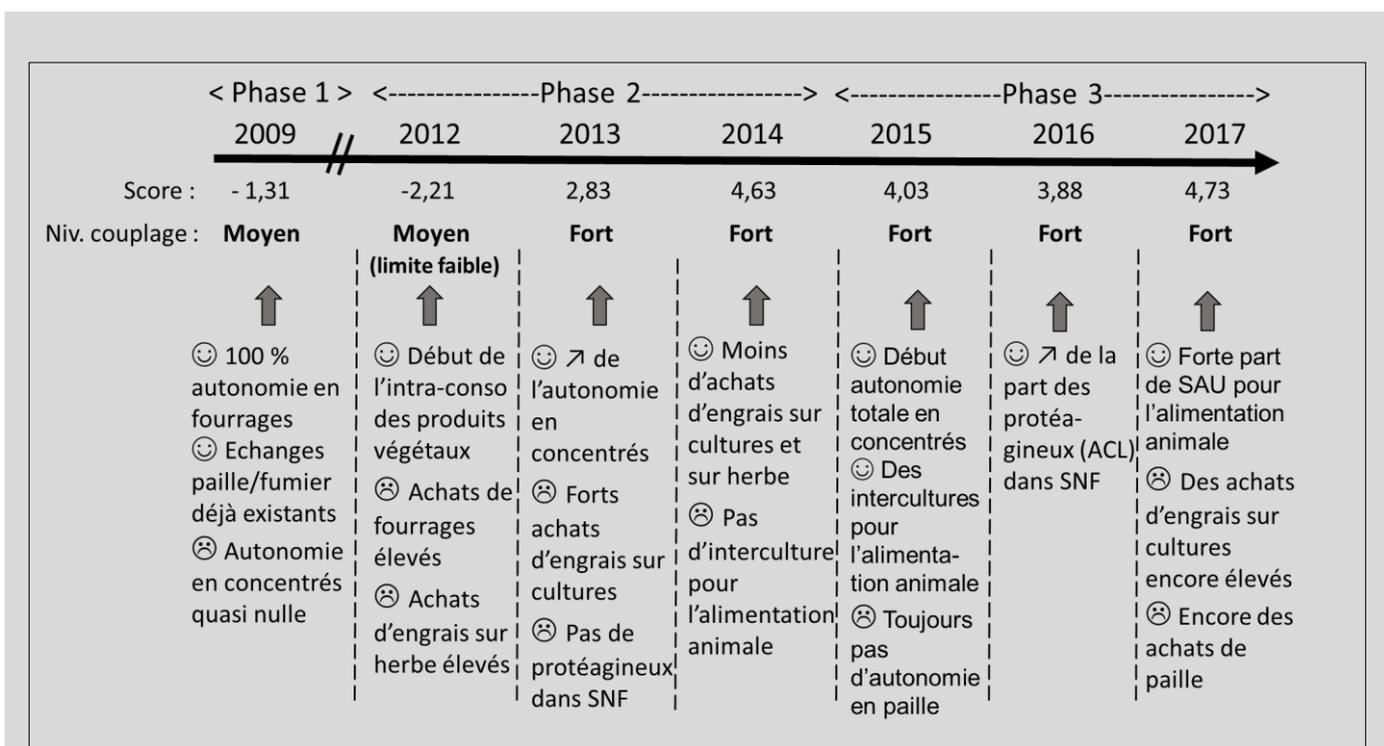


FIGURE 4 : Mise en relation des scores de couplage (traduits en niveaux de couplage) avec, pour chaque année, les changements ayant eu un effet positif (☺) pour améliorer l'autonomie de la ferme et les points restant à améliorer (⊗). SNF = surfaces non fourragères ; ACL = associations céréales-légumineuses.

FIGURE 4 : Changes between 2009 and 2017 in the farm's scores of coupling strength (also expressed qualitatively) along with the improvements made to feed self-sufficiency (☺) and the points to be rectified.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans cette étude, la ferme est passée d'une situation où les ateliers élevage et cultures étaient quasiment indépendants en 2009, à une situation (en 2017) où : i) le fumier (ou son équivalent composté) est systématiquement utilisé pour fertiliser les cultures, ii) l'autonomie globale atteint 100 %, basée sur un maximum de pâturage, des besoins en foin assurés par les prairies naturelles, des ACL, des cultures dérobées, et des grains ; mais où iii) le système doit encore acheter de la paille. Nous soulignons ici ce qui nous semble être **au cœur des enjeux d'autonomie**. Pour autant, comme le soulignent Pelletier et al. (2011), l'atteinte de l'autonomie alimentaire n'est pas gagnée une fois pour

toutes mais elle est « remise en jeu » chaque année au gré des aléas, ce qui doit inciter à raisonner en parallèle la résilience des fermes pour faire face à des aléas de plus en plus nombreux.

En premier lieu, **l'autonomie repose sur une sécurisation du système fourrager** (Lusson et al., 2014 ; Fiorelli et al., 2017). Un des points forts de notre système est une grande SFP, riche notamment d'une centaine d'hectares de prairies naturelles. La perte d'environ 18 ha de prairies de fauche nous a montré à quel point ces surfaces étaient cruciales pour assurer l'autonomie fourragère, notamment en marais où une seule coupe de foin n'est possible par an. Cette ressource fourragère a cependant une faiblesse connue des éleveurs, à savoir une valeur nutritionnelle moyenne (< 0,6 UFL/kg de MS, données de la ferme

expérimentale, contre 0,72 UFL/kg de MS pour des foin de 1^{er} cycle de prairies permanentes de plaine normande par exemple ; Tables INRA 2010) et une proportion en légumineuses assez basse (environ 10 % - en volume de végétation). Malgré cela, cette ressource reste selon les animaliers sur la ferme « un bon foin que les animaux mangent volontiers, ça les maintient bien en état ».

La sécurisation du système fourrager repose pour beaucoup sur **un maximum d'utilisation de l'herbe et une bonne gestion du pâturage**. Comme le soulignent Fiorelli et al. (2017), « la gestion combinée du pâturage et des stocks » est un levier actionnable pour atteindre l'autonomie. L'intervention de ce qui est qualifié de « pratiques d'ajustement » concerne par exemple le semis de cultures dérobées (moha) ou de mélanges d'espèces estivales à pâturer. Une autre stratégie (que nous n'avons pas retenue) consiste aussi en la gestion des effectifs (vente d'animaux) quand il n'y a pas assez de stocks de fourrages une année donnée (ibid).

Un levier sur lequel jouer consiste à **diversifier les sources de fourrages** pour faire face aux aléas météorologiques (Fiorelli et al., 2017). En accord avec Coutard et Fortin (2016), nous avons constaté que **les ACL récoltées immatures constituent un levier pour améliorer l'autonomie** (mais elles sont en revanche critiquées au regard de l'usage du plastique qu'implique leur conservation). Ces associations ont un second atout : elles permettent, une fois récoltées, l'implantation de cultures dérobées qui ont permis de pallier un manque ponctuel de fourrages. Les ACL contribuent également à l'amélioration de l'autonomie azotée de la ferme (Veysset et al., 2003). Enfin, en dernier recours, il est aussi envisageable de valoriser des co-produits de cultures (tels que la paille) en période de manque de fourrages.

Notre transition vers l'autonomie s'est accompagnée d'**un changement de destination des surfaces en cultures dédiées maintenant à produire les aliments du troupeau** (au-delà du foin de prairie naturelle qui a toujours constitué la base de son alimentation). Mais comme le soulignent Blanc et al. (2004), la définition de l'autonomie ne fait pas explicitement référence au niveau des performances animales. Il nous faudra donc **examiner si les performances zootechniques de notre troupeau, basées sur de nouvelles composantes alimentaires, ont ou non changé**. L'analyse de la composition de nos concentrés fermiers depuis 2015 a montré une légère baisse de leur valeur énergétique (PDIE moyennes de 94,9 g/kg de MS contre 104,9 pour les concentrés « croissance » achetés en coopérative). La valeur azotée est, quant à elle, restée stable (PDIN de 105,6 g / kg de MS contre 105,1 et contenu en MAT de 16,2 % contre 15 %). Sur la base de l'observation du troupeau, nous n'avons pas décelé d'affaiblissement des performances animales, ni de problème quelconque à la reproduction. **Il est ainsi possible que la race Maraîchine** qui compose notre troupeau, réputée rustique et adaptée à

des restrictions d'herbe et de fourrages et pouvant s'accommoder de fourrages grossiers (Roche et al., 2005), **facilite l'atteinte d'une bonne autonomie**. Cette hypothèse reste cependant à vérifier.

Il nous faudra également explorer **si l'évolution du couplage de la ferme se traduit ou non par de meilleures performances environnementales**, comme cela a pu être démontré pour le bilan des minéraux par exemple (Paccard et al., 2003b ; Martel et al., 2017) ou pour la consommation de fioul ou de pesticides (Martel et al., 2017). Enfin, l'autonomie a généralement des **répercussions positives sur les performances économiques des fermes** (Lherm et Benoit, 2003). Comme le soulignent Fiorelli et al. (2017), la recherche de l'autonomie est souvent concomitante d'une diminution des performances des animaux et des cultures, compensées cependant par des économies sur certains intrants. Dans notre cas, parmi les premiers signes d'atouts de l'autonomie, le fait de distribuer les concentrés fermiers nous a permis de **réaliser une économie de 100 € / t d'aliments distribués** (Joubert, 2016). Il nous reste à explorer plus avant le bilan de telles économies et les confronter à la diminution des surfaces dédiées aux cultures de vente (divisées par deux de 2009 à 2017).

La recherche de plus d'autonomie passe par **l'accroissement de la quantité et/ou de la qualité des aliments produits sur la ferme** (fourrages et aliments concentrés). Une première évaluation des conséquences auprès de l'équipe technique a montré que les répercussions sur le temps de travail des animaliers sont d'environ 15 minutes supplémentaires/jour pour passer les grains au laminoir avant de les distribuer aux animaux (M. Prieur, com. pers.). Au-delà des conséquences induites sur la charge de travail, aller vers davantage d'autonomie implique également de **nouveaux savoir-faire à acquérir** pour les techniciens (Coquil et al., 2014a). Les ACL en sont un exemple typique puisqu'elles ont nécessité une période d'apprentissage, de façon à s'approprier de nouvelles connaissances techniques au moment du semis par exemple (doses de semis de chaque espèce végétale) ou de la récolte (connaître la date de récolte optimale de ces mélanges de plantes aux stades de maturité décalées). En outre, récoltées en grains, ces mélanges montrent une forte variabilité dans la proportion de protéagineux d'une année à l'autre (Coutard et Fortin, 2016), ce qui oblige à apprendre à ajuster les rations animales selon les disponibilités alimentaires de l'année. Ces apprentissages s'accompagnent souvent de la mobilisation ce que Coquil et al., (2014b) nomment les « **ressources de la transition** », et qui dans notre cas, ont pris des formes variées, par exemple : i) des visites par notre collectif de fermes innovantes, ii) l'expertise de plusieurs chercheurs extérieurs qui ont accompagné Transi'marsh, iii) des participations à des groupes de travail organisés par des réseaux (par exemple, le Réseau Mixte Technologique « Systèmes de polyculture-

élevage » ; Mischler et al., 2013). On touche là à un des avantages offerts par la situation expérimentale, à savoir l'accompagnement du collectif par les membres du comité scientifique ou les bénéficiaires que peuvent tirer les ingénieurs-pilotes de ces dispositifs de recherche des réflexions menées dans le CASDAR RED-SPyCE par exemple. **Cette notion d'« accompagnement du changement »** fait son chemin, c'est pourquoi des organismes tels que le Réseau des CIVAMs proposent un accompagnement aux agriculteurs désireux de faire évoluer leur système (Lusson et al., 2014 ; Coquil et al., 2014b). **Des outils d'aide au changement** ont également été développés (Lusson et Coquil 2016). L'outil NiCC'El par exemple est une version simplifiée de la méthode qui a été mobilisée dans cette étude. Il est en phase de déploiement, et est utilisé par les conseillers agricoles auprès des agriculteurs désireux d'améliorer leur autonomie (Mischler et al., 2018, Martel et al., 2020).

En conclusion, cet article montre comment s'est construite pas-à-pas l'autonomie de la ferme expérimentale, en pratique et à l'épreuve d'aléas météorologiques et climatiques, en cherchant notamment à **jouer davantage sur les interactions possibles entre les productions végétales et animales**. Nous avons constaté que la mise en œuvre de cette autonomie est très dépendante de la structure de l'exploitation, de ses potentialités, des ressources qui y sont présentes et des contraintes qui pèsent sur elle, nombreuses dans le contexte pédo-climatique des marais littoraux atlantiques. L'adaptation aux variations interannuelles dans les quantités ou la qualité nutritionnelle des aliments stockés reste un point crucial. En outre, les apprentissages que les changements opérés ont générés pour l'équipe technique soulignent **le besoin d'accompagnement du changement**. Enfin, **la récente conversion de la ferme à l'agriculture biologique** met en perspective de nouvelles pistes à explorer et de nouveaux défis à relever pour notre collectif de recherche, afin de maintenir voire améliorer les autonomies de la ferme.

Les auteurs remercient le collectif de la ferme expérimentale œuvrant pour l'expérimentation-système, mais aussi les membres du comité scientifique pour leur précieuse contribution (par ordre alphabétique) : Jean-Philippe Choisis, Christian Huyghe, Jean-Marc Meynard et Muriel Tichit. Merci à Bénédicte Roche pour la lecture d'une version antérieure de ce manuscrit. Transim'marsh a bénéficié des Contrats de Plan Etat-Région 2011-2013 et 2015-2017 de l'ex-région Poitou-Charentes et du concours financier de la Fondation Liséa Biodiversité. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet innovation et partenariat RED-SPyCE financé par le CASDAR. Enfin, l'unité a bénéficié d'une subvention de la cellule « Développement durable » d'INRAE pour l'achat des silos et du laminoir.

Accepté pour publication le 30 mars 2020

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benoit M. et Laignel G. (2006). "Méthodologie d'élaboration de résultats technico-économiques en élevage ovin allaitant. Illustration en France, en zone de plaine et de montagne", *Opt. Médit. Série A*, 70, 57-65.
- Blanc F., Bocquier F., Agabriel J., D'Hour P., Chilliard Y. (2004). "Amélioration de l'autonomie alimentaire des élevages de ruminants : conséquences sur les fonctions de production et la longévité des femelles", *Renc. Rech. Rum.*, 11, 155-162.
- Coquil X., Béguin P., Dedieu B. (2014a). "Systèmes de polyculture-élevage laitiers évoluant vers l'AB : renforcement des interfaces cultures/élevage", *Econ. rurale*, 339-340, 81-94.
- Coquil X., Béguin P., Lusson J.-M., Dedieu B. (2014b). "Ressources pour une transition vers des systèmes de polyculture-élevage plus autonomes", *Fourrages*, 219, 203-2012.
- Coutard J.-P., Fortin J. (2016). "Les associations céréales-protéagineux récoltées immatures : un levier pour l'autonomie alimentaire", *Alter Agri*, Janvier-Février 2016.
- Durant D., Kernéis E. (2010). "Contribution of a system experiment in designing a mixed crop-livestock farming system aimed at i) improving self-sufficiency, and ii) producing biodiversity and benefiting from it", *Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food*, Proc. of the ISDA conf., Montpellier FRANCE.
- Durant D., Kerneis E., Meynard J.-M., Choisis J.-P., Chataigner C., Hillaireau J.-M., Rossignol C. (2018). "Impact of storm Xynthia in 2010 on coastal agricultural areas: the Saint Laurent de la Prée research farm's experience", *J. Coastal Conserv.*, 22 (6), 1177-1190.
- Fiorelli J.-L., Coquil X., Blouet A., Godfroy M., Trommenschlager J.-M., Foissy D. (2017). "Le système de polyculture-élevage laitier autonome en agriculture biologique de Mirecourt : quel renforcement des interactions cultures-élevage au cours de la décennie 2006-2015 ?", *Les polycultures-élevages : valoriser leurs atouts pour la transition écologique*, Actes du séminaire AgroSup Dijon, 10-11 octobre 2017, Dijon.
- Gendron S., Bessonnet S., Jenot F., Guillon M.P., Jacquenet C., Droge V., Gillier M., Cherbonnier J., Poupin B., Bossis N. (2003). *L'autonomie alimentaire en élevage caprin*, Brochure, Réseaux d'Élevage, Chambre d'Agriculture Poitou-Charentes, Institut de l'Élevage, Association Régionale Caprine Poitou-Charentes, GIE Lait-Viande Pays de la Loire éd, 8 p.
- Joubert D. (2016). *Rapport de diagnostic – exploitation expérimentale de Saint Laurent de la Prée – INRA/SAD – évolution 2009-2014*, 34 p.
- Laignel G., Benoit M. (2004). "Production de viande ovine en agriculture biologique comparée à l'élevage conventionnel : résultats technico-économiques d'exploitations de plaine et de montagne du nord du massif central", *INRA Prod. Anim.*, 17 (2), 133-143.
- Lemaire G., Franzluebbers A., César de Faccio Carvalho P. et Dedieu B. (2014). "Integrated crop-livestock systems : Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality", *Agric. Ecosyst. Environ.*, 190, 4-8.
- Lherm M. & Benoit M. (2003). "L'autonomie de l'alimentation des systèmes d'élevage allaitant : évaluation et impacts économiques", *Fourrages*, 176, 411-424.
- Lusson J.-M., Coquil X. (2016). "Transitions vers des systèmes autonomes et économes en intrants avec élevages de bovins : freins, motivations, apprentissages", *Innov. agronomiques*, 49, 353-364.
- Lusson J.-M., Coquil X., Frappat B., Falaise D. (2014). "40 itinéraires vers des systèmes herbagers : comprendre les transitions pour mieux les accompagner", *Fourrages*, 219, 213-220.
- Madeline L., Drieu C., Philibert A., Coty M., Dubois E. (2016). "Autonomie alimentaire et résistance aux aléas climatiques", Brochure, Institut de l'Élevage éd, 8 p.
- Martel G., Guilbert C., Veysset P., Dieulot R., Durant D., Mischler P. (2017). "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., Ramette C., Bouvarel I., Buteau A., Fontanet J.-M., Mischler P. (2020). "NiCC'El. Un outil pour caractériser le niveau d'interaction entre cultures et élevage d'une exploitation et identifier les voies d'amélioration", *Innov. agronomiques*, 80, 33-40.
- Martin G., Moraine M., Ryschawy J., Magne M.-A., Asai M., Sarthou J.-P., Duru M., Théron O. (2016). "Crop-livestock integration beyond the farm level: a review". *Agron. Sustain. Dev.*, 36, 53-73.
- Meynard J.-M. (2008). "Produire autrement : réinventer les systèmes de culture", *Des systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?*, R. Reau et T. Doré (eds).

- Meynard J.M., Doré T. & Habib R. (2001). "L'évaluation et la conception de systèmes de culture pour une agriculture durable". *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, vol. 87, n° 4, 223-236.
- Mischler P., Ramonteu S., Jeuland F., Gibon A. et Avelange I. (2013). "Proposition d'un nouveau RMT - Autour des Systèmes de Polyculture-Elevage - RMT SPYCE", consultable à l'adresse : http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/RMT_SPYCE/0-RMT_polyculture-elevage_final_240913.pdf
- Mischler P., Tresch P. Jousseins C., Chambaut H., Durant D., Veysset P., Martin G., Fiorelli J.L., Ben Chedly H., Pierret P., Candau D., Sennepin D., Cailly B., Emonet E., Ramette C., Flament M., Martel G. (2018). "Savoir caractériser les complémentarités entre cultures et élevages pour accompagner la reconception des systèmes de polyculture-élevage dans leurs transitions agroécologiques", Actes du colloque 3R, 5-6 décembre 2018.
- Moraine M., Therond O. Leterme P., Duru M. (2012). "Un cadre conceptuel pour l'intégration de systèmes combinant culture et élevage", *Innov. Agronomiques*, 22, 101-115.
- Paccard P., Capitain M., Farruggia A. (2003a) : "Autonomie alimentaire des élevages bovins laitiers". *Renc. Rech. Rum*, 10, 89-92.
- Paccard P., Capitain M., Farruggia A. (2003b) : "Autonomie alimentaire et bilans minéraux des élevages bovins laitiers selon les systèmes de production", *Fourrages*, 174, 243-257.
- Pelletier P., Brandon G., Foussier T. (2011) : "Autonomie alimentaire en élevage bovin viande biologique : 10 années d'observations". *Renc. Rech. Rum*, 18, 69-72.
- Peyrille S., Levet L., Bessonnet S., Mauger C., Rouher L., Mouillet A., Bossis N. (2002). "Comment améliorer l'autonomie alimentaire dans les exploitations laitières". Brochure, Réseaux d'Elevage, Chambre d'Agriculture Poitou-Charentes, Institut de l'Elevage, Groupement de Promotion Lait-Viande Charentes-Poitou éd, 4 p.
- Roche B., Rossignol C., Jouveau E. (2005). "Un dispositif de recherche-intervention sur la valorisation de la race bovine Maraîchine pour produire des références sur les systèmes d'élevage", *Renc. Rech. Rum*, 12, 204.
- Russelle M.P., Entz M.H., Franzluebbers A.J. (2007) : "Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America". *Agron. J.*, 99, 325-334.
- Ryschawy J., Choisis N., Choisis J.P., Joannon A., Gibon A. (2012). "Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming?" *Animal*, 6, 1722-1730.
- Tables INRA (2010). *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments*, éd. Quae (Versailles), 311 p.
- Veysset P., Lherm M., Bébin D. (2003). "Bilan et autonomie azotée à l'échelle de l'exploitation d'élevage bovin allaitant : adaptation des systèmes de production, conséquences économiques". *Renc. Rech. Rum*, 10, 93-96.
- Veysset P., Lherm M., Roulenc M., Troquier C., Bébin D. (2015). "Productivity and technical efficiency of suckler beef production systems: trends for the period 1990 to 2012", *Animal*, 9, 2050-2059.
- Veysset P., Gautier M., Grenier J. (2018). "L'efficacité des exploitations d'élevage de ruminants en agriculture biologique du Massif Central : avantage aux spécialisés herbagers", *Renc. Rech. Rum*, 24, 58-61.
- Wilkins R.J. (2008). "Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems", *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 517-525