



HAL
open science

La polyculture-élevage bovin viande : un système durable de production de viande bovine ? Résultats à l'échelle de la ferme, questions et perspectives.

Patrick P. Veysset, Michel M. Lherm, Didier D. Bébin, Marielle Roulenc

► To cite this version:

Patrick P. Veysset, Michel M. Lherm, Didier D. Bébin, Marielle Roulenc. La polyculture-élevage bovin viande : un système durable de production de viande bovine ? Résultats à l'échelle de la ferme, questions et perspectives.. Innovations Agronomiques, 2014, 39, pp.83-97. 10.17180/d9sg-ky59 . hal-02630674

HAL Id: hal-02630674

<https://hal.inrae.fr/hal-02630674>

Submitted on 31 Jan 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

La polyculture-élevage bovin viande : un système durable de production de viande bovine ? Résultats à l'échelle de la ferme, questions et perspectives.

Veysset P., Lherm M., Bébin D., Roulenc M.

INRA, UMR1213 Herbivores, équipe Egeé, F-63122 Saint Genès-Champanelle

Correspondance : veysset@clermont.inra.fr

Résumé

La polyculture-élevage est citée dans un large consensus comme étant un système de production vertueux tant au niveau environnemental qu'économique. Notre objectif est d'analyser les différences de structures, de résultats techniques, économiques et environnementaux entre les exploitations spécialisées élevage et les exploitations dites polyculture-élevage (agriculture conventionnelle et biologique) issues d'un réseau de 66 élevages bovins allaitants du bassin Charolais. Les 21 exploitations polyculture-élevage conventionnelles s'avèrent être moins efficaces quant à l'utilisation des intrants et, par ce fait, pas plus (voire même moins) performantes au niveau économique et environnemental. Aucune économie de gamme n'a pu être démontrée pour ces 21 exploitations. Les 7 exploitations en agriculture biologique exploitent de façon plus efficace la diversité des ressources alimentaires pour les troupeaux (fourrages, céréales), les positionnant ainsi comme un prototype possible d'exploitation polyculture-élevage répondant au concept d'agro-écologie.

Mots clés : bovins allaitants, polyculture-élevage, agriculture biologique, système de production, économie, environnement

Abstract: Mixed crop-livestock farming systems: a sustainable way to produce beef? Commercial farms results, questions and perspectives.

Mixed crop-livestock farming is cited in a broad consensus as an economic and environmental-friendly farming system. From a 66 Charolais suckler-cattle farms network, we sorted the specialized beef farms and mixed crop-livestock farms (conventional and organic). Our goal was to analyze the results: structure, technical, economical and environmental performances. The 21 conventional mixed crop-livestock farms proved to be less efficient in the inputs use and, therefore, not more (or even less) efficient at the economic and environmental level. It seems that for these 21 suckler-cattle farms the concept of economies of scope was not valid. The 7 organic farms most efficiently exploited the diversity of herd feed resources, thus positioning organic agriculture as a prototype of mixed crop-livestock system meeting the core principles of agroecology.

Keywords: suckler cattle, mixed crop-livestock systems, organic farming, farming systems, economics, environment

Introduction

De tous les secteurs de l'économie, c'est l'agriculture qui a connu l'accroissement le plus rapide de la productivité du travail au cours des cinquante dernières années (Charroin *et al.*, 2012). Ces gains de productivité se sont réalisés grâce à l'utilisation croissante d'intrants et à la mobilisation d'un capital toujours plus important. Cette évolution basée sur l'incorporation de moyens de production industriels (Mounier, 1992) s'est accompagnée d'une spécialisation des systèmes de production de plus en plus productifs au détriment des systèmes de polyculture-élevage (PCE). Jusque dans les années 1950, les

systèmes de polyculture-élevage dominaient l'agriculture française (Mazoyer et Roudart, 1997) avec une très forte intégration des productions animales et végétales : rotation des cultures intégrant des prairies permettant d'alimenter des animaux qui, en retour, fournissaient des fertilisants organiques et de la force de travail pour cultiver les terres.

Bien qu'en régression dans les agricultures du Nord, la PCE est citée dans un large consensus comme étant un système de production vertueux tant au niveau environnemental qu'économique (Ryschawy *et al.*, 2012). Ce consensus se base principalement sur le gain potentiel des systèmes PCE par rapport aux systèmes spécialisés (Russelle *et al.*, 2007; Hendrickson *et al.*, 2008b). Ce gain potentiel est évalué à partir des principes généraux de l'agronomie et de l'économie (Vermersch, 2004 ; Hendrickson *et al.*, 2008a). Le modèle conceptuel de la PCE est alors considéré comme éco-efficient (Wilkins, 2008), respectant ainsi les principes de l'agro-écologie (Dumont *et al.*, 2013).

Ces systèmes de PCE et leurs intérêts sont aujourd'hui bien décrits pour les exploitations familiales de petite taille des pays du Sud et/ou en développement (Devendra et Thomas, 2002 ; Dugue *et al.*, 2004 ; Herrero *et al.*, 2011). Concernant les pays du Nord et/ou développés, Franzluebbbers et Stuedemann (2007) s'interrogent sur les barrières sociales limitant le développement de tels systèmes aux Etats Unis, alors que Bell et Moore (2012) soulignent les limites de la polyculture-élevage dans les fermes ne faisant que juxtaposer deux ateliers. Au-delà du concept, très peu de travaux ont eu pour but d'évaluer l'efficacité réelle actuelle de ces systèmes à partir de données de fermes commerciales.

En France, les systèmes de PCE se trouvent principalement dans les régions défavorisées (Choisis *et al.*, 2010) où une part importante de la surface agricole est non labourable et donc dédiée aux prairies permanentes valorisées par l'élevage d'herbivores. Sur les 20 dernières années, les aides de la Politique Agricole Commune (PAC) du 1^{er} et du 2nd pilier, couplées et/ou découplées ont permis de maintenir des prairies et de l'élevage de bovins dans ces régions défavorisées (Veysset *et al.*, 2005a ; Chatellier et Guyomard, 2011).

Parmi ces zones herbagères défavorisées, le Massif Central est une grande région d'élevage bovin viande puisqu'il détient plus 40% des vaches allaitantes françaises. Les bordures nord du Massif Central, zone de piedmont et de plaines herbagères, constituent le berceau de la race charolaise. Dans ce bassin charolais, les fermes d'élevages bovins allaitants présentent une certaine diversité de système d'exploitation (Veysset *et al.*, 2005b) : herbagers, PCE, naisseurs stricts, naisseurs-engraisseurs, agriculture biologique. A partir des données techniques, économiques et environnementales issues d'un réseau de fermes, notre objectif est d'analyser les différences, si elles existent, entre les exploitations spécialisées élevage et les exploitations dites polyculture-élevage.

1. Matériel et méthodes

1.1 La base de données : le réseau d'observations d'élevages

L'INRA de Clermont-Theix, a mis en place dans les années 1970 un réseau d'observations technico-économiques en exploitations d'élevage bovins allaitants charolais du centre de la France. Le but de ce réseau est de connaître et d'analyser les potentialités des systèmes de production et de comprendre les déterminants des résultats et des évolutions. Ce réseau compte, en 2011, 76 fermes dont 66 exploitations en échantillon constant sur 10 ans, 61 exploitations sur 15 ans et 29 exploitations sur 30 ans.

Une enquête annuelle permet de collecter plus de 300 données concernant la main d'œuvre (familiale, salariée, temporaire), le troupeau (vêlages, mouvements d'animaux, poids), les surfaces (assolement, récoltes), le matériel (liste exhaustive), les bâtiments et installations, les consommations intermédiaires (quantités et prix), les ventes (types d'animaux et végétaux, quantités, prix), les aides et subventions (couplées, non couplées, montants unitaires), les investissements et emprunts. Ces données servent à

calculer pour chaque exploitation plus de 3000 variables technico-économiques concernant la structure, les résultats zootechniques, les marges unitaires des différents ateliers (bovins, cultures) ainsi que tous les résultats et ratios économiques.

Depuis 2010, nous collectons les éléments complémentaires nécessaires aux calculs des émissions de gaz à effet de serre (GES) et consommations d'énergie non renouvelable (ENR).

Notre analyse portera sur un groupe constant de 66 exploitations sur 2 ans, 2010 et 2011, dont 59 en système conventionnel et 7 en agriculture biologique (AB).

1.2 Variables de tri et constitution des groupes

Parmi les 59 exploitations conventionnelles, pour distinguer les exploitations herbagères spécialisées en élevage bovin et les exploitations de PCE plus ou moins spécialisées en élevage bovin et/ou en culture de vente, nous avons effectué un tri sur deux variables i) la part de la surface fourragère principale (SFP, surfaces en herbe et fourrages annuels) dans la surface agricole utile (SAU), ii) la part de la surface totale consacrée au troupeau bovin (Sbov = surface fourragère et surface de cultures annuelles auto-fournies, c'est-à-dire destinées à l'alimentation des bovins).

Trois groupes d'exploitations conventionnelles sont constitués :

- les éleveurs 100% herbagers (EH). Ce groupe est constitué de 7 exploitations dont l'ensemble de la SAU est occupée par de l'herbe. 70% de ces éleveurs (5) se trouvent en Nièvre. Seulement 2 se situent en zone de montagne, les autres se trouvent en zone herbagère du Nord Massif Central où, même si la culture de l'herbe domine, les conditions pédoclimatiques autorisent la culture de céréales et de maïs (Idele, 2013) et ne cultivent pas par choix.

- les éleveurs spécialisés ne vendant que des produits animaux, mais cultivant des céréales pour l'alimentation animale (E/C). Pour ce groupe de 31 exploitations, la SFP occupe 89% de la SAU, donc 11% de cette SAU est dédiée aux cultures auto-fournies. 13 de ces éleveurs (42%) sont en Creuse, les autres se répartissent entre Nièvre, Saône & Loire, Allier et Puy de Dôme.

- les polyculteurs et éleveurs vendant de la viande et des céréales (E+C). 21 exploitations constituent ce groupe. La SFP y occupe 68% de la SAU. Sur les 32% de la surface dédiée aux cultures annuelles, un tiers est consommée par les animaux (concentrés auto-fournies) et deux tiers sont vendus (cultures de vente). Globalement 77% de la SAU est consacrée aux animaux (Sbov) et 23% aux cultures de vente. La production de viande reste malgré tout prépondérante dans ces exploitations. On trouve 60% de ces éleveurs en Nièvre et 20% dans l'Allier.

Ces trois groupes ont été constitués avec les valeurs des deux variables de tri pour l'année 2011. Nous avons ensuite vérifié que chacun de ces trois groupes était composé des mêmes éleveurs pour l'année 2010, ce qui est le cas.

Un quatrième groupe est constitué avec les 7 exploitations en AB. Un seul de ces 7 éleveurs est 100% herbager. Globalement les cultures annuelles occupent 13% de la SAU en moyenne (de 8 à 25% pour les 6 éleveurs concernés) et sont principalement consommées par les animaux. 3 exploitations vendent 40% de leur culture, ce qui représente seulement 8% de leur SAU. Ces exploitations AB sont très spécialisées bovin viande puisque 95% de leur surface est consacrée au troupeau. 4 sont en Creuse, 2 en Nièvre et 1 en Saône & Loire.

1.3 Expression et analyse des résultats

Une étude systémique des systèmes d'exploitation des 4 groupes identifiés a été réalisée par une analyse comparée des principales variables :

- de structure et utilisation des surfaces : taille, productivité du travail, capital, assolement, chargement,
 - zootechniques : productivité numérique, kg de viande produit,
 - types et poids des animaux vendus,
 - système fourrager et alimentation : surfaces fauchées, ensilage, foin, concentrés,
 - résultats économiques : marge brute bovine, charges fixes, revenu par travailleur, aides par travailleur.
- Au sein de ces exploitations il existe une diversité de statut de la main d'œuvre (exploitante, salariée ou bénévole) et de mode de faire valoir (fermage ou propriété). Afin de pouvoir comparer le revenu entre exploitations (ou groupe d'exploitations), nous calculons le revenu du travail et des capitaux (RWC) qui doit rémunérer l'ensemble de la main d'œuvre et du capital de l'exploitation hors foncier. Ce revenu ne compte pas en charges les salaires nets des salariés (les charges sociales salariales et exploitants sont prises en compte) et alloue une valeur locative aux terres en propriété. $RWC = \text{Résultat Courant} + (\text{salaires nets des salariés}) - (\text{valeur locative des terres en propriété} - \text{impôts fonciers})$,
- environnementales : bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation (Simon et Le Corre, 1992), émissions de gaz à effet de serre et consommations d'énergie non renouvelable. Ces deux dernières variables environnementales sont calculées selon la méthode d'analyse de cycle de vie à partir des données techniques collectées sur chacune des exploitations. Le détail de la méthode, des paramètres utilisés ainsi que l'analyse fine des résultats et de leur variabilité sont donnés par Veysset *et al.* (2014b).

Un test non paramétrique (Man-Whitney) de comparaison de deux échantillons montre que les moyennes des principales variables de structure (taille, cheptel, mécanisation), de production de viande (kg produits) et des impacts environnementaux (bilan N, GES et ENR) ne sont pas significativement différents entre 2010 et 2011 pour chacun des groupes. Pour ces variables nous avons réuni les exploitations des deux années pour chaque groupe, nous analyserons alors les moyennes du groupe EH constitués de 14 observations, le groupe E/C avec 62 observations, le groupe E/C à 42 observations et le groupe AB constitué de 14 observations. Concernant les variables économiques, nous étudierons les résultats annuels de chaque groupe.

Pour tenir compte de la variabilité des résultats au sein d'un même groupe, nous avons réalisé un test non paramétrique de comparaison multiple par paire (Kruskal-Wallis). Ce test permet de déterminer si les groupes ont des caractéristiques identiques, ou non, en terme de distribution et de valeur médiane. Pour des valeurs moyennes différentes d'une variable, l'hétérogénéité et la variabilité intra-groupe peut aboutir à des valeurs médianes peu ou pas différentes et à conclure que ces deux groupes ne diffèrent pas l'un de l'autre.

2. Résultats

2.1 *Éléments de structure (tableau 1)*

Les exploitations de ce réseau charolais sont toutes de grande taille, avec une moyenne de 165 ha. La moyenne des exploitations bovines viande françaises étant de 104 ha en 2011 (Agreste, RICA, OTEX46). La taille moyenne des AB est la plus petite alors que celle des E+C est la plus grande, mais globalement ces quatre groupes ne sont pas significativement différents. Le capital engagé par travailleur est le plus faible pour les AB et le plus élevé pour les EH, mais dans tous les cas ce capital est important.

Les 3 groupes conventionnels étant constitués sur deux variables de tri, nous avons donc bien des assolements significativement différents avec présence de cultures de vente à hauteur de 23% de la SAU pour E+C. Le groupe AB consacre 13% de sa SAU aux cultures auto-fournies, et est, sur ce critère, comparable au groupe E/C. Les groupes EH, E/C et AB consacrent pratiquement l'intégralité de la surface de l'exploitation à la production bovine. Bien que l'herbe occupe pratiquement l'intégralité de

la SFP pour l'ensemble des exploitations, les AB et les E/C cultivent plus de prairies temporaires et la part de prairies permanentes (surface toujours en herbe) dans la surface totale en herbe y est plus faible.

Tableau 1 : Caractéristiques structurelles moyennes sur 2 ans (2010-2011) des 4 groupes

| | EH | E/C | E+C | AB |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Nombre de Travailleurs (UTH) | 1,62 ^a | 1,99 ^a | 1,84 ^a | 1,73 ^a |
| SAU ha | 159,7 ^a | 161,7 ^a | 179,9 ^a | 143,1 ^a |
| SFP % SAU | 100 ^c | 89 ^b | 68 ^a | 87 ^b |
| Herbe % SFP | 100 ^a | 97 ^a | 97 ^a | 99 ^a |
| dont Surface Toujours en Herbe % SFP | 84 | 56 | 67 | 44 |
| Sbov % SAU | 99 ^b | 96 ^b | 77 ^a | 95 ^b |
| Unités Gros Bovins (UGB) | 176,3 ^{ab} | 179,6 ^b | 158,8 ^{ab} | 120,6 ^a |
| SAU ha / UTH | 90,4 ^{ab} | 83,5 ^a | 98,2 ^b | 85,1 ^{ab} |
| UGB / UTH | 102,4 ^b | 90,7 ^{ab} | 85,9 ^{ab} | 74,2 ^a |
| Chargement UGB / ha SFP | 1,15 ^{ab} | 1,24 ^b | 1,27 ^b | 0,99 ^a |
| Capital hors foncier k€ / UTH | 272,7 ^a | 235,9 ^a | 243,0 ^a | 199,1 ^a |
| Taux d'Endettement | 38,9 ^a | 31,6 ^a | 32,2 ^a | 34,9 ^a |

Notes : a, b, c : Sur la même ligne, les valeurs ayant en exposant des lettres différentes indiquent que les groupes proviennent de populations différentes au seuil de 5%

Si les groupes AB et E/C sont semblables concernant leur surface (taille et assolement), ils diffèrent quant à la taille des troupeaux. E/C détient les plus grands troupeaux avec 180 UGB et AB les plus « petits » avec 121 UGB (la taille moyenne des troupeaux des exploitations françaises bovins viande en 2011 est de 112 UGB)

En terme de productivité physique du travail (Charroin *et al.*, 2012), les éleveurs avec cultures de vente (E+C) détiennent les plus grandes surfaces agricoles par travailleur, les E/C les plus petites. Ce sont les éleveurs 100% herbagers (EH) qui détiennent les plus grands troupeaux par travailleur, et les AB les plus petits.

Les chargements moyens sont les plus élevés chez les E/C et E+. Les AB ont des systèmes de production plus extensifs à la surface avec un chargement par ha de SFP 20 à 30% plus faible que chez les conventionnels.

2.2 Critères zootechniques et animaux vendus (tableau 2)

Les critères de reproduction, captés par la productivité numérique (nombre de veaux sevrés vivants par vache mise à la reproduction), sont identiques dans les 4 groupes. Nous n'observons pas de différence significative concernant la productivité animale mesurée par la production de viande vive par UGB entre les 3 groupes conventionnels, les AB sont en net retrait sur ce critère de productivité (-23%).

Le type d'animaux vendus diffère sensiblement entre les groupes. Les AB et les E/C ont tendance à engraisser plus d'animaux, notamment des mâles et génisses. Les mâles engraisés par les E/C sont à 92% des taurillons, alors que chez les AB ce sont à 75% des bœufs. Les 100% herbagers engraisent

peu de mâles, et profitent de leurs surfaces en herbe pour produire des mâles maigres de 15 mois alourdis en pâture au printemps (13% de vente des mâles). Les E+C n'engraissent pratiquement pas de mâles qui sont vendus à plus de 80% en broutards.

Les poids vifs des broutards vendus ainsi que les poids de carcasse des vaches de réforme vendues grasses sont quasi identiques entre les 3 groupes conventionnels. Malgré un taux d'engraissement supérieur, les E/C n'obtiennent pas une productivité animale supérieure aux E+C du fait d'un pourcentage de vaches improductives supérieur (vaches n'étant pas mise à la reproduction une année et faisant un saut d'un an : E/C = 9,1% ; E+C = 3,9%). Les AB se démarquent avec des poids d'animaux plus faibles (-23% et -8% respectivement pour les broutards et les vaches de réforme).

Tableau 2 : Résultats zootechniques (productivité animale) sur 2 ans (2010-2011) des 4 groupes

| | EH | E/C | E+C | AB |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Productivité Numérique % | 84,6 ^a | 85,3 ^a | 83,8 ^a | 86,1 ^a |
| Kg _{gv} produits / UGB | 320 ^a | 317 ^a | 320 ^a | 245 ^b |
| % Animaux Vendus Engraissés | 31 | 45 | 30 | 49 |
| % Mâles Vendus Gras | 22 | 41 | 11 | 32 |
| % Génisses Vendues Grasses | 34 | 41 | 27 | 39 |
| % Vaches Réforme Vendues Grasses | 72 | 66 | 65 | 60 |
| Broutards % des Mâles Vendus | 57 | 49 | 81 | 61 |
| Age moyen des Broutards (mois) | 10,0 | 10,7 | 10,3 | 8,7 |
| Poids Vif moyen des Broutards (kg) | 414 | 412 | 406 | 314 |
| Poids Carcasses Vaches Réforme (kg) | 425 | 435 | 424 | 394 |

Notes : a, b, c : Sur la même ligne, les valeurs ayant en exposant des lettres différentes indiquent que les groupes proviennent de populations différentes au seuil de 5%

2.3 Surface fourragère et alimentation (tableau 3)

Dans l'ensemble des exploitations, le maïs fourrage est très peu, voire pas du tout, présent. L'herbe est donc le fourrage de base des animaux. Les exploitations les plus herbagères (EH et AB) récoltent l'herbe sous forme de foin, alors que les exploitations faisant un peu de maïs ensilage (E/C et E+C) ensilent également une partie de leur surface en herbe ; théoriquement ces exploitations E/C et E+C devraient donc disposer de fourrages conservés de meilleure qualité.

Concernant les 3 groupes conventionnels : l'intensité de la production de viande par ha de SFP est en moyenne supérieure chez les E+C (effet chargement), par contre, par ha consacrés aux bovins, elle n'est pas différente. Pourtant, et malgré de meilleurs fourrages conservés (en théorie), les deux groupes produisant des concentrés sur l'exploitation (E/C et E+C) sont les plus forts consommateurs de concentrés par UGB et par kg de viande produite. Le groupe EH est logiquement le plus fort acheteur de concentrés. Le groupe E+C, disposant de la plus grande surface en cultures, distribue logiquement la plus forte quantité de concentrés autoproduits, mais paradoxalement n'en achète pas moins que les E/C. Chez les E/C et E+C l'autosuffisance en concentrés (concentrés auto-fournis / concentrés totaux) est de 57%.

Les AB sont les moins consommateurs de concentrés par UGB (-40 à -50% par rapport aux conventionnels), que ce soient les concentrés achetés ou produits sur l'exploitation. Pour produire un kg de poids vif, les AB utilisent environ 35% de moins de concentrés que les conventionnels. Les AB sont également les plus autosuffisants en concentrés, puisque 70% de leur consommation est issue de leur exploitation.

L'autonomie alimentaire UF (part des besoins UF des troupeaux couverte par les UF produites sur l'exploitation) (Paccard *et al.*, 2003), est la plus faible chez les EH (83%) et la plus élevée chez les AB (96%).

Tableau 3 : Description du système fourrager et d'alimentation moyen sur 2 ans (2010-2011) des 4 groupes

| | EH | E/C | E+C | AB |
|--|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Surface Maïs Ensilage % SFP | 0 | 3 | 3 | 1 |
| Ha Herbe Ensilés % Ha Herbe | 9 | 18 | 16 | 9 |
| Azote Minéral kg N / ha SFP | 9 ^{ab} | 20 ^{bc} | 33 ^c | 0 ^a |
| Kg _{vv} produits / ha SFP | 370 ^b | 395 ^b | 408 ^b | 241 ^a |
| Kg _{vv} produits / ha Sbov | 373 ^b | 368 ^b | 372 ^b | 223 ^a |
| Concentrés Totaux kg / UGB | 638 ^{ab} | 740 ^b | 834 ^b | 373 ^a |
| Concentrés Achetés kg / UGB | 626 ^c | 325 ^b | 353 ^b | 116 ^a |
| Concentrés Produits kg / UGB | 12 ^a | 415 ^{bc} | 481 ^c | 257 ^b |
| Concentrés Totaux kg / Kg _{vv} produits | 1,98 ^{ab} | 2,29 ^b | 2,60 ^b | 1,51 ^a |
| Autonomie Alimentaire UF % | 83 ^a | 90 ^b | 90 ^b | 96 ^c |

Notes : a, b, c : Sur la même ligne, les valeurs ayant en exposant des lettres différentes indiquent que les groupes proviennent de populations différentes au seuil de 5%

2.4 Surfaces en culture

Les rendements des céréales ainsi que la fertilisation azotée minérale ne sont pas significativement différents entre les 2 groupes conventionnels (Tableau 4). Le rendement des céréales AB est 40% plus faible que celui des conventionnels, mais sans fertilisation minérale. Le groupe des E+C cultive également du colza.

Tableau 4 : Description du système fourrager et d'alimentation moyen sur 2 ans (2010-2011) des 4 groupes

| | E/C | E+C | AB |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Rendements Céréales qx / Ha Céréales | 49,5 ^b | 55,9 ^b | 31,9 ^a |
| Rendements Colza qx / Ha Colza | - | 26,0 | - |
| Azote Minéral kg N / Ha Culture | 92 ^b | 116 ^b | 4 ^a |

Notes : a, b, c : Sur la même ligne, les valeurs ayant en exposant des lettres différentes indiquent que les groupes proviennent de populations différentes au seuil de 5%

2.5 Résultats économiques (tableau 5)

Grâce à un début de hausse du prix de la viande entre 2010 et 2011, le produit brut bovin augmente de 10% entre les deux années pour les 4 groupes. La hiérarchie est toutefois maintenue entre les groupes : pas de différence significative entre les conventionnels et un produit brut bovin en retrait de plus de 10% pour les AB du fait d'une plus faible productivité pondérale. Par contre les AB sont beaucoup plus économes sur les charges du troupeau (moins de concentrés utilisés) et de la SFP (pas de fertilisation minérale). Les charges du troupeau de l'ensemble des exploitations ont augmentés de 20 à 30% entre 2010 et 2011 du fait d'une sécheresse au printemps 2011 ayant entraîné l'achat de fourrages grossiers et d'un peu plus de concentrés. Parmi les conventionnels, les E/C ont le plus faible niveau de charges du troupeau, les E+C et les EH ont le même niveau. Les charges de la SFP sont plus élevées chez les E/C et E+C qui ensilent un peu de maïs et de l'herbe, et plus faibles chez les EH. Globalement, ce sont les éleveurs avec culture de vente (E+C) qui obtiennent la plus faible marge brute bovine, et les herbagers (EH) la plus élevée (différence de 20% entre les deux groupes). Les AB se situent entre ces deux groupes.

Malgré des rendements 40% plus faibles, les AB obtiennent une meilleure marge brute des cultures sur les deux années considérées grâce à un prix des céréales près de deux fois supérieur aux conventionnels et à une forte économie de charges (pas de fertilisation minérale ni de traitements pesticides).

Le produit brut d'exploitation (aides comprises) par ha de SAU est de même grandeur pour les 3 groupes conventionnels. Du fait d'une moindre productivité à l'ha, celui des AB est 15 à 20% plus faible. Pour produire 100 €, les AB ne dépensent que 16 € de charges opérationnelles quand les conventionnels en engagent 25 à 31 €. Ce sont les E+C qui ont le fort taux de charges opérationnelles avec 31 € pour 100 € de produit brut.

Les charges fixes par ha de SAU sont les plus élevées chez les herbagers EH et les plus faibles chez les AB (20% d'écart). Les E/C et E+C ont le même niveau de charges fixes. La mécanisation représente 35 à 40% de ces charges fixes. Les E+C ont le niveau de charge de mécanisation le plus élevé et les AB le plus faible.

Les revenus du travail et des capitaux par ha de SAU ont augmenté en moyenne de 20% entre 2010 et 2011. Cette hausse est la conséquence de la hausse des marges brutes bovines, et de la perception d'aides sécheresses venant plus que compenser l'augmentation des charges de concentrés et fourrages achetés. Au final et pour chacune des deux années, ce sont les AB qui dégagent le meilleur revenu du travail et des capitaux par ha de SAU. Les herbagers (EH) et les éleveurs avec culture de vente (E+C) ont les plus faibles revenus par ha. En moyenne sur les deux années, le revenu par ha des AB est de 381 €/ha, celui des E+C de 249 €/ha, soit +53% pour les AB par rapport aux E+C.

Les revenus par travailleurs augmentent entre 2010 et 2011, et s'uniformisent en 2011 ; les revenus les plus élevés en 2010 (AB et E+C) n'augmentent que de 6 à 9% entre les deux années, alors celui des EH fait une progression de 45%. En moyenne sur deux ans, le revenu par travailleur des AB est plus de 20% supérieur à celui des conventionnels, mais leur forte dispersion ne permet pas de conclure à une différence entre groupe. La productivité physique du travail (nombre d'ha de SAU par travailleurs totaux) vient compenser les écarts de revenu à l'ha. Avec 13 ha de plus par travailleur (soit +15%), les E+C comblent une partie des 130 €/ha d'écart avec les AB mais restent malgré tout, en moyenne, inférieur de 6 000 €/UTH.

Le montant des aides totales par travailleur est le plus élevé pour les herbagers (EH) et le plus faible pour les E/C. Le montant unitaire des Droits à Paiement Unique est identique pour les trois groupes conventionnels (225 à 230 €/ha SAU), les DPU des AB sont 10% plus faibles du fait d'un moindre chargement. Les aides du second pilier de la PAC (prime à l'herbe, indemnités compensatrices des handicaps naturels, soutien à l'AB) viennent se rajouter aux aides du premier pilier des systèmes

herbagers et AB. La plus forte progression des aides entre 2010 et 2011 pour les EH est due aux aides sécheresse ; ces aides ne sont versées qu'aux surfaces fourragères et en fonction de leur part dans la SAU, les EH en bénéficient donc d'avantage que les exploitations d'élevage avec cultures.

Tableau 5 : Résultats économiques annuels et moyens sur 2 ans (2010-2011) des 4 groupes

| | | EH | E/C | E+C | AB |
|--|------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Produit Brut Bovin € / UGB | 2010 | 780 | 724 | 753 | 652 |
| | 2011 | 842 | 822 | 832 | 741 |
| | Moy. | 811 ^b | 773 ^b | 793 ^b | 697 ^a |
| Charges du Troupeaux € / UGB | 2010 | 255 | 223 | 275 | 166 |
| | 2011 | 305 | 278 | 323 | 219 |
| | Moy. | 280 ^{ab} | 250 ^a | 299 ^b | 193 ^a |
| Charges de la SFP € / Ha SFP | 2010 | 32 | 48 | 56 | 22 |
| | 2011 | 27 | 55 | 66 | 32 |
| | Moy. | 29 ^a | 52 ^b | 61 ^b | 27 ^a |
| Marge Brute Bovine € / UGB | 2010 | 547 | 493 | 437 | 513 |
| | 2011 | 572 | 524 | 460 | 529 |
| | Moy. | 560 ^b | 508 ^b | 448 ^a | 521 ^{ab} |
| Marge Brute Cultures € / Ha Cultures | 2010 | - | 515 | 575 | 780 |
| | 2011 | - | 506 | 583 | 1 065 |
| | Moy. | | 510 ^a | 579 ^{ab} | 922 ^b |
| Produit Brut d'Exploitation € / Ha SAU | 2010 | 1 253 | 1 188 | 1 217 | 1 015 |
| | 2011 | 1 399 | 1 288 | 1 275 | 1 130 |
| | Moy. | 1 326 ^b | 1 238 ^{ab} | 1 246 ^b | 1 073 ^a |
| Ch. opérationnelles % Produit Brut | Moy. | 30 ^{bc} | 26 ^b | 31 ^c | 16 ^a |
| Charges de Structure € / Ha SAU | Moy. | 642 ^b | 582 ^{ab} | 587 ^{ab} | 512 ^a |
| dont Mécanisation € / Ha SAU | Moy. | 214 ^{ab} | 212 ^a | 239 ^b | 184 ^a |
| Revenu du Travail et des Capitaux € / Ha SAU | 2010 | 212 | 277 | 239 | 366 |
| | 2011 | 319 | 338 | 259 | 396 |
| | Moy. | 266 ^{ab} | 308 ^b | 249 ^a | 381 ^b |
| Revenu du Travail et des Capitaux € / UTH | 2010 | 20 061 | 22 267 | 23 081 | 29 943 |
| | 2011 | 29 355 | 27 957 | 25 199 | 31 798 |
| | Moy. | 24 708 ^a | 25 112 ^a | 24 140 ^a | 30 870 ^a |
| Aides Totales € / UTH | 2010 | 42 764 | 34 987 | 36 560 | 39 894 |
| | 2011 | 48 748 | 38 442 | 39 535 | 43 111 |
| | Moy. | 45 756 ^b | 36 714 ^a | 38 048 ^{ab} | 41 502 ^{ab} |

Notes : a, b, c : Sur la même ligne, les valeurs ayant en exposant des lettres différentes indiquent que les groupes proviennent de populations différentes au seuil de 5%

2.6 Résultats environnementaux (tableau 6)

Avec une fertilisation minérale par ha de SFP et de SAU supérieure aux autres groupes conventionnels, pour une intensité de la production de viande non supérieure, les E+C obtiennent le bilan azote apparent à l'échelle de l'exploitation (hors fixation symbiotique par les légumineuses) le plus excédentaire (tout en restant modéré). Les AB ont un bilan négatif (-10 kg/ha SAU), les légumineuses vont donc avoir un rôle très important pour la durabilité agronomique de ces systèmes.

Tableau 6 : Résultats environnementaux moyens sur 2 ans (2010-2011) des 4 groupes

| | EH | E/C | E+C | AB |
|--|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Bilan Azote kg N / Ha SAU | +31 ^a | +32 ^a | +41 ^b | -10 ^c |
| GES bruts kg eqCO ₂ / kgvv | 12,35 ^a | 12,56 ^a | 13,27 ^{ab} | 14,67 ^b |
| Compensation C % GES bruts | 27,7 ^b | 20,0 ^a | 20,9 ^a | 27,8 ^b |
| GES nets kg eqCO ₂ / kgvv | 8,95 ^a | 10,02 ^{ab} | 10,48 ^b | 10,58 ^b |
| ENR MJ / kgvv | 27,0 ^a | 29,7 ^{ab} | 32,5 ^b | 30,2 ^{ab} |
| dont Carburant MJ / kgvv | 9,1 ^a | 10,6 ^a | 10,8 ^{ab} | 12,7 ^b |
| dont Aliments Achetés MJ / kgvv | 7,3 ^b | 4,5 ^a | 5,1 ^{ab} | 3,9 ^a |
| dont Engrais MJ / kgvv | 1,6 ^a | 4,1 ^b | 6,4 ^c | 0,4 ^a |
| GES kg eqCO ₂ / kg grain | - | 30,70 ^b | 31,86 ^b | 13,85 ^a |
| ENR MJ / kg grain | - | 262 ^{ab} | 271 ^b | 207 ^a |
| GES nets kg eqCO ₂ / Ha SAU | 3 286 ^b | 3 630 ^b | 3 892 ^b | 2 384 ^a |
| ENR MJ / Ha SAU | 9 866 ^b | 10 730 ^b | 12 154 ^b | 6 672 ^a |

Notes : a, b, c : Sur la même ligne, les valeurs ayant en exposant des lettres différentes indiquent que les groupes proviennent de populations différentes au seuil de 5%

Les émissions brutes de GES par kg de viande vive produit sont les plus élevés chez les AB du fait d'une faible productivité pondérale animale et chez les E+C du fait d'une plus forte utilisation d'intrants (notamment les engrais qui impactent les émissions de N₂O). Avec un plus grande part d'herbe dans la SAU, les EH et AB compensent à hauteur de 28% les émissions brutes de GES grâce au stockage de carbone sous prairie (puits de carbone). Les émissions nettes de GES par kg de viande vive produit se trouvent alors les plus faibles chez les EH, les trois autres groupes (y compris les AB) ne présentent plus de différence significative entre eux.

Les herbagers EH se trouvent être également les plus faibles consommateurs d'énergie non renouvelable par kg de viande vive produit. Ils achètent tous leurs aliments concentrés, mais ils utilisent moins de carburant et d'engrais que les autres groupes conventionnels. Les consommations d'ENR par kgvv des AB sont comparables aux E/C et E+C ; les AB se distinguent par une plus forte consommation de fuel (liée à une faible productivité pondérale), mais surtout par une très faible consommation d'ENR liée aux aliments achetés et aux engrais et autres intrants issus de la pétrochimie.

Cette non utilisation d'intrants chimiques est encore plus marquante pour les émissions de GES et les consommations d'ENR par quintal de grain de céréales : les AB émettent près de 60% de GES en moins et consomment 20% de moins d'ENR que les conventionnels. Les E/C et E+C ont des résultats similaires.

Les émissions nettes de GES ainsi que les consommations d'ENR, ramenées à l'ha de SAU, ne sont pas significativement différentes entre les trois groupes conventionnels (bien que les moyennes des herbagers aient tendance à être les plus faibles). Du fait de la moindre productivité à l'ha et de la moindre utilisation d'intrants, les AB se distinguent largement des conventionnels avec des émissions de GES 30% plus faible à l'ha et des consommations d'ENR 40% plus faibles.

3. Discussion

Sur les décennies passées les systèmes de production bovins allaitants se sont adaptés aux différentes réformes de la PAC, aux évolutions des marchés par une augmentation continue de la taille des exploitations et de la productivité physique du travail (Veysset *et al.*, 2005b; García-Martínez *et al.*, 2009). La polyculture-élevage a tout de même persisté dans certaines exploitations. Les déterminants de ce maintien de la PCE peuvent être des deux ordres i) subis dans le cas d'exploitations qui ont maintenu l'élevage allaitant pour valoriser des surfaces non labourables ii) voulus pour la recherche d'autonomie alimentaire pour le troupeau et la diversification des productions pour sécuriser le revenu face aux fluctuations des marchés (Ryschawy *et al.*, 2013). Dans tous les cas se pose la question de la gestion de ces systèmes complexes.

3.1 Autonomie alimentaire et diversification des ressources alimentaires

La recherche d'autonomie alimentaire est une volonté forte de la part des éleveurs en agriculture biologique (Veysset *et al.*, 2013), et une nécessité économique du fait du prix très élevé des concentrés certifiés AB. Les éleveurs conventionnels cultivant des céréales obtiennent logiquement une autonomie alimentaire pour leurs troupeaux à l'échelle de l'exploitation (fourrages et concentrés) supérieure aux éleveurs 100% herbagers qui doivent acheter tous les concentrés nécessaires (tableau3). Cependant, ces polyculteurs-éleveurs disposant d'une ressource alimentaire que n'ont pas les herbagers (céréales), ont tendance à en distribuer plus aux animaux pour une production de viande non significativement différente. Cette tendance à distribuer des quantités importantes de céréales aux animaux est apparue à partir de 1992, année de la première réforme de la PAC avec une baisse du prix des céréales et des aides compensatrices quelque soit la destination de ces céréales, vendues ou auto-fournies (Veysset *et al.*, 2014a). Aujourd'hui, et malgré la forte augmentation du prix des céréales depuis 2010, ces pratiques n'ont pas encore changé. L'accroissement de la taille des troupeaux par travailleur, ainsi que l'aval de la filière qui veut des animaux à conformation et poids « standards » et homogènes, incitent les éleveurs à simplifier leurs pratiques et à distribuer des concentrés toute l'année pour sécuriser la croissance des animaux quelque soit la qualité du fourrage à disposition (Charroin *et al.*, 2012). Parmi les polyculteurs-éleveurs, il semblerait que ceux spécialisés en production bovine soient un peu plus économes quant à la distribution de concentrés à leurs animaux que ceux associant des bovins et des cultures de vente.

Avec 96% d'autonomie alimentaire UF, ce sont les AB qui tirent le mieux partie de la diversification des ressources alimentaires des troupeaux. D'autant que ces AB ne cultivent pas de céréales pures mais des mélanges céréales protéagineux qui ont une valeur azotée plus élevée. Par ces cultures de mélanges, les AB cherchent une autonomie en protéines (le tourteau de soja AB vaut autour de 1 000 € la tonne en 2013 contre 450 € pour le conventionnel). Les protéagineux permettent également d'apporter de l'azote au sol pour la nutrition des céréales.

3.2 Efficacité d'utilisation des intrants et économies de gamme

La plus-value économique et environnementale potentielle des systèmes PCE est liée à la notion d'intégration des ateliers cultures et élevages qui elle-même renvoie à la notion d'économie de gamme

(Vermersch, 2004). Il y a économie de gamme quand une exploitation qui produit deux biens (ou plus) peut atteindre un volume de production supérieur ou avoir des coûts de productions inférieurs par rapport à deux exploitations (ou plus) produisant chacune un seul bien (avec une même quantité de facteurs) (Perrot *et al.*, 2013). Or, parmi les conventionnels, il apparaît que ce sont les producteurs de viande et de grain (E+C) qui utilisent le plus d'intrants (notamment concentrés et engrais) pour une production non significativement supérieure aux éleveurs plus spécialisés. Ces E+C obtiennent par conséquent les moins bonnes marges brutes par atelier, mais également les moins bons résultats environnementaux.

Avant de parler d'intégration d'atelier ou d'économie de gamme, il faut donc se poser la question de l'efficacité technique. Avec une même combinaison d'intrants, chaque exploitation atteint un certain niveau de production qui n'est pas toujours optimal. Pour améliorer l'efficacité du système il convient donc de situer ce niveau de production avec un niveau maximal atteignable afin de mesurer les marges de progrès. Cette efficacité peut être mesurée avec la méthode DEA (Data Envelopment Analysis), (Fraser et Cordina, 1999; Gerdessen et Pascucci, 2013) qui a permis de mettre en évidence un gaspillage potentiel des intrants de 34% en production ovine allaitante, d'où une forte variabilité sur les résultats économiques et environnementaux de ces élevages (Benoit et Dakpo, 2012). Si une synergie existe entre ateliers culture et élevage, le calcul des frontières de production, par la méthode DEA, peut permettre d'en estimer l'importance économique (Villano *et al.*, 2010).

La PCE devrait également permettre de partager certains facteurs de production entre différents ateliers. C'est le cas notamment de la mécanisation qui pourrait s'amortir plus facilement sur plusieurs ateliers. Là encore, nous observons que les E+C ne réalisent pas d'économie, mais qu'au contraire ils affichent des charges de mécanisation à l'ha plus élevées que les autres groupes (Tableau 5).

Finalement les exploitations E+C semblent moins efficaces et pourraient être considérées comme des exploitations juxtaposant deux ateliers, avec une gestion non optimale de chacun des ateliers par rapport à des exploitations spécialisées.

Un constat similaire a été observé en production laitière (Perrot *et al.*, 2013). Le coût de production hors rémunération de la main d'œuvre familiale du litre de lait issu des exploitations laitières PCE des zones de plaine françaises est légèrement supérieur à celui des autres exploitations laitières de ces mêmes zones de plaine. Les PCE affichent un surcoût opérationnel lié aux stratégies peu autonomes sur l'alimentation. Grâce à une productivité supérieure du travail le coût de production, travail compris, est toutefois favorable aux polyculteurs-éleveurs. La tendance à l'intensification avec utilisation d'intrants chez les PCE entraîne chez ces exploitations, en moyenne, un impact environnemental plus fort (émissions de GES, eutrophisation, consommation d'énergie) pour produire mille litres de lait que les systèmes spécialisés de plaine. Ripoll-Bosch *et al.* (2014) observent la même tendance dans les zones défavorisées du sud de l'Europe : la performance économiques des exploitations ovine n'est pas corrélée à la diversité des productions ou à la productivité animale, le principal déterminant de la durabilité de ces systèmes étant l'autonomie alimentaire et donc le degré de dépendance aux inputs.

Alors que la complémentarité culture/élevage (autonomie alimentaire) est souvent avancée par les éleveurs comme source de gain économique, l'observation des résultats moyens de ces échantillons (de taille limitée) d'exploitations d'élevage bovin viande, ovin viande et lait conventionnels, semblerait indiquer que, tant économiquement qu'environnementalement, les notions d'économie de gamme ne soient pas valides. Une analyse plus fine de la variabilité de ces résultats permettrait d'identifier les stratégies et/ou pratiques des exploitations tirant réellement parti de ce gain potentiel lié à l'intégration culture/élevage. L'Agriculture Biologique pourrait, elle, être considérée comme un prototype de système de PCE répondant aux grands principes de l'agro-écologie (Abreu *et al.*, 2012).

3.3 Encourager la gestion de systèmes complexes

L'idéal agronomique que représentent les systèmes de PCE est basé sur de nombreux travaux concentrés sur les processus biophysiques à l'échelle de la parcelle ou d'un atelier.

Lorsqu'on se situe à l'échelle de l'exploitation agricole il y a un écart entre le modèle conceptuel et la réalité. Il conviendrait tout d'abord de définir, de tracer les contours d'une exploitation agricole de PCE. En effet, parmi les exploitations de bovins viande, certaines cultivent des céréales uniquement pour l'alimentation des animaux, d'autres pour l'alimentation et la vente et enfin certaines peuvent vendre l'intégralité de leurs céréales et acheter des aliments concentrés. La PCE étant communément définie par la part de l'alimentation des animaux provenant des cultures de l'exploitation et par le poids des activités autres que l'élevage dans le produit total d'exploitation (Sere *et al.*, 1996), il convient donc de statuer sur la façon de prendre en compte les céréales selon leur destination, ainsi que sur la notion d'intégration des ateliers (Tichit *et al.*, 2011; Sneessens, 2014).

Les systèmes intégrés de PCE sont des systèmes complexes. La tendance à l'accroissement continu depuis des décennies de la taille des exploitations et de la productivité du travail a entraîné une spécialisation et une simplification des pratiques aboutissant à une gestion séparée des ateliers cultures et élevages (Bell et Moore, 2012). Les exploitations PCE du réseau d'exploitations agricoles du bassin Charolais, vendant des produits animaux et végétaux, de taille supérieure aux éleveurs spécialisés (avec ou sans culture auto-fournies), font une plus forte utilisation d'intrants. Cette utilisation d'intrants (et de mécanisation) offre une certaine sécurité et simplification du travail, mais n'est pas le meilleur moyen d'optimiser les performances animales ainsi que la rentabilité du système. Les exploitations en agriculture biologique sont contraintes par le cahier des charges à ne pas utiliser d'intrants chimiques, les intrants organiques autorisés sont très chers, ces exploitations sont alors poussées à utiliser des pratiques plus intégrées et à ainsi optimiser les ressources et le système de production.

Même si diverses études de cas montrent que des systèmes PCE bien gérés engendrent de meilleures performances, il y a des freins à leurs expansions. Les barrières à l'adoption de systèmes complexes intégrés sont plus d'ordre social (environnement professionnels, demande de la filière, représentation sociale des pratiques en lien avec la culture et la tradition, services de développement, formation) que liées à des freins biophysiques (Franzluebbers, 2007). Cette dimension sociale peut évoluer avec la démonstration et l'expérience au cours du temps.

Conclusion

Les systèmes de polyculture-élevage sont généralement considérés comme vertueux. Les résultats issus d'un réseau de 66 exploitations bovin allaitant du bassin Charolais, montrent que les exploitations de polyculture-élevage conventionnelles sont moins efficaces que les exploitations bovines spécialisées. Les exploitations en agriculture biologique exploitent de façon plus efficace la diversité des ressources alimentaires pour les troupeaux (fourrages, céréales, protéagineux), les positionnant ainsi comme un prototype possible d'exploitation polyculture-élevage répondant au concept d'agro-écologie.

Passer de la réalité à l'idéal agronomique suppose une relative rupture. Passer de l'étude de processus biophysiques à une échelle parcelle ou animale, à l'exploitation agricole nécessite que la recherche, l'enseignement et la formation adoptent des approches systémiques et interdisciplinaires sur le long terme. Les politiques publiques ont également leur importance en encourageant les systèmes de production agricole intégrant leurs différents ateliers, et efficaces quant à l'utilisation de leur facteurs de production tout en limitant l'encouragement à l'agrandissement et à la substitution travail capital lié au non plafonnement et à la non dégressivité des aides par travailleur.

Références bibliographiques

- Abreu L.S., Bellon S., Brandenburg A., Ollivier G., Lamine C., Darolt M.R., Aventurier P., 2012. Relations between organic agriculture and agroecology: current challenges around the principles of agroecology. *Relacoes entre Agricultura Organica e Agroecologia: desafios atuais em torno dos principios da agroecologia. Desenvolvimento e Meio Ambiente* 26, 143-160.
- Bell L.W., Moore A.D., 2012. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: trends, drivers and implications. *Agricultural Systems* 111, 1-12.
- Benoit M., Dakpo H., 2012. Consommation d'énergie, performance économique et technique en production ovine allaitante. *Rencontres Recherches Ruminants*, 19. INRA-Idele, Paris, p. 58.
- Charroin T., Veysset P., Devienne S., Fromont J.L., Palazon R., Ferrand M., 2012. Productivite du travail et économie en élevages d'herbivores : définition des concepts, analyse et enjeux. *INRA Productions Animales* 25, 193-210.
- Chatellier V., Guyomard H., 2011. Le bilan de santé de la PAC et le rééquilibrage des soutiens à l'agriculture Française. *Economie Rurale*, 4-20.
- Choisis J.P., Sourdril A., Deconchat M., Balent G., Gibon A., 2010. Comprendre la dynamique régionale des exploitations de polyculture élevage pour accompagner le développement rural dans les Coteaux de Gascogne. *Cahiers Agricultures* 19, 97-103.
- Devendra C., Thomas D., 2002. Crop–animal interactions in mixed farming systems in Asia. *Agricultural Systems* 71, 27-40.
- Dugue P., Kone F.R., Kone G., Akindes F., 2004. Production agricole et élevage dans le centre du bassin cotonnier de Cote d'Ivoire - Développement économique, gestion des ressources naturelles et conflits entre acteurs. *Cahiers Agricultures* 13, 504-509.
- Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M., 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal* 7, 1028-1043.
- Franzluebbbers A.J., 2007. Integrated Crop–Livestock Systems in the Southeastern USA. *Agron. J.* 99, 361-372.
- Franzluebbbers A.J., Stuedemann J.A., 2007. Crop and cattle responses to tillage systems for integrated crop–livestock production in the Southern Piedmont, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22, 168-180.
- Fraser I., Cordina D., 1999. An application of data envelopment analysis to irrigated dairy farms in Northern Victoria, Australia. *Agricultural Systems* 59, 267-282.
- García-Martínez A., Olaizola A., Bernués A., 2009. Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems. *Animal* 3, 152-165.
- Gerdessen J.C., Pascucci S., 2013. Data Envelopment Analysis of sustainability indicators of European agricultural systems at regional level. *Agricultural Systems* 118, 78-90.
- Hendrickson J., Sassenrath G.F., Archer D., Hanson J., Halloran J., 2008a. Interactions in integrated US agricultural systems: The past, present and future. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23, 314-324.
- Hendrickson J.R., Hanson J.D., Tanaka D.L., Sassenrath G., 2008b. Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23, 265-271.
- Herrero M., Gerber P., Vellinga T., Garnett T., Leip A., Opio C., Westhoek H.J., Thornton P.K., Olesen J., Hutchings N., Montgomery H., Soussana J.F., Steinfeld H., McAllister T.A., 2011. Livestock and greenhouse gas emissions: the importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology* 166/167, 779-782.
- Idele, 2013. L'élevage d'herbivores au recensement agricole 2010. Le dossier *Economie de l'Élevage*. Institut de l'Élevage, pp. 1-96.
- Mazoyer M., Roudart L., 1997. *Histoire des agricultures du monde: Du néolithique à la crise contemporaine*. Editions du Seuil, Paris, France.

- Mounier A., 1992. Les théories économiques de la croissance agricole. INRA, Paris, France.
- Paccard P., Capitain M., Farruggia A., 2003. Autonomie alimentaire et bilans minéraux des élevages bovins laitiers selon les systèmes de production. *Fourrages*, 243-257.
- Perrot C., Caillaud D., Chambaut H., 2013. Économies d'échelle et économies de gamme en production laitière. Analyse technico-économique et environnementale des exploitations de polyculture-élevage. *Notes et études socio-économiques* 37, 7-32.
- Ripoll-Bosch R., Joy M., Bernués A., 2014. Role of self-sufficiency, productivity and diversification on the economic sustainability of farming systems with autochthonous sheep breeds in less favoured areas in Southern Europe. *Animal*.
- Russelle M.P., Entz M.H., Franzluebbbers A.J., 2007. Reconsidering Integrated Crop–Livestock Systems in North America. *Agron. J.* 99, 325-334.
- Ryschawy J., Choisis N., Choisis J.P., Gibon A., 2013. Paths to last in mixed crop-livestock farming: lessons from an assessment of farm trajectories of change. *Animal* 7, 673-681.
- 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.
- Sere C., Steinfeld H., Groenewold J., 1996. World livestock production systems. Current status, issues and trends. FAO Rome.
- Simon J.C., Le Corre L., 1992. Le bilan apparent de l'azote à l'échelle de l'exploitation agricole: méthodologie, exemples de résultats. *Fourrages* 129, 79-94.
- 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, INRA Clermont-Theix, p. 149.
- Tichit M., Puillet L., Sabatier R., Teillard F., 2011. Multicriteria performance and sustainability in livestock farming systems: functional diversity matters. *Livestock Science* 139, 161-171.
- Vermersch D., 2004. Cultures et élevage: entre échelle et gamme de production, quels enjeux économiques et éthiques? *OCL - Oléagineux, Corps Gras, Lipides* 11, 256-260.
- Veysset P., Bebin D., Lherm M., 2005a. Adaptation to Agenda 2000 (CAP reform) and optimisation of the farming system of French suckler cattle farms in the Charolais area: a model-based study. *Agricultural Systems* 83, 179-202.
- Veysset P., Benoit M., Belvèze J., Patout O., Reuillon J.L., Morin E., Vallas M., 2013. Autonomie alimentaire en élevages bovins et ovins biologiques du Massif Central : résultats, pratiques et perceptions par les éleveurs. *Rencontres Recherches Ruminants*, 20. INRA-Idele, Paris, p. 295.
- Veysset P., Benoit M., Laignel G., Bebin D., Roulenc M., Lherm M., 2014a. Analyse et déterminants de l'évolution des performances d'élevages bovins et ovins allaitants en zones défavorisées de 1990 à 2012. *INRA Productions Animales* 27, 49-64.
- Veysset P., Lherm M., Bebin D., 2005b. Evolutions, dispersions et déterminants du revenu en élevage bovin allaitant charolais. Etude sur 15 ans (1989-2003) à partir d'un échantillon constant de 69 exploitations. *INRA Productions Animales* 18, 265-275.
- Veysset P., Lherm M., Bébin D., Roulenc M., Benoit M., 2014b. Variability in greenhouse gas emissions, fossil energy consumption and farm economics in suckler beef production in 59 French farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 188, 180-191.
- Villano R., Fleming E., Fleming P., 2010. Evidence of farm-level synergies in mixed-farming systems in the Australian Wheat-Sheep Zone. *Agricultural Systems* 103, 146-152.
- 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 of London. Series B, Biological Sciences* 363, 517-525.