



**HAL**  
open science

## Interrelations cultures-élevage dans les systèmes de polyculture élevage

Alain A. Havet, Xavier X. Coquil, Jean-Louis J.-L. Fiorelli, Annick A. Gibon,  
Gilles Martel, Bénédicte Roche, Julie J. Ryschawy, Noémie Schaller, Benoit B.  
Dedieu

► **To cite this version:**

Alain A. Havet, Xavier X. Coquil, Jean-Louis J.-L. Fiorelli, Annick A. Gibon, Gilles Martel, et al..  
Interrelations cultures-élevage dans les systèmes de polyculture élevage. *Innovations Agronomiques*,  
2014, 39, pp.99-111. 10.17180/ngwt-aj05 . hal-02630106

**HAL Id: hal-02630106**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02630106v1>**

Submitted on 27 May 2020

**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

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <http://www.researchgate.net/publication/281723500>

# Les interrelations entre cultures et élevage dans les systèmes de polyculture-élevage : quelles capacités adaptatives à différents pas de temps?

ARTICLE · JUNE 2013

---

READS

29

9 AUTHORS, INCLUDING:



[Alain Havet](#)

French National Institute for Agricultural R...

61 PUBLICATIONS 26 CITATIONS

SEE PROFILE



[Gilles Martel](#)

French National Institute for Agricultural R...

19 PUBLICATIONS 19 CITATIONS

SEE PROFILE



[Julie Ryschawy](#)

École Nationale Supérieure Agronomique d...

31 PUBLICATIONS 83 CITATIONS

SEE PROFILE

## **Interrelations cultures – élevage dans les systèmes de polyculture élevage. Quelles capacités adaptatives à différents pas de temps pour accroître l'autonomie fourragère ?**

**Havet A.<sup>1</sup>, Coquil X.<sup>2</sup>, Fiorelli J.L.<sup>2</sup>, Gibon A.<sup>3</sup>, Martel G.<sup>4</sup>, Roche B.<sup>4</sup>, Ryschawy J.<sup>3,5</sup>, Schaller N.<sup>1,6</sup>,  
Dedieu B.<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> : UMR 1048 SAD APT INRA AgroParisTech, Bâtiment EGER, 78850 Thiverval-Grignon

<sup>2</sup> : UR 055 Aster, 662 avenue Louis Buffet, 88500 Mirecourt

<sup>3</sup> : UMR 1201 Dynafor INRA INPT, BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan Cedex

<sup>4</sup> : UR 0980 SAD Paysage INRA, 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex

<sup>5</sup> : INPT ENSAT, Université de Toulouse, UMR 1248 AGIR, 31324, Castanet-Tolosan, France  
INRA, UMR 1248 AGIR, 31324, Castanet-Tolosan, France

<sup>6</sup> : adresse actuelle : CEP MAAF, 12 rue Henri Rol-Tanguy, 93555 Montreuil sous Bois Cedex

<sup>7</sup> : Département SAD INRA, Theix, 63122 Saint Genès Champanelle

Correspondance : alain.havet@grignon.inra.fr

### **Résumé**

Les systèmes de polyculture-élevage font l'objet d'une nouvelle reconnaissance à l'échelle internationale en termes de durabilité des exploitations et des paysages ; pourtant, ils continuent de diminuer en France. Notre question de recherche concerne les changements mis en œuvre par les agriculteurs pour accroître la durabilité de leur exploitation et suppose l'observation des interrelations entre cultures et élevage, qui jouent un grand rôle sur les bénéfices obtenus. En mobilisant le cadre d'analyse des capacités adaptatives à différentes échelles de temps des systèmes d'élevage, nous mettons en évidence différentes modalités d'interrelations entre cultures et élevage. Sur le long terme, nous constatons les effets opposés des différentes politiques publiques, notamment européennes, sur les systèmes de polyculture élevage. A moyen terme, les transitions réalisées par les agriculteurs renvoient à une plus grande finesse de la gestion à réaliser, faisant parfois appel à un référentiel de pensée différent. A moyen et court terme, les agriculteurs jouent sur la flexibilité de leur système pour qu'il s'adapte à des circonstances nouvelles de manière appropriée.

**Mots-clés** : systèmes de polyculture élevage, capacités adaptatives, échelles de temps, développement local, transition, flexibilité.

**Abstract:** Crop – livestock interrelations in mixed farming systems. Which adaptive capacities over different time steps to increase forage autonomy.

Mixed farming systems reappear as a means of improving farming system and land sustainability; though, they are still decreasing in France. Our research question relates to farmers changes to implement their farm sustainability and supposes observations of the interrelations between crops and livestock. These interrelations play an important part on obtained advantages. Calling up the adaptive capacities of livestock systems framework, we study a wide diversity of crops livestock interrelations at different time scales. In the long term, we notice opposed effects of public policies on mixed farming systems. At medium time, transitions made by farmers appeal for a finer management, sometimes needing another thought repository. At medium and short time, farmers play around with their system flexibility in order to adapt it correctly according to new circumstances.

**Keywords:** mixed farming systems, adaptive capacities, time scales, local development, transition, flexibility.

## Introduction

Les tendances à la spécialisation et à l'intensification des exploitations agricoles dans le but de produire toujours davantage sont observées depuis les années 60. Pourtant, ces systèmes spécialisés sont dénoncés par de nombreux auteurs (Griffon, 2009 ; Russelle *et al*, 2007) pour des raisons environnementales (pollution des eaux et des sols, déclin de la biodiversité) ou économiques (dépendance forte aux prix des intrants et à la volatilité des marchés). Paradoxalement, les systèmes de polyculture-élevage font l'objet d'une nouvelle reconnaissance en termes de durabilité des exploitations et des paysages (Herrero *et al*, 2010) : échanges paille – fumier, économies de gammes par exemple sont en effet bénéfiques pour les systèmes et le milieu (Schiere *et al*, 2002 ; Vermersch, 2007), de même que l'est la diversification des assolements et des localisations cultures – prairies permises par ses systèmes (Bonny, 2011). Au niveau régional, l'association cultures – élevage peut aussi être prise en compte en considérant les échanges entre exploitations (Van Keulen et Schiere, 2004). Rien qu'au niveau de l'exploitation, une grande diversité de systèmes de polyculture-élevage et de pratiques de conduite peut cependant être observée et les interrelations plus ou moins étroites entre cultures et élevage jouent un grand rôle sur les bénéfices attendus de tels systèmes. Notre définition des exploitations de polyculture-élevage englobe toute exploitation ayant au moins un atelier culture et un atelier animal, le degré d'intégration entre culture et élevage pouvant être très variable.

Notre question de recherche concerne ces interrelations entre cultures et élevage vues comme des moyens mis en œuvre par les agriculteurs pour accroître la durabilité de leur exploitation. Pour mettre en évidence ces moyens, nous mobiliserons le cadre d'analyse des capacités adaptatives des systèmes d'élevage en ferme proposé par Dedieu et Ingrand (2010), qui repose sur trois pas de temps.

En suivant dans l'exposé ces trois pas de temps, nous analyserons les manières de mettre en œuvre des changements dans les exploitations pour accroître l'autonomie fourragère des systèmes. Pour ce faire, nous prendrons des exemples dans différents cas d'étude français.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1 Matériel

Nous avons étudié la dynamique de systèmes de polyculture – élevage dans les exploitations de plusieurs régions (Havet *et al*, 2012). Trois grands types de situations sont recensés :

- les exploitations de polyculture élevage en région défavorisée.

Dans les Coteaux de Gascogne (Piémont pyrénéen), où les contraintes de sol et de relief sont fortes et les sécheresses estivales fréquentes, une spécialisation en grandes cultures coexiste avec le maintien de systèmes de production associant des cultures et des élevages dans la majorité des exploitations. Pour caractériser la diversité locale des structures et systèmes de production et comprendre les processus de changement intervenus depuis 1950 dans les exploitations de la région, des enquêtes spatialement explicites ont été menées dans toutes les exploitations (56) de quatre communes (Choisit *et al*, 2010).

- les exploitations de polyculture élevage en zones de production intensive.

Dans ces régions de l'ouest français, la conservation des prairies ou leur développement sont un enjeu environnemental pour différentes raisons (protection de la diversité paysagère, de la qualité des eaux ; lutte contre l'érosion ...), particulièrement dans les régions de production bovine laitière où elles ont eu tendance à régresser. Dans les deux premières régions étudiées, les cultures de vente sont largement dominantes, alors que, dans la dernière, l'intensification de l'élevage conduit à celle des prairies et au développement du maïs. En pays de Caux (Haute Normandie), le ruissellement érosif pourrait être atténué par la présence de prairies temporaires insérées dans les assolements. Nous avons effectué des enquêtes dans huit exploitations pour analyser comment elles réalisaient leur production laitière sur

les plans technique et économique (Faure *et al*, 2010). En plaine de Niort (Poitou Charentes), la population de l'outarde canepetière (*Tetrax tetrax*) dépend de la présence de prairies, végétation nécessaire à la reproduction de cette espèce emblématique. Pour valider les mesures mises en place pour la réintroduction de ces prairies (Schaller, 2011), nous avons enquêté auprès de vingt-quatre exploitations laitières afin de connaître les raisons des choix des agriculteurs concernant leur système de production et, d'autre part, leurs décisions quant au choix des cultures, leurs successions et leur localisation dans le parcellaire (5 exploitations). Enfin, en Bretagne, la diversité des paysages est renforcée par celle des prairies et des cultures implantées. Nos enquêtes dans vingt et une exploitations laitières visaient à relier la gestion des prairies et celle des troupeaux (Roche *et al*, 2010). Dans le même temps, des enquêtes dans vingt-huit exploitations porcines, parfois également productrices de lait ou de cultures de vente, ont permis d'analyser l'influence des unités de fabrication d'aliments à la ferme sur la diversité des cultures implantées (Tersiguel *et al*, 2010 ; Ramonet, dans ce numéro). Dans ces situations il s'agit à la fois d'analyser les changements de systèmes sur le moyen terme et les opportunités (à plus court terme) de flexibilité vis-à-vis des aléas.

- les exploitations de polyculture élevage s'engageant vers une très grande autonomie d'intrants.

Plusieurs régions sont concernées, qu'il s'agisse des deux exploitations du Réseau d'Agriculture Durable dans l'Ouest français ou de l'exploitation biologique du domaine INRA de Mirecourt (plaine des Vosges, Lorraine). Le suivi effectué vise à connaître les modalités de transitions vers des systèmes les plus autonomes possibles en intrants (Coquil *et al*, 2012).

## 1.2 Méthodes

Dans toutes nos enquêtes, nous approchons les pratiques des agriculteurs et les itinéraires de développement des exploitations à travers le cadre d'analyse mis au point par le réseau européen de recherche sur les systèmes d'élevage en ferme (Gibon *et al*, 1999 ; Dedieu *et al*, 2008). Les exploitations sont vues comme des systèmes finalisés et approchées par une démarche compréhensive. L'agriculteur et sa famille y poursuivent leurs objectifs propres dans les limites des structures de l'exploitation avec ses atouts et contraintes, en construisant leur système de production (choix de cultures et de troupeaux, degré d'intensification ...) en vue de résultats techniques et économiques qui les satisfassent tout en leur assurant une vie au travail correcte (Capillon, 1993 ; Osty et Landais, 1993). L'analyse des systèmes est réalisée par des enquêtes en exploitations. Celles-ci sont conduites par les chercheurs ou les doctorants liés aux différents programmes, ainsi que par les stagiaires qu'ils encadrent. Les modalités du choix des exploitations tiennent compte des besoins de chaque étude (Ryschawy *et al*, 2012b ; Faure *et al*, 2010 ; Havet *et al*, 2010b ; Schaller *et al*, 2011 ; Roche *et al*, 2010 ; Tersiguel *et al*, 2010 ; Coquil *et al*, 2014).

Dans les Coteaux de Gascogne, les enquêtes ont concerné les itinéraires de développement des exploitations depuis 1950 : connaissance de leur histoire, raisons des choix effectués (Ryschawy *et al*, 2012a). Pour les autres études, l'analyse des transitions (changement dans les choix de production et les pratiques) conduit à mettre en évidence les déterminants du changement et le repérage des sources de flexibilité pour ajuster les pratiques de gestion des cultures et du troupeau.

## 2. Résultats

### 2.1 La capacité adaptative à long terme des systèmes d'exploitation : l'association des cultures et de l'élevage dans un itinéraire de développement

Dans les Coteaux de Gascogne, Ryschawy *et al* (2012a), montrent que dans les conditions locales d'environnement naturel, économique et social, les exploitations qui ont perduré depuis les années 50

ont suivi cinq grands itinéraires de développement (Evans, 2009), si l'on tient compte à la fois de l'évolution de l'outil de production, de la famille et de la force de travail qu'elle consacre à l'exploitation.

Un seul de ces itinéraires fondé sur l'agrandissement, les investissements, la spécialisation laitière et l'adoption de nombreuses innovations technologiques a conduit à la spécialisation : il repose sur les principes de l'économie d'échelle.

Les autres types d'itinéraires de développement ont tous permis le maintien de systèmes en polyculture élevage, dont la durabilité peut toutefois être limitée. Un de ces itinéraires repose sur la volonté de maximiser l'autonomie en intrants au moyen de l'association de la culture et de l'élevage (allaitant ou laitier) ; des innovations sont introduites, notamment concernant l'alimentation des animaux (maïs ensilage). Un deuxième s'appuie sur une diversification continue des productions pour tirer profit des économies de gamme et ne pas dépendre des fluctuations du marché : peu d'investissements sont réalisés et les agrandissements sont limités, alors que deux générations travaillent sur l'exploitation. Un troisième repose sur de gros investissements, associés à un agrandissement, l'adoption de l'irrigation et du drainage : l'association entre productions végétales et animales n'est maintenue que lorsque la main-d'œuvre reste suffisante. Le quatrième itinéraire, où une seule génération travaille sur l'exploitation, se fonde sur des investissements limités ainsi qu'un agrandissement et une adaptation du système à la force de travail ; les systèmes ont évolué selon deux voies en fonction de la main d'œuvre familiale disponible pour le travail sur l'exploitation : quand celle-ci est importante, une diversification a lieu, alors que, dans le cas inverse, on observe une simplification des conduites (spécialisation en grandes cultures) et une régression des tailles des exploitations qui préfigure en fait leur disparition au moment de la retraite de la génération actuelle d'agriculteurs.

L'analyse des leviers principaux d'évolution (Ryschawy *et al*, 2012a) montre que les facteurs de globalisation des marchés, de politiques publiques, de structures d'exploitation et de contexte régional influent sur les possibilités de maintien en polyculture élevage (Tableau 1).

**Tableau 1** : Principaux déterminants du changement ayant influencé la survie des systèmes de polyculture élevage (Ryschawy *et al*, 2012a)

Groupes de facteurs	Environnement économique et politique global				Structure d'exploitation	Impact régional
	Globalisation du marché		Orientations de la PAC			
Déterminants de changement en cause	Faible niveau de prix agricoles	Fluctuations des prix des ressources et productions	Subventions fondées sur la production	Subventions environnementales (2 <sup>ème</sup> pilier)	Diminution de la force de travail disponible	Tradition associée aux systèmes de PCE
Impact sur la survie des systèmes	-	+	-	+	-	+

PCE : polyculture élevage

- : influence négative; + : influence positive sur la survie des systèmes de polyculture élevage

Si la faiblesse des prix agricoles et la mise en œuvre du premier pilier de la politique agricole commune ont encouragé l'agrandissement et la spécialisation pour tirer profit des économies d'échelle, à l'inverse, les fluctuations de prix des intrants et des productions, de même que les subventions du deuxième pilier, encouragent la polyculture élevage qui tire profit des économies de gamme. Un autre levier structurel majeur est la force de travail familiale disponible : là où celle-ci a fortement régressé, les exploitations ont été dans l'incapacité de maintenir des systèmes de polyculture élevage, pourtant traditionnels localement car support du modèle familial local (« système à la maison »). Le contexte économique

local, avec la vente de veaux vers l'Italie pendant des années, a favorisé le maintien de systèmes de polyculture élevage autonomes, bien reliés aux valeurs familiales locales.

## 2.2 Les transitions à moyen terme dans les systèmes d'exploitation : le développement des systèmes de polyculture élevage autonomes en intrants

A moyen terme, les systèmes de polyculture élevage changent pour s'adapter à plusieurs types de déterminants : la protection de l'environnement, la volatilité des prix, la composition de la famille, la volonté de réaliser une autonomie en intrants plus ou moins marquée. Il s'agit de changer les règles et les connaissances utilisées, donc les pratiques, pour mener des transitions qui accroissent les capacités adaptatives des systèmes (Barbier et Elzen, 2012). Dans ces contextes, les interrelations entre cultures et élevages s'expriment en référence à l'espace (localisation), aux hiérarchies entre cultures de rente et fourragères (pour les besoins du troupeau, vis-à-vis des prix du marché), aux enjeux de diversité des ressources alimentaires.

### 2.2.1 La protection de l'environnement et la recherche d'autonomie fourragère ont un impact sur le choix et la localisation des cultures

En plaine de Niort, à la fin des années 90, la quasi-totalité des exploitations bovines laitières avaient adopté un modèle maïs soja. Devant la répétition des sécheresses (2003 et 2005), le modèle s'est diversifié, rencontrant alors les préoccupations environnementales de développement des prairies pour la conservation de l'outarde canepetière, le maintien de la biodiversité et la qualité de l'eau. Le maïs ne pouvait plus être irrigué l'été faute d'eau disponible, rendant le rendement très aléatoire. Les agriculteurs ont alors développé des alternatives avec des prairies, dont la récolte de printemps était peu impactée par la sécheresse afin de sécuriser les stocks fourragers. Certains ont développé le pâturage en acceptant le plus souvent une baisse de la production de lait par vache.

Quatre types d'exploitations bovines laitières sont présents en 2006 (Tableau 2) : là où l'irrigation du maïs est possible, les systèmes peuvent être maintenus sans grands changements, sauf si l'agriculteur fait le choix d'accentuer la part des protéines alimentaires en provenance de son exploitation, par une augmentation des prairies, afin de minimiser les risques liés aux fluctuations de prix du soja ; là où l'irrigation du maïs est impossible, les systèmes évoluent vers deux niveaux de diminution du maïs au profit de l'herbe selon le niveau d'autonomie fourragère protéique recherché. Si l'herbe est introduite de façon non marginale dans l'assolement, le pâturage des laitières peut être mis en place ; dans ces cas, la production laitière par vache diminue le plus souvent, de même que le coût de l'alimentation (Havet *et al*, 2010b).

**Tableau 2** : Identification des exploitations bovines laitières en plaine de Niort en fonction du type d'exploitation. Données 2006 (Havet *et al*, 2010b)

Type	Irrigation du maïs	Prairies / SFP (%)	Lait / lactation (kg)	Pâturage VL	Maïs / SFP (%)
1	Non	35-45	6000-8000	possible	30-40
2	Non	10	8000-9000	impossible	60-80
3	Oui	10-35	7000-9000	impossible	50-80
4	Oui	35-40	7000-8000	possible	20-40

Type: type d'exploitation selon son fonctionnement. SFP : surface fourragère principale. VL : vaches laitières.

L'impact de l'introduction du pâturage a été testé sur le plan économique dans trois exploitations ayant réalisé cette transition ou allant la réaliser ; la méthode des budgets partiels a été utilisée pour cette comparaison de l'évolution des bénéfices (Tableau 3). Dans les trois cas, les résultats sont positifs, avec néanmoins de fortes variations liées principalement au degré de maîtrise technique des cultures abandonnées et au différentiel de coût d'alimentation (Havet *et al*, 2010a).

**Tableau 3** : Budget partiel pour trois exploitations laitières en transition vers un accroissement des surfaces en herbe pâturées dans la SFP en Plaine de Niort. Données 2006. (Source: Havet et al, 2010a)

Coûts et produits (€)	Exploitation 1	Exploitation 2	Exploitation 3
Pertes en produits			
<i>Subventions</i>	940	1020	780
<i>Culture de vente</i>	5070	5190	3880
Coûts additionnels			
<i>Coûts opérationnels</i>	3930	2410	2870
<i>Clôtures</i>	60	70	80
<i>Eau</i>	300	800	500
Produits additionnels			
<i>Cultures (précédemment pour animaux)</i>	700	4240	1910
Réduction des coûts			
<i>Coûts opérationnels des cultures anciennes</i>			
<i>Alimentation</i>	8750	5350	5800
<i>Paille</i>	3310	6120	2510
<i>Fumier</i>	1200	1720	90
<i>Fumier</i>	360	130	250
<i>Charges vétérinaires</i>	0	2330	0
<i>Autres</i>	140	410	0
Bénéfices	4160	10850	2450

Les trois exploitations ont des nombres proches de vaches laitières (45 à 65) et des quotas semblables (400 000 à 540 000 kg lait). L'exploitant 1 a réalisé une transition vers le pâturage depuis quelques années : 12 ha de tournesol précédés de Ray-Grass Italien (RGI) en dérobée et 6 ha de RGI sont transformés en 18 ha de Ray-Grass Anglais Trèfle Blanc. L'exploitant 2 vient de réaliser cette transition et a une seule année d'expérience : 13 ha en rotation tournesol/Blé tendre/Blé dur/ Colza/ Vesce avoine/Lin sont transformés en prairie temporaire ; du coup, 3,6 ha de maïs, initialement utilisés en ensilage, sont vendus en grain. L'exploitant 3 réfléchit à une telle transition : 10 ha de maïs seraient transformés en prairie temporaire de mélange (les données utilisées dépendent de sa perception des surfaces nécessaires et des rendements possibles).

A l'échelle du paysage, nous avons constaté une proximité des parcelles de maïs en monoculture et de prairies dans les sols profonds et humides (Schaller *et al*, 2012), confortant l'importance d'implanter du maïs dans les parcelles les moins susceptibles de souffrir de la sécheresse.

En pays de Caux, région fortement marquée par les grandes cultures (Faure *et al*, 2010), les systèmes intensifs de production laitière utilisent très fréquemment l'ensilage de maïs et, s'il existe, le pâturage des vaches laitières avec un fort chargement ; des prairies permanentes peu utilisées sont localisées dans les fortes pentes ou en zones non cultivables. Certains exploitants développent des systèmes « alternatifs » avec moins d'achat d'aliments à l'extérieur de l'exploitation (la prairie recouvre alors 80% de la surface fourragère contre 60% dans les systèmes conventionnels). Si les prairies temporaires sont implantées à proximité des bâtiments d'élevage pour permettre le pâturage des vaches en lactation, elles sont aussi implantées en fonction de leur capacité à réduire le ruissellement érosif aux endroits où des coulées boueuses sont repérées par les exploitants. Les systèmes laitiers à base de prairies permanentes ne sont plus considérés comme rentables.

Dans les exploitations de polyculture élevage en transition vers l'autonomie sans intrants, Coquil *et al* (2014) s'intéressent aux prairies temporaires semées dans des parcelles antérieurement réservées aux cultures de vente et réciproquement. Ils constatent que les agriculteurs attendent explicitement un bénéfice de la présence conjointe des cultures de vente et des fourrages. Ils observent deux types de projet d'autonomie. Dans le premier, l'implantation de cultures de vente dans la succession culturale a pour objectif majeur le renouvellement des prairies, qui sont alors le support principal de la production



de lait. Dans le second, l'objectif est double et vise à produire lait et cultures de vente, aussi bien pour être plus autonome en fourrages que pour produire de la paille pour la litière du bétail ; les successions culturales combinant cultures annuelles et pluri annuelles sont réputées plus favorables à la fourniture d'azote et de matière organique dans le sol que les successions avec des cultures annuelles seules. Au terme de la succession, la gestion des adventices est facilitée par l'implantation de prairies.

### **2.2.2 La présence simultanée des cultures de vente et fourragères impacte la conduite des assolements et la taille des parcelles**

Les décisions d'assolement dépendent d'une hiérarchie de fonctions attendues des cultures par les agriculteurs. Schaller (2011) les classe en trois catégories : les cultures prioritaires qui ont des fonctions essentielles pour les exploitants (revenus, stock fourrager ...) et ne peuvent être remplacées ; les cultures complémentaires qui ont une fonction essentielle mais peuvent être remplacées (sorgho à la place du maïs ...) ; les cultures optionnelles, non essentielles, mais dont la fonction est utile à court terme (essai fourrager pour une durée limitée ...). A titre d'exemple, les fonctions peuvent prendre la forme suivante : « fournir un fourrage riche en protéines » ou « fournir un fourrage grossier riche en énergie ». Les priorités associées aux cultures sont relativement stables et les agriculteurs ajustent les surfaces consacrées à ces cultures dans l'assolement aussi bien que possible, allant jusqu'à scinder certaines parcelles pour faire deux cultures si nécessaire.

Les décisions d'assolement dépendent aussi des contraintes agronomiques (temps de retour des cultures) et des caractéristiques parcellaires (qualité du sol, localisation).

Dans les exploitations de polyculture élevage de la plaine de Niort, la priorité accordée à l'alimentation des troupeaux avec des prairies temporaires conduit à une plus grande complexité de raisonnement en raison du caractère pluriannuel de ces cultures fourragères ; les parcelles gérées sont plus petites que celles gérées dans les exploitations de grande culture de la même région.

Dans les exploitations dont l'objectif est l'autonomie alimentaire annuelle la plus grande possible des troupeaux, les agriculteurs mettent en place des systèmes reposant sur les liens entre cultures et animaux. Ainsi, les changements observés dans les assolements visent à fournir de nouvelles ressources alimentaires en tenant compte (i) des propriétés naturelles du sol, (ii) de l'accessibilité aux parcelles et (iii) de la volonté d'atteindre l'autonomie en paille et alimentation. Dans les systèmes en recherche d'autonomie alimentaire, les agriculteurs consacrent une surface plus importante aux cultures fourragères ou à double fin (choix de donner aux animaux une partie de la récolte en grains ...). Dans les exploitations en conversion vers l'agriculture biologique, la place des prairies est particulièrement importante, au détriment de celle des cultures fourragères et de vente, avec un chargement modeste (Coquil *et al*, 2014). Les assolements tiennent compte alors de façon souvent très précise du potentiel agronomique des parcelles.

### **2.2.3 La recherche d'autonomie alimentaire en protéines dans les exploitations de polyculture élevage intensives conduit à des choix de cultures aux conséquences variées sur la diversité des cultures à l'échelle du paysage**

Les exploitations intensives de polyculture élevage ont souvent accru la production céréalière, réalisant ainsi l'autonomie alimentaire sur une des caractéristiques des besoins des troupeaux, fréquemment l'énergie ; cela passe alors par un accroissement des surfaces en maïs ensilage et en céréales grain, en acceptant l'achat extérieur de compléments protéiques, au détriment des surfaces de prairies.

Dans les exploitations bovines laitières de Bretagne, le prix élevé des tourteaux de soja amène les agriculteurs à rechercher plus d'autonomie également au niveau de l'azote de la ration. Globalement, la remise en cause peut alors devenir complexe à traduire dans l'assolement (Roche *et al*, 2010 ; Vertès *et al*, 2014) ; toutefois, certains agriculteurs implantent du colza ou de la luzerne.

Dans les exploitations porcines bretonnes, quand l'autonomie passe par la fabrication d'aliments à la ferme, il faut planter beaucoup de blé et de maïs dans les rotations. Avec des SAU trop faibles dans les exploitations pour nourrir l'ensemble du troupeau, les agriculteurs se focalisent sur ces cultures dans leur assolement sans envisager une réduction de l'effectif. A l'inverse, les exploitations spécialisées sans unité de fabrication d'aliments à la ferme ont des rotations plus variées : la diversification est justifiée par les prix et les rendements (Tersiguel *et al*, 2012). Ainsi, la fabrication d'aliments à la ferme, positive pour l'autonomie alimentaire, devient un handicap pour la diversité des cultures au niveau du paysage.

#### **2.2.4 Les changements de politiques publiques incitent les agriculteurs à rechercher d'autres équilibres entre cultures de vente et fourragères dans leurs exploitations**

La politique agricole commune affecte également le choix entre les cultures. En plaine de Niort, à l'échelle du paysage, on observe une diminution des surfaces en tournesol entre les années 90 et 2006. Avant la réforme de la PAC en 2003, les agriculteurs implantaient du ray-grass d'Italie en dérobé, qu'ils fauchaient en mai, avant de cultiver du tournesol pour lequel ils touchaient de subventions sous forme de paiements directs. Après la réforme, des subventions ont été données pour les prairies ; les agriculteurs choisissent maintenant de prolonger le ray-grass, le plus souvent sur 18 mois. Ils touchent ainsi les subventions et peuvent accroître leur stock fourrager (Schaller *et al*, 2012).

Certaines mesures agri-environnementales (MAE) ont pu amener à une diversification des cultures. Ainsi, les MAE bas intrants ont incité certains agriculteurs rencontrés lors de nos travaux sur la très grande autonomie en intrants à diversifier leurs productions pour favoriser les recyclages agronomiques.

### *2.3 Les réponses aux perturbations à moyen et court termes : l'utilisation des sources de flexibilité liées aux caractéristiques des cultures et des troupeaux*

Toute activité industrielle ou commerciale subit dans son fonctionnement des modifications de son environnement auxquelles elle doit faire face. Le concept de flexibilité, lié aux sciences de gestion, rend compte de la capacité de ces activités à s'adapter à des circonstances nouvelles de manière appropriée.

Nous considérons trois manières d'accroître la flexibilité : autoriser les surcapacités, jouer sur les propriétés de régulation propre du système, tirer profit de la polyvalence d'éléments du système (Milestad *et al*, 2012). Les systèmes de polyculture élevage présentent de la flexibilité grâce à la multifonctionnalité des cultures, aux possibilités d'ajustements de la sole cultivée, et au rôle que peut jouer un lot « régulateur » d'animaux à faibles besoins.

#### **2.3.1 La gestion des cultures à plusieurs finalités pour répondre aux besoins alimentaires du troupeau**

L'utilisation de culture à plusieurs fins accroît la flexibilité du système de production à la fois par les meilleures propriétés de régulation propres du système (trésorerie) et la polyvalence des cultures (vente – fourrage) ; les surcapacités sont assez peu mobilisées dans la mesure où l'ajustement vente – fourrage se fait en cours d'année ce qui évite des stocks fourragers pluriannuels. Dans les exploitations en polyculture élevage, certaines cultures peuvent être utilisées à des fins commerciales ou fourragères, moyennant des prises de décisions possibles à différents moments prévus de la campagne. Si le maïs répond bien à ce type de choix, d'autres cultures peuvent servir de tampon pour arbitrer entre stocks fourragers et trésorerie de l'exploitation (blé donné aux animaux en grains, en céréale immature vs blé vendu en grains).

Dans les exploitations intensives de Bretagne, l'ensilage de maïs est une culture prioritaire dans l'alimentation des vaches. Du coup, les éleveurs font le choix de consacrer au maïs une surface plus importante que celle nécessaire à l'ensilage en année normale et ils décident en automne de la répartition entre vente et ensilage ; ce choix dépend des besoins en maïs et des rendements

escomptés, des surfaces nécessaires à la réalisation du plan de fumure ; les ressources monétaires que la vente en grains pourrait procurer rentrent alors peu en ligne de compte, l'essentiel de la vente en grains étant lié à d'autres surfaces (Roche *et al*, 2010).

En plaine de Niort (Schaller, 2011), tout se passe comme si les exploitants se créaient des catégories d'aliments pour asseoir leur décision relative aux cultures à multiples fins. Pour s'assurer qu'ils vont bien disposer du stock fourrager qu'ils jugent nécessaire pour l'hiver qui suit, ils peuvent substituer des cultures prévues pour la vente aux cultures fourragères déficitaires. Pour raisonner ces substitutions, ils classent leurs fourrages en quatre groupes au sein desquelles celles-ci sont possibles : (i) les fourrages grossiers à haute valeur énergétique (maïs ensilage ...), (ii) les fourrages grossiers à valeurs équilibrées en énergie et en azote (prairies temporaires ...), (iii) les concentrés produits sur la ferme (céréales récoltées en grain ...), (iv) les concentrés à forte valeur énergétique et azotée achetés à l'extérieur (tourteaux ...). Ainsi, les agriculteurs peuvent décider d'ensiler du blé prévu pour la vente s'ils diagnostiquent un déficit de stock dans la catégorie (ii) ou bien de nourrir leur troupeau avec ce blé récolté en grain si le déficit est dans la catégorie (iii).

Les exploitants en transition vers l'agriculture biologique utilisent même les champs envahis d'adventices comme ressource fourragère, ce qui n'est possible que dans les systèmes de polyculture élevage (Coquil *et al*, 2014).

### **2.3.2 La modifications des rotations pour répondre aux besoins alimentaires du troupeau**

Certains agriculteurs accroissent la flexibilité de leur système technique de production en effectuant des changements de successions culturales par rapport à leurs plans initiaux afin de produire des ressources fourragères à un moment où elles auraient été déficitaires. Ces changements font appel à la trésorerie de l'exploitation si des cultures de vente ne sont pas semées au profit des cultures fourragères. La polyvalence d'éléments du système et les surcapacités de celui-ci ne sont pas mobilisées.

En plaine de Niort, l'évaluation des stocks à différents moments-clés de la campagne peut conduire à des modifications des semis après la récolte du blé tendre ou de l'orge d'hiver, si un déficit fourrager en hiver ou au printemps suivant est estimé probable par l'agriculteur. Cette décision peut être prise après la 2<sup>ème</sup> ou la 3<sup>ème</sup> coupe de foin, voire après la dernière coupe, une fois le stock connu. Le tournesol ou le pois initialement programmé peut être remplacé par une prairie au printemps suivant ou bien dès l'automne, avec une récolte au printemps, en cas de déficit sévère (Havet *et al*, 2010a).

### **2.3.3 L'utilisation de lots d'animaux à niveaux d'exigence alimentaire modeste pour favoriser les lots d'animaux productifs**

Le jeu sur les niveaux d'exigence alimentaire de différents lots met en œuvre les surcapacités (pâturage avec un faible chargement) et les régulations propres au système, comme la trésorerie ou les effectifs animaux, dans la mesure où l'exploitation s'autorise des écarts de résultats d'une année sur l'autre.

Une pratique habituelle pour accroître la part d'un foin de qualité et limiter l'ensilage d'herbe dans la ration consiste en la mise à l'herbe de génisses sur les prairies afin de réaliser un déprimage : celui-ci retardera la période de récolte du foin, ce qui est souvent intéressant eu égard au climat printanier. Ce foin sera par la suite utilisé pour les animaux en production avec de forts besoins, surtout s'il s'agit de prairies semées relativement productives.

Dans les exploitations visant l'autonomie alimentaire, la prise en compte des qualités agronomiques des parcelles et l'attention portée à la gestion du système fourrager sont deux points fondamentaux pour parvenir à obtenir la qualité requise des fourrages. La gestion est très adaptative, avec peu de planification (Coquil *et al*, 2014). La recherche de la qualité du pâturage des vaches laitières conduit à minimiser les refus afin de parvenir à une repousse satisfaisante : un lot d'animaux à faibles besoins

(génisses ou vaches taries) peut être mis au pâturage derrière les vaches laitières pour assurer le « nettoyage » derrière les vaches.

Au domaine Inra de Mirecourt, la recherche d'alimentation entièrement produite sur la ferme (fourrages et concentrés) passe par :

- l'obtention des fourrages voulus avec une gestion temporelle fine des parcelles en culture fourragère. A titre d'exemple, les vaches laitières peuvent pâturer des prairies permanentes ou temporaires, comme les prairies à base de dactyle et de luzerne. Comme le pâturage de cette dernière est compliqué, les chercheurs de Mirecourt ne la font pâturer que dans les périodes de sécheresse, en raison de sa plus grande résistance au manque d'eau ; ainsi, le risque de perte de production laitière s'en trouve limité.
- les compensations interannuelles de rendement, que ce soit en période de pâturage ou avec les stocks fourragers hivernaux. En hiver, les veaux et les vaches traites ont des rations relativement stables, alors que les génisses sont alimentées avec les stocks restants et connaissent donc des régimes alimentaires variés d'une année sur l'autre : en 2006-07, la moindre disponibilité de foin issu des prairies temporaires a conduit à réserver le foin de prairie permanente aux vaches et à alimenter les génisses avec de l'ensilage de médiocre qualité et de la paille ; l'année suivante, la plus grande disponibilité de tous les types de foin (prairies semées et permanentes) a permis de diversifier le régime des génisses tout en leur réservant le foin des refus de pâturage qu'elles sont les seules à pouvoir valoriser. De la même manière, la faible récolte de céréales-protéagineux en 2007, liée à un fort excédent pluviométrique, a conduit à réserver davantage de céréales aux vaches laitières au détriment des quantités distribuées aux génisses (Tableau 4).

A plus long terme, la taille du troupeau peut être ajustée par la vente d'animaux d'élevage ou des abattages quelque peu anticipés et aider à passer un cap difficile (Coquil *et al*, 2009).

**Tableau 4** : Variations interannuelles des régimes alimentaires, hors pâturage, des lots d'animaux du système polyculture élevage de Mirecourt (Coquil *et al*, 2009)

Modalités de récolte	Ingestion des ressources (kg MS/animal/an)	2006/2007			2007/2008		
		Vaches laitières	Veaux	Génisses	Vaches laitières	Veaux	Génisses
Ensilage / enrubannage		26	0	1235	270	0	71
Foin	Luzerne/ dactyle	1177	394	10	1320	244	272
	Prairies temporaires	0	0	0	590	0	965
	Prairies permanentes	1390	73	985	700	14	723
Paille		0	0	127	0	0	0
Refus		0	0	0	0	0	346
<b>Total</b>	<b>Fourrages</b>	<b>2593</b>	<b>467</b>	<b>2357</b>	<b>2880</b>	<b>258</b>	<b>2377</b>
	Mélanges céréales / protéines <sup>1</sup>	509	112	2	198	67	2
	Céréales <sup>2</sup>	72	66	42	421	77	11
<b>Total</b>	<b>Concentrés</b>	<b>581</b>	<b>178</b>	<b>44</b>	<b>652</b>	<b>144</b>	<b>13</b>

<sup>1</sup> avoine/féverole ; triticale/pois ; orge/lupin ; <sup>2</sup> orge, triticale, avoine, épeautre, seigle... ; MS : Matière Sèche.

### 3. Discussion et conclusion

L'étude de la capacité adaptative des exploitations à différents pas de temps permet de mettre en évidence différents types d'interactions entre cultures et élevage.

A long terme, on constate que les leviers liés au premier pilier de la PAC conduisent les exploitations à l'agrandissement et à la spécialisation ; celles-ci recherchent alors des économies d'échelle pour rester compétitives. Dans le même sens, la diminution de la force de travail peut conduire à la simplification des systèmes. A l'inverse, les impacts des leviers liés au deuxième pilier conjugués aux variations de prix des intrants et des produits sont favorables aux systèmes de polyculture-élevage. Des études économiques menées par Ryschawy *et al* (2012b) montrent que les systèmes de polyculture élevage sont moins affectés que les spécialisés par des fluctuations de prix : l'association entre culture et élevage joue un rôle de tampon par rapport aux fluctuations de conjoncture. Par contre, les performances économiques ne sont jamais les plus élevées en années favorables ou moyennes pour ces systèmes.

A moyen terme, les agriculteurs mènent des transitions pour faire gagner leur système en autonomie alimentaire, en tentant de mieux respecter l'environnement. Les cultures peuvent alors être plus diversifiées, tant à l'échelle de l'exploitation que du paysage ; la complexité de gestion des assolements est plus grande, mais les principes de cette gestion ne sont pas modifiés. Les mesures agri-environnementales peuvent aider à la réalisation de cette autonomie alimentaire. Les agriculteurs peuvent alors être amenés à changer de référentiel de connaissances pour mettre en œuvre de nouvelles façons de travailler (Coquil *et al*, 2014).

A moyen et court termes, les agriculteurs utilisent la flexibilité des exploitations pour s'adapter de manière appropriée à des circonstances nouvelles ou peu prévisibles. Ainsi, la multifonctionnalité de certaines cultures (céréales à paille, maïs), l'ajustement de la sole cultivée (selon les perspectives de stocks fourragers) et la diversité des lots d'animaux donnent-ils de la souplesse vis-à-vis des aléas.

L'objectif d'autonomie alimentaire des exploitations quand il est à la base de la polyculture élevage suppose donc que les agriculteurs reconstruisent un cadre pour leur système : jouer sur plusieurs années pour obtenir des niveaux de performances satisfaisants, accepter de revoir leur référentiel pour mettre en œuvre des pratiques adaptées et prendre en compte les souplesses que peut apporter un outil de production conduit en deçà de ses capacités. Il ne s'agit pas ici de mobiliser des recettes anciennes mais de choisir des systèmes innovants sur différents plans (Thomas *et al*, 2014).

Une des grandes difficultés de l'agriculture en matière d'environnement est le lien intensification – uniformisation (spécialisation à l'échelle d'un territoire), dont les effets négatifs sont très forts (Lemaire *et al*, 2014). Beaucoup d'agriculteurs rencontrés dans les études rapportées ici expriment simplement leur volonté de ne pas « mettre tous leurs œufs dans le même panier », justifiant leur volonté de diversification pour tirer profit des services apportés par la culture et par l'élevage. Les études menées sur le temps long (Ryschawy *et al*, 2012b) montrent toutefois combien il est difficile de conduire plusieurs productions de front sur le plan de la ressource travail. Cet axe travail est à creuser dans de futures études sur la polyculture élevage (Hostiou *et al*, 2012).

Enfin, la focalisation sur l'exploitation agricole ne saurait suffire pour étudier, au plan du développement durable, les intérêts et limites de la polyculture élevage : d'autres niveaux d'interactions culture – élevage sont à analyser comme le territoire dans lequel s'inscrivent les exploitations (Lemaire *et al*, 2014). Les travaux de Ryschawy *et al* (2012b) montrent par exemple l'importance de ce niveau territorial pour comprendre des évaluations économiques et environnementales.

### Références bibliographiques

Barbier M., Elzen B., 2012. System innovations, knowledge regimes, and design practices towards transitions for sustainable agriculture. Wageningen University and Research Centre, urn:nbn:nl:ui:32-432124.

- Bonny S., 2011. L'agriculture écologiquement intensive: nature et défi. Cahiers Agricultures 20, 451-462.
- Capillon A., 1993. Typologie des exploitations agricoles, contribution à l'étude régionale des problèmes techniques, thèse INAP-G, tome 1.
- Choisis J.P., Sourdril A., Deconchat M., Balent G., Gibon A., 2010. Understanding regional dynamics of mixed crop-livestock agricultural systems to support rural development in South-western France uplands. Cahiers Agriculture 19(2), 97-103.
- Coquil X., Blouet A., Fiorelli J.L., Bazard C., Trommenschlager J.M., 2009. Conception de systèmes laitiers en agriculture biologique : une entrée agronomique. Inra Prod. Anim. 22 (3), 221-234.
- Coquil, X., Béguin, P., Dedieu, B., 2014. Systèmes de polyculture élevage laitiers évoluant vers l'AB : Renforcement des interfaces cultures/élevage. Economie Rurale 339-340, 81-94.
- Dedieu B., Faverdin P., Dourmad J.Y., Gibon A., 2008. Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage. Inra Prod. Anim. 21 (1), 45-58.
- Dedieu B., Ingrand S., 2010. Incertitude et adaptation : cadres théoriques et application à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage. Inra Prod. Anim. 23 (1), 81-90.
- Evans N., 2009. Adjustment strategies revisited: agricultural changes in the Welsh marches. J. Rural. Stud. 25, 217 – 230.
- Faure J., Havet A., Remy B., Barrier C., 2010. Grassland in Pays de Caux (France): balancing trade off between livestock feeding and decreasing runoff. Grassland Science in Europe 15, 693-695.
- Griffon M., 2009. Pour des agricultures écologiquement intensives, des territoires à haute valeur environnementale et de nouvelles politiques agricoles. Éditions de l'Aube et Conseil général des Côtes d'Armor.
- Gibon A., Rubino R., Sibbald A.R., Sørensen J.T., Flamant J.C., Lhoste P., Revilla R., 1999. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. Livestock Production Science 96, 11–31.
- Havet A., Faure J., Martin P., Mathieu A., Remy B., Schaller N., 2010a. Adaptation des exploitations laitières aux aléas climatiques et économiques à différents pas de temps. Cas de la plaine de Niort et du pays de Caux, in : Ancy V., Dedieu B., Antona M., Avelange I., Azoulay G., Darnhofer I., Hubert B., Lémery B. (Eds), Colloque Agir en situation d'incertitude, Montpellier, France, 159-164.
- Havet A., Martin P., Laurent M., Lelaure B., 2010b. Adaptation des exploitations laitières aux incertitudes climatiques et aux nouvelles réglementations. Le cas des productions bovines et caprines en Plaine de Niort. Fourrages 202, 145-151.
- Havet A., Coquil X., Fiorelli J.L., Gibon A., Martel G., Roche B., Ryschawy J., Schaller N., Dedieu B., 2012. Crop-livestock interfaces established through adaptation of farmers' practices over short and long term. 11th international symposium on integrated crop-livestock systems, 8-12 October, Porto Alegre, Brazil, 11 p.
- Herrero M., Thornton P.K., Notenbaert A.M., Wood S., Msangi S., Freeman H.A., Bossio D., Dixon J., Peters M., Van de Steeg J., Lynam J., Parthasarathy Rao P., Macmillan S., Gerard B., McDermott J., Seré C., Rosegrant M., 2010. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. Science 327, 822-825.
- Hostiou, N., Dedieu B., Baumont R. (Eds), 2012. Numéro spécial Travail en Elevage. Inra Productions Animales 25(2), 144 p.
- Osty P.L., Landais E., 1993. Fonctionnement des systèmes d'exploitation pastorale. Proceedings of the IV International Rangeland Congress, Montpellier, 1137-1146.
- Milestadt R., Dedieu B., Darnhofer I., Bellon S., 2012. Farms and farmers facing change: the adaptive approach. In Darnhofer I., Gibbon D. and Dedieu B. (Eds), Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic, Eds Springer, pp. 365-385.
- Lemaire G., Franzluebbbers A, de Faccio Carvalho PC, Dedieu B., 2014. Integrated crop–livestock systems: strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. Agriculture, Ecosystems and Environment 190 (2014) 4–8

- Roche B., Lanoë E., Le Cœur D., Thenail C., Martel G., 2010. Diversité des systèmes de polyculture élevage et des modes d'exploitation des prairies : quelles conséquences sur la diversité végétale ? *Renc. Rech. Ruminants* 17, 41-44.
- Russelle M.P., Entz M.H., Franzluebbbers A.J., 2007. Reconsidering Integrated Crop–Livestock Systems in North America. *Agronomy Journal* 99, 325-334.
- Ryschawy J., Choisis N., Choisis J. P., Gibon A., 2012a. Paths to last in mixed crop–livestock farming: lessons from an assessment of farm trajectories of change. *Animal*, available on CJO2012. doi:10.1017/S1751731112002091.
- Ryschawy J., Choisis N., Choisis J.P., Joannon A., Gibon A., 2012b. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming? *Animal* 6, 1722-1730.
- Schaller N., 2011. Modélisation des décisions d'assolement des agriculteurs et de l'organisation spatiale des cultures dans les territoires de polyculture-élevage. Thèse AgroParisTech, ABIES, 384 p.
- Schaller N., Lazrak E.G., Marti P., Mari J.F., Aubry C., Benoît M., 2012. Combining farmers' decision rules and landscape stochastic regularities for landscape modelling. *Landscape Ecol* 27, 433-446.
- Schiere H., Kater L., 2001. Mixed crop-livestock farming: a review of traditional technologies based on literature and field experiences. *FAO Animal production and health paper*, 73 p.
- Schiere J.B., Ibrahim M.N.H., Van Keulen H., 2002. The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resource allocation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90 (2), 139-153.
- Tersiguel E., Ramonet Y., Giteau J.-L., Martel G., 2012. Déterminants du choix de l'assolement par les éleveurs de porcs en Bretagne. *Journées de la recherche porcine*, 6p.
- Thomas M., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Tichit M., Gonzalez-Garcia E., Dourmad JY, Dumont B., 2014. Agro-écologie et écologie industrielle : deux alternatives complémentaires pour les systèmes d'élevages de demain. In : Ingrand S., Baumont R. (Eds). Numéro spécial, Quelles innovations pour quels systèmes d'élevage ? *INRA Prod. Anim.* 27, 89-100.
- Van Keulen H., Schiere H., 2004. Crop-livestock systems: old wine in new bottles? In: Fisher T. and al. (Eds.), *New directions for a diverse planet*, Proc. 4th Int. Crop Sci. Congr., 26 September to 1st October 2004, Brisbane, Australia, The Regional Institute, Gosford, NSW, Australia, 12 p.
- Vermersch D., 2007. *L'éthique en friche*. Ed. Quae, Versailles.
- Vertès F., Devienne S., Ruiz L., Moreau P., Durand P., Delaby L., Corgne S., Dusseux P., Gascuel C., 2014. De l'évaluation environnementale à la dynamique des systèmes agraires sur un bassin versant « Algues vertes ». *Innovations Agronomiques* 39, 9-28