Vers un système fourrager innovant en polyculture-élevage : la démarche initiée à Lusignan

Sandra Novak, Remy Delagarde, Jean-Louis Fiorelli

▶ **To cite this version:**

Sandra Novak, Remy Delagarde, Jean-Louis Fiorelli. Vers un système fourrager innovant en polyculture-élevage : la démarche initiée à Lusignan. Innovations Agronomiques, 2012, 22, pp.159-168. hal-01210325

HAL Id: hal-01210325
https://hal.science/hal-01210325

Submitted on 29 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

Innovations Agronomiques 22 (2012), 159-168

Vers un système fourrager innovant en polyculture-élevage : la démarche initiée à Lusignan

Novak S.[1], Delagarde R.[2], Fiorelli J.L.[3]

[1] : UEFE, INRA, Les Verrines, 86600 LUSIGNAN

[2] : UMR PEGASE, INRA St Gilles Domaine de la Prise, 35590 SAINT GILLES

[3] : UMR ASTER, INRA Domaine du Joly BP 29, 88501 MIRECOURT CEDEX

Correspondance : sfi@listes.inra.fr

Résumé

Afin de répondre aux nouveaux défis auxquels l'élevage laitier doit faire face, un groupe de réflexion comportant des chercheurs INRA, un représentant du GIS Elevages Demain ainsi que des partenaires du monde professionnel et associatif, a co-construit un projet de recherche sur des systèmes fourragers innovants dans un cadre de polyculture-élevage. Ce groupe a préconisé de concevoir de nouveaux systèmes tirant le meilleur parti des facteurs abiotiques et biotiques du milieu et des effets du changement climatique, tout en économisant les ressources en voie de raréfaction (énergie fossile, eau) et en maintenant ou en améliorant la fertilité du sol. Ces nouveaux systèmes fourragers, qualifiés de « bioclimatiques », ont également pour objectifs de préserver les différents compartiments de l'environnement et de contribuer à atténuer le réchauffement climatique, tout en assurant la satisfaction des besoins des troupeaux et les attentes des éleveurs et de la société civile. Le groupe a également réfléchi à la construction d'un tel système sur l'unité expérimentale Fourrages et Environnement de l'INRA de Lusignan (UEFE) en Poitou-Charentes. Pour cette unité, l'objectif général sera de concevoir, mettre en œuvre et évaluer un système bioclimatique adapté aux conditions climatiques futures du Grand Ouest. En effet, les conditions climatiques actuelles de Lusignan préfigurent celles qui prévaudront vraisemblablement dans une vingtaine d'années dans le Grand Ouest, principal bassin laitier français. Le système, associant cultures et élevage, sera conçu en utilisant une approche agro-écologique basée notamment sur une diversification des fourrages en termes d'espèces et d'associations, de périodes de production et de modes d'exploitation afin de favoriser la résilience du système. Des espèces ligneuses seront introduites pour sécuriser l'approvisionnement fourrager en période de stress hydrique, limiter le stress thermique des animaux et des couverts végétaux, valoriser l'eau présente dans les couches profondes du sol, et pour stocker du carbone. Le système sera également conçu en maximisant le pâturage, en élargissant l'utilisation des légumineuses, et en recyclant l'eau et les nutriments. L'agencement dans le temps et dans l'espace de cette diversité et des strates herbacées, arbustives et arborées sera organisé de manière à sécuriser l'approvisionnement en fourrages et à constituer une ration équilibrée pour les ruminants. L'ajustement des besoins des animaux grâce aux périodes de vêlage, ou grâce à un type génétique animal voire à une race mieux adaptée sera également étudié. Enfin, la gestion de l'eau et de l'énergie sera optimisée à l'échelle de l'exploitation, afin d'économiser ou de recycler au maximum ces deux ressources.

Le travail de co-conception se poursuit et nous vous invitons à nous contacter (sfi@listes.inra.fr) si vous souhaitez apporter votre contribution. A plus long terme, ce projet vise également à cristalliser les réflexions scientifiques sur les systèmes fourragers bioclimatiques.

Mots-clés: système fourrager, polyculture-élevage, lait bioclimatique, Poitou-Charentes, diversification, pâturage, cultures, ligneux, ruminants, eau, énergie, co-conception, agroécologie

Abstract Toward an innovative forage system for mixed crop-livestock farming: the approach initiated at Lusignan

This article presents the results of a collaborative thought organized to build a research project on innovative forage systems achieving the new challenges that dairy farming will have to face, and which gathered researchers of INRA, a representative of the Scientific Interest Group "GIS Elevages Demain", as well as professionals and association representatives. The new forage systems were built in the frame of mixed crop-livestock farming and they will aim to make the best use of abiotic and biotic factors and of climate change, while saving water and energy resources and preserving or enhancing soil fertility. These so-called "bioclimatic systems" will have the additional main objectives to have limited adverse effects on environment and to contribute to attenuate climate change, while assuring the welfare of farmers and animals, and expectations of society. The bioclimatic forage systems will be prototyped to fit for the climate change that will occur in the medium term on the leading dairy regions of France. It will be implemented in a pluriannual experiment at the farm scale in Poitou-Charentes area, assuming its current climatic conditions foreshadow the future climate of these leading dairy regions. The whole mixed crop-dairy system will be redesigned by relying on agroecological approaches based on the diversification of forage resources using efficiently rainfall water and solar energy and well suited to the natural properties of the farm land (new species and mixtures including woody plants), on the development of grazing, a larger use of legumes, and on the recycling of water and nutrients. Key elements on the management over time of this diversity and of the three-dimensional space (herb, shrub and tree layers) to enhance the resilience of the system will also be developed. The animal requirements will be adjusted to a certain extent through calving dates or the breed type. Water and energy management will be optimized at the farm level, in order to save as much as possible these two resources. This project is still under co-construction and you are invited to contact us (sfi@listes.inra.fr) and to contribute to it. In the longer term, this project aims also to network multidisciplinary partners interested to work on bioclimatic forage systems at various levels.

Keywords: Forage system, mixed crop-livestock farming, bioclimatic milk, Poitou-Charentes, diversification, grazing, crops, woody plants, ruminants, water, energy, participatory design, agroecology

Introduction

L'élevage laitier doit faire face à de nouveaux défis : maintenir sa production en s'adaptant à la fois au changement climatique et à la raréfaction des ressources en énergie fossile, tout en étant respectueux de l'environnement.

Dans le Grand Ouest, principal bassin laitier français (50% du lait produit en Bretagne, Pays de Loire et Normandie), il est prévu selon les différents modèles de changement climatique une augmentation de la fréquence des sécheresses estivales et des événements climatiques extrêmes (Déqué, 2011), qui risquent d'aggraver les pénuries de fourrages déjà observées, comme par exemple en 2011. Les tensions sur la ressource en eau risquent également de s'accentuer, le changement climatique induisant une baisse de la restitution d'eau au milieu sous l'effet conjugué de l'augmentation des températures (et donc de l'évapotranspiration des plantes) et d'une baisse probable des précipitations notamment dans l'Ouest de la France (Itier, 2010).

En revanche, une augmentation des températures au début du printemps et à la fin de l'automne pourrait favoriser la croissance des plantes fourragères à ces périodes où les réserves en eau du sol sont en principe bien pourvues. L'augmentation de la concentration en CO_2 atmosphérique devrait également avoir un effet bénéfique sur la production de biomasse des plantes en C3 (Durand *et al.*, 2010).

L'extraction de pétrole et gaz fossiles risque d'atteindre son pic avant 2020 (Murray et King, 2012) ce qui aura un impact important en agriculture sur les coûts de production liés aux intrants de synthèse, comme par exemple les engrais minéraux azotés.

De nouveaux systèmes laitiers doivent donc être conçus afin de faire face aux effets combinés du changement climatique et de la raréfaction des ressources en eau et en énergie, tout en répondant aux attentes contrastées des divers porteurs d'enjeux (éleveurs, conseillers, filière, société civile, décideurs politiques, …), portant notamment sur une sécurisation de l'approvisionnement en fourrages et sur la préservation de l'environnement.

Afin de concevoir de nouveaux systèmes qui soient « profondément durables », Hill (1998) préconise d'utiliser une approche globale du changement, selon lui plus efficace que les stratégies visant simplement à améliorer l'efficacité d'une technique ou d'un produit, ou à les substituer par d'autres techniques ou produits. Cette notion de « deep design / redesign » définie par Hill (2006) comporte à la fois l'idée d'une rupture avec le système existant, et une volonté de considérer le système de production dans son ensemble. Elle est particulièrement présente dans les approches agro-écologiques (e.g. Gliessman, 2006) et holistiques (e.g. Savory et Butterfield, 1999).

Plusieurs études ont par ailleurs montré que pour favoriser l'émergence et l'adoption d'innovations, il est important que le processus de conception implique à la fois des chercheurs de disciplines variées et des porteurs d'enjeux (Le Gal *et al.*, 2011).

Dans ce contexte, un groupe de travail missionné par six départements scientifiques de l'INRA et composé des trois co-auteurs de cet article, a travaillé à la construction d'un programme de recherche sur des systèmes fourragers innovants associant cultures et élevage, en rupture avec les systèmes existants, qui sera mis en œuvre sur l'unité expérimentale Fourrages et Environnement de l'INRA de Lusignan (UEFE) en Poitou-Charentes. Ce travail s'inscrit dans la suite d'une réflexion prospective plus large sur les systèmes fourragers initiée en 2009 par plusieurs départements scientifiques de l'INRA, et approfondie par un premier groupe de travail pluridisciplinaire composé de scientifiques de l'INRA (Plantureux *et al.*, 2010). Cet article présente la méthodologie mise en œuvre par le second groupe de travail, ainsi que les premiers résultats et conclusions de ce travail et quelques perspectives.

Méthodologie

Nous avons dans un premier temps, constitué un groupe de réflexion associant des chercheurs et des partenaires du monde professionnel et associatif intéressés par l'élaboration de nouveaux systèmes fourragers en polyculture-élevage. Les objectifs étaient également de disposer d'un panel de domaines d'expertise assez large pour prendre en compte les principales composantes du système fourrager, mais également de regrouper un collectif de personnes ayant *a priori* des points de vue différents. Afin de faciliter les échanges d'idées, les participants n'ont eu connaissance de la structure d'appartenance des autres membres du groupe qu'à l'issue du premier atelier de réflexion.

Le travail de réflexion du groupe ainsi constitué s'est déroulé sur trois journées (ou ateliers) espacées d'un mois (Tableau 1). Les deux premiers ateliers avaient pour objectif de faire émerger des innovations sur les systèmes fourragers, et le troisième visait à réfléchir à un projet de recherche appliquée sur l'UEFE.

L'animation des ateliers s'est appuyée sur une méthode appelée « fertilisation croisée des idées» utilisée en innovation. Cette méthode permet de faire émerger des idées en suscitant la créativité, et de les approfondir en favorisant les interactions positives entre participants.

La première journée d'échange a permis de faire émerger une cinquantaine d'idées que nous avons regroupées en sept thèmes (Tableau 2). Cinq idées représentatives ont ensuite été sélectionnées pour être fertilisées par les participants au groupe de réflexion lors du deuxième atelier.

Tableau 1 : Démarche suivie pour la construction d'un projet sur les systèmes fourragers innovants à l'unité expérimentale Fourrages et Environnement de l'INRA de Lusignan.

Atelier	Ordre du jour	Participants présents §	Principaux résultats
1/ janvier 2012	Recueil d'idées sur des systèmes fourragers innovants et échanges	7 chercheurs + 7 partenaires	48 idées + 4*
2/ février 2012	Approfondissement des idées exprimées à la 1ère réunion	7 chercheurs + 5 partenaires	fertilisation croisée de 5 idées
3/ mars 2012	Réflexions sur les expérimentations à mener sur Lusignan en lien avec ces idées	5 chercheurs (*pas de partenaires invités*)	éléments pour un plan d'action sur l'UEFE

§ *La liste des participants est donnée dans la partie « Remerciements ».*
**Un partenaire présent seulement à la seconde réunion a proposé quatre idées complémentaires à celles émises lors de la première journée.*

Tableau 2 : Eléments sur les idées émises lors des ateliers de réflexion sur les systèmes fourragers innovants.

Thème	Nombre d'idées	Idée choisie pour la fertilisation croisée
Diversifier les ressources fourragères	12	Diversifier les cultures … avec et au-delà des prairies
Diversifier le système d'élevage	5	-
Avec des arbres ou les ligneux sous toutes leurs formes	7	Des arbres pour l'élevage
Moins d'intrants	10	Des systèmes fourragers productifs mais auto-suffisants
Efficience globale par rapport à l'énergie et à l'eau	4	Un élevage laitier qui préserve vraiment l'eau et l'énergie
Animaux et végétaux adaptés	4	-
Systèmes fourragers territoriaux	10	L'autonomie construite au niveau du territoire

Enfin, le troisième atelier a permis de discuter des objectifs à assigner au système mis en place sur l'UEFE, et des principales approches qui seront mises en œuvre pour répondre à ces objectifs.

En s'appuyant sur les propositions et discussions ayant eu lieu au cours de ces trois ateliers, nous avons établi les bases d'un projet de système fourrager innovant à Lusignan, dont les principales pistes sont indiquées ci-dessous.

Résultats et discussions

Les échanges d'idées entre participants ont été nombreux et constructifs, et nous pensons qu'ils ont été favorisés par le fait que l'exercice qui leur était proposé sortait de l'ordinaire, tant au niveau du fond que de la forme.

Ces ateliers de réflexion ont, en premier lieu, été l'occasion pour les participants de discuter des nouveaux enjeux auxquels doit répondre l'élevage laitier, et dont certains ont été évoqués en introduction.

Pour répondre à ces multiples enjeux, le groupe de réflexion a préconisé de concevoir de nouveaux systèmes fourragers tirant le meilleur parti des facteurs abiotiques et biotiques du milieu (eau, sol, rayonnement solaire, espace disponible, insectes auxiliaires, bactéries symbiotiques …) et des effets du changement climatique, tout en économisant les ressources en voie de raréfaction (énergie fossile, eau) et en maintenant voire en améliorant la fertilité du sol afin d'assurer la pérennité du système. Ces nouveaux systèmes fourragers devront par ailleurs préserver les différents compartiments de l'environnement (eau, air, sol, faune et flore) et contribuer à atténuer le réchauffement climatique, tout en assurant la satisfaction des besoins des troupeaux et les attentes des éleveurs et de la société civile. De tels systèmes ont été qualifiés de « bioclimatiques » par analogie au concept développé en architecture[1].

Les systèmes en polyculture-élevage, associant étroitement productions animales et végétales ont été considérés comme présentant de nombreux avantages, notamment grâce à leur possibilité de recyclage des éléments nutritifs, de diversification des activités et d'utilisation des cultures à double fin (vente ou fourrage).

Il a été décidé par le groupe de réflexion que l'objectif général du système qui sera mis en place à Lusignan soit de concevoir, de mettre en œuvre et d'évaluer un système fourrager bioclimatique associant cultures et élevage, adapté aux conditions climatiques futures du Grand Ouest. En effet, les conditions climatiques actuelles de Lusignan préfigurent celles qui prévaudront vraisemblablement dans une vingtaine d'années dans le Grand Ouest, principal bassin laitier français.

L'Unité Expérimentale Fourrages et Environnement (UEFE) de l'INRA de Lusignan est située en Poitou-Charentes, dans la Vienne, sur des sols limono-argileux sur argile rouge appelés « Terres rouges à châtaigniers » (brunisol, ferro-nodulaire, luvique). L'Unité dispose d'une exploitation qui comporte un troupeau de 70 vaches laitières Prim'Holstein, et peut mobiliser 140 ha pour tester un système fourrager bioclimatique associant cultures annuelles, prairies temporaires et des cultures de vente. L'équipe FÉE (Fourrages, Énergie, Eau) de l'UEFE mène depuis plusieurs années des expérimentations sur des ressources fourragères économes en eau et en énergie (*e.g.* Emile *et al.*, 2008 ; Emile et Novak, 2011), et a inauguré en 2010 un bâtiment d'élevage conçu pour économiser l'eau et l'énergie, comportant notamment un nettoyage des déjections par hydrocurage.

Le système fourrager bioclimatique de Lusignan sera conçu en considérant le système de production dans son ensemble, et en utilisant une approche agro-écologique basée sur une diversification des fourrages en termes d'espèces et d'associations, de périodes de production et de modes d'exploitation, sur le développement du pâturage, sur une plus large utilisation des légumineuses, et sur le recyclage de l'eau et des nutriments.

Nous faisons l'hypothèse majeure que la diversification des ressources fourragères est un moyen de premier ordre pour répondre aux objectifs assignés à un système fourrager bioclimatique. Elle permet non seulement de sécuriser l'approvisionnement en fourrages, mais également de limiter

[1] L'architecture bioclimatique est l'art et le savoir-faire de tirer le meilleur parti des conditions d'un site et de son environnement, pour une architecture naturellement la plus confortable pour ses utilisateurs. La conception bioclimatique a pour objectif principal d'obtenir des conditions de vie, adéquates et agréables de manière la plus naturelle possible, en utilisant avant tout des moyens architecturaux, les énergies renouvelables disponibles sur le site, et en utilisant le moins possible les moyens techniques mécanisés et le moins d'énergies extérieures au site. http://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture_bioclimatique

l'utilisation d'intrants à forte empreinte énergétique (engrais minéraux azotés de synthèse, aliments concentrés exogènes) en s'appuyant sur une gestion agro-écologique du système. Ainsi, l'utilisation de plantes aux besoins en rayonnements solaires, en eau, et en éléments nutritifs diversifiés dans le temps et dans l'espace permet à la fois de mieux valoriser les ressources naturelles du milieu et d'étaler la production de fourrages dans le temps.

Cette diversification présente également l'intérêt de préserver la qualité de la ressource en eau, que ce soit vis-à-vis des pesticides, en réduisant le risque de prolifération de bio-agresseurs grâce notamment à la présence d'auxiliaires ou en contrôlant la prolifération des adventices par la couverture du sol et la diversité des cycles culturaux (cultures pérennes, alternance de cultures d'hiver et de printemps), ou vis-à-vis du risque de pollution nitrique, grâce à une réduction des apports en engrais azotés de synthèse (présence importante de légumineuses) et un meilleur prélèvement des nitrates par les plantes, à la fois dans l'espace racinaire et dans le temps.

La diversification des espèces cultivées et la présence renforcée des cultures à double fin (fourrages et/ou récolte en grains) dans les rotations constituent également un élément clé de la résilience du système fourrager face aux aléas climatiques, permettant une orientation raisonnée de l'utilisation des surfaces selon les conditions et les risques à moyen et long terme.

L'utilisation de strates arbustives ou arborées constitue également une stratégie innovante pour sécuriser l'approvisionnement fourrager en période de stress hydrique, pour limiter le stress thermique des animaux et des couverts végétaux, pour valoriser l'eau présente dans les couches profondes du sol, et pour stocker du carbone (Jose, 2009 ; Malézieux *et al.*, 2009).

Au niveau zootechnique, la diversification des ressources fourragères est à raisonner d'une part au niveau de l'adéquation entre les besoins des animaux (ajustement des périodes de vêlage ou du type génétique voire de la race) et les ressources disponibles et d'autre part, dans le cadre de la complémentarité entre aliments de manière à constituer une ration équilibrée, en combinant des fourrages de différentes valeurs alimentaires (stocks, pâturage, affourragement en vert). Les possibilités d'associer des fourrages « grossiers », présents en quantité importante mais de qualité limitée, avec des fourrages, des racines ou des fruits de haute qualité (notion de banque énergétique ou protéique) seront étudiées.

Répondant bien aux objectifs d'économie d'énergie, le pâturage sera un mode privilégié d'utilisation des ressources, ce qui implique d'étudier la « pâturabilité » de nouveaux types de couverts, purs ou en mélanges (chicorée, betterave, navets, graminées en C4 tempérées et méditerranéennes), en cultures annuelles principales ou en couverts intermédiaires. Dans le même objectif, l'implantation de cultures pérennes ou annuelles auto-ressemées permettant une diminution du travail du sol, de même qu'une utilisation la plus large possible des légumineuses (fourragères ou à graines) et une meilleure gestion des effluents seront également recherchées.

Afin d'économiser les ressources en eau souterraine et superficielle, plusieurs stratégies seront étudiées. Elles reposent sur une meilleure valorisation i) des effluents liquides (ex : eaux brunes produites par l'hydrocurage), ii) de l'eau contenue dans le sol (par augmentation de sa réserve utile et diminution de son évaporation ou en esquivant les périodes à fort déficit hydrique par une récolte précoce) et iii) de l'eau présente dans les fourrages non séchés permettant de limiter le besoin en eau d'abreuvement des animaux.

Si l'on considère la production d'énergie comme une fonction associée aux systèmes fourragers bioclimatiques, plusieurs voies peuvent être envisagées comme notamment l'imbrication de panneaux solaires dans le système, ou la valorisation de la biomasse des arbres et des haies en complément de leurs rôles fourrager et d'abri.

Des innovations dans l'insertion du système fourrager dans le territoire ont également été discutées, tant du point de vue du recyclage des éléments nutritifs avec des idées sur des échanges organisés

entre producteurs (paille/ fumier, céréales/légumineuses, utilisation conjointe de parcelles), que du point de vue de la valorisation des produits passant par une nouvelle organisation des filières (circuits courts, label de qualité). Des pistes ont également été évoquées concernant l'entretien du paysage (espaces naturels ou collectifs) ou la création de liens avec la société civile (enseignement primaire ou secondaire, usagers et acteurs du territoire, …). Cependant, ces réflexions sur une insertion territoriale du système fourrager ne seront pas mises en œuvre dans un premier temps dans le projet de l'UEFE, dont l'échelle de travail se limite pour l'instant à l'exploitation.

Le groupe de travail a également initié avec les partenaires une réflexion sur le type d'expérimentations à mettre en place pour tester un tel système.

Actuellement, les recherches en agriculture sont conduites selon deux grands types de démarche expérimentale : i/ des expérimentations de type analytique (ou factorielles) à l'échelle de parcelles ou de lots d'animaux faisant varier un ou deux facteurs à la fois, ou ii/ des expérimentations-système pluridisciplinaires, multifactorielles et pluriannuelles, conduites à l'échelle de dispositifs caractérisés par une visée globale et organisée des divers enjeux d'un système de production (Reau *et al.* , 1996 ; Meynard *et al.*, 2006).

L'approche « expérimentation-système » nous semble être la plus pertinente pour mettre en œuvre un système fourrager innovant pour plusieurs raisons. D'une part, elle permet de tester une combinaison de techniques et de pratiques et d'évaluer la cohérence des techniques entre elles et vis-à-vis des objectifs à atteindre. D'autre part, elle permet d'évaluer le système de production de manière globale, et donc de prendre en compte les transferts de pollution qui peuvent avoir lieu d'un compartiment à l'autre de l'exploitation (par exemple, une pratique peut diminuer les émissions de gaz à effet de serre lors du stockage des effluents d'élevage, mais les augmenter lors de l'épandage). Il nous semble également qu'expérimenter dans un cadre défini d'objectifs et de contraintes favorise l'émergence de techniques ou de pratiques innovantes.

Cependant, des essais analytiques nous semblent également nécessaires, par exemple pour déterminer la valeur alimentaire de nouveaux fourrages ou pour tester de nouveaux itinéraires culturaux, afin de piloter au mieux l'expérimentation-système et atteindre les objectifs fixés.

Face à cette double ambition, deux types d'approche ont été identifiés : i/ intégrer des essais analytiques à l'expérimentation-système en veillant à ce qu'ils soient cohérents avec le cadre d'objectifs et de contraintes fixés et qu'ils perturbent le moins possible le système, ou ii/ réaliser ces essais en dehors de l'expérimentation-système en mettant « hors système » une partie du troupeau et des surfaces (exemple 40 vaches affectées « définitivement » à l'expérimentation-système et 30 vaches affectées à des essais à court terme, plus analytiques). Au stade actuel de la réflexion, des freins ont été identifiés dans ces deux approches. Dans le premier cas, il faut veiller à ce que les essais analytiques conduits sur une partie du système ne perturbent pas son fonctionnement global par leurs arrières-effets (ex : essais sur la valeur alimentaire impactant durablement un lot d'animaux). Le deuxième type d'approche complique fortement la gestion des animaux, des surfaces fourragères et des effluents (plusieurs troupeaux physiques permanents à conduire, associés à des ressources, à des surfaces fourragères et à des effluents).

Quel que soit le type d'expérimentation mis en place sur le site de l'UEFE, il serait par ailleurs intéressant de mener des expérimentations en partenariat avec un réseau d'agriculteurs, dans le cadre d'une recherche participative.

Structure du projet

Sur ces bases, un plan d'action décomposé en trois tâches complémentaires a été élaboré. La première tâche, centrale, a pour but de concevoir le système fourrager bioclimatique, la seconde vise à

rassembler des éléments de connaissances sur les potentialités des nouvelles ressources fourragères et leur utilisation dans un contexte « Grand Ouest », et la troisième a pour objectif d'organiser dans le temps et dans l'espace la gestion des ressources fourragères d'une part, et des ressources en eau et en énergie, d'autre part.

Tâche 1 : conception du système fourrager bioclimatique

Il s'agira de configurer avec des experts et des opérateurs aux savoirs variés des systèmes fourragers prototypes associant cultures et élevage en s'appuyant sur les résultats acquis dans les autres tâches. La méthode utilisée sera adaptée d'une méthode générique développée pour la conception de systèmes de cultures innovants (Debaeke *et al.*, 2009 ; Reau *et al.*, 2010). La configuration des systèmes reposera principalement sur l'expertise, les modèles de simulation multiespèces n'étant pas encore suffisamment performants (Malézieux *et al.*, 2009). Cependant, des modèles simples d'adéquation entre besoins des animaux et ressources fourragères seront utilisés. Les objectifs du système seront précisés et hiérarchisés, puis exprimés en termes de critères d'évaluation, en spécifiant les résultats à atteindre pour chaque critère. Ces critères seront discutés avec des porteurs d'enjeu. Un jeu de principes et de règles de décision sera également établi pour conduire le système.

Ces prototypes feront ensuite l'objet d'améliorations pas-à-pas lors de la mise en œuvre de l'expérimentation-système sur le long-terme, notamment grâce à l'apprentissage de ses opérateurs (Coquil *et al.*, 2011). La mise en œuvre du système est prévue à compter de fin 2013.

Des expérimentations analytiques complémentaires, cohérentes avec les objectifs du système et ne le perturbant pas, seront également mises en place en fonction des besoins identifiés.

A ces étapes de configuration et de mise en œuvre du système sera associée une étape d'évaluation multicritère afin de 1/ discriminer les systèmes candidats (évaluation *ex ante*) et 2/ vérifier si les objectifs visés par le système sont atteints (évaluation *ex post*). Cette évaluation multicritère prendra en compte des critères environnementaux, économiques et sociaux et étudiera l'empreinte du système à différents niveaux.

Tâche 2 : diversification des fourrages

Un travail exploratoire s'attachera à identifier de nouvelles espèces et variétés de fourrages adaptés au changement climatique dans un contexte « Grand Ouest » et à une utilisation parcimonieuse des ressources. Il déterminera également les mélanges, associations et combinaisons permettant de sécuriser les ressources fourragères quels que soient les aléas climatiques, en s'intéressant également à la diversité des périodes de production et des modes d'exploitation, à la fois au niveau des cultures principales et dérobées, et des cultures pérennes. Cette étude concernera aussi bien les espèces herbacées que ligneuses.

Tâche 3 : gestion intégrée des ressources

L'agencement dans le temps et dans l'espace, en termes d'assolement et de strates, des ressources fourragères et des cultures de vente sera organisé au niveau stratégique (choix des systèmes de culture et de leur organisation dans l'assolement), et au niveau de leur conduite en adaptant le pilotage des systèmes de culture et l'exploitation des ressources fourragères aux conditions climatiques de l'année considérée. L'implantation d'espèces ligneuses nécessitera d'organiser les trois dimensions de l'espace sur des pas de temps suffisamment longs pour prendre en compte l'évolution des strates.

Cette organisation de la diversité de ressources fourragères sera réfléchie de manière à satisfaire les besoins des animaux en combinant des fourrages de valeurs alimentaires pouvant être très différentes. L'ajustement de ces besoins grâce aux périodes de vêlage, ou grâce à un type génétique animal voire à une race mieux adaptée sera également étudié.

La gestion de l'eau et de l'énergie sera optimisée à l'échelle de l'exploitation, afin d'économiser ou de recycler au maximum ces deux ressources. Pour cela, les équipements déjà présents sur le site expérimental de Lusignan seront valorisés.

Conclusions et perspectives

La méthodologie mise en œuvre pour co-concevoir un système fourrager innovant sur une unité expérimentale de l'INRA de Lusignan a permis d'établir les bases d'un nouveau système, qualifié de « bioclimatique », grâce à une fertilisation croisée des idées provenant d'experts et d'acteurs d'horizons variés.

Ce projet n'en est qu'à ses prémices, et beaucoup de questions sont encore en suspens. Il reste notamment des décisions importantes à prendre en termes de stratégies d'élevage (choix de la race ou des types génétiques, gestion de la reproduction, conduite du troupeau, élevage des génisses), de choix des systèmes de culture et d'organisation des strates. Il faudra également statuer sur le nombre de systèmes à expérimenter, en préciser les objectifs et les hiérarchiser.

Pour cela, le travail de co-conception se poursuit, mais avec un groupe plus restreint qui mobilisera ponctuellement des experts pour approfondir certaines questions. Ce projet s'appuiera également sur l'expérience acquise par les équipes de recherche et de recherche-développement ayant déjà mis en place des expérimentations-système en élevage de ruminants (e.g. Coquil *et al.*, 2009 ; Durant et Kernéis, 2010 ; Coppa *et al.*, 2012).

Afin que ce projet se concrétise par une plateforme de recherche et d'innovation, des liens forts avec les partenaires tant scientifiques que du monde professionnel et associatif sont encore à tisser, de manière à les impliquer durablement. Si vous souhaitez apporter votre contribution, nous vous invitons à nous contacter (sfi@listes.inra.fr). A plus long terme, ce projet vise également à cristalliser les réflexions scientifiques sur les systèmes fourragers bioclimatiques.

Remerciements

Nous remercions vivement les participants aux ateliers de réflexion pour leur contribution active à ce projet, à savoir (par ordre alphabétique) R. Baumont (GIS Elevages Demain), C. Bordet (Solagro), J. Chemarin (C.A. 86), J.C. Emile (INRA UEFE), A. Farruggia (INRA UMRH), L. Guichard (INRA UMR Agronomie), P. Guy (FNE), E. Kernéis (INRA DSLP), F. Liagre (Agroof), J.M. Lusson (RAD), C. Mosnier (INRA UMRH), J. Mousset (ADEME), A. Pfimlin (retraité IDELE), B. Rolland (INRA APBV), P. Roux (agriculteur 86), F. Sangouard (LEGTA Mirecourt), F. Santi (INRA UAGPF).

Nous remercions également Véronique Saint Ges (réseau Res'Innov, INRA) pour son soutien dans l'animation des ateliers.

Références bibliographiques

Coppa M., Ravaglia P., Farruggia A., Pomiès D., Borreani G., Ferlay A., 2012. Grazing system and botanical diversity effects on the quality of herbage consumed by dairy cows. Grassland - a European resource? Proceedings of the 24th General Meeting of the European Grassland Federation, Lublin, Poland.

Coquil X., Blouet A., Fiorelli J.L., Bazard C., Trommenschlager J.M., 2009. Designing organic dairy systems based on agronomic principles. Prod. Anim. 22, 221-234.

Coquil X., Fiorelli J.L., Blouet A., Trommenschlager J.M., Bazard C., Mignolet C., 2011. Experiencing organic mixed-crop dairy systems: a step by step design centred on a long term experiment Renc Rech Ruminants, Paris, France, pp. 57-60.

Debaeke P., Munier-Jolain N., Bertrand M., Guichard L., Nolot J.-M., Saulas P., 2009. Iterative design and evaluation of rule-based cropping systems: methodology and case studies. A review. Agron. Sustain. Dev. 29, 73-86.

Déqué M., 2011. Scénarios de changement climatique en Poitou-Charentes. 3èmes Rencontres de la recherche et du développement en Poitou-Charentes, pp. 3-8.

Durand J.L., Bernard F., Lardy R., Graux A.I., 2010. Changement climatique et prairies : l'essentiel des impacts. Livre vert du projet Climator, Ademe Editions. pp. 181-190.

Durant D., Kerneis E., 2010. Contribution of a system experiment in designing a mixed crop-livestock farming system aimed at i) improving self-sufficiency, and ii) producing biodiversity and benefiting from it. In: Coudel, E., Devautour, H., Soulard, C., Hubert, B. (Eds.), Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food - ISDA Cirad-Inra-SupAgro, Montpellier (France), p. 4.

Emile J.C., Jacobs D.F., Al Rifaï M., Leroy P., Faverdin P., 2008. Triticale and mixtures silages for feeding dairy cows. European Grassland Federation, Uppsala (Sweden), pp. 804-806.

Emile J.C., Novak S., 2011. Recherche de systèmes fourragers innovants : économie d'eau et d'énergie, contribution au stockage du carbone. Séminaire changement climatique, Melle pp. 41-45.

Gliessman S.R., 2006. Agroecology - the ecology of sustainable food systems, CRC Press.

Hill S.B., 1998. Redesigning agroecosystems for environmental sustainability: a deep systems approach. Systems Research and Behavioral Science 15, 391-402.

Hill S.B. 2006. Enabling redesign for deep industrial ecology and personal values transformation: a social ecology perspective, in: Green K., Randles S. (Eds.), Industrial ecology and spaces of innovation. Edward Elgar Publishing, pp. 255-271.

Itier B., 2010. Confort hydrique et restitution d'eau aux nappes. Livre vert du projet Climator. Ademe Editions, pp. 79-92.

Jose S., 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. Agroforestry Systems 76, 1-10.

Le Gal P.Y., Dugué P., Faure G., Novak S., 2011. How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. Agricultural Systems 104, 714-728.

Malézieux E., Crozat Y., Dupraz C., Laurans M., Makowski D., Ozier-Lafontaine H., Rapidel B., de Tourdonnet S., Valantin-Morison M., 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. Agron. Sustain. Dev. 29, 43-62.

Meynard J., Aggeri F., Coulon J.B., Habib R., Tillon J.P., 2006. Recherches sur la conception de systèmes agricoles innovants. Rapport du groupe de travail à la Direction Générale de l'INRA, p. 71p.

Murray J., King D., 2012. Oil's tipping point has passed. Nature 481, 433-435.

Plantureux S., Carrère P., Delagarde R., Emile J.C., Lherm M., Martin-Clouaire R., Tichit M., 2010. Réflexions en vue de recherches pluri-départementales INRA sur les systèmes fourragers innovants. Document de travail INRA, p. 20.

Reau R., Meynard J.M., Robert D., Gitton C., 1996. Des essais factoriels aux essais "conduite de culture". Expérimenter sur les conduites de cultures: un nouveau savoir-faire au service d'une agriculture en mutation. DERF-ACTA, Paris, pp. 52-62.

Reau R., Angevin F., Bergez J.E., Blouin M., Bockstaller C., Colomb B., Doré T., Guichard L., Landé N., Messean A., Munier-Jolain N., Petit M.S., 2010. Innovative cropping systems design and multicriteria assessment. 11. ESA Congress. Agropolis International, pp. 409-410.

Savory A., Butterfield J., 1999. Holistic Management - an new framework for decision making, Island Press.