



Cohérence des relations entre richesse spécifique, diversité fonctionnelle et productivité à différentes échelles spatiales en prairie

Katja Klumpp, Juliette Bloor, Frédérique Louault, Anne-Isabelle Graux

► To cite this version:

Katja Klumpp, Juliette Bloor, Frédérique Louault, Anne-Isabelle Graux. Cohérence des relations entre richesse spécifique, diversité fonctionnelle et productivité à différentes échelles spatiales en prairie. Atelier du Réseau Prairie, Dec 2012, Lusignan, France. hal-02750339

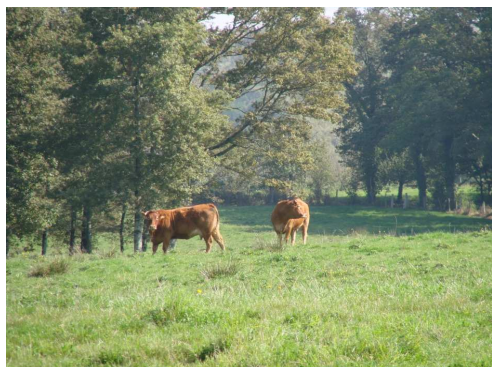
HAL Id: hal-02750339

<https://hal.inrae.fr/hal-02750339>

Submitted on 3 Jun 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.

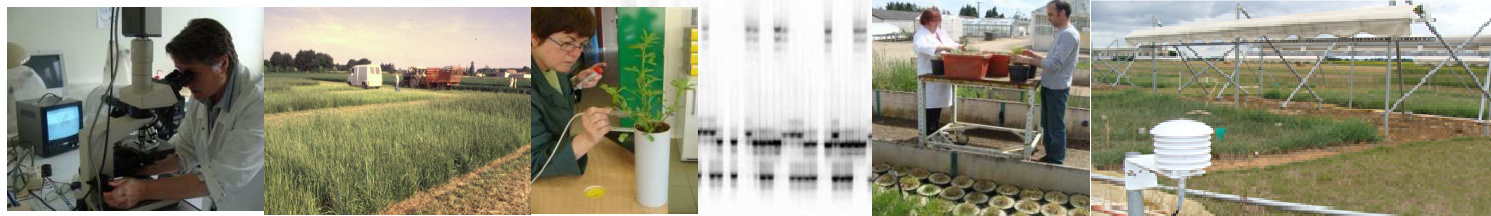
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Réseau Prairies

Résumé des communications

A quelle échelle évaluer les services rendus par les écosystèmes prairiaux?



Lusignan, 18 et 19 décembre 2012



Organisé par le groupe d'animation du réseau Prairies
avec le soutien financier des départements EA et EFPA

Réseau prairies -
Atelier « A quelle échelle évaluer les services rendus par les
écosystèmes prairiaux? »
18 et 19 décembre 2012 - Lusignan

Comité d'organisation : M. Duru (EA), P. Carrère (EFPA), B. Julier (GAP), F. Gastal (EA) ; R. Martin-Clouaire (MIA), A. Farruggia (PHASE), M. Meuret (SAD), M. Lherm (SAE2) ;

Comité local d'organisation : B. Julier, N. Bonnet, P. Barre, D. Combes, J.L. Durand, F. Gastal, M. Ghesquière, G. Louarn, J.P. Sampoux

Avant-propos :

Le réseau prairies a été créé à l'initiative des départements EA, EFPA, GAP, PHASE, SAD, SAE2 et MIA qui souhaitaient la mise en place d'un réseau d'animation scientifique dédié aux recherches portant sur les prairies. Son objectif est d'améliorer la coordination et les échanges entre les équipes appartenant à la communauté scientifique dont la prairie est directement, ou plus indirectement un objet d'étude. Les missions du réseau, décrites dans la lettre de cadrage du 23 novembre 2009 font ressortir deux éléments prioritaires : i) améliorer la coordination et les échanges au sein d'une communauté scientifique mobilisée autour de « la prairie » et ii) dégager une plus-value scientifique de cette animation. La tenue d'un atelier thématique annuel répond à ce besoin d'animation en offrant un cadre d'échange réflexif et prospectif.

Remerciements :

Le comité d'organisation tient à remercier les départements EA et EFPA pour le soutien financier à l'animation du réseau Prairies, et au financement de ce premier atelier. Un grand merci également aux membres du comité d'organisation local du centre de Lusignan pour son implication dans l'organisation de cet Atelier. Merci au Lycée de Venours pour son accueil.

La réussite de cet atelier doit également beaucoup aux intervenants invités et premiers auteurs des communications qui ont accepté de réaliser les exposés de synthèses destinés à faire un point sur l'état de l'art sur les thématiques abordées.

Prochain rendez-vous : Atelier prospectif dans le champ des SHS, 2 jours en 2013 à Clermont

Objectif: aider les chercheurs en sciences biotechniques et en SHS à problématiser **ensemble** pour éviter toutefois le recours au "sociologue alibi" ;

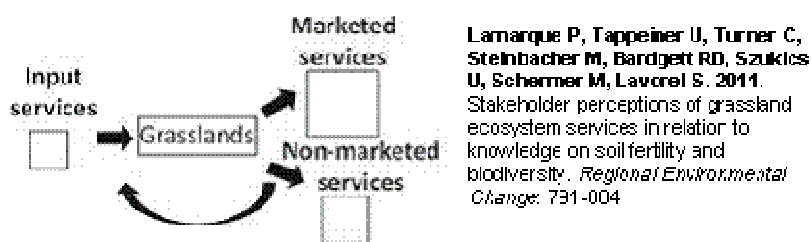
Méthode : échanges sur un terrain d'étude concret avec des chercheurs en SHS (ethnologues, sociologues...) pour traiter de l'usage des connaissances dans l'action, de l'incidence et de mobilisation des contenus des politiques publiques

Edition et mise en forme des actes : B. Julier et N. Bonnet

Cadrage Général de l'Atelier

La recherche agronomique, en particulier pour les sciences biotechniques, a été traditionnellement réalisée surtout au niveau parcelle ou infra, sur des pas de temps dépassant rarement quelques années. Pourtant, de nombreux problèmes environnementaux mais également des leviers d'adaptation opèrent à des échelles d'espace et de temps plus larges¹. Au cours de la dernière décennie, les agronomes ont commencé à traiter les questions à l'échelle du paysage et au-delà, mais cela pose un certain nombre de défis méthodologiques, relatifs au changement d'échelle, à surmonter. Des recherches approfondies ont aussi été entreprises au niveau de la biodiversité du sol, ce qui renouvelle aussi les questions de changement d'échelle et de généralisation des résultats. En outre, ces défis prennent des formes différentes selon qu'on se limite à l'étude des processus biophysiques ou bien qu'on vise à produire des outils pour penser et accompagner l'action au niveau des institutions ou des organisations (exploitations agricoles, organismes de conseil, gestionnaires de ressources, pays...). Dans le même temps, les études au niveau de la communauté, l'individu et son génome se sont développées, aidées par de nouveaux outils, comme la modélisation ou la génétique moléculaire. Les liens entre ces observations, qui rendent compte de mécanismes de vie du peuplement, la dimension agronomique et les services écosystémiques sont à développer.

Nous proposons de traiter les questions relatives au choix de l'échelle (ou au changement d'échelle) en se focalisant sur les **services rendus par les agro-écosystèmes prairiaux (sl)**, cf Fig. 1.



Pour structurer la réflexion, nous nous référons à la typologie de l'ESCO Agriculture et biodiversité (Le Roux et al 2008) qui distingue 3 types de services :

- Services de production débouchant sur des biens commercialisés, incluant la qualité de la ressource et sa gestion (flexibilité);
- Services intrants (amélioration de la fertilité physique, chimique et biologique ; régulations biologiques (pollinisation, rat taupier...)
- services non marchands : stockage de C ; esthétique des paysages....

Chaque type de service ne s'évalue pas a priori aux mêmes niveaux d'échelles. De plus, dans une optique multifonctionnelle, se pose la question de l'échelle pertinente à laquelle ils peuvent se co-réaliser.

Analyser l'activité agricole par les services rendus permet aussi de traiter de la réduction des externalités négatives (émissions d'azote, de CO₂ et CH₄), érosion, ainsi que de l'érosion de biodiversité. Un enjeu des recherches est de réduire les externalités négatives et les intrants chimiques par une augmentation des services intrants (démarche agro-écologique), sans réduire pour autant les services de production, tout en contribuant à augmenter les services non marchands (par définition non rémunérés).

¹Ingram J, Gregory P, Izac A. 2008. The role of agronomic research in climate change and food security policy. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 126: 4-12.

Le séminaire se centrera sur les niveaux d'échelle (spatiale, temporelle ou organisationnelle) les plus appropriés, ainsi que sur la question du passage entre ces niveaux (changement d'échelle) pour rendre compte des services fournis par les agroécosystèmes prairiaux. Sur la base de la grille proposée par Jackson et al 2010² (fig. 2), il est possible de distinguer 3 types d'échelles pour qualifier les niveaux d'organisation : le temps, l'espace et les organisations institutionnelles).

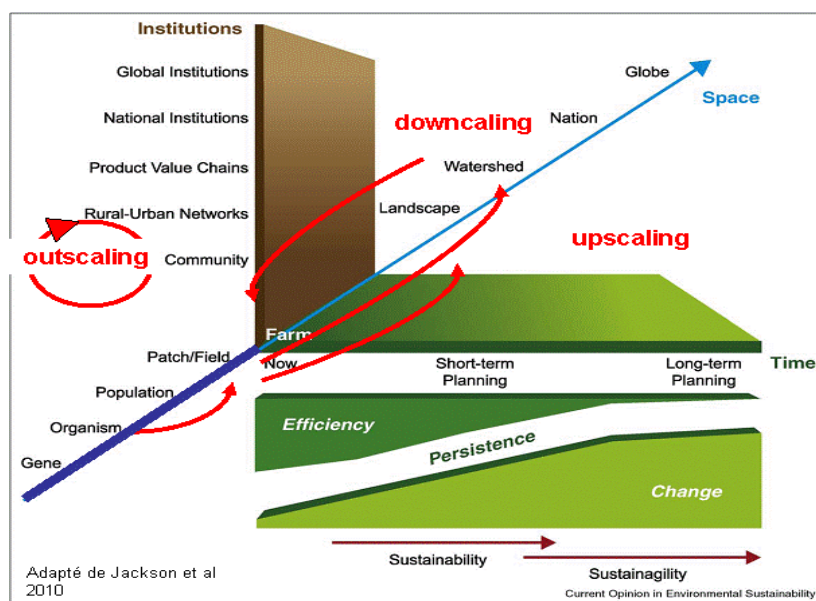


Fig. 2. Three types of scale (time, space, and human institutions) and their relevance to planning for future uncertainty and the rapid pace of human-induced environmental change. Along the time axis, efficiency dominates planning in the here-and-now, while planning for persistence is aligned with the broad concept of sustainability (red bar), and the ability to rebound to current status. Preparing for change requires longer term planning to keep options open for uncertainty (despite unknown future implications of the current decision point), and thus is aligned with the broad concept of sustainagility (red bar).

Farms are at the origin of the three axes (x, y, z = here-and-now, community institutions, farm), but their successful trajectory toward a sustainability paradigm (x, y, z = future planning, regional to global institutions, landscape and beyond) requires communication with and support from higher institutional and spatial scales. (adapted from Jackson et al., 2010)

Outre le justificatif du choix d'un « barreau de l'échelle » pour réaliser telle ou telle recherche, ce type de représentation permet de traiter des changements d'échelles qui peuvent concerner le « upscaling » avec les questions sous-jacentes de prise en compte des propriétés émergentes, de « downscaling » pour traiter des effets d'interventions sur des processus se déroulant à des échelles inférieures, et de « outscaling », c'est-à-dire de généralisation des résultats d'un endroit à un autre ou d'un groupe d'acteur à un autre³.

² Jackson L, Noordwijk M van, Bengtsson J, Foster W, Lipper L, Pulleman M, Said M, Snaddon J, Vodouhe R. 2010. Biodiversity and agricultural sustainability: from assessment to adaptive management. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2: 80-87.

³ Douthwaite B, Schulz S, Olanrewaju A. 2002. Impact Pathway Evaluation : An Approach for Achieving and Attributing Impact in African Agriculture. *Social Science*: 11-14.

Programme du Réseau Prairies

Changements d'échelles et niveaux de gestion, 18-19 décembre 2012, Lusignan

18 décembre 2012

10h00 - accueil

10h30 – ouverture par **J.M. Chabosseau** (Président Centre) et **F. Gastal** (DU URP3F Lusignan)

10h45 – introduction à l'atelier (groupe organisateur)

Introductive talk

11h00 – 11h45 – **Prof. L. Jackson (U.Davies, USA)** : Biodiversity and agricultural sustainability: from assessment to adaptive management

11h50 – 12h15 – Discussion

SESSION 1 – Services écosystémiques et échelles spatiales (modérateur M. Duru)

12H15 – 13h00⁴ – **V. Bretagnolle** : Problèmes d'échelles pour modéliser les processus écologiques dans une zone atelier en vue de renforcer l'écologisation de l'agriculture ?

13h15 - 14h15 – repas

14h15 – 15h00 – **P. Lamarque** : Etudier les services écosystémiques de la parcelle expérimentale au paysage. Cas d'étude des prairies de montagne subalpines.

15h00 – 15h15 – **R. Sabatier** : Approche multi-échelle de la conciliation entre production agricole et conservation de la biodiversité aviaire en milieu prairiaux

15h15 – 15h30 – **M. Moraine** : Intégration et coordinations dans les systèmes associant culture et élevage pour valoriser des services écosystémiques.

15h30 – 15h45 – **K. Klumpp** : Cohérence des relations entre richesse spécifique, diversité fonctionnelle et productivité à différents échelles spatiales

15h45 - 16h15 – Discussion générale session 1

16h15 – 16h30 PAUSE

SESSION 2 – Processus biophysiques et up-scaling (modérateur B. Julier)

16h30 – 17h00 – **G. Louarn** : Du gène à la parcelle : l'individu et le génotype au carrefour de l'amélioration génétique et de la dynamique des communautés prairiales

17h00 – 17h15 – **A. Chabbi** : Cycles biogéochimique dans les écosystèmes prairiaux et problèmes d'up-scaling

17h15 – 17h30 – **G. Bourrié** : Qualité de l'eau d'irrigation, des sols, de la nappe et nutrition minérale des prairies

17h30 - 18h00 – Discussion session 2

18h00 - Temps récréatif : théâtre d'improvisation avec l'ADIV

19h00 – Apéritif et Dîner

⁴ Temps total : exposé et discussion comprise

19 décembre 2012

SESSION 3 – Importance de la modélisation pour le changement d'échelles (Modérateur P. Carrère)

8h30 – 9h00 – **N. Vuichard** : Les modèles globaux de végétation sont-ils des outils pertinents pour évaluer les services éco-systémiques ? Aperçu de quelques résultats obtenus avec le modèle ORCHIDEE'

9h00 – 9h15 – **F. Ruget** : Simulation prospective du drainage et des rendements des prairies irriguées à l'échelle de l'aquifère de la Crau

9h15 – 9h30 – **F. Vertès** : Co-construire et évaluer des scénarios d'évolution des systèmes de production agricole sous contraintes environnementales : application à un bassin-versant côtier affecté par des « marées vertes »

9h30 – 10h00 – Discussion session 3

10h00 - 10h15 PAUSE

10h15 – 10h45 – **G. Richard** (CD-EA) : Présentation du métaprogramme ECOSERV et des attendus.

10h45 – 11h45 – Discussion autour du métaprogramme

SESSION 4 – Multifonctionnalité et échelles (Modérateur F.Gastal)

11h45 – 12h30 – **P. Caron** : Questions d'échelles et multifonctionnalité de l'agriculture: le cas de la sécurité alimentaire et de la biodiversité

12h30 – 12h45 – **M. Duru** : Echelles et propriétés émergentes pour caractériser et prédire quelques services écosystémiques fournis par les prairies

12h45 – 13h00 – **M. Duru** : Faire avec la diversité des situations et l'incertitude pour dégager des principes d'action : exemple des prairies

13h00 – 13h30 – Discussion session 4

13h30-14h15 – Repas

14h15 – 15h00 – Discussion générale (animation groupe organisateur)

15h00 – 15h30 – Conclusion et recueil des attentes sur le réseau

15h30 – Fin des travaux.

« Au cas où » : tel 06 30 52 03 79, 06 21 26 28 29

Biodiversity and agricultural sustainability: from assessment to adaptive management

Louise Jackson

Professor and Cooperative Extension Specialist, Department of Land, Air and Water Resources, University of California Davis, Davis, CA 95616 USA

Sustainability is an idea that was originally developed by Dr. Meine van Noordwijk at the World Agroforestry Centre (ICRAF), to mean “allowing farmer’s ability to continue...to respond to external pressures, stresses and fluctuations” (Verchot et al. 2007). The idea was then explored by the DIVERSITAS agrobiodiversity network, of which Dr. van Noordwijk is a member of the Science Committee, as relevant to a wide range of agroecosystems and landscapes. This emphasis was on the role of agrobiodiversity in strategies for adaptive capacity and transformability along three axes (temporal, spatial, and human institutions), assessing tradeoffs at multiple scales, and examining ways that research can contribute to how decisions and plans are made in an uncertain future (Jackson et al. 2010).

This presentation will begin with an introduction to the idea of sustainability, and how it differs from sustainability, which tends to invoke the persistence of present conditions or systems. This overview will also include a few examples of how agrobiodiversity has been recently shown to underpin ecological functions in agroecosystems, along with some of the challenges of implementing agrobiodiversity-based practices. The second part of the presentation will focus on multi-scale agrobiodiversity research conducted in one county in California (Yolo County) during the past decade. It will show the trajectory from initially striving to document the relationships between plant and soil biodiversity and ecosystem functions (e.g. Cavagnaro et al. 2006), then to farmscape and landscape studies that examine spatial heterogeneity in processes and create greater connections with farmers and landowners (Smukler et al. 2010; Culman et al. 2010), and finally to a policy-driven project on planning for adaptation to climate change (Jackson et al. 2011). This type of place-based approach is conceptually conducive to building on synergies from several different types of capital (natural, human, social, financial, and physical), and could potentially be a way to create locally-effective sustainability as well as link knowledge globally on approaches to increase adaptive capacity in different types of social-ecological contexts (Jackson et al. 2012).

- Cavagnaro, T., L.E. Jackson, J. Six, H. Ferris, S. Goyal, D. Asami, and K.M. Scow. 2006. Arbuscular mycorrhizas, microbial communities, nutrient availability, and soil aggregates in organic tomato production. *Plant and Soil* 282:209-225.
- Culman, S.W., A. Young-Mathews, A.D. Hollander, H. Ferris, S. Sánchez-Moreno, A.T. O’Geen, and L.E. Jackson. 2010. Biodiversity and soil ecosystem functions over a landscape gradient of agricultural intensification in California. *Landscape Ecology* 25:1333-1348.
- Jackson, L.E., M. van Noordwijk, J. Bengtsson, W. Foster, L. Lipper, M. Said, J. Snaddon, and R. Vodouhe. 2010. Biodiversity and agricultural sustainability: from assessment to adaptive management. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2:80-87.
- Jackson, L.E., S.M. Wheeler, A.D. Hollander, A.T. O’Geen, B.S. Orlove, J. Six, D.A. Sumner, F. Santos-Martin, J.B. Kramer, W.R. Horwath, R.E. Howitt, and T.P. Tomich. 2011. Case study on potential agricultural responses to climate change in a California landscape. *Climatic Change* 109 (Suppl 1):S407-S427.
- Jackson, L.E., M.M. Pulleman, L. Brussaard, K.S. Bawa, G.G. Brown, I.M. Cardoso, P.C. de Ruiter, L. García-Barrios, A.D. Hollander, P. Lavelle, E. Ouedraogo, U. Pascual, S. Setty, S.M. Smukler, T. Tschardtke, and M. van Noordwijk. 2012. Social-ecological and regional adaptation of agrobiodiversity management across a global set of research regions. *Global Environmental Change* 22:623-639.
- Smukler, S.M., S. Sánchez-Moreno, S.J. Fonte, H. Ferris, K. Klonsky, A.T. O’Geen, K.M. Scow, K.L. Steenwerth, and L.E. Jackson. 2010. Biodiversity and multiple ecosystem functions in an organic farmscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139:80-97.
- Verchot, L.V., M. van Noordwijk, S. Kandji, T. Tomich, C. Ong, A. Albrecht, J. Mackensen, C. Bantilan, K.V. Anupama, and C. Palm. 2007. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry’. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12:901-918.

Etudier les services écosystémiques de la parcelle expérimentale au paysage. Cas d'étude des prairies de montagne subalpines.

Pénélope Lamarque

UMR 5553, Laboratoire d'Ecologie Alpine, CNRS, Université Joseph Fourier, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9

L'étude des services écosystémiques et notamment la cartographie de leur distribution à différentes échelles spatiales est de plus en plus fréquente, car elle représente un outil de prise de décision important pour les institutions et les gestionnaires du territoire. La plupart de ces études sont réalisées à l'échelle continentale, nationale ou régionale et reposent sur l'utilisation de variables de substitution tels que l'utilisation du sol facile à acquérir. Cette méthode pose un problème méthodologique pour une utilisation à une échelle plus fine notamment lorsque le paysage est essentiellement constitué d'une seule catégorie d'utilisation du sol, telles que les prairies. Dans ce cas, la prise en compte des différents modes de gestion agricoles est nécessaire. Nous avons cartographié la fourniture, actuelle et future, de multiples services écosystémiques par un paysage composé majoritairement de prairies subalpines dans les Alpes française à l'aide d'un modèle spatialement explicite basé sur les traits fonctionnels. Ces traits et variables abiotiques mesurés en différents points de relevés au sein du paysage on permet de cartographier la distribution de huit services écosystémiques (qualité et quantité du fourrage, fertilité du sol, qualité de l'eau, stockage de carbone, pollinisation, esthétique et conservation de la diversité botanique) prenant en compte les effets de différents modes de gestion des prairies (fauche ou pâture, avec ou sans fertilisation organique, sur ancienne terrasses labourées ou non). De plus, cette méthode a également permit de comprendre les mécanismes qui sous-tendent la fourniture de chacun des services, et d'identifier les causes de changements simultanés ou non de multiples services en réponse aux changements climatiques et socio-économiques.

Approche multi-échelle de la conciliation entre production agricole et conservation de la biodiversité aviaire en milieu prairiaux

Rodolphe Sabatier, Felix Teillard, Muriel Tichit,
INRA UMR 1048 SADAPT, 16 rue Claude Bernard Paris

L'objectif de cette étude est d'analyser à différentes échelles, de la parcelle agricole au territoire Français, les liens entre production agricole et biodiversité aviaire. Une première série de modèles, de la parcelle au paysage formalise les interactions entre pratiques agricoles et dynamique de population d'un limicole dans un agroécosystème prairial. A l'échelle du territoire français, le lien entre intensité de l'usage des prairies et biodiversité est réalisé grâce au couplage des données du Suivi Temporel des Oiseaux Communs (MNHN) aux données du RICA et de la MSA. Les résultats montrent qu'à l'échelle de la parcelle, la temporalité des pratiques agricoles est un levier majeur de la conciliation entre avifaune et production agricole. A l'échelle de l'exploitation, la proportion des usages intervient comme un levier supplémentaire. A l'échelle du paysage, l'agencement des usages agricoles est un élément clef de cette conciliation. Enfin, à l'échelle nationale, la proportion des prairies ainsi que l'intensité de leur gestion modifie la composition des communautés d'oiseaux agricoles. Au-delà des résultats proprement dits, cette étude montre la nécessité d'adapter les indicateurs et les modèles aux échelles considérées et illustre la variété des modalités d'action en fonction de l'échelle considérée.

Sabatier R., 2010. Arbitrages multi-échelles entre production agricole et biodiversité dans un agroécosystème prairial. Thèse de doctorat en sciences animales de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement. AgroParisTech, ABIES. 228 p, Paris

Sabatier R, Doyen L, Tichit M (2012) *Action versus result-oriented schemes in a grassland agroecosystem: a dynamic modelling approach*. PLoS ONE 7: e33257. doi:10.1371/journal.pone.0033257

Teillard F. 2012. Reconciling food production and biodiversity in farmlands: the role of agricultural intensity and its spatial allocation. Université René Descartes, ED Frontières du Vivant, Paris.

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.

Sabatier R, Léger F, Teillard F, Tichit M, (2011) *Une approche multi-échelles des arbitrages entre production fourragère et biodiversité dans un agroécosystème prairial*. Fourrages 208, 315.

Intégration et coordinations dans les systèmes associant culture et élevage pour valoriser des services écosystémiques

Moraine Marc, Michel Duru, Olivier Therond

INRA, UMR AGIR, 24 Chemin de Borde Rouge – Auzeville, CS 52627, 31326 Castanet Tolosan cedex, Marc.moraine@toulouse.inra.fr

Les systèmes associant culture et élevage constituent des modèles de production pouvant apporter des réponses aux enjeux de durabilité de l'agriculture, à travers les bénéfices tirés des complémentarités entre culture et élevage, à la croisée desquels se situent les espaces prairiaux. Ces bénéfices sont de différentes natures qu'il convient d'identifier pour en optimiser la production. Nous proposons pour cela un cadre conceptuel permettant de décrire le niveau d'intégration culture – élevage par une approche « métabolique » concernant la nature et l'intensité des échanges et flux de produits entre culture et élevage et une approche portant sur les processus écologiques mobilisés pour fournir des services écosystémiques soutenant le fonctionnement des systèmes. Cette double approche permet de **caractériser** toute une gamme de combinaison culture-élevage selon l'importance des coordinations spatiales et temporelles en lien avec le **niveau d'intégration** entre ateliers et **l'échelle** considérée (exploitation, territoire). A chacun de ces niveaux et échelles peut être associée une grille d'évaluation multicritères spécifiques (nombre et nature des critères pertinents).

Cette même approche invite à prendre en compte les **apprentissages** nécessaires à la **gestion** et à la diffusion de systèmes complexes valorisant des services écosystémiques. Pour évaluer des systèmes culture-élevage existants comme pour en concevoir de nouvelles formes fortement intégrées dans une logique d'agroécologie, il est nécessaire d'élargir l'échelle de travail au territoire, les objectifs visés et les critères d'évaluation considérés. Notre cadre de conception - évaluation multicritère recouvre donc les **différentes dimensions de l'intégration** culture – élevage : technique, organisationnelle, économique, sociétale. A travers leurs caractéristiques de flexibilité économique, adaptabilité technique, et leur production d'aménités environnementales et sociétales, les espaces prairiaux se placent au cœur des options d'innovation à favoriser dans le cadre d'une intégration agroécologique entre culture et élevage.

- Bell L.W., Moore A.D., 2012. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. *Agricultural Systems*, 111, 1-12.
- De Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemen L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7, 260-272.
- Duru M., Fares M., Therond O., 2012. Un cadre conceptuel et méthodologique pour penser et conduire la transition agro-écologique de l'agriculture. Communication au symposium PSDR « Les chemins du développement territorial », 19-21 juin 2012, Clermont-Ferrand, France.
- Hendrickson J.R., Hanson J.D., Tanaka D.L., Sassenrath G.F., 2008. Principles of integrated agricultural systems: introduction to processes and definition. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23, 265–271.
- Moraine M., Therond O., Leterme P., Duru M., 2012. Un cadre conceptuel pour l'intégration agroécologique de systèmes combinant culture et élevage. *Innovations Agronomiques* 22, 101-115
- Oudenhoven A., Petz K., Alkemade R., Hein L., De Groot R., 2012. Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators* 21, 110-122.
- Poux X., Narcy J.B., Romain B., 2009. Réinvestir le saltus dans la pensée agronomique moderne : vers un nouveau front éco-politique ? *L'Espace Politique* [En ligne], vol. 9.
- Power A.G., 2010. Ecosystem services and agriculture: trade offs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 365, 2959–2971.
- Russelle M.P., Entz M.H., Franzluebbers A.J., 2007. Reconsidering Integrated Crop–Livestock Systems in North America. *Agronomy Journal* 99, 325–334.
- Scherr S.J., McNeely J.A., 2008. Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of "ecoagriculture" landscapes. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 363, 477-94.

Cohérence des relations entre richesse spécifique, diversité fonctionnelle et productivité à différentes échelles spatiales

Klumpp Katja, Juliette Bloor, Frédérique Louault, Anne-Isabelle Graux

INRA, UREP, 5 Ch de Beaulieu, Clermont Ferrand, katja.klumpp@clermont.inra.fr

Understanding the relation between species richness, functional diversity and productivity is critical for the prediction of ecosystem services on different spatial scales. Biodiversity experiments with artificial species assemblages have shown that community-scale species richness may affect ecosystem productivity and spatial stability. However, those artificial conditions for biodiversity experiments may bias the relevance for natural communities. Here we like to investigate i) the relation between species richness, functional diversity and productivity at different scales (plant-neighbourhood scale, m² and field scale) and ii) show the use of those relations in model and up scaling approaches.

Gross, N., Bloor, JMG, Louaul, F., et al (2009) Effects of land-use change on productivity depend on small-scale plant species diversity. BASIC AND APPLIED ECOLOGY. 10, 687-696.

Du gène à la parcelle : l'individu et le génotype au carrefour de l'amélioration génétique et de la dynamique des communautés prairiales

Gaëtan Louarn, P. Barre, D. Combes, J.L. Durand, E. Frak, A. Escobar-Gutiérrez, F. Gastal, M. Ghesquière, B. Julier, I. Litrico, J.P. Sampaoux

INRA, Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères (URP3F), 86600 Lusignan, gaetan.louarn@lusignan.inra.fr

Dans le cas des espèces fourragères prairiales, bien que l'implantation de mélanges d'espèces relève de pratiques agronomiques très anciennes (e.g. associations de graminées et légumineuses), leur commercialisation en tant que tel n'est autorisée en France que depuis 2004. En outre, la création variétale de ces espèces s'effectue généralement dans des conditions de culture monospécifique et monovariétale. De nombreuses questions se posent sur la composition génétique (les variétés « synthétiques » déposées sont des populations de génotypes apparentés à base génétique plus ou moins large), sur les règles d'assemblage et sur les conditions de milieux et de pratiques dans lesquelles ces communautés génétiquement hétérogènes maximisent leurs services de production et d'économie d'intrant à l'échelle de la parcelle.

Dans la hiérarchie d'échelles qui va du gène à la communauté, la plante individuelle occupe une place particulière. Dans ces systèmes emboîtés, ceux passant de la cellule à l'individu reproducteur sont composés d'éléments génétiquement identiques, tandis qu'aux échelles plus larges de la population ou de la communauté les éléments ou groupes d'éléments que l'on peut identifier sont tous génétiquement différents. L'individu et le génotype recouvrent une même entité où s'expriment à la fois les effets quantitatifs des gènes et les effets des facteurs biotiques et abiotiques aux bornes de l'individu sur son phénotype, sa croissance et sa survie. L'individu est par ailleurs l'unité de base de la dynamique des populations et, par construction, de la dynamique des communautés.

Dans cette présentation, on cherchera à illustrer comment la production de connaissances à l'échelle de l'individu et le développement de modèles individus centrés intégrant une part de déterminisme génétique peut permettre de faire la synthèse entre les effets des gènes sur la morphogenèse et la performance de la prairie. Des exemples d'études passées (évolution génétique, plasticité et productivité en réponse au mode d'exploitation) et d'études en cours (règles d'assemblage entre graminées et légumineuses) montreront comment de tels outils peuvent être mobilisés pour raisonner la structure génétique des variétés, les liens entre diversité génétique et services rendus ou encore le raisonnement de certaines pratiques de conduite pour le maintien dans le temps des services.

- Auzanneau J., Huyghe C., Escobar-Gutiérrez A.J., Julier B., Gastal F. Barre P (2011) Association study between the gibberellic acid insensitive gene and leaf length in a *Lolium perenne* L. synthetic variety. *BMC Plant Biology* 11:183.
- Buck-Sorlin G. H., K. Bachmann (2000) Simulating the morphology of barley spike phenotypes using genotype information. *Agronomie* 20: 691-702.
- Busbice T.H. (1970): Predicting yield of synthetic varieties. *Crop Science* 10: 265-269.
- Jung V. et al. (2010) Intraspecific variability and trait-based community assembly. *J. Ecol.* 98: 1134–1140
- Lomnicki A., 1988. *Population Ecology of Individuals*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Loreau M., 2010. *From Populations to Ecosystems. Theoretical foundations For a New Ecological Synthesis*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Shuster S. M. et al. (2006) Community heritability measures the evolutionary consequences of indirect genetic effects on community structure. *Evolution* 60: 991–1003
- Verdenal A., D. Combes, et al., 2008. A study of ryegrass architecture as a self-regulated system, using functional-structural plant modelling. *Functional Plant Biology* 35: 911-924.

Cycles biogéochimiques dans les écosystèmes prairiaux et problèmes de changement d'échelle

Abad Chabbi¹, K. Klumpp², P. Cellier³, F. Gastal¹, J.-F. Soussana⁴

¹ INRA, URP3F, Lusignan, abad.chabbi@lusignan.inra.fr

² INRA, UREP, 5 Ch de Beaulieu, Clermont Ferrand

³ INRA, EGC, Grignon

⁴ INRA, Direction scientifique Environnement, Paris

Les changements d'échelles, du m² ou de la parcelle à l'échelle régionale et continentale, deviennent une question cruciale dans le contexte des changements globaux. Ce contexte renouvelle l'intérêt de mieux comprendre les interactions entre les cycles biogéochimiques de C et N dans les écosystèmes prairiaux, en relation avec leur mode de gestion. Les difficultés relatives aux changements d'échelle sont causées par les hétérogénéités spatiales et temporelles inhérentes aux écosystèmes prairiaux, et par les interactions complexes et non linéaires entre les différents compartiments du système (plantes, animaux, biomasse microbienne, matières organiques des sols). Pour résoudre ce dilemme, les théories ou approches statistiques de changements d'échelle les plus simples sont généralement appliquées dans des conditions spécifiques, sans prendre en compte les conditions particulières dans lesquelles elles ont été établies. Une approche générale et efficace pour simuler les cycles biogéochimiques au sein des écosystèmes reste encore à explorer. L'amélioration des méthodes de changement d'échelle dépend grandement, entre autres, de notre capacité à réduire les incertitudes de mesure des processus et/ou du monitoring des flux et variables d'état, qui proviennent (i) de la lenteur et la faible amplitude des variations, qui sont souvent inférieures à l'erreur de mesure, et (ii) de la forte hétérogénéité spatiale des processus en jeu.

Dans cette présentation, on illustrera, par des exemples d'études, la difficulté du changement d'échelle concernant les flux de CO₂, la séquestration du C et les émissions de N₂O dans les écosystèmes prairiaux.

Drouet, J.-L., Capian, N., Fiorelli, J.-L., Blanfort V., Capitaine, M. Duretz, S., Gabrielle, B., R. Martin, R. c, R. Lardy, R., Cellier, P., Soussana, J.-F. 2011. Sensitivity analysis for models of greenhouse gas emissions at farm level. Case study of N₂O emissions simulated by the CERES-EGC model. *Environmental Pollution*, 159: 3156-3161.

Jones, S.K., Famulari, D., Di Marco, C.F., Nemitz, E., Skiba, U. M., Rees R. M., and Sutton, M. A. 2011. Nitrous oxide emissions from managed grassland: a comparison of eddy covariance and static chamber measurements. *Atmos. Meas. Tech* 4: 2179-2194.

Moni, C., Chabbi, A., Nunan, N., Rumpel, C., Chenu, C. 2010. Spatial dependance of organic carbon-metal relationships: A multi-scale statistical analysis, from horizon to field. *Geoderma* 158: 120-127.

Qualité de l'eau d'irrigation, des sols, de la nappe et nutrition minérale des prairies

Guilhem Bourrié¹, Fabienne Trolard¹, André Chanzy¹, Françoise Ruget¹, Rémi Lecerf¹, François Charron²

¹ UMR 1114 INRA-UAPV, Emmah, Domaine Saint-Paul, Site Agroparc, CS40509, 84914 Avignon cedex 09.
Courriel : guilhem.bourrie@paca.inra.fr

² SupAgro Montpellier, Domaine du Merle, Salon-de-Provence

La qualité de l'eau d'irrigation modifie les sols. La Crau est une mosaïque de steppe naturelle, le « coussoul », et de prairies irriguées depuis la Renaissance. Cette étude montre que l'eau de la Durance, par sa composition, protège les sols. Au niveau du profil, l'évapotranspiration, l'équilibration avec la $p\text{CO}_2$ de l'atmosphère du sol et la dissolution de la calcite du sol suffisent à expliquer la transformation de l'eau d'irrigation en l'eau de la nappe phréatique, dès la traversée de l'horizon A. L'eau d'irrigation n'apporte pas d'azote, mais satisfait une bonne partie des besoins en P et K, et tous les besoins en Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} et Cl^- . En dessous du système racinaire, la solution n'est pas agressive vis à vis des constituants du sol, et protège donc la fertilité des sols. La modélisation de la dissolution des engrais P-K et de l'absorption des nutriments conduit à l'acidification de la solution du sol, simulant l'effet acidifiant de la pompe à protons racinaire. La dissolution de calcite et la précipitation d'apatite expliquent la régulation du pH et l'absence d'exportation de P vers la nappe, en accord avec les analyses des eaux souterraines. Au niveau de la petite région, la superposition de la carte d'occupation des sols et de la carte de présence / absence de calcaire actif, et la régionalisation de l'indice de saturation des eaux par rapport à la calcite, montrent l'alternance temporelle de périodes de décarbonatation, suivant la tendance géochimique générale sous climat tempéré, et de périodes de recarbonatation dues à la concentration par évaporation des apports de carbonates par l'eau d'irrigation. Les bilans des éléments, notamment carbone et calcium sont déduits de la modélisation et contrôlés par les équilibres minéraux / solution, l'absorption de nutriments et la $p\text{CO}_2$ de l'atmosphère du sol

Bourrié, G. 1976. Relation entre le pH, l'alcalinité, le pouvoir tampon et les équilibres de CO_2 dans les eaux naturelles. *Science du Sol*, 3, 141—159.

Bourrié, G. et Lelong, F. 1994. Les solutions du sol: du profil au bassin versant. In: *Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol*, Masson, Paris, 2^e édition, (coord. Bonneau, M. et Souchier, B.) volume 2, pp. 239-273.

Bourrié, G., Trolard, F., Jan, A., Chanzy, A., Lecerf, R., Ruget, F. et Charron, F. 2012. Rôle de la qualité de l'eau d'irrigation dans la protection de la nappe de la Crau et des sols. In: *Journées d'Etude des Sols*, Versailles, 19-23 mars 2012.

Astuce & Tic, (coord. Mordant de Massiac, J.-C. de, Trolard, F. et Bourrié, G. 2011. *Anticipation Sécurisée des Territoires Urbanisés, des Campagnes et de leur Environnement fondée sur les nouvelles Technologies de l'Information et des Communications*, Rapport final du programme Astuce & Tic, Aix-en-Provence, Avignon, Venelles, 1480 p.

Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J. 1999. User's guide to PHREEQC (Version 2) - A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigation Report, 99-4259, Denver, Colorado.

Les modèles globaux de végétation sont-ils des outils pertinents pour évaluer les services écosystémiques ? Aperçu de quelques résultats obtenus avec le modèle ORCHIDEE

VUICHARD Nicolas

UMR 8212, Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), Gif-sur-Yvette

Les modèles globaux de végétation ont été développés historiquement afin de fournir les conditions à l'interface surface/atmosphère (rugosité, flux d'énergie et d'eau, puis aujourd'hui de CO₂) à des modèles de circulation générale de l'atmosphère. Dans ce cadre d'utilisation, ils représentent alors la composante 'Surface Continentale' de modèles de 'Système Terre'. Au fil du temps, ces mêmes modèles de végétation, forcés par des données météorologiques, ont également servi dans le cadre de nombreuses études destinées à estimer la réponse de la végétation à des évolutions passées ou futures du climat, de la concentration atmosphérique en CO₂ ou de perturbations anthropiques telles que le changement d'usage des terres. Bien qu'en théorie ces modèles globaux de végétation peuvent fonctionner à l'échelle de la parcelle, ce n'est pas à cette échelle qu'ils sont le plus souvent utilisés. Leur résolution spatiale dépend en général des forçages météorologiques utilisés : de quelques dizaines de kilomètres jusqu'à plusieurs degrés.

Aussi pour ce qui concerne les modèles globaux de végétation, pour lesquels l'échelle spatiale est donc donnée et contrainte, la question est de savoir quelle est la pertinence ou la justesse des informations qu'ils produisent, et quelle utilité ces résultats à une échelle 'macro' peuvent avoir pour les études d'impact. Dans le cadre de cette intervention, nous présenterons plusieurs travaux, réalisés à l'aide du modèle global de végétation ORCHIDEE, qui se sont penchés sur ces questions d'échelle spatiale et/ou de réalisme. Ces travaux visent en particulier à :

- 1/ mieux caractériser l'erreur associée aux simulations produites, en dissociant l'erreur 'modèle', des erreurs contenues dans les forçages météorologiques utilisés.
- 2/ mieux représenter les écosystèmes modélisés afin de produire des diagnostics plus pertinents.
- 3/ confronter les diagnostics produits par des modèles tels qu'ORCHIDEE à ceux issus de modèles plus spécifiques (et à plus fine échelle) tels que STICS et discuter de l'apport de l'information issue de cette confrontation. Ce dernier effort de recherche se réalise au sein du projet ANR ORACLE (Opportunités et Risques pour les Agro-écosystèmes et les forêts en réponse aux changements CLimatiquE, socio-économiques et politiques en France) auquel une large place sera donnée au cours de cet exposé.

Simulation prospective du drainage et des rendements des prairies irriguées à l'échelle de l'aquifère de la Crau

Françoise Ruget, Albert Oliosio, Rémi Lecerf, André Chanzy, Rachid Hadria, Patrice Lecharpentier

UMR 1114 EMMAH, 84914 Avignon Cedex 9

Aujourd'hui, la nappe de Crau constitue la principale ressource en eau potable des habitants du secteur (près de 300 000). Elle est rechargée à plus des deux tiers (2/3 à 4/5 selon les estimations) par les apports d'eau par irrigation excédentaire des prairies de foin de Crau (l'eau est prélevée dans la Durance). Les changements de pratiques agricoles, notamment sous l'influence des changements climatiques, ou l'abandon progressif des prairies irriguées au profit de l'urbanisation, pourraient modifier le fonctionnement de la nappe et la disponibilité en eau. Modéliser le fonctionnement des prairies est crucial afin de quantifier la contribution de l'irrigation à la recharge de la nappe de Crau (qui est mal connu), mais également pour effectuer une étude prospective sur le devenir de la nappe et des couverts de prairies dans les 30 prochaines années. La spatialisation d'un modèle de culture nécessite la spatialisation des itinéraires techniques et des sols. Dans ce travail, la spatialisation du modèle STICS-prairie s'appuie sur une spatialisation statistique de l'irrigation et des dates de coupe qui a été validée à l'échelle d'une exploitation. A l'échelle de la Crau, la modélisation spatialisée permet de simuler et de spatialiser l'évolution des rendements et des flux de drainage en fonction des évolutions climatiques et de l'occupation des sols. Les résultats montrent que les évolutions climatiques sur les 30 prochaines années ont un effet positif sur la production, même en situation de restriction des apports d'eau depuis la Durance. Par contre, ces restrictions pourraient avoir des impacts négatifs considérables sur la recharge de la nappe. L'impact des modifications d'usage des sols est plus limité.

- ASTUCE & TIC, 2011. Anticipation Sécurisée des Territoires Urbanisés, des Campagnes et de leur Environnement fondée sur les nouvelles Technologies de l'Information et des Communications (Astuce & Tic). Rapport final. Coordonnateurs : Jean-Christophe de Mordant de Massiac, Fabienne Trolard et Guilhem Bourrié. Décembre 2011. 1450 p.
- Buis S., Wallach D., Guillaume S., Varella H., Lecharpentier P., Launay M., Guerif M., Bergez J.E., Justes E., 2011 - The STICS crop model and associated software for analysis, parameterization and evaluation. In: L.R. AHUJA, L. MA (Eds), *Methods of Introducing System Models into Agricultural Research. Advances in Agricultural Systems Modeling 2*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, 395-426.
- Di Bella C., Faivre R., Ruget F., Seguin B., Guérif M., Combal B., Weiss, M. and Rebella C., 2004. Remote sensing capabilities to estimate pasture production in France. *Int. J. of Remote Sensing*, 25, (23), 5359-5372.
- Hadria R, Courault D, Ruget F, Oliosio A, 2009. Combined use of a crop model and FORMOSAT-2 images for permanent grassland and water monitoring in Mediterranean region, *ESA Frascati, Italie*, 18-19 Novembre 2009, Earth Observation and Water Cycle Science, Proceedings, 8p (+oral)
- Lecerf R., Chanzy A., Oliosio A., Hadria R., Ruget F., Lecharpentier P., 2012. Simulation prospective du drainage et des rendements des prairies irriguées à l'échelle de l'aquifère de la Crau. Séminaire STICS 2012, 17-19 octobre 2012, Sainte-Montaine, France.
- Ruget F., Satger S., Volaire F., And Lelièvre F., 2009. Modeling Tiller Density, Growth, and Yield of Mediterranean Perennial Grasslands with STICS, *Crop Sci.* 49:2379-2385.
- Ruget F., Novak S., Granger S., 2006. Du modèle STICS au système ISOP pour estimer la production fourragère. *Adaptation à la prairie, application spatialisée. Fourrages*, 186, 241-256.
- Vallet-Coulomb C., Vallès V., Oliosio A., Chauvallon P., Charron F., Radakovitch O., Claude C., Hamelin B., Hermitte D., Parisot J.C., Sonzogni C., Travi Y., de Montety V., Simler R., Bertrand N., Bsaibes A., Courault D., Marloie O., Malek M., Hadria R., Ruget F., Desfonds V., Hanocq J.-F., Pichaud M., 2008. The HYDROCCAM Project – Coupling surface, hydrological and geochemical processes for analysing the Crau-Camargue hydrosystems. 33^{ème} Journées Scientifiques du GFHN. Impact de l'usage du sol sur les ressources en eau souterraine. 19-20 novembre 2008, Avignon. Résumés des communications, GFHN, UMR-EMMAH

Co-construire et évaluer des scénarios d'évolution des systèmes de production agricole sous contraintes environnementales : application à un bassin-versant côtier affecté par des «marées vertes»

Vertès F. ¹, Moreau P. ¹, Delaby L. ², Durand P. ¹, Gascuel-Oudou C. ¹, Ruiz L. ¹

¹ INRA, UMR1069 Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, F-35000 Rennes, France

² INRA, TGU PEGASE, F-35590 St-Gilles, France

Dans certaines baies écologiquement fragiles le contrôle de la prolifération d'algues vertes passe par une réduction drastique des flux de nitrate dans les rivières. Les activités agricoles générant l'essentiel de ces flux, cette réduction implique souvent une profonde évolution des systèmes de production, pouvant aller jusqu'à leur reconception. Il est donc nécessaire d'intégrer simultanément le niveau de l'exploitation agricole, siège du pilotage de la production agricole, et le niveau du territoire, où sont analysés les impacts de ces activités et où des solutions collectives peuvent être envisagées. Tester des solutions innovantes pour contrôler la pollution azotée exige des outils de modélisation intégrant le fonctionnement des systèmes de production agricole en interaction avec leur environnement biophysique. Cette communication présente la démarche et les outils mobilisés pour élaborer et tester des scénarios en utilisant le modèle CASIMOD'N qui permet d'assurer la cohérence, à l'échelle de l'exploitation, des scénarios de changements de systèmes de productions à l'échelle du bassin versant.

Questions d'échelles et multifonctionnalité de l'agriculture: le cas de la sécurité alimentaire et de la biodiversité.

Patrick Caron

Directeur Général Délégué à la Recherche et à la stratégie, CIRAD, Montpellier

Est-il possible de concevoir et adapter des agroécosystèmes qui satisfassent tout à la fois les objectifs de valorisation de la biodiversité et de sécurité alimentaire ? Cette question, illustrative des fonctions multiples assurées par le secteur agricole, se pose tant à l'échelle locale qu'à l'échelle globale. Y répondre à chacune de ces échelles, comme aux niveaux intermédiaires d'action, implique de prendre en compte une multitude de pas de temps et d'échelles spatiales, qu'elles soient pertinentes pour comprendre ou pour agir. « Instruire » les processus de décision invite à reconsidérer la notion de performance en tenant compte de cette multitude. Plus avant, cela soulève la question de la gestion de la diversité et des exclusions et celle du choix social de l'échelle à laquelle cette gestion d'organise. Ces postulats et hypothèses seront illustrés par des exemples.

Intégration et coordinations dans les systèmes associant culture et élevage pour valoriser des services écosystémiques.

Michel Duru, P Cruz, C Jouany, G Martin, JP Theau

INRA, UMR AGIR, 24 Chemin de Borde Rouge – Auzeville, CS 52627, 31326 Castanet Tolosan cedex, mduru@toulouse.inra.fr

Il est reconnu que les prairies fournissent nombre de services outre l'alimentation des herbivores. Toutefois, il est rarement fait état des échelles appropriées pour les caractériser ou les prédire. Le plus souvent, une telle caractérisation est faite à l'échelle de la parcelle ou du paysage. L'échelle de l'exploitation agricole est rarement considérée. Pourtant, c'est à cette échelle et celui de la sole fourragère que les éleveurs mettent en œuvre leur stratégie de production qui va déterminer la production de services. Ces services sont généralement classés en 3 catégories (adapté de Zhang et al 2007) : (i) production et gestion ; (ii) intrants (fertilité ici) et (iii) hors revenus (« culturel » en relation avec l'hétérogénéité du paysage). Ici nous considérons en détail les premiers et plus succinctement les autres.

Notre objectif est d'identifier les échelles appropriées à l'évaluation de tel ou tel groupe de services rendus par les prairies à partir d'une étude réalisée sur un observatoire correspondant à l'ensemble des exploitations d'élevage d'un petit territoire. L'hypothèse est que certains services ne sont caractérisables qu'à des échelles spatiales (paysage) ou des niveaux de gestion (e.g. groupes de parcelles, exploitation) supérieurs à la parcelle (propriété émergente).

La méthodologie mise en œuvre permet de caractériser toutes végétations prairiales herbacées sur la base de cinq types fonctionnels de plantes et de relier cette composition fonctionnelle à des services (cf supra). On peut ainsi évaluer s'il y a des relations significatives entre la composition fonctionnelle des parcelles agrégées à différents niveaux d'organisation et le service rendu.

L'échelle de la parcelle est nécessaire et adaptée pour établir des relations entre la composition fonctionnelle, les caractéristiques du milieu (altitude) et les pratiques (fertilisation, mode d'exploitation). Les services de gestion (e.g. correspondance ad hoc entre caractéristiques de la production fourragère et fonction attendue en dépit des variations du climat) ne peuvent être évalués qu'à l'échelle des entités de gestion (combinaison entre un lot d'animaux et un mode d'exploitation, par ex. la sole pâturée par le lot de génisses). La composition fonctionnelle permet d'établir le potentiel de production de l'entité parcelle, l'agrégation des différentes entités pour remplir une fonction de production permettant de qualifier des caractéristiques de flexibilité du système (souplesse d'utilisation, ...)

L'hétérogénéité de la végétation à l'échelle du paysage est une composante d'un « service culturel » à laquelle il ne peut être donné une métrique universelle. Cependant, tout comme les services de gestion, la caractérisation fonctionnelle d'un paysage permet au travers de la diversité de ces éléments d'instruire des caractéristiques fonctionnelles en lien avec les objectifs recherchés (maillage important). Ces résultats fournissent des éléments pour analyser les trade-offs entre services à l'échelle de la ferme ou d'un ensemble de parcelles dans un paysage.

Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K., Swinton, S.M., 2007. Ecosystem services and disservices to agriculture. *Ecological Economics* 64: 253–260

Duru M, Hossard L, Martin G Theau Jean Pierre. 2012a. A methodology for characterization and analysis of plant functional composition in grassland-based farms. *Grass and Forage Science*.

Duru M, Martin G Theau Jean Pierre. 2012b. An agroecological approach to analyse ecosystem services provided by grassland-based livestock systems (soumis)

Faire avec la diversité des situations et l'incertitude pour dégager des principes d'action : exemple des prairies

Michel Duru, JP Theau

INRA, UMR AGIR, 24 Chemin de Borde Rouge – Auzeville, CS 52627, 31326 Castanet Tolosan cedex, mduru@toulouse.inra.fr

Deux difficultés sont fréquemment rencontrées pour analyser la réponse des végétations prairiales aux facteurs du milieu et aux pratiques agricoles. Une première difficulté résulte de l'absence de longues séries d'observations. Elle peut être contournée par l'analyse et la modélisation d'un système à plusieurs échelles afin de fournir des indications robustes sur sa dynamique (Grimm et Railsback, 2012). Une deuxième difficulté est de caractériser les pratiques et le milieu avec suffisamment de précision. Dans ce cas, l'utilisation de méthodes indépendantes est un moyen de renforcer la robustesse des effets montrés.

L'objectif de cette note est de proposer et d'illustrer une méthodologie pour construire une typologie des végétations prairiales, basée sur leur réponse aux facteurs du milieu et aux pratiques et leur effet sur les services, qui soit à la fois générique et robuste.

8 sites d'étude différant de par les caractéristiques des pratiques et du milieu, avec (montagne) ou non (plaine) une forte variabilité des caractéristiques du milieu intra site.

2 méthodes de caractérisation du milieu et des pratiques sont comparées: (i) indices d'Ellenberg : générique mais empirique (et nécessitant des relevés botaniques exhaustifs) ; (ii) caractérisation plus ou moins fine du milieu (température, réserve hydrique, type de sol) et des pratiques (mode d'exploitation caractérisé de manière qualitative ou quantitative (date et hauteur), sans passer par des relevés de végétation. Caractérisation des végétations prairiales herbacées sur la base d'un nombre limité de types fonctionnels de plantes ; modélisation de l'effet de la composition fonctionnelle sur les services caractérisables à l'échelle de la parcelle. L'illustration ci-dessous se limite à l'axe ressources de la composition fonctionnelle (capture vs conservation).

D'une manière générale, les stress (température, eau, nutriments) favorisent les types fonctionnels de plantes à stratégie de conservation, et les services associés (productivité faible mais qualité baissant lentement au cours de la repousse). Pour un niveau de stress donné, la fauche favorise les espèces à stratégie de capture en comparaison du pâturage. Le même type de réponse est observé pour les analyses faites avec les indices d'Ellenberg et la caractérisation du milieu et des pratiques par des indicateurs conventionnels (température, fertilisation azotée...). La précision est meilleure avec les indices d'Ellenberg, mais l'écart se réduit lorsqu'on utilise une caractérisation fine du milieu (profondeur de sol) ou des pratiques (hauteur maximum de l'herbe sur pied).

Pour les sites à forte hétérogénéité de milieu (différences de températures liées à l'altitude des parcelles), la composition fonctionnelle répond de la même manière que pour des sites différents de par leur localisation géographique (Sud-Ouest vs Nord-Ouest de la France).

Quelle que soit l'échelle, la valeur prédictive de la composition fonctionnelle reste néanmoins limitée, ce qui motive l'utilisation de la typologie dans une perspective de gestion adaptative (Williams, 2011) et non de manière normative. Dans ce cas, les modèles permettent de définir des sens de variation de la composition fonctionnelle suite à un changement de pratiques ou de caractéristique du milieu. Le suivi sur le terrain permet d'affiner la conduite à mettre en œuvre pour atteindre un objectif donné.

Grimm V, Railsback SF. 2012. Pattern-oriented modelling: a "multi-scope" for predictive systems ecology. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 367: 298-310.

Duru M, Jouany C, Theau JP, Cruz P 2012 An operational plant functional type approach for predicting grassland forage services over fine and large space scales (soumis)

Williams, B.K. 2011. Adaptive management of natural resources-framework and issues. *Journal of environmental management* 92: 1346-1353.