www.agronomie.asso.fr
juin 2012
volume n°2 / numéro n°1

# Agronomie
## environnement & sociétés

# Agriculture et écologie
## tensions, synergies et enjeux pour l'agronomie

La revue de l'association française d'agronomie

Association Française Agronomie

# *Agronomie, Environnement & Sociétés*

**Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)**

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.
Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.
Contact : douhairi@supagro.inra.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45
Site Internet : http://www.agronomie.asso.fr

**Objectif**
AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

**ISSN 1775-4240**

**Contenu sous licence *Creative commons***

Les articles sont publiés sous la *licence Creative Commons* 2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

**Directeur de la publication**
Thierry DORÉ, président de l'Afa, professeur d'agronomie AgroParisTech

**Rédacteur en chef**
Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

**Membres du bureau éditorial**
Guy TRÉBUIL, chercheur Cirad
Philippe PRÉVOST, Directeur de l'enseignement Montpellier SupAgro
Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

**Comité de rédaction**
- Marc BENOÎT, Directeur de recherches Inra
- Bernard BLUM, Directeur d'Agrometrix
- Jean BOIFFIN, Directeur de recherches Inra
- Matthieu CALAME, Directeur de la Fondation pour le Progrès de l'Homme
- Jacques CANEILL, Directeur de recherches Inra
- Joël COTTART, Agriculteur
- Cécile COULON, Ingénieure Inra
- Thierry DORÉ, Professeur d'agronomie AgroParisTech
- Philippe ÉVEILLARD, Responsable du pôle agriculture, environnement et statistiques de l'Unifa
- Sarah FEUILLETTE, Chef du Service Prévision Evaluation et Prospective Agence de l'Eau Seine-Normandie
- Yves FRANCOIS, agriculteur
- Jean-Jacques GAILLETON, Inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole
- François KOCKMANN, Chef de service agriculture-environnement Chambre d'agriculture 71
- Nathalie LANDÉ, Ingénieure Cetiom
- François LAURENT, Chef du service Conduites et Systèmes de Culture à Arvalis-Institut du végétal
- Francis MACARY, Ingénieur de recherches Irstea
- Jean-Robert MORONVAL, Enseignant d'agronomie au lycée agricole de Chartres
- Christine LECLERCQ, Professeur d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais
- Philippe POINTEREAU, Directeur du pôle agro-environnement à Solagro
- Philippe PRÉVOST, Directeur de l'enseignement et de la vie étudiante à Montpellier SupAgro
- Guy TRÉBUIL, Chercheur Cirad.

**Secrétaire de rédaction**
Philippe PREVOST

**Assistantes éditoriales**
Sophie DOUHAIRIE et Danielle LANQUETUIT

**Conditions d'abonnement**
Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément
(voir conditions à http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/)

**Périodicité**
Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

**Archivage**
Tous les numéros sont accessibles à l'adresse http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/

**Soutien à la revue**

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

**Instructions aux auteurs**
Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :
http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/

**À propos de l'Afa**

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu* [*envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques*] *et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa, veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

## Lisez et faites lire AE&S !

# Sommaire

P7// **Avant-propos**
*T. DORÉ (Président de l'Afa) et O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef)*

P9// **Édito**
*T. DORÉ (AgroParisTech) et F. KOCKMANN (Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire)*

P13// ***Points de vue de la recherche et études de cas***
*P15- Comment l'écologie a amené à changer les pratiques des agronomes en recherche*
*F. LESCOURRET (Inra Avignon)*
*P23- Pratiques négociées et écologisation de l'agriculture*
*C. COMPAGNONE (Agrosup Dijon)*
*P33- Les services écosystémiques : un cadre conceptuel pour l'agro-écologie*
*L. LAPCHIN (Inra Sophia Antipolis)*
*P45- Chlordécone aux Antilles : évolution des systèmes de culture et leur incidence sur la dispersion de la pollution*
*M. LESUEUR-JANNOYER, P. CATTAN, D. MONTI, C. SAISON, M. VOLTZ, T. WOIGNIER, Y.M. CADIBOCHE (Cirad, Ird, Inra, CNRS)*
*P59- Éléments trace métalliques et épandage de produits organiques à La Réunion*
*B. COLLIN, E. DOELSCH, H. SAINT MACARY (Cirad)*

P69// **Témoignages d'acteurs**
**P71- Compatibilité entre impératifs écologiques et productifs. Le cas des prairies permanentes du Haut Jura.**
*P73- Une requête posée à la Recherche : réconcilier deux univers*
*J.Y. VANSTEELANT (Parc naturel régional du Haut-Jura)*
*P75- Savoirs de la pratique et savoirs scientifiques : rencontre dans les prairies du Haut-Jura*
*S. PETIT (Inra Dijon)*
*P79- Evaluation environnementale selon une approche Cycle de Vie des exploitations d'herbivores françaises*
*V. MANNEVILLE (Institut de l'élevage)*
**P83- Comment concilier la préservation des Zones Humides, source de biodiversité, et les travaux hydrauliques ruraux**
*P85- Enjeux environnementaux des zones humides et évolution de la réglementation*
*N. GUERIN (DDT de Saône et Loire)*
*P87- La mise en application de la réglementation en Saône-et-Loire*
*B. DURY (Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire)*
*P91- Le regard d'un professionnel de la Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire*
*L. BOREY (Agriculteur)*
**P93- La ré-insertion de nouvelles formes d'agriculture en ville : traduction en actes et projets**
J. HUBER (AgroParisTech) et F. LONCHAMPT (Ville de Strasbourg)

P103// **Débats**
**P105 - Les agronomes et l'environnement : précurseurs ou suiveurs ?**
*P107 Agronomie et écologie*
*L. THIEBAUT (Agrosup Dijon)*
*P109- Les évolutions de la pensée agronomique face à l'environnement*
*T. DORÉ (AgroParisTech)*
**P113- Savoirs agronomiques et réglementations à finalités écologiques**
*P115- Des concepts et une éthique partagés avec les acteurs locaux pour une efficacité agricole et environnementale*
*L. BOREY (Agriculteur)*
*P117- Protéger les ressources : entre initiatives des acteurs et cadre réglementaire, un équilibre délicat*
*C. CHASSANDE (Ministère en charge de l'agriculture, sous-direction de la biomasse et de l'environnement)*
P119- **D'Ecophyto R&D à Ecophyto 2018 : points de vue sur la mise en place de stratégies pour la réduction de l'emploi des pesticides en France**
*P121- Plan Ecophyto 2018 en grandes cultures : un vrai défi pour la recherche*
*N. VERJUX (Arvalis Institut du végétal)*
*P125- Ecophyto R&D : son futur manquerait-il d'avenir ?*
*L. GUICHARD (Inra Paris-Grignon)*

**P129// Notes de lecture**

*P131- Pour une agriculture écologiquement intensive de Michel Griffon (G. Trébuil)*
*P135- La Vie, quelle entreprise ! Pour une révolution écologique de l'économie de Robert Barbault et Jacques Weber (G. Trébuil)*

# Avant - propos

Thierry DORÉ (Président de L'Afa, directeur de publication) et Olivier RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef)

Ce numéro d'Agronomie, Environnement et Sociétés marque un pas de plus dans l'amélioration du processus d'édition de notre revue – au sens où on tend vers un numéro qui a le format visé. Comme les précédents, il tire parti d'un événement de l'association, en l'occurrence une journée de rencontres organisée en octobre 2010 à Dijon. Contrairement aux numéros relatifs au Grenelle de l'Environnement et au défi alimentaire dans leurs rapports avec l'agronomie, ce numéro ne pouvait juste reprendre les interventions issues des événements qui les avaient initiés, en les faisant passer de l'oral à l'écrit. En effet, la journée précitée avait délibérément une dimension régionale, qu'il convenait de dépasser pour construire un numéro de la revue. Ce fut, pour le bureau éditorial, un nouvel apprentissage, qui a nécessité un temps de maturation.

Deux motifs de satisfaction accompagnent cette parution. Le premier est la date de mise en ligne, juin 2012 : nous avons donc tenu le planning initial. Merci à tout le bureau éditorial, aux auteurs et aux relecteurs… Le second a trait au contenu. Ce numéro fait en effet une place plus importante que les précédents aux témoignages d'acteurs de terrain, qui viennent compléter des contributions plus scientifiques ; il inaugure également la rubrique « Débats et controverses », avec pas moins de trois débats proposés à votre lecture. Nous parvenons donc ici à mieux traduire dans le sommaire le statut de carrefour interprofessionnel de l'association.

À l'occasion de ce numéro, le brassage d'idées autour des notions d'écologie, agronomie et agriculture a aussi été une façon d'éprouver la pertinence de notre association dans ses finalités. L'écologie a ses scientifiques, ses militants et, plus récemment sans doute, ses ingénieurs. L'agronomie a elle aussi ses scientifiques et ses ingénieurs, et l'Afa en regroupe depuis peu les militants. Militants ? Les contributions très riches de ce numéro nous aident à approcher ce que serait le militantisme en agronomie : d'une part, ce serait sans doute affirmer le besoin d'une lecture agronomique plus systématique des situations agricoles pour l'appui aux décisions, tant des pouvoirs publics (avec notamment la question de la règlementation) que d'autres acteurs de l'espace rural ; d'autre part, il s'agirait également d'amener l'agronomie à se fertiliser au contact des autres disciplines, comme c'est ici le cas avec l'écologie – un militantisme pour l'ouverture à rebours du repli sur soi. Réflexion à poursuivre… Souhaitons que ce numéro vous procure un réel plaisir de lecture !

**Remerciements**

La qualité des textes proposés par la revue dépend largement du travail des relecteurs des manuscrits, et en amont dans le cas de ce numéro de celui des animateurs et participants à la journée d'octobre 2010. En conséquence, la revue Agronomie, Environnement & Sociétés remercie très chaleureusement les personnes suivantes pour leur contribution à l'animation de cette journée ainsi qu'à la préparation des articles de ce numéro : Denis Baize, Cécile Barnaud, Jacques Baudry, Marc Benoit, Bernard Blum, Muriel Bonin, Jacques Brossier, Matthieu Calame, Jacques Caneill, Joël Cottart, Philippe Eveillard, Frédéric Goulet, Rémi Koller, Christine Leclercq, Philippe Lemanceau, Pascale Moretty, Christian Mougin, Nathalie Landé, Goulven Le Bahers, François Papy, Jacques Rebillard, Luc Thiébaut, et pour leur assistance technique et logistique Sandrine Audet, Danielle Lanquetuit et Sophie Douhairie.

édito

# Pour une mise en perspective de l'agriculture dans sa contribution à une ingénierie écologique des territoires : regards croisés sur les savoirs (agronomie - écologie) et les acteurs (institutionnels et locaux)

**François KOCKMANN**
**Thierry DORÉ**

*Coordonnateurs du numéro*

La thématique retenue pour ce numéro, « Agriculture et écologie : tensions, synergies et enjeux pour l'agronomie», s'inscrit dans le droit fil d'une journée initiée par l'Afa, qui s'est déroulée à Dijon en octobre 2010[1]. Cet événement avait pour objectif, sur une base régionale (Bourgogne et Franche-Comté), de faire se rencontrer des acteurs de l'agriculture et de l'écologie, de leur permettre d'échanger des points de vue sur les évolutions possibles des espaces ruraux, et d'identifier le rôle que l'agronomie peut ou doit jouer, et à quelles conditions, dans ces évolutions. Cette journée devait être – et a été - l'occasion d'améliorer la perception de l'écologie par les agriculteurs et, symétriquement, de corriger le regard sur l'agriculture porté par l'écologie scientifique, d'ingénierie, ou militante. Elle fut un réel « carrefour des métiers » concernés par l'agronomie et l'écologie, initiant un dialogue entre agriculteurs, conseillers, chercheurs, enseignants, élus...

Lors de cette journée, comme dans ce numéro, le choix des termes pour la dénomination de l'événement (et du numéro) n'a été ni anodin, ni simple. En effet, l'écologie est à la fois une discipline scientifique (analogue à ce titre à l'agronomie), et un domaine de militantisme (aux contours évolutifs). L'emploi du terme « agronomie » pour sa part va souvent bien au-delà des contours de la discipline. Par ailleurs, si l'agriculture désigne une activité humaine qui relève de la gestion d'un espace avec une finalité productive, il n'existe pas de terme équivalent pour désigner une activité qui aurait une préoccupation strictement écologique (par exemple la préservation d'habitats pour différentes communautés animales). Notre objectif, en mettant sur pied la journée d'octobre 2010, n'était pas de confronter les disciplines scientifiques, l'agronomie et l'écologie. Il existe dans la sphère professionnelle scientifique nombre de lieux de rencontre, d'occasions d'échanges pour examiner les différences entre les deux disciplines (tant au niveau des objets que des concepts ou des méthodes), et les synergies qui peuvent naître de leur rapprochement. L'idée était plutôt d'examiner comment concrètement, sur le terrain, se confrontaient des finalités agricoles et des finalités écologiques dans la gestion des espaces ruraux ; s'il en résultait des oppositions, des coopérations et synergies, des compagnonnages, et dans quelles conditions et situations ; et aussi – puisque nous sommes l'Afa – quelle pouvait être la place de l'agronomie dans ces différents contextes. Voici donc précisée la confrontation annoncée dans le titre du numéro par la mise en regard des termes « agriculture » et « écologie », ce dernier n'étant finalement pris ni dans un sens scientifique ni dans un sens purement militant, mais plutôt dans une signification équivalente à « ingénierie écologique des espaces ruraux ».

Cette précision étant donnée, il est encore nécessaire de dissiper un malentendu possible. Il consisterait à supposer que lorsque nous accolons « agriculture » et « écologie » (avec le sens précisé ci-dessus) dans le titre, nous validons une exclusion mutuelle des deux domaines d'activité. Il n'en est évidemment rien : dans notre esprit, l'agriculture n'a plus (mais l'a-t-elle jamais eue ?) une fonction uniquement productive, et participe de l'ingénierie écologique évoquée. Il s'agit dès lors non d'opposer deux activités humaines étrangères l'une à l'autre, mais de voir comment l'une d'entre elle, l'agriculture, peut contribuer à

[1] Voir http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/agriculture-et-ecologie-en-bourgogne-et-franche-comte/

l'autre ; et comment cette dernière, l'ingénierie écologique de territoires ruraux, peut intégrer, voire dans certains cas valoriser, les finalités non écologiques de l'agriculture.
La construction de ce numéro d'AE&S s'est directement appuyée sur les interventions qui ont jalonné la journée d'octobre 2010, en enrichissant ces éléments par des contributions complémentaires et diverses. Ces expériences, témoignages, réflexions mais aussi articles scientifiques, ont été choisis de manière à ouvrir l'éventail des contributions par rapport à ce que couvrait le programme de la journée initiale. Cette ouverture est d'abord relative au contenu. Le passage à l'écrit, dans un temps plus long, a permis d'ouvrir la réflexion à des éléments qui étaient originellement absents, en permettant par exemple d'intégrer une synthèse sur l'ouverture de l'agronomie à l'écologie, dans le registre scientifique, et d'intégrer le regard d'autres disciplines, comme la sociologie et bien sûr l'écologie. L'ouverture est aussi géographique, et partant thématique : si la journée d'octobre 2010 était centrée sur les régions de Bourgogne et Franche-Comté, ce numéro s'appuie sur des questions et systèmes beaucoup plus variés.

Les territoires ruraux font donc l'objet d'une mutation, point de départ des préoccupations à l'origine de ce numéro. Hier consacrés entièrement à l'activité agricole, ils sont aujourd'hui intégrateurs de différents enjeux sociétaux, notamment écologiques. L. Lapchin, écologue, dans une contribution intitulée *« Agro-écologie et services écosystémiques : des ambitions complémentaires ou antagonistes ? »*, développe une vision large des liens entre écologie, agronomie et services écosystémiques. Il apporte une contribution essentielle pour évaluer dans quelle mesure la notion de service écosystémique permet d'intégrer dans l'activité agricole des finalités d'ordre écologique. En contrepoint, en s'intéressant aux moyens et non plus aux finalités, C. Compagnone, sociologue, s'intéresse à la manière dont la négociation, comme alternative à l'imposition réglementaire ou au conflit, nécessite de créer les conditions requises pour pouvoir, justement, négocier : avoir un cadre, des acteurs porteurs de leur propre point de vue argumenté, et la volonté de rechercher un compromis local. Il développe son analyse dans un article intitulé *« Pratiques négociées et écologisation de l'agriculture »*, qui rend compte de la complexité des processus sociaux à l'œuvre.

En écho à ces contributions scientifiques, les témoignages d'acteurs présents dans ce numéro illustrent les possibles coopérations, sur le terrain, entre différents métiers et différentes structures, dans la confrontation entre objectifs agricoles et objectifs écologiques. C'est ainsi que deux séries de témoignages, portant sur deux questions très concrètes (*« Comment concilier la préservation des zones humides, source de biodiversité, et les travaux hydrauliques ruraux ?»*, question traitée par B. Dury *et al.*, et *«Quelle compatibilité entre les impératifs écologiques et productifs dans l'utilisation des prairies permanentes ?»,* traitée par S. Petit *et al.*), font chacune l'objet de regards croisés, exprimant différents points de vue d'acteurs ayant contribué, chacun en ce qui les concerne mais en interaction, à répondre aux questions posées. Un troisième témoignage rend compte du rôle important assumé par une communauté urbaine dans le maintien des exploitations agricoles localisées en territoire périurbain, en incitant simultanément les exploitants concernés à prendre en considération les enjeux environnementaux (J. Huber et F. Lonchampt). Les trois expériences relatées dans ces témoignages illustrent de réelles synergies entre acteurs dans la pratique, sous réserve que soient créées les conditions du dialogue entre les acteurs locaux et institutionnels. Elles prouvent qu'agriculture et gestion à finalité écologique ne sont pas forcément antagoniques.

Toutefois l'augmentation des préoccupations écologiques de la société se traduit concrètement par un accroissement des textes réglementaires, visant à encadrer les pratiques de gestion des territoires ruraux. Ces textes permettent-ils l'expression du dialogue ? Tiennent-ils compte des réalités agronomiques ? Un grief majeur souvent fait à la réglementation tient à son caractère général, qui ne peut intégrer la diversité des situations agronomiques sauf à négocier une dérogation. Une contribution de B. Collin *et al*. portant sur le thème *« Éléments traces métalliques et épandage de produit organiques à la Réunion : normes, règles et adaptation au contexte »*, illustre qu'une expertise scientifique rigoureuse donne les bases de dérogations insulaires aux réglementa-

tions mises au point dans le contexte européen et offre, en l'occurrence, la possibilité de recycler les produits résiduaires organiques présents dans l'île, pratique écologique ancestrale. Les marges de manœuvre laissées aux acteurs locaux, porteurs de savoirs agronomiques, existent donc… au moins dans certains cas. Le fait de savoir si elles sont en extension ou en contraction fait débat… La question fait ainsi l'objet d'un sujet de « Débat et Controverse » entre un agriculteur (L. Borey), porte-parole du point de vue « local », et un agronome impliqué dans l'élaboration et la mise en œuvre de la réglementation au niveau national (C. Chassande).

Il reste que les normes réglementaires visent à protéger l'environnement mais aussi les acteurs contre les risques présumés liés à des pratiques agricoles inappropriées. C'est tout l'intérêt de l'article «*Chlordécone aux Antilles : pollution des sols, exposition des écosystèmes et gestion des agrosystèmes* » que de montrer les liens entre santé des humains et ce qu'il est de plus en plus convenu d'appeler « santé des écosystèmes ». Dans cet article, les auteurs (M. Lesueur-Jannoyer *et al.)* développent les questions et enjeux posés dès lors qu'un territoire a été pour partie pollué durablement, par l'usage d'un pesticide en l'occurrence. La gestion pertinente d'une telle pollution repose sur la connaissance des mécanismes de transfert dans le système « sol-plante » et des impacts sur la santé humaine ainsi que sur les écosystèmes ; dès lors que ces connaissances existent, il devient possible de fixer un cadre réglementaire efficace avec des règles de gestion agronomique pragmatiques pour les professionnels. Cette question des références agronomiques disponibles pour pouvoir agir est loin d'être triviale. De quel degré de certitude a-t-on besoin pour commencer à agir ? Cette interrogation est au centre de la controverse entre N. Verjux et L. Guichard dans ce numéro, au sujet de la mise en œuvre du plan Ecophyto 2018. Prenant du recul, F. Lescourret explore la manière dont la production, par les agronomes, de connaissances scientifiques adaptées aux enjeux agricoles et écologiques, peut être améliorée par des apports de l'écologie scientifique. Dans sa contribution intitulée *« Comment l'écologie a amené à changer les pratiques des agronomes en recherche ? »,* elle invite à poursuivre l'effort d'une fertilisation croisée de l'agronomie et de l'écologie pour construire une ingénierie nouvelle, capable de répondre aux défis posés.

Ainsi trois fils s'entremêlent dans le sommaire de ce numéro : celui du contenu de la connaissance agronomique, celui de la nature de cette connaissance, et celui des conditions de son expression – ceci dans le cadre de la mise en perspective de l'agriculture dans sa contribution à une ingénierie écologique des territoires. Mais l'agronomie est-elle prête à bouger ? La prise en compte de finalités écologiques est-elle pour elle une révolution copernicienne ? C'est l'objet du dernier débat de ce numéro, entre L. Thiébaut et T. Doré, portant sur une question simple : la prise en compte d'enjeux environnementaux fait-elle déjà partie du quotidien de l'agronomie, ou est-elle un élément de son futur ? Bonnes lectures !

# Points de vue de la recherche et études de cas

Article

Agronomie Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 1 - juin 2012

# Comment l'écologie a amené à changer les pratiques des agronomes en recherche

**Françoise LESCOURRET**

*Inra - UR 1115 Plantes et Systèmes de culture Horticoles* & Département Environnement et Agronomie*
**Domaine Saint-Paul, site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9*
*Tél : 04 32 72 24 53 - Fax : 04 32 72 24 32*
*E-mail : francoise.lescourret@avignon.inra.fr*

**Résumé**
L'agronomie est conduite à modifier ses démarches pour faire face à la nécessité d'un équilibre entre sécurité alimentaire et préservation de l'environnement. La pratique des agronomes en recherche change, et l'écologie accompagne ce mouvement. A l'aide d'exemples concrets, cet article en illustre quelques facettes. La considération de la variabilité des performances de production est déjà un changement majeur. Les objets de recherche évoluent, avec un intérêt croissant pour la biodiversité fonctionnelle. La gamme des niveaux d'organisation considérés s'élargit. Partant, les schémas d'observation montent en puissance. Enfin, les cadres conceptuels de l'écologie sont éprouvés sur leurs capacités à aider les recherches des agronomes.
Pour poursuivre ce mouvement, l'effort majeur doit être celui d'une fertilisation croisée de l'agronomie et de l'écologie pour construire une ingénierie efficace.

**Mots-clés**
Variabilité, biodiversité, paysage, observation, concept

**Summary**
Nowadays, agronomy is invited to modify its approaches in order to face the necessity of a complex balance between food security, preservation of environmental services and the protection of biodiversity. Thus, the research practices in agronomy have to change and ecology as a discipline accompanies this movement. This article illustrates a few facets of this movement by means of concrete examples. Considering the variability of production performances and of underlying processes is already a major point. Research objects evolve; biotic interactions are explicitly accounted and functional biodiversity as well. The levels of organisation are not only management levels but biological levels, and the landscape is thought of utmost importance. Observational schemes are increasingly used. At last, ecological concepts and theories such as functional traits or trophic webs and niches are utilised to structure the agronomical research. To continue this general movement, beyond the disciplinary claims it may generate, a major effort must be made in the cross-fertilisation of agronomy and ecology to build a new engineering able to face the current challenges.

**Keywords**
Variability, biodiversity, landscape, observation, concept

## Introduction

Comme l'indique la mise en perspective historique de Boulaine (1996), dans la deuxième moitié du 20ème siècle, les pratiques des agronomes en recherche ont beaucoup évolué. Les domaines d'action des agronomes se sont élargis, la génétique et les biotechnologies en sont des exemples ; les disciplines se sont enrichies et diversifiées, ainsi, on est passé d'une étude des sols à une véritable science des sols. Cette évolution a accompagné le mouvement général de rationalisation de l'agronomie. Pour dépasser les limites de l'application de sciences de base à des objets perçus de façon segmentée (la plante, le sol, l'animal), il est apparu nécessaire d'engager des démarches pluridisciplinaires. Mais ces démarches ne sont pas majoritaires. Plus généralement, selon certains (Weiner, 2003), les sciences agronomiques au sens large sont marquées par le réductionnisme et s'occupent plus des niveaux inférieurs d'organisation que des niveaux supérieurs que sont les populations, les communautés et les écosystèmes - objets de l'écologie, qui les concernent pourtant tout autant. Il existe une recherche agronomique à ces niveaux supérieurs, mais qui n'utilise pas les cadres conceptuels de l'écologie. Ainsi, les modèles de culture sont physiologiques dans leur concept, c'est-à-dire qu'ils sont basés sur des processus physiologiques, ce qui pèse sur la façon d'y inclure (ou de ne pas y inclure) les interactions biotiques dont la plante est un des acteurs (Weiner, *op. cit.*).
La deuxième moitié du 20ème siècle a également été une période majeure de la construction de l'écologie comme discipline. A l'origine descriptive et naturaliste, elle s'est donné un solide bagage théorique. L'écologie s'est développée en lien avec l'étude de la nature, et elle est encore mar-

quée par une focalisation sur les systèmes faiblement anthropisés (Weiner, *op. cit.*). Dans son histoire récente, profondément liée aux mouvements internationaux de protection de la nature, sont apparues les branches actives que sont la biologie de la conservation puis l'écologie de la restauration (Parizeau, 2010), ainsi que l'écologie fonctionnelle et l'écologie du paysage. Avec ce mouvement général, on est passé de la question de la protection de la nature à celle de la gestion de la biodiversité (Blandin, 2009).

Parallèlement à ces évolutions disciplinaires, la modernisation de l'agriculture s'est accompagnée d'une fragilisation inquiétante de la capacité de production (Boulaine, *op. cit.*). Ce constat n'est qu'une déclinaison particulière de la conclusion générale de « l'Evaluation des écosystèmes pour le millénaire[2] ». Aujourd'hui, l'agriculture fait face à plusieurs défis, déjà largement évoqués dans cette même revue (Griffon, 2011) et ailleurs (Robertson and Swinton, 2005) : produire plus en quantité et en qualité, y compris des produits non alimentaires, trouver des alternatives à l'usage des ressources fossiles et minières qui s'épuisent, à celui des produits phytosanitaires chimiques dommageables à la santé humaine et à l'environnement, économiser l'eau, limiter la contribution au changement climatique et s'y adapter, protéger la biodiversité.

Pour aider l'agriculture à relever ces défis, la pratique des agronomes en recherche est amenée à changer. L'agronomie a longtemps délaissé les fonctions de régulation biologique dans les agroécosystèmes (Doré *et al.*, 2011), ce qui se concevait dans un certain contexte. Désormais, elle doit les expliciter et plus globalement chercher les moyens de favoriser les services écosystémiques (bénéfices fournis aux humains par les écosystèmes) qu'utilise l'agriculture et auxquels elle contribue (Doré *et al.*, *op. cit.*) ; ceci rejoint l'objectif de gestion de la biodiversité des écologues cité plus haut, compte-tenu du rôle majeur de la biodiversité dans la fourniture de ces services (Diaz *et al.*, 2005). L'écologie comme discipline vient naturellement accompagner ce changement. Cet article en illustre quelques facettes à l'aide d'exemples concrets, et sans prétendre à l'exhaustivité ; il ne traite notamment pas du lien aux sciences humaines et sociales ou aux politiques environnementales ou agricoles.

## L'acceptation et la considération de l'hétérogénéité

Est-ce que considérer l'hétérogénéité, non pas des objectifs, mais des performances de production et des processus sous-jacents, va de soi dans la pratique des agronomes en recherche ? Comme dimension d'expression de l'hétérogénéité, je songe ici non pas au temps ou au génotype couramment évoqués, mais à l'espace au sens large du terme, à la plante ou à un segment de plante dès lors qu'il s'agit d'une unité de gestion, comme un rameau ou une branche fruitière en arboriculture. Cette hétérogénéité est prise en compte dans les analyses régionales (Doré *et al.*, 1997). Mais est-elle fréquemment considérée dans les expérimentations courantes, ou dans les grands modèles de culture actuels ? Je ne le crois pas, quoique bien sûr la réponse, si on se restreint au cas des performances de production, dépende du type de production. En horticulture, pour le marché du frais, l'hétérogénéité des performances de production s'impose car les produits sont individualisés pour la rémunération du producteur (laquelle est fondée sur une distribution de critères de qualité) et la satisfaction du consommateur. Cette hétérogénéité, que les producteurs cherchent à maîtriser, devient alors, à des niveaux très inférieurs à la région, même à des niveaux intra-plante, une cible des recherches, (Lescourret *et al.*, 1999 ; Lescourret *et al.*, 2011). Dans d'autres cas elle est gommée par le mélange des organes récoltés. Lorsqu'on s'intéresse à d'autres performances de l'agriculture, en l'occurrence aux performances environnementales, on peut vouloir les améliorer en gérant les états de la culture et du milieu de manière raisonnée, donc spatialisée. C'est le principe de l'agriculture de précision qui s'intéresse justement aux manières de mesurer et d'analyser l'hétérogénéité spatiale (cartographie, télédétection, description de structures spatiales) pour en tirer profit en termes de diagnostic et d'aide à la décision pour l'agriculteur (Guérif and King, 2007).

En écologie, l'hétérogénéité spatiale est devenue assez tôt un objet de recherche central. Dans un article écrit il y a plus de 35 ans, consacré aux ré-

[2] Instaurée en 2001 à la demande du secrétaire général des Nations Unies, Kofi Annan, pour évaluer les conséquences des changements écosystémiques sur le bien-être humain, cette étude a mobilisé plus de 1360 experts du monde entier ; les rapports sont disponibles en ligne (http://www.maweb.org/fr/index.aspx).

ponses des populations aux environnements hétérogènes (« *patchy environments* ») - et cité depuis plusieurs centaines de fois par la communauté scientifique - John Wiens (1976) indiquait qu'en dépit de la variabilité évidente des systèmes naturels, le corpus théorique de l'écologie des populations continuait d'être basé sur l'hypothèse de l'homogénéité environnementale (Wiens, 1976). Il montrait les implications fondamentales de la prise en compte de la variabilité pour représenter la dynamique des écosystèmes, ainsi que la nécessité d'abandonner le dogme de l'équilibre, et celle de penser la variabilité comme un trait essentiel des systèmes biologiques. Depuis, il y a eu beaucoup de chemin parcouru, l'écologie spatiale s'est dessinée, les notions de méta-population et de méta-communauté sont apparues. L'agronomie commence à tirer grand avantage des concepts et méthodes que l'écologie développe pour l'appréciation de l'hétérogénéité, à travers des études d'agro-écologie s'intéressant notamment au contrôle des bioagresseurs. Pour prendre un exemple concret, des démarches éprouvées d'explicitation des patrons spatiaux d'insectes en écologie (Vinatier *et al.*, 2011b) ont été utilisées avec profit pour réfléchir à des arrangements spatiaux de pièges et des modalités de fragmentation de la culture de bananier propices au contrôle du charançon noir, son principal ravageur (Vinatier *et al.*, 2012).

## Le changement d'objet : les interactions biotiques, la biodiversité fonctionnelle

Comme évoqué en introduction, l'agronomie s'attache désormais aux fonctions de régulation biologique dans les agro-écosystèmes, elle change d'objets, elle élargit son périmètre sol-plante-climat-pratiques. Face à la nécessité de réduire les usages des pesticides et des engrais, l'idée de reconsidérer et de valoriser les interactions biotiques monte en puissance. Pour la nutrition des plantes, les symbioses des légumineuses occasionnent un renouveau d'intérêt pour ces plantes et les agronomes examinent à la fois les facteurs agronomiques favorisant ou limitant la fixation d'azote et la façon d'associer, dans le temps ou par des mélanges, les légumineuses aux cultures (Vertès *et al.*, 2010). Pour la protection des plantes, le rôle des ennemis naturels des bioagresseurs est revisité et quantifié (Dib *et al.*, 2010) à la lumière des interactions intra-guilde[3] capables de peser largement sur l'efficacité du contrôle (Dib *et al.*, 2011). La plante agressée par des ravageurs n'est plus vue uniquement comme un élément central soumis à des contraintes externes, mais comme un des acteurs d'une chaîne trophique dont il s'agit d'explorer la dynamique et la réaction « en cascade » aux pratiques culturales (Gutierrez, 1996 ; Grechi *et al.*, 2010). Le rôle particulier de l'agronomie est de penser la façon dont les agriculteurs peuvent orienter ces interactions dans le sens voulu, et les revues de Rusch *et al.* (2010) et de Médiène *et al.* (2011) l'illustrent bien : on peut piloter les interactions par des pratiques culturales (par exemple désynchroniser plantes cultivées et pathogènes en jouant sur la date de semis), on peut les créer et les complexifier, comme en introduisant une plante de couverture qui modifie la relation entre des plantes cultivées et des adventices, ou en installant et gérant des habitats semi-naturels qui favorisent les ennemis des bioagresseurs. L'éclairage théorique et empirique apporté par l'écologie sur ces interactions est indispensable à leur gestion, et les agronomes l'utilisent désormais, ce qui est visible dans tous les articles cités dans ce paragraphe.

Au-delà des interactions biotiques, la biodiversité fonctionnelle devient un objet de préoccupation majeur, pour les agronomes comme pour les écologues qui partagent le souci de la gestion des services des écosystèmes (Kremen, 2005) à la suite des conclusions alarmantes de l'Evaluation des écosystèmes pour le millénaire. Bien que la relation entre biodiversité et fonctionnement des écosystèmes (BFE) soit désormais un champ de recherche très actif liant écologie des communautés et écologie des écosystèmes (Loreau *et al.*, 2001), la caractérisation des « fournisseurs » de service (comme la litière, les invertébrés et micro-organismes du sol, les plantes fixatrices d'azote pour le service de support qu'est la formation et la fertilité du sol) reste un champ à explorer, et on ne sait guère les conditions de réponses compensatoires ou stabilisantes des fonctions des écosystèmes aux changements de structure des communautés (Kremen, *op. cit.*). Les études de BFE ont concerné la biodiversité du sol en lien notamment avec les cycles biogéochimiques (Beare *et*

[3] Ensemble d'espèces partageant une même ressource trophique (prédateurs d'un ravageur dans l'article cité).

*al.*, 1995) ou les assemblages de producteurs primaires comme les prairies. Pour les réseaux trophiques, selon Duffy *et al.* (2007) les travaux sont encore trop peu nombreux pour que l'on puisse avancer des lois générales sur les effets de l'interaction entre diversité horizontale (au sein d'un même niveau trophique) et verticale (entre niveaux trophiques). La contribution conceptuelle de Moonen et Barberi (2008) sur la biodiversité fonctionnelle dans les agroécosystèmes est exemplaire du profit qu'on peut tirer dans ce domaine de la confrontation entre les cultures des communautés d'écologues et d'agronomes. Selon ces auteurs, dans le contexte des agroécosystèmes, la notion de groupe fonctionnel couramment utilisée dans les études de BFE doit être repensée : à la fois rapprochée des services écosystémiques en définissant des groupes fonctionnels qui contribuent concrètement à ces services (biofonctionnalité ; par exemple bactéries du sol importantes pour la formation de la matière organique) ; et intégrant la diversité en s'interrogeant sur l'effet de la diversité dans le groupe sur les services (fonctionnalité de la biodiversité ; par exemple diversité génétique au sein d'une tache de population de plante augmentant sa capacité à attirer des arthropodes prédateurs). D'après une compilation importante de publications réalisée par Moonen et Barberi (*op. cit.*) la biofonctionnalité a été étudiée par les agronomes, et la fonctionnalité de la biodiversité, de façon plus ancienne, par les écologues.

## La gamme des niveaux d'organisation étudiés s'élargit

Avec le changement d'objets, avec l'importance grandissante des composantes biologiques dans les recherches des agronomes, la gamme des niveaux d'organisation étudiés s'élargit. Bien sûr, les agronomes n'ont pas une appréciation étroite des niveaux d'organisation *techniques*, ils réalisent des études aux niveaux de la parcelle, de l'exploitation agricole, et du territoire. Cependant la parcelle a joué un rôle central dans l'élaboration du corpus conceptuel et méthodologique de l'agronomie, et continue d'être l'unité de base de beaucoup de travaux, au point de pouvoir être un point de blocage (Nesme *et al.*, 2010). Le fait d'étudier des populations en interaction amène des niveaux d'organisation *biologiques* difficiles à cerner. Ainsi les populations elles-mêmes offrent des structures spatiales qui apparaissent à divers niveaux correspondant aux individus occupant un espace de vie (au sens de la socialité d'un animal), aux groupes d'individus ou populations locales, et aux (méta)populations qui relient ces groupes par des mécanismes de dispersion (Legay and Debouzie, 1985).

Les modalités de la dispersion des espèces cibles des recherches sont donc importantes pour le choix des dimensions de l'espace étudié (Legay et Debouzie, *op. cit.*). La dynamique spatio-temporelle d'un charançon du bananier qui parcourt moins d'un mètre par jour peut s'apprécier sur une parcelle de bananier à condition de la considérer comme un espace composite au sein duquel le ravageur choisit des habitats (Vinatier *et al.*, 2011a). Mais bien des bioagresseurs ont des capacités de dispersion importantes, ce qui justifie d'étudier leur dynamique au niveau du paysage, comme souligné dans des revues pré-citées (Nesme *et al., op. cit.*, Rusch *et al.*, *op. cit.*). Actuellement en France, un nombre croissant de publications consacrées au contrôle des bioagresseurs concerne l'effet des caractères ou de la complexité du paysage sur des populations (ravageurs ; Ricci *et al.,* 2009), des communautés (adventices ; Gaba *et al.,* 2010) ou des taux de parasitisme (Rusch *et al.*, 2011). C'est un mouvement général à l'échelle internationale, dont les résultats font l'objet de nombreuses revues et méta-analyses (Chaplin-Kramer *et al.*, 2011). Il faut signaler que les travaux français se situent dans un sillon tracé, au fil de la construction de l'écologie du paysage (Burel and Baudry, 1999), par les unités de recherche de Rennes (SAD et Ecobio) et Toulouse (Dynafor)[4] qui ont été pionnières pour étudier, dès les années 80-90, les interactions entre activités agricoles, paysage et biodiversité.

La distinction que j'ai faite entre niveaux d'organisation techniques et biologiques est à mettre en regard du débat sur la discordance des échelles spatiales des processus écologiques et de la gestion agricole, qui pénalise par exemple les politiques agri-environnementales. Dans leur revue, Pelosi *et al.* (2010) donnent de nombreux exemples de cette discordance, comme dans l'approche « managériale », avec une perception

[4] http://ecobio.univ-rennes1.fr/news.php, http://www.rennes.inra.fr/sad et https://dynafor.toulouse.inra.fr/web/

étroite ou nulle du paysage, ou le fait que des mesures agri-environnementales s'appliquent sur une portion d'espace beaucoup plus petite (une ferme) que le domaine vital des espèces cibles de ces mesures ; ou dans l'approche « écologique », des propositions irréalistes d'unités de gestion pour la biodiversité (beaucoup trop vastes). Ils proposent pour résoudre cette discordance de travailler sur les notions de gestion multi-niveaux et sur celle de gestion collective et de coordination.

## Du schéma expérimental au schéma d'observation

Beaucoup d'agronomes sont déjà hors du schéma expérimental classique (et encore dominant), dès lors qu'ils analysent les pratiques ou les performances agricoles à des échelles régionales. Mais d'autres vont être amenés, par la considération de la variabilité, du changement d'objets et de niveaux, à suivre ce chemin. C'est une contrainte, parce que la possibilité d'expérimenter en contrôlant des facteurs est un avantage considérable pour identifier des relations de cause à effet. A l'inverse des agronomes, les écologues sont historiquement beaucoup plus observateurs qu'expérimentateurs, bien qu'ils étudient des microcosmes et des mésocosmes et réalisent des expériences de laboratoire, notamment des expériences d'évolution. Ils ont donc été confrontés très tôt à cette contrainte et ont développé pour la dépasser un corpus méthodologique très important pour l'observation en environnement hétérogène et complexe et le traitement des données d'observation. Ils ont ainsi mis au point des stratégies d'échantillonnage sophistiquées à un degré leur permettant de parler de « théorie de l'échantillonnage écologique » (Frontier, 1982). Ils ont développé, dans le cadre des analyses multivariées qui est propre à prendre en compte la complexité des processus écologiques observés, des méthodes pour résoudre les confusions d'effets, comme l'analyse de piste, ou pour éliminer des effets dans ce qui a été appelé, dans l'idée de se rapprocher de la notion de plan expérimental, des « plans d'observation » (Yoccoz and Chessel, 1988). A titre d'exemple, le laboratoire de biométrie et biologie évolutive de Lyon (UMR CNRS) a élaboré depuis les années 80 et propose de nos jours un nombre considérable de ressources en termes d'analyse exploratoire de données écologiques, dont le logiciel ade4 qui est un paquet R[5], avec des formations associées. Ce corpus méthodologique sera très utile aux agronomes et beaucoup d'entre eux se le sont approprié ou se l'approprient, mais il existe des segments de l'agronomie au sens large où ces méthodes sont encore très peu utilisées, comme l'horticulture.

La notion de site d'observation s'enrichit par celle de site écologique à long terme, dont le besoin se fait pressant face aux perspectives de changement global. Les paysages agricoles sont des candidats très pertinents et en France plusieurs font l'objet de suivis de la dynamique des pratiques et des processus agro-écologiques. Ces sites sont l'occasion d'examiner l'évolution des services écosystémiques, que Janzen (2009) perçoit comme un concept unifiant propre notamment à briser les frontières entre disciplines. Cette idée est reprise par Collins *et al.* (2011) qui l'assortissent d'un cadrage conceptuel propre à intégrer les différents rythmes de la dynamique de ces évolutions et leur appréhension par les sciences biologiques, physiques et sociales. L'examen de ces évolutions doit se faire *entre les sites* pour acquérir une vision globale, ce qui suppose de partager des questions, des protocoles et des bases de données (Janzen *op. cit.*). La mise en réseau de sites observatoires est d'ailleurs encouragée aux niveaux français, européen ou international (ilternet.edu). Tout cela impliquera des renouveaux méthodologiques que suivront les agronomes. Cette notion de site écologique à long terme n'est de plus pas réservée aux sites non expérimentaux ; l'idée générale de la mise en réseau et du suivi peut très bien s'appliquer aux sites expérimentaux et l'idée d'associer et/ou d'articuler observation *in situ* et dans des sites expérimentaux doit être creusée (Balent, comm. pers.). Aux Etats-unis, le site *Long Term Ecological Research* de *Kellog Biological Station* fonctionne sur ce principe depuis ses origines.

[5] R est à la fois un langage et un environnement (libre) dans lequel des techniques graphiques et statistiques sont implémentées sous forme de « paquets ».

## Utilisation des concepts et théories de l'écologie

Le cadrage conceptuel et théorique est puissant en écologie. Il permet de dépasser les études de cas en les unifiant, et de baliser la progression de la réflexion scientifique. L'exploration des concepts et théories de l'écologie est à l'œuvre dans la communauté des agronomes, comme le montre le foisonnement actuel de revues bibliographiques et papiers d'opinion dont plusieurs ont été cités précédemment. Quelques exemples concrets peuvent être mentionnés pour illustrer comment les agronomes s'emparent de ces concepts et théories. Les concepts de réseau et de niche trophiques sont utiles pour se poser la question du rôle des plantes de couverture, utilisées de façon croissante dans les agro-écosystèmes, pour la régulation des bioagresseurs. Ainsi Duyck *et al.* (2011) se demandent si l'ajout d'une telle plante, nouvelle ressource basale dans le réseau trophique lié à une culture, modifie la position trophique (appréciée par des méthodes utilisant les isotopes stables) de prédateurs généralistes ; la réponse positive amène de nouvelles hypothèses à tester, comme le changement de proies consommées, importantes à la fois au plan théorique et pour éprouver la capacité de ces prédateurs à réguler des insectes ravageurs. Le concept de trait fonctionnel est de plus en plus utilisé pour élucider le fonctionnement des communautés de plantes. Duru *et al.* (2011) ont créé une boîte à outils pour l'évaluation des prairies permanentes en utilisant ce concept ; un des outils évalue une valeur d'usage agricole à partir de la composition fonctionnelle de la végétation. Malézieux (2012) met en avant plusieurs concepts écologiques pour une conception de sytèmes de culture « inspirés de la nature », comme la complémentarité des traits fonctionnels de plantes, importante pour la résilience des systèmes, ou l'attention à la facilitation entre plantes ; il recommande également de s'inspirer du corpus de connaissances relatifs aux successions écologiques pour raisonner la dynamique des agro-écosystèmes.

L'idée n'est pas de « plaquer » ces théories et concepts sur la pratique des agronomes. Il s'agit plutôt de s'en inspirer, de mettre à l'épreuve ces théories par confrontation aux données, de les faire évoluer et de les enrichir par une vision agronomique. Certains écologues sont très critiques sur la capacité des modèles mathématiques fort abstraits qui fondent une partie du corpus théorique de l'écologie et occupent une place importante dans ses ouvrages et revues, à aider à la résolution des problèmes agricoles ou même à rendre compte des réalités écologiques (Hall, 1988 ; Weiner, *op. cit.*). La revue de Logue *et al.* (2011) montre à propos des méta-communautés l'intérêt de confronter approches empiriques et théoriques ; des exemples tirés des agro-écosystèmes, comme les communautés d'adventices, y manquent encore mais ce vide devrait se combler bientôt pour le bénéfice de ce champ d'étude très prometteur.

## En guise de conclusion…

L'écologie a donc amené à changer les pratiques des agronomes en recherche. Certains pensent que l'agronomie du futur doit être pensée scientifiquement comme une écologie appliquée (ce que revendiquait Hénin cité dans Boulaine, *op. cit.*) ou, si l'on préfère, comme une forme d'ingénierie écologique (Weiner, *op. cit.*). En parallèle, les changements de l'agriculture posent des défis et l'éditeur d'une revue comme *Journal of Applied Ecology* invite les écologues à y répondre (Ormerod *et al.*, 2003). Les écologues ne sont d'ailleurs pas dépourvus devant l'idée de gestion des écosystèmes, bien que cette gestion ne soit pas souvent dirigée vers des usages agricoles. A titre d'exemple concret, les concepts d'assemblage des communautés de plantes sont mobilisés dans la conception de communautés restaurées pour renforcer leur résistance à l'invasion (Funk *et al.*, 2008). Du reste, un nombre croissant d'articles de *Journal of Applied Ecology* concerne la restauration ou la remédiation d'écosystèmes (Ormerod *et al.*, 2003).

*In fine*, pour faire émerger une ingénierie capable de faire face aux défis actuels, l'agronomie et l'écologie doivent procéder d'une fertilisation croisée (Robertson and Swinton, 2005). Cette fertilisation ne prendra du sens qu'au prix d'une interaction étroite avec les sciences sociales et humaines, propre à identifier et à hiérarchiser les services des agro-écosystèmes cibles des préoccupations générales (Robertson and Swinton, *op. cit.*).

# Bibliographie


Beare, M., Coleman, D., Crossley, D., Hendrix, P., Odum, E., 1995. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. Plant and Soil 170, 5-22

Blandin, P., 2009. De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité. Quae, Versailles

Boulaine, J., 1996. Histoire de l'Agronomie en France. Lavoisier Tec&Doc, Paris

Burel, F., Baudry, J., 1999. Ecologie du paysage. Concepts, méthodes, applications. Lavoisier Tec&Doc, Paris

Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M.E., Blitzer, E.J., Kremen, C., 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. Ecology Letters 14, 922-932

Collins, S.L., Carpenter, S.R., Swinton, S.M., Orenstein, D.E., Childers, D.L., Gragson, T.L., Grimm, N.B., Grove, M., Harlan, S.L., Kaye, J.P., Knapp, A.K., Kofinas, G.P., Magnuson, J.J., McDowell, W.H., Melack, J.M., Ogden, L.A., Robertson, G.P., Smith, M.D., Whitmer, A.C., 2011. An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. Frontiers in Ecology and the Environment 9, 351-357

Diaz, S., Tilman, D., Fargione, J., 2005. Biodiversity regulation of ecosystem services Millenium Ecosystem Assessment, pp. 297-329

Dib, H., Jamont, M., Sauphanor, B., Capowiez, Y., 2011. Predation potency and intraguild interactions between generalist (Forficula auricularia) and specialist (Episyrphus balteatus) predators of the rosy apple aphid (Dysaphis plantaginea). Biological Control 59, 90-97

Dib, H., Simon, S., Sauphanor, B., Capowiez, Y., 2010. The role of natural enemies on the population dynamics of the rosy apple aphid, Dysaphis plantaginea Passerini (Hemiptera: Aphididae) in organic apple orchards in south-eastern France. Biological Control 55, 97-109

Doré, T., Le Corre-Gabens, N., Meynard, J.M., 2011. Le Grenelle de l'environnement : implications pour l'agronomie et les métiers d'agronomes. Agronomie, Environnement et Sociétés vol.1, n°1, 13-20

Doré, T., Sebillotte, M., Meynard, J.M., 1997. A diagnostic method for assessing regional variations in crop yield. Agricultural Systems 54, 169-188

Duffy, J.E., Cardinale, B.J., France, K.E., McIntyre, P.B., Thebault, E., Loreau, M., 2007. The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity. Ecology Letters 10, 522-538

Frontier, S. (Ed), 1982. Stratégies d'échantillonnage en écologie. Masson et Les Presses de l'Université Laval, Paris et Québec

Gaba, S., Chauvel, B., Dessaint, F., Bretagnolle, V., Petit, S., 2010. Weed species richness in winter wheat increases with landscape heterogeneity. Agric. Ecosyst. Environ. 138, 318-323

Grechi, I., Hilgert, N., Sauphanor, B., Senoussi, R., Lescourret, F., 2010. Modelling coupled peach tree-aphid population dynamics and their control by winter pruning and nitrogen fertilization. Ecol. Model. 221, 2363-2373

Griffon, M., 2011. Les enjeux internationaux de l'agriculture et les implications pour l'agronomie. Agronomie, Environnement et Sociétés Vol.n n°0, 4-7

Guérif, M., King, D. (Eds.), 2007. Agriculture de précision. Quae, Versailles

Gutierrez, A.P., 1996. Applied population ecology. A supply-demand approach. John Wiley & sons, Inc, New York

Janzen, H.H., 2009. Long-term ecological sites: musings on the future, as seen (dimly) from the past. Global Change Biology 15, 2770-2778

Kremen, C., 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? Ecology Letters 8, 468-479

Legay, J.M., Debouzie, D., 1985. Introduction à une biologie des populations. Masson, Paris

Lescourret, F., Blecher, N., Habib, R., Chadoeuf, J., Agostini, D., Pailly, O., Vaissiere, B., Poggi, I., 1999. Development of a simulation model for studying kiwi fruit orchard management. Agricultural Systems 59, 215-239

Lescourret, F., Moitrier, N., Valsesia, P., Genard, M., 2011. QualiTree, a virtual fruit tree to study the management of fruit quality. I. Model development. Trees-Structure and Function 25, 519-530

Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D., Wardle, D.A., 2001. Ecology - Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. Science 294, 804-808

Malézieux E., 2012. Designing cropping systems from nature. Agron. Sus. Dev., 32(1), 15-29.

Médiène, S., Valantin-Morison, M., Sarthou, J.-P., de Tourdonnet, S., Gosme, M., Bertrand, M., Roger-Estrade, J., Aubertot, J.-N., Rusch, A., Motisi, N., Pelosi, C., Dore, T., 2011. Agroecosystem management and biotic interactions: a review. Agron. Sustain. Dev. 31, 491-514

Moonen, A.-C., Barberi, P., 2008. Functional biodiversity: An agroecosystem approach. Agric. Ecosyst. Environ. 127, 7-21

Nesme, T., Lescourret, F., Bellon, S., Habib, R., 2010. Is the plot concept an obstacle in agricultural sciences? A review focussing on fruit production. Agriculture, Ecosystems and Environment 138, 133-138

Parizeau, M.H., 2010. Biotechnologie, nanotechnologie, écologie. Entre science et idéologie. Quae, Versailles.

Pelosi, C., Goulard, M., Balent, G., 2010. The spatial scale mismatch between ecological processes and agricultural management: Do difficulties come from underlying theoretical frameworks? Agric. Ecosyst. Environ. 139, 455-462

Ricci, B., Franck, P., Toubon, J.-F., Bouvier, J.-C., Sauphanor, B., Lavigne, C., 2009. The influence of landscape on insect pest dynamics: a case study in southeastern France. Landscape Ecology 24, 337-349

Robertson, G.P., Swinton, S.M., 2005. Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. Frontiers in Ecology and the Environment 3, 38-46

Rusch, A., Valantin-Morison, M., Sarthou, J.-P., Roger-Estrade, J., 2011. Multi-scale effects of landscape complexity and crop management on pollen beetle parasitism rate. Landscape Ecology 26, 473-486

Rusch, A., Valantin-Morison, M., Sarthou, J.P., Roger-Estrade, J., 2010. Biological control of insect pests in agroecosystems: effects of crop management, farming systems, and seminatural habitats at the landscape scale: a review. In: Sparks, D.L. (Ed.), Advances in Agronomy, Vol 109, pp. 219-259

Vertès, F., Jeuffroy, M.H., Justes, E., Thiébeau, P., Corson, M., 2010. Connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation et de l'exploitation. Innovations Agronomiques 11, 25-44

Vinatier, F., Lescourret, F., Duyck, P.-F., Martin, O., Senoussi, R., Tixier, P., 2011a. Should I Stay or Should I Go? A Habitat-Dependent Dispersal Kernel Improves Prediction of Movement. Plos One 6

Vinatier, F., Lescourret, F., Duyck, P.-F., Tixier, P., 2012. From IBM to IPM: Using individual-based models to design the spatial arrangement of traps and crops in integrated pest management strategies. Agriculture, Ecosystems & Environment 146, 52-59

Vinatier, F., Tixier, P., Duyck, P.F., Lescourret, F., 2011b. Factors and mechanisms explaining spatial heterogeneity: A review of methods for insect populations. Methods in Ecology and Evolution 2, 11-22

Weiner, J., 2003. Ecology - the science of agriculture in the 21st century. Journal of Agricultural Science 141, 371-377

Wiens, J.A., 1976. Population responses to patchy environments. Annual Review of Ecology and Systematics 7, 81-120

Yoccoz, N., Chessel, D., 1988. Constrained ordination of bird count data - Effects elimination in a 2-factor experimental design.. Comptes Rendus De L'Academie Des Sciences Serie Iii-Sciences De La Vie-Life Sciences 307, 189-194

Article

Agronomie Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 1 - juin 2012

# Pratiques négociées et écologisation de l'agriculture

***Negotiated Practices and Ecologization of Agriculture***

**Claude Compagnone**

*AgroSup Dijon - INRA Listo*
*26, boulevard du Docteur Petitjean*
*21 000 - Dijon*
*Tél. : 03 80 77 25 31*
*E-mail : claude.compagnone@dijon.inra.fr*

**Résumé**
Cet article rend compte de la forme négociée que peut prendre en agriculture la mise en œuvre de pratiques qui s'inscrivent dans le cadre de l'écologisation de l'agriculture. Se centrant sur la dimension sociale des pratiques agri-environnementales, il apporte des éléments de réflexion sur la manière dont cette dimension peut être entendue dans le cadre du développement de l'agroécologie. Après avoir précisé ce qu'est l'activité négociatoire, son enjeu dans la définition des pratiques agricoles et les ressources nécessaires aux agriculteurs pour pouvoir la conduire, il s'intéresse aux espaces sociaux dans lesquels elle se déroule. Il identifie, enfin, comment elle s'articule à d'autres formes d'interactions sociales que sont l'imposition, le conflit et la coopération.

**Mots-clés**
Négociation, écologisation, agriculteurs, environnement, agroécologie, espace public, pratiques.

**Summary**
This article shows how through a process of ecologization of agriculture the implementation of new practices may result from negotiation between actors. Focusing on the social dimension of the environment friendly practices, it provides elements to understanding what this dimension can mean for the development of agroecology. It starts by clarifying what is the activity of negotiation, the stakes of this activity to design new local agricultural practices, and the resources farmers need to conduct it. Then it pays attention to social spaces in which negotiations occur. It identifies how negotiation is related with others kinds of social interactions such as imposition, conflict, and cooperation.

**Keywords**
Negotiation, ecologization, farmers, environment, agroecology, public space, practices

## Introduction

Le but de notre propos est de nous interroger sur la forme négociée que peut prendre pour les agriculteurs la mise en œuvre de nouvelles pratiques dans le cadre d'une écologisation de l'agriculture. Plus précisément, il s'agit de voir la place qu'occupent les négociations par rapport à d'autres formes d'interactions lorsqu'elles sont engagées avec des opérateurs environnementaux. Ces opérateurs sont des agences de l'eau, des communes ou communautés de communes, des associations, des administrations, des organismes de développement, des unités de recherche, etc., qui interviennent auprès des agriculteurs afin qu'ils modifient leurs pratiques dans le sens d'un plus grand respect de l'environnement. La conduite d'une telle interrogation nous permet de contribuer à une réflexion en cours sur ce que peut être la composante sociale de l'agroécologie.
Nous commencerons par préciser le contour de notre interrogation et la façon dont nous la positionnons par rapport à des travaux déjà conduits sur la négociation et vis-à-vis d'un questionnement plus large sur l'émergence de l'agroécologie. Nous présenterons ensuite ce qu'est un processus de négociation, une certaine ambiguïté résidant non seulement dans la façon dont il se différencie d'autres processus sociaux comme le conflit ou l'imposition, mais aussi dans la forme qu'il peut prendre ainsi que dans le genre de résultats auquel il peut conduire. Nous détaillerons ce que sont les processus de négociation entre agriculteurs et opérateurs environnementaux lorsqu'ils s'instaurent dans des espaces publics différents. Pour mener à bien cette réflexion, nous nous appuierons sur différents travaux réalisés dans le domaine agri-environnemental et sur des exemples de situations d'interaction entre agriculteurs et opérateurs de l'environnement.

## Une interrogation sur les pratiques négociées

Depuis une dizaine d'années, une littérature se développe en France sur les questions de la négociation.
Dans le domaine environnemental, divers auteurs (Mermet, 2005 ; Allain, 2010 ; Beuret, 2010) ren-

dent compte de la façon dont des collectifs peuvent être amenés à négocier pour la réalisation d'aménagements à impacts environnementaux ou la mise en œuvre de pratiques concurrentes sur un même territoire rural. Pour une bonne partie des auteurs qui traitent de cette question, nous sommes entrés aujourd'hui dans « l'âge de la négociation » (Allain, 2009) où le débat entre différents collectifs d'acteurs devient permanent et consubstantiel à la vie de notre société. Pour d'autres, cette activité négociatoire est caractéristique du travail de coordination conjointe qu'opèrent des acteurs interdépendants. Notre société contemporaine se caractérisant par « une quantité inédite de coordination entre membres hautement interdépendants » (Lazega, 2003, p. 305), ils en viennent à parler de société « organisationnelle ». Certains associent cette activité négociatoire à l'incertitude radicale avec laquelle doit composer tout processus de décision dans une société complexe (Callon *et al.*, 2001).

Une telle interrogation sur les processus négociatoires dans l'orientation des pratiques des agriculteurs n'est évidemment pas nouvelle. Elle apparaît ainsi largement dans nombre de travaux réalisés sur les dispositifs agri-environnementaux (Alphandery et Billaud, 1996 ; Candau, 1999). Certains d'entre eux s'intéressent en particulier à l'effectivité et l'efficacité de ces processus négociatoires en termes sociaux et environnementaux (Busca, 2003 ; Benhammou et Mermet, 2003 ; Mermet et *al.*, 2005 ; Salle, 2006). Ils traitent des raisons de l'efficacité limitée en matière de résultats environnementaux des dispositifs à idéal démocratique ; ils mettent en évidence des lieux sociaux de négociations différents selon la nature des dispositifs ; ils discutent du poids et de la forme du local (*vs* global) dans les interactions entre acteurs. Ils s'appuient pour ce faire sur l'étude de l'engagement volontaire des acteurs dans des dispositifs de préservation de l'environnement ou sur celle de la traduction locale de dispositifs nationaux obligatoires, ou encore sur la constitution des oppositions aux démarches de conservation de la biodiversité.

Bien que reprenant ici ces questions des lieux sociaux des interactions et de la place des négociations dans ces interactions, nous ne nous focalisons pas, contrairement à ces travaux, sur l'étude d'un ou plusieurs dispositifs agrienvironnementaux particuliers. Nous essayons plutôt de donner une vue générale - avec toutes les limites que peut comporter une telle entreprise - de la place des négociations et de leurs conséquences en termes de production de nouvelles pratiques et de nouvelles connaissances pour les agriculteurs. Nous nous centrons de ce fait sur les agriculteurs et sur les relations directes que ces derniers entretiennent avec les opérateurs environnementaux ou avec les agents qui jouent un rôle d'intermédiaire entre eux et ces opérateurs (qu'il s'agisse de porte-parole des agriculteurs ou de relais des opérateurs environnementaux).

Pour autant, notre démarche ne s'en tient pas au seul questionnement agri-environnemental, largement traité par ailleurs d'un point de vue sociologique par une diversité d'auteurs (Barbier, 2012). Elle tente aussi de l'articuler à celui plus récent sur la dimension sociale de l'émergence de l'agroécologie (Stassart *et al.*, 2012). Il ne s'agit pas de mener une entreprise définitoire pour comparer agriculture « agri-environnementale » et agriculture « agroécologique », mais de voir plutôt comment des processus sociaux à l'œuvre dans la première sont des dimensions constitutives de la deuxième. Nous pensons qu'une telle démarche doit nous renseigner sur la manière dont la composante sociale d'une agroécologie en émergence peut être, pour partie, entendue. En effet, pour Wezel *et al.* (2009) l'agroécologie[6] doit être saisie tout à la fois comme une nouvelle discipline scientifique, un nouveau domaine de pratiques agricoles et un mouvement social. Toutefois l'émergence de l'agroécologie est aussi le fait de processus sociaux qui ne tiennent pas du mouvement social, c'est-à-dire de processus qui n'engagent pas forcément des collectifs partageant les mêmes valeurs, en lutte contre des adversaires pour la réalisation de leur projet et capables de mobiliser plus largement autour de leur cause. Il y a du social logé dans la simple élaboration et le simple partage de pratiques agroécologiques. Ce social - comme les dialogues entretenus avec d'autres producteurs ou avec des experts techniques, techniciens ou chercheurs - permet aux agriculteurs de pouvoir construire localement des connaissances pertinentes et d'agencer leur système de production et leurs pratiques en s'appuyant au mieux sur les ressources agroécologiques de leur territoire. Les opérateurs envi-

[6] Voir aussi David et *al.*, 2011

ronnementaux font aussi partie de ces interlocuteurs. Ils peuvent non seulement avoir leurs exigences propres en termes écologiques et influencer, de fait, la forme prise par ces pratiques agroécologiques, mais ils peuvent aussi, par des changements partiels négociés avec les agriculteurs, permettre à ces derniers d'augmenter la « capacité écologique » de leur agrosystème. Des accords situés, sur des objets environnementaux singuliers, ne contribuent-ils pas d'une certaine façon à la constitution de pratiques agroécologiques, ou tout du moins, à celle de conditions favorables à la mise en œuvre de ces pratiques ? Des changements systémiques découlent ainsi des effets cumulatifs de changements partiels qui n'ont pas forcément pour visée ces changements systémiques (Compagnone et *al.*, 2011).

## Travail de négociation

La particularité de la négociation est d'être une forme d'interaction sociale qui se distingue, d'un côté, de celle coopérative et, de l'autre, de celle conflictuelle (Mermet, 2009 ; Thuderoz, 2010). Elle est donc une forme intermédiaire entre un état de paix et un état de guerre. Plus qu'aux moments même de négociation, l'attention portée au processus de négociation permet de saisir comment, dans le flux des interactions, d'autres formes d'interaction (conflit, coopération, recours à un tiers, imposition, évitement…) peuvent temporellement encadrer les périodes de négociation, mais aussi être toujours là, en arrière-plan, comme des alternatives possibles à la négociation (Mermet, 2009).

Comme l'indique Thuderoz (2010), un processus négociatoire[7] est donc mis en œuvre à partir du moment où un désaccord apparaît entre des acteurs et que, pour le résorber, chacun d'entre eux est prêt à s'engager dans un échange en s'inscrivant dans une relation plus ou moins durable. Une négociation permet d'aboutir à un compromis dans lequel chacun des acteurs trouve un intérêt qui ne correspond pas à celui de ses prétentions initiales. Ce compromis ne se bâtit donc que par l'expression et la mise en perspective de ces prétentions, et par une acceptation mutuellement consentie d'une diminution de leur niveau initial. Chacun admet ainsi de faire un pas en arrière pour arriver à une solution qui convienne aux uns et aux autres. Pour que ce travail puisse se faire, il demande un élargissement de l'espace des problèmes et de celui des solutions. Le niveau initial des prétentions est abaissé en échange, d'une certaine manière, de contreparties.

Prenons l'exemple d'agriculteurs qui, pour préserver la période de reproduction d'une espèce animale, acceptent de faucher plus tardivement leurs prairies, et donc, par effet de système, de réorganiser leur mode d'affouragement, ou, tout du moins, leur calendrier de travail. L'accord local entre les agriculteurs et les opérateurs environnementaux est un élément même de la constitution de la pratique. Pour qu'il voit le jour, des aspects qui à l'origine étaient absents du problème y sont incorporés. Si la date de fauche doit être modifiée dans certaines parcelles et que c'est tout le calendrier de récolte des fourrages qui s'en trouve affecté, des facilités peuvent être trouvées pour permettre aux agriculteurs d'accéder plus facilement à d'autres parcelles plus éloignées qui, elles, ne font pas l'objet d'une attention particulière. Ces facilités peuvent consister à permettre aux tracteurs de circuler là où ils ne pouvaient le faire antérieurement afin d'agencer différemment les chantiers de fenaison. Le problème (la protection d'une espèce animale) se transforme alors pour les agriculteurs en une opportunité pour dénouer d'autres contraintes. La négociation implique donc des acteurs qui à l'origine n'étaient pas concernés par « le » problème. Modifier un plan de circulation exige de faire rentrer dans le jeu des acteurs tels que des communes ou la Direction Départementale du Territoire. Des négociations secondaires s'emboitent alors dans la négociation principale. Cette dernière engage aussi les différents acteurs dans une relation durable. Ce n'est pas une action ponctuelle qui résout le problème. Le dispositif est reporté d'année en année, voire amélioré, des formes d'attention des agriculteurs pouvant se développer au cours du temps sur l'écosystème. La fauche des prairies est alors effectuée à partir du centre de leurs parcelles pour permettre à cette faune de s'échapper et des zones refuges telles que des jachères, des haies ou des bois sont créées. La création de ces zones

[7] Soulignons que s'il y a bien une activité délibérative qui est menée entre acteurs dans le travail de négociation, d'autres éléments que la seule validité des arguments jouent, tels que les menaces et la séduction, ainsi que le statut même des personnes qui avancent ces arguments (Allain, 2009 ; Thuderoz, 2010)

refuges, bien que n'étant pas à l'origine centrée sur la préservation d'une biodiversité, s'avère avoir un effet positif sur la présence d'un réservoir de ravageurs antagonistes aux ennemis des cultures. Dans ce cas précis, l'exigence environnementale amène à une augmentation de la « capacité écologique » de l'agrosystème qui peut être, selon l'orientation pratique des agriculteurs, plus ou moins exploitée dans le cadre de pratiques agroécologiques[8].

De plus, ce qui fait problème ainsi que les solutions possibles peuvent ne pas être aussi bien définis et demander un investissement de la recherche. Celle-ci va éclaircir des points qui ne peuvent l'être que par son entremise, mais aussi légitimer certains points de vue au détriment des autres (Petit et Fleury, 2010). Ce recours à la recherche va alors reposer de manière similaire la question de l'accord entre acteurs, mais cette fois-ci entre chercheurs et praticiens, pour déterminer cet espace du problème et des solutions (Lamine, 2005 ; Teulier et Hubert, 2008). Va alors entrer en jeu la question des formes de connaissance et de leur statut (Warner, 2007). Comment est-il possible d'agencer des connaissances de scientifiques et celles de praticiens à statuts épistémiques différents ? Questions qui se posent très précisément pour l'émergence de connaissances agroécologiques (Stassart et *al.*, 2012).

## Enjeu de la négociation et genre d'agriculture

Il y a négociation entre acteurs, parce que des différends émergent sur ce que doit être l'agriculture. De manière ordinaire, les agriculteurs font valoir des contraintes qui tiennent principalement à l'activité de production alors que les opérateurs environnementaux mettent en avant des contraintes de préservation de la qualité d'éléments naturels - tels que l'eau, l'air et le sol -, de certaines espèces animales et végétales et d'espaces dits naturels. Les uns et les autres se réfèrent à des exigences sociales de différents ordres. Ce sont des manières différentes de « cultiver la nature » (Alphandery et Billaud, 1996) qui vont se confronter, l'opposition même de nature ou de culture ayant peu de sens (Descola, 2005).

Dans une première approximation, on peut dire que des démarches « d'artificialisation » de l'agriculture vont s'opposer à celles qui portent sur son « écologisation » (Deverre et De Sainte-Marie, 2008 ; ENDURE, 2010 ; Ricci et *al.*, 2011).

Toutefois, ces processus d'artificialisation ou d'écologisation ne sont pas univoques. Ils peuvent l'un et l'autre faire appel à des moyens d'origine « industrielle » ou « naturelle » qui, d'une certaine manière, troublent leur caractérisation. Ainsi, à l'artificialisation par « industrialisation » (cas de l'usage des OGM) s'oppose une artificialisation par « naturalisation », c'est-à-dire à l'intégration « ici » d'une nature venue « d'ailleurs » (cas de plantes ou d'espèces animales ou microbiennes d'autres régions ou pays introduites localement). De la même manière, l'écologisation de l'agriculture peut passer par une industrialisation (cas du développement de l'agriculture de précision par l'usage du GPS et d'ordinateurs embarqués) aussi bien que par une naturalisation, c'est-à-dire le seul recours à des entités et des processus biologiques naturels localement à disposition (cas de la production intégrée).

La conception que l'on se fait de la « bonne nature » ou/et de la « bonne agriculture » dépend alors de la période étalon prise comme référent et des moyens utilisés pour en juger. Ainsi réintroduire une espèce animale, végétale ou microbienne dans un milieu peut être perçu comme une « artificialisation par naturalisation » par certains ou comme une « écologisation par naturalisation » par d'autres. Pour les uns, il y a création d'un nouvel écosystème et pour les autres, retour au plus près d'un ancien écosystème en remédiant à sa dégradation. Dans ce sens, certaines pratiques agri-environnementales peuvent être orthogonales à une conception agroécologique qui s'en tiendrait à une écologisation par naturalisation.

Dans leurs interactions avec d'autres acteurs, les agriculteurs sont donc confrontés à des exigences équivoques. Ces exigences sont sociales. Elles le sont tout d'abord parce que, lorsque l'agriculteur et l'opérateur environnemental les formulent, ils ne le font pas qu'en leur nom propre. Dans ce processus, ils se trouvent être des porte-parole de collectifs plus ou moins invisibles qui leur demandent, au minimum par la médiation des différents rapports institués (le marché, la représentation élective, la réglementation, le groupe professionnel, l'encadrement agricole...), de tenir une cer-

[8] C'est ce que l'on peut voir dans le développement des prairies fleuries (Fargier *et al.*, 2009)

taine posture : produire des aliments à bas prix *versus* défendre des espaces naturels, par exemple. Mais ces exigences sont aussi sociales dans le sens où elles sont construites socialement. L'intérêt porté à une espèce animale particulière, à un moment historique donné, à un endroit singulier, étant le résultat de la constitution d'un problème qui antérieurement ne se posait pas et qui émerge après observation, comptage, calcul, comparaison et débats entre certains acteurs (Gilbert et Henry, 2012). Elles sont encore sociales parce que les orientations et les usages techniques se trouvent conditionnés par des débats qui fondent des choix de sociétés (Callon *et al.*, 2001 ; Barbier et Larrue, 2011). Dans une perspective dressée il y a déjà plus d'un demi-siècle par Jacques Ellul (1977), la science et la technique - quand bien même ces dernières seraient qualifiées d'agroécologiques - n'ont de sens qu'endiguées, c'est-à-dire orientées et limitées dans leur développement, par le corps social dans son ensemble en fonction de l'idée que celui-ci se fait de lui-même et de l'horizon d'attente qu'il se donne. Ce corps social étant de plus en plus différencié, cette idée de ce qu'il est et de ce que peut être son horizon d'attente fait l'objet de nombreuses transactions sociales. Ces exigences sont enfin sociales par la possibilité qu'ont les agriculteurs d'intervenir dans leur définition, de les discuter, voire de les transformer dans l'espace public. L'engagement des agriculteurs dans un processus de négociation peut s'opérer dans deux espaces publics différents. D'une part dans un « espace public primaire » dans lequel ceux directement concernés par la mise en œuvre des pratiques de préservation de l'environnement vont en discuter avec les opérateurs de l'environnement ou leurs représentants. D'autre part dans un « espace public secondaire »[9] où la négociation se déroule entre des porte-parole des agriculteurs et des représentants des opérateurs de l'environnement. Dans cet espace public secondaire, les porte-parole des agriculteurs ne sont pas forcément directement concernés par l'objet de la négociation et ils n'ont pas à rendre compte de leur discussion à l'ensemble des agriculteurs qu'ils sont censés représenter et qu'ils engagent par leur prise de position. Ils parlent au nom de ces derniers qui n'ont pas voix au chapitre dans l'élaboration des décisions. C'est à cette forme du social que nous voulons maintenant nous intéresser pour en voir les conditions d'existence et les conséquences sur les pratiques des agriculteurs.

## Mobilisation, négociation et accompagnement dans l'espace public primaire

### *La mobilisation des agriculteurs*

Lorsque l'on se trouve dans un espace public primaire, par exemple dans le cas d'une association de protection de la nature qui intervient localement auprès d'agriculteurs d'un ensemble de communes, cette intervention se fait classiquement par un ou des porte-parole représentants de ce collectif d'opérateurs environnementaux. La mobilisation des agriculteurs par ces porte-parole pour pouvoir traiter du problème qui les intéresse s'effectue alors soit directement individu par individu, soit par le biais de leurs représentants locaux (élus professionnels, élus des collectivités…). L'objet même de cette mobilisation peut prêter à discussions, les agriculteurs ou leurs représentants acceptant de participer à un débat sur une ou des questions environnementales à certaines conditions. Ces derniers peuvent ainsi se réunir pour discuter de la préservation d'une espèce animale mais aussi (voire surtout) pour traiter de questions, par exemple, de stocks fourragers…

La mobilisation des acteurs connaitra donc dès le départ un certain trouble dans son objet. Elle sera toutefois plus ou moins aisée selon le caractère plus ou moins volontaire de la démarche engagée (Lamine, 2011) : les agriculteurs peuvent-ils simplement la refuser ? La refuser maintenant en sachant que bientôt elle leur sera imposée par la réglementation ? Simplement tarder dans sa mise en œuvre alors qu'elle fait déjà l'objet d'une réglementation ? Le processus d'imposition n'est jamais très loin de celui de la négociation. La mobilisation sera aussi plus ou moins aisée en fonction de la plus ou moins grande proximité sociale entre acteurs des collectifs différents, de par les liens déjà entretenus par certains des agriculteurs avec des membres de ce collectif d'opérateurs environnementaux. Du fait de cette proximité et des engagements sociaux réciproques qui lui sont associés, ces agriculteurs particuliers (agriculteur-chasseur, agriculteur-élu, agriculteur-

[9] Pour Alain Caillé (2007) l'espace public primaire renvoie à l'associatif, à l'espace public d'interconnaissance, et l'espace public secondaire correspond à celui de l'Etat, de l'administration et du politique

naturaliste…) vont jouer un rôle de médiation. Toutefois, la réussite de cette mobilisation pourra n'être que partielle, seule une partie des agriculteurs du territoire étant « intéressés » (Callon, 1986) c'est-à-dire impliqués, au moins momentanément, dans le projet. Cet engagement d'agriculteurs avec d'autres acteurs du territoire tient de registres variés : de l'entretien de relations amicales, de l'investissement dans un champ particulier à des fins d'acquisition d'un statut social particulier, d'aménagement d'une « *n*iche professionnelle » entre agriculteurs de même sensibilité pour maitriser les exigences qui peuvent peser sur leur mode de production, d'un cadre idéologique ou philosophique qui conduit à afficher et à assumer certaines responsabilités vis-à-vis des autres ou de la nature...

***La négociation comme alternative***

Suite à cette mobilisation, selon la consistance du problème et la nécessité de le traiter collectivement, des réunions sont organisées pour préciser ce qui fait problème et comment le résoudre. De manière assez classique dans le domaine de l'intervention en agriculture, ces réunions sont souvent pensées comme un exercice pédagogique visant à expliquer aux acteurs qui y sont invités, le bien fondé des exigences des opérateurs environnementaux et à présenter les solutions proposées (Compagnone et *al*., 2009). La particularité de ces démarches est de ne pas intégrer d'entrée de jeu l'activité négociatoire comme une activité indispensable à l'émergence de solutions tenables pour les uns et les autres. Comme le note Thuderoz (2010), dans les modes d'interaction déployés, celui de la négociation n'est souvent qu'un pis-aller. En effet, l'exercice d'un rapport de force lui est souvent préféré, soit que l'on se situe dans un pur rapport d'imposition, qui demande pour être effectif l'exercice potentiel d'une capacité de contrôle et de sanction, soit dans un pur conflit quand ce rapport d'imposition peut être combattu par la partie qui en fait l'objet – qui le reconnaît donc comme tel et qui possède les moyens d'y résister. Dans ce rapport d'imposition, il est assez difficile d'élargir l'espace du problème et de produire en commun des solutions suffisamment robustes. Par contre, le rapport conflictuel peut amener à une forme de « coopération conflictuelle » telle que Georg Simmel (1999) a pu la décrire, dans le sens où chaque critique émise par l'un oblige celui à qui elle est adressée à préciser ou à élargir sa pensée, voire à se justifier (Boltanski, 2009). Quant au rapport coopératif, il demande que les points de vue et les visées des acteurs soient réciproquement reconnus et naturellement intégrés par chacun dans l'interaction. Ce qui n'est pas instantané entre acteurs dont les exigences sont divergentes…

La négociation se présente alors comme une alternative lorsque l'imposition est impossible et lorsque que l'on ne veut pas basculer dans le pur conflit. Elle est d'autant plus nécessaire que les solutions ne sont pas déjà établies et qu'elles demandent à être collectivement construites. Toutefois, pour que le rapport de négociation puisse être instauré, il exige un vrai travail de préparation de la part des acteurs qui s'y soumettent. En effet, les acteurs impliqués doivent avoir un point de vue suffisamment défini sur les choses pour énoncer leurs exigences dans ce rapport et évaluer l'intérêt des propositions qui leur sont faites en contrepartie de l'abaissement du niveau de ces exigences. Pour négocier, encore faut-il savoir ce que l'on veut et ce qui a de la valeur. De plus, pour savoir « quoi faire et comment » pour répondre à un problème qui aura été communément défini, il est aussi nécessaire aux uns et aux autres non seulement d'opérer un travail partiel d'intégration des connaissances portées ou possédées par l'autre partie, mais aussi d'en produire de nouvelles. En élargissant la surface du problème, les questions ne se posent pas tout à fait de la même manière (Le Moigne, 1990). Il ne s'agit pas simplement pour les agriculteurs, en reprenant ici notre exemple, de faucher les prairies, mais de les faucher sans porter préjudice à l'espèce animale à préserver, et pour les opérateurs environnementaux, pas simplement de protéger une espèce animale, mais de permettre aussi aux agriculteurs de maintenir leur activité agricole.

***L'accompagnement social et matériel pour la négociation***

Ces capacités à argumenter un point de vue et à produire des connaissances ne vont pas de soi, certains agriculteurs, du fait de leur position dans le rapport de production, se trouvant faiblement outillés et expérimentés en la matière. Les relations entre l'encadrement technique (chambres d'agriculture, coopératives, firmes, administrations...) et les agriculteurs prennent ainsi classi-

quement la forme d'un rapport de prescripteur à opérateur ou d'expert à praticien, bien que des démarches pour leur permettre de se positionner autrement puissent être mises en œuvre (Cerf et Maxime, 2006 ; Ruault et Lémery, 2009 ; Compagnone *et al.*, 2009 ; Compagnone, 2011). De même, confrontés à des opérateurs environnementaux, les agriculteurs n'ont pas forcément les compétences sociales pour identifier les jeux d'acteurs en cours ou possibles, ni celles langagières pour faire valoir leurs connaissances et leurs conceptions (Alphandéry et Fortier, 2005). Comme le théorise Alain Touraine (1973) dans sa définition d'une sociologie de l'intervention, mais aussi Jean-Pierre Darré (1994) dans l'élaboration d'un mode alternatif d'appui aux agriculteurs, un travail d'accompagnement est alors nécessaire pour leur permettre de constituer des collectifs et de définir des points de vue propres pour qu'ils soient ensuite à même de les confronter à ceux d'autres acteurs.

On relèvera dans ces échanges l'importance des « objets intermédiaires » (Vinck, 1999). En effet, établir ce que sont les choses dont on veut discuter demande à les établir et les structurer de façon à ce qu'elles soient accessibles de manière assez synthétique aux interlocuteurs. Ces objets vont condenser le sens des choses et focaliser l'attention. Des tableaux, plans, graphiques, récits sont alors utilisés pour rendre compte de ce qu'elles sont. Dans l'activité négociatoire, ces mêmes objets peuvent être corrigés pour y inscrire des éléments absents mais qui méritent d'y figurer pour une des parties. Déplacer une limite de zone écologiquement sensible qui apparaît sur une carte peut être l'objet d'âpres discussions et de demandes continues d'éclaircissements sur ce qui fait problème et sur les données à partir desquelles ce dernier est constitué. D'autres objets peuvent être proposés et faire surgir alors des éléments qui étaient écartés de la négociation. Face à une interdiction en cours d'établissement de curer des fossés d'évacuation d'eau de drainage des champs humides pour préserver l'habitat de certaines espèces animales et végétales, des photos sont, par exemple, présentées pour montrer les problèmes d'inondation auxquels une telle situation peut conduire. De même, ces objets communément définis ou transformés après discussion condensent l'accord (Petit *et al.*, 2008). On peut continuellement s'y référer pour savoir ce qui a été dit ou décidé.

## L'espace public secondaire

***Dissonances entre espaces publics***

Mais le jeu social qui se joue au niveau de l'espace public primaire peut être fortement contraint par celui qui se déroule dans l'espace public secondaire de nature profondément politique. Le mode de traitement qu'un problème reçoit au niveau de l'espace public primaire est alors encastré dans le mode de traitement défini au niveau de l'espace public secondaire. Du coup, les relations entretenues entre porte-parole de types d'acteurs différents à un niveau peuvent être dissonantes avec celles qui le sont entre ces mêmes types d'acteurs[10] à un autre niveau. Ainsi, des représentants professionnels agricoles peuvent au niveau national refuser de s'impliquer dans la mise en œuvre de certaines démarches respectueuses de l'environnement qu'ils jugent trop contraignantes ou irréalistes, bien que localement des agriculteurs s'y engagent ou soient prêts à s'y engager. Dans un rapport de force entre les représentants agricoles et des associations environnementalistes, des conflits naissent au niveau national, par exemple, sur l'usage des phytosanitaires, comme on peut le voir suite au Grenelle de l'Environnement. Ces relations, si elles n'évoluent pas vers une négociation conflictuelle, restent de purs conflits.

Inversement des compromis élaborés à l'échelle nationale peuvent être remis en cause par des acteurs locaux. Ainsi, le traitement de la question du maintien de la biodiversité et de la préservation de zones naturelles amène, en forçant un peu le trait, à raisonner l'utilisation du territoire en différenciant des zones à haut niveau de production, où l'intensification de la production s'opère par une artificialisation des pratiques, alors que d'autres sont sanctuarisées, obligeant les agriculteurs à écologiser par naturalisation leurs pratiques. La création de nouveaux parcs nationaux ou régionaux entre dans cette logique. Celle en cours du parc national de la Bresse humide entraine ainsi une forte contestation des agriculteurs qui ayant déjà des pratiques faiblement artificiali-

[10] Il s'agit bien ici de « mêmes types d'acteurs » et pas de « mêmes acteurs »

sées se trouvent sommés de les écologiser encore plus.

***La réglementation comme imposition***

Que l'on soit dans une relation de négociation ou d'imposition entre porte-parole - selon le rapport de force qui s'instaure -, l'objectif est plus largement d'orienter dans un sens ou dans un autre les pratiques du vaste collectif que constitue l'ensemble des agriculteurs et des acteurs en charge d'intervenir auprès d'eux. Il va alors être fait appel à la réglementation. Celle-ci joue un double rôle : elle marque l'accord ou le désaccord entre porte-parole et aligne les pratiques d'un collectif bien plus large que celui des acteurs parties prenantes des discussions.

Dans le cadre d'un accord, cette réglementation permet aux porte-parole des agriculteurs d'imposer localement la décision qu'ils ont prise à l'échelle nationale avec les autres acteurs de la négociation. Cette décision s'impose, bien évidemment, tout aussi bien aux agriculteurs qui se reconnaissent en eux qu'à ceux qui ne s'y reconnaissent pas. Comme dans d'autres champs professionnels où une régulation conjointe se met en place (Reynaud, 1989), l'accord issu de la négociation a aussi pour fonction de permettre aux porte-parole d'aligner les positions des membres du collectif au nom duquel ils sont censés parler. Ce travail se fait par les porte-parole reconnus comme étant légitimes dans les instances de négociations. Tout un jeu fait de rapports de force, de conflits et d'évitements, s'instaure entre sensibilités ou courants professionnels agricoles différents afin que leur porte-parole puisse être reconnu comme légitime pour, au moins, avoir voix au chapitre.

Toutefois, selon que le rapport de force leur a été favorable ou non, cette réglementation « oblige » les agriculteurs ou au contraire les « protège ». Lorsque cette réglementation tend à les obliger à mettre en œuvre ou à abandonner certaines pratiques, des conséquences en découlent au niveau local de deux façons : tout d'abord par le fait que la réglementation devant être générale, elle ne prend que rarement en compte les conditions de production singulières selon les zones, ou alors de manière relativement grossière ; ensuite, parce que les acteurs représentants de la puissance publique étant engagés par une réglementation de niveau national, ils excluent *a priori* au niveau local le rapport de négociation. Pour prendre un exemple, alors qu'il serait techniquement possible pour des éleveurs de faire pâturer pendant la saison sèche leurs animaux sur des prairies en bordure de rivière sans risque de migration des effluents vers le cours d'eau, ceci peut leur être refusé par l'agence de l'eau interrégionale de la zone. Celle-ci, ne rentrant pas dans le détail des pratiques des agriculteurs et des possibilités techniques, et se plaçant dans un rapport d'imposition plutôt que de négociation, leur interdit purement et simplement une telle pratique. Ce rapport d'imposition sera d'autant plus facilement instauré au niveau local par cette agence de l'eau qu'elle interprète les prises de position des porte-parole de la profession au niveau national, dont la presse se fait écho, comme allant dans le sens contraire d'une amélioration de la qualité de l'eau des rivières.

Toutefois dire que les agriculteurs par le jeu de la réglementation se trouvent pris dans un rapport d'imposition, ne signifie pas que la négociation dans ce type de situation soit systématiquement absente ; elle est simplement une alternative non reconnue dont l'usage est laissé à la discrétion des représentants de la puissance publique. Cela ne veut pas dire non plus que la réglementation ne puisse pas amener aussi localement à une forme d'accord. Par exemple, de par l'obligation d'implanter des cultures intermédiaires pour ne pas laisser le sol nu entre deux cultures principales, des agriculteurs découvrent l'effet positif de ces dernières sur la structure de leur sol et la possibilité de moins labourer leurs terres (Compagnone *et al.*, 2012). Dans ce dernier cas, on en arrive d'une certaine manière à un « accord pratique » qui, bien que n'ayant pas été passé formellement par le biais du langage, se constitue par l'expérience concrète des choses. Toutefois, on voit aussi la pauvreté de cet accord dans le sens où, n'ayant pas fait l'objet d'une négociation, il n'a pas permis cet élargissement de l'espace des problèmes et des solutions qui permet de générer des réponses robustes (Callon *et al.*, 2001). De plus, cet accord pratique n'est jamais gagné, une relation d'imposition pouvant être contre-productive pour les finalités mêmes de ceux qui l'exercent. Ainsi l'introduction du loup au nom de la biodiversité animale dans les zones d'élevage ovin est sujette à débat lorsqu'elle contribue à un abandon des pratiques pastorales, à une fermeture du paysage par le reboisement naturel des

surfaces anciennement pâturées et ainsi à une perte de la biodiversité végétale (Granjou et Mauz, 2009).

## Conclusion

Un tel panorama rend bien compte de la complexité de l'émergence de pratiques agricoles négociées dans le cadre d'une écologisation de l'agriculture. Non seulement les processus sociaux à l'œuvre oscillent pour les agriculteurs directement impliqués entre négociation et imposition, mais ils se déroulent de plus dans des espaces publics différents. Ce double jeu entre modes d'interaction et espaces sociaux contribue à une équivocité des exigences sociales avec lesquelles les agriculteurs doivent composer ainsi que des résultats obtenus en termes environnementaux. Ces pratiques négociées demandent pour émerger à ce que des collectifs à même de débattre puissent se constituer. Les trois processus que sont la mobilisation des agriculteurs, la constitution de la négociation comme alternative à l'imposition et au conflit, et l'accompagnement matériel et social des agriculteurs, nous semblent spécifiques à la mise en œuvre de pratiques négociées, que ce soit ou non avec des acteurs extérieurs à l'agriculture. Ils peuvent se former de manière pragmatique dans les arrangements entre opérateurs de l'environnement et agriculteurs ou à travers des dispositifs institutionnels conçus pour porter la dimension négociatoire.

Les pratiques agri-environnementales diffèrent dans leur visée et dans leur forme de celles agroécologiques. Toutefois leur développement semble définir un cadre favorable à l'instauration de ces pratiques agroécologiques. Au-delà des capacités écologiques des agrosystèmes, ce développement renforce les capacités négociatoires des systèmes sociaux dans lesquels l'établissement de l'agroécologie paraît devoir s'inscrire. Qu'il s'agisse de faire reconnaître ou de promouvoir ce mode de production, d'élaborer et d'actualiser entre acteurs de nature différente des connaissances pertinentes ou d'organiser la production collectivement sur un territoire plus large que celui de la seule exploitation, ce mode de production implique des négociations avec d'autres.

## Bibliographie


Allain S., 2010. Social Participation in French Water Management: Contributions to River Basin Governance and New Challenges. In Berry K. A., Mollard E. (éds.), *Social Participation in Water Governance and Management,* Earthscan, London, pp. 95-114

Allain S., 2009. Penser la négociation aujourd'hui. *Négociations,* 12, 9-14

Alphandéry P., Fortier A., 2005. Les savoirs locaux dans les dispositifs de gestion de la nature. In Berard L.*et al*. (éds.), *Biodiversité et savoirs naturalistes locaux en France,* CIRAD-IFB-INRA, Paris, pp. 158-166

Alphandéry P., Billaud J.-P. (éds.), 1996. *Cultiver la nature*. Etudes Rurales, Paris

Barbier R., Boudes P., Bozonnet J.-P., Candau J., Dobre M., Lewis N., Rudolf F. (éds.), 2012. *Manuel de sociologie de l'environnement*. Presses Universitaires de Laval, Laval

Barbier R., Larrue C., 2011. Démocratie environnementale et territoires : un bilan d'étape. *Participations* 1 (1), 67-104

Benhammou F., Mermet L., 2003. Stratégie et géopolitique de l'opposition à la conservation de la nature : le cas de l'ours des Pyrénées. *Nature Sciences Sociétés*, 11, 381-393

Beuret J.E., 2010. De la négociation conflictuelle à la négociation concertative : un « Point de Passage Transactionnel ». *Négociations*, 13, 43-60

Boltanski L., 2009. *De la critique. Précis de sociologie de l'émancipation*. Gallimard Paris

Busca D., 2003. Action publique, Agriculture et Environnement. La mise en œuvre négociée des dispositifs agri-environnementaux. *Ruralia*, n°12/13

Caillé A., 2007. *Anthropologie du don. Le tiers paradigme.* La découverte, Paris

Callon M., Lascoumes P., Barthe Y., 2001. *Agir dans un monde incertain*. Seuil, Paris

Callon M., 1986. Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles St-Jacques et des marins pêcheurs dans la baie de St-Brieux. *L'année sociologique*, 36, 169-208

Candau J., 1999. Le cas des OLAE en Aquitaine. *Economie Rurale*, 252, 9-15

Cerf M., Maxime F., 2006. La coproduction du conseil : un apprentissage difficile. In Rémy J., Brives H. et Lémery B. (éds.), *Conseiller en agriculture*, Educagri éditions et éditions Quae, Dijon et Paris

Compagnone C., Sigwalt A., Pribetich J., 2012. Conceptions d'agriculteurs sur les sols et conceptions d'agronomes : quelles articulations ? *Actes des 11èmes journées d'Etude des Sols,* Versailles, 19 - 23 mars, pp. 118-119

Compagnone C., 2011. Quelles formes d'accompagnement des agriculteurs à l'innovation ? Pour, n° 212

Compagnone C., Lamine C., Hellec F., 2011. Propositions techniques et dynamiques de changement des agriculteurs. In Ricci P., Bui S., Lamine C. (éds.) *Repenser la protection des cultures. Innovations et transitions* ? Educagri éditions et éditions Quae, Dijon et Paris, pp 101-128

Compagnone C., Auricoste C., Lémery B. (éds.), 2009. *Conseil et développement en agriculture : quelles nouvelles pratiques ?* Educagri éditions et éditions Quae, Dijon et Paris

Darré J.P., 1994. Pairs et experts dans l'agriculture. *Technologies-Idéologies-Pratiques* 12 (1)

David C., Wezel A., Bellon S., Doré T., Malézieux E., 2011. Agroécologie. In Morlon P. (éds.) *Les mots de l'agronomie. Histoire et critique.* Mots-agronomie.fr/index.php/Agroécologie

Descola P., 2005. *Par-delà nature et culture*. Gallimard, Paris

Deverre C., De Sainte-Marie, 2008. L'écologisation de la politique agricole européenne. Verdissement ou refondation des systèmes agro-alimentaire ? *Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement*, 89 (4), 83-104

Ellul J., 1977. *Le système technicien*. Calmann-Lévy, Paris

Endure, 2010. *Integrated Pest Management in Europe.* INRA, Paris

Fargier J., Mestelan P., Mougey T., De Sainte Marie C., 2009. *MAET « Prairies Fleuries ». État d'avancement de la mise en œuvre de l'engagement unitaire expérimental Herbe_07 « Maintien de la richesse floristique d'une prairie naturelle » dans les territoires de l'Hexagone*. MAAP, Paris

Gilbert C., Henry E., 2012. La définition des problèmes publics : entre publicité et discrétion. *Revue Française de Sociologie*, 53 (1), 35-59

Granjou C., Mauz I., 2009. Quand l'identité de l'objet-frontière se construit chemin faisant. Le cas de l'estimation de l'effectif de la population de loups en France. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 3 (1), 29 - 49

Lamine C., 2011. Anticiper ou temporiser. Injonctions environnementales et recompositions des identités professionnelles en céréalicultures. *Sociologie du travail* , 53 (1), 75 - 92

Lamine C., 2005. Santé et qualification des produits. Coopérations de scientifiques et d'agriculteurs autour de la nutrition méditerranéenne. *Nature Sciences Sociétés*, 13, 403-412

Lazega E., 2003. Rationalité, discipline sociale et structure. *Revue française de sociologie*, 44 (2), 305-329

Le Moigne J.L., 1990. *La modélisation des systèmes complexes*. Dunod, Paris

Mermet L., 2009. La Négociation comme mode de composition dans les systèmes d'action complexe. *Négociations*, 12, 119-130

Mermet L., Bille R., Leroy M., Narcy J.-B., Poux X., 2005. L'analyse stratégique de la gestion environnementale : un cadre théorique pour penser l'efficacité en matière d'environnement. *Natures Sciences Sociétés,* 13 (2), 125-137.

Petit S., Fleury P., 2010. Soigner les prairies. Vers une réhabilitation des savoirs de la pratique ? *Terrains et Travaux*, 17, 41-56

Petit S., Fleury P., Michel V., Mougenot C., 2008. Raconter la recherche-intervention. Retour sur trois opérations de gestion de la biodiversité. *Natures Sciences Sociétés*, 16, 326-336

Reynaud J.-D., 1989. *Les Règles du jeu. L'action collective et la régulation sociale*. Armand Collin, Paris

Ricci P., Bui S., Lamine C. (éds.), 2011. *Repenser la protection des cultures. Innovations et transitions* ? Educagri éditions et éditions Quae, Dijon et Paris

Ruault C., Lémery B., 2009. Le travail de groupe dans le développement agricole et local : pour quoi faire et comment ? In Compagnone C., Auricoste C., Lémery B. (éds.) *Conseil et développement en agriculture : quelles nouvelles pratiques ?* Educagri éditions et éditions Quae, Dijon et Paris, p. 71-96

Salles, D., 2006. *Les défis de l'environnement : démocratie et efficacité*. Syllepse, Paris

Simmel G., 1908 / 1999. *Sociologie. Etude sur les formes de la socialisation*. PUF, Paris

Stassart P. M., Baret Ph., Grégoire J-Cl., Hance Th., Mormont M., Reheul D., Stilmant D., Vanloqueren G., Visser M., 2012. L'agroécologie : trajectoire et potentiel. Pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. In D.Van Dam, J. Nizet, M. Streith et P.M. Stassart (éds.) *Agroécologie entre pratiques et sciences sociales,* Educagri éditions, Dijon

Teulier R., Hubert B., 2008. Des concepts intermédiaires pour la conception collective. Les situations d'action collective avec des acteurs hétérogènes. In Mélard F. (éd.) *Ecologisation. Objets et concepts intermédiaires,* Peter Lang, Bruxelles

Thuderoz C., 2010. *Qu'est-ce que négocier ? Sociologie du compromis et de l'action réciproque*. PUR, Rennes

Touraine A., 1973. *Production de la société*. Seuil, Paris

Vinck D., 1999. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales. *Revue Française de Sociologie*, 11, 385-414

Warner K.D., 2007. *Agroecology in Action. Extending Alternative Agriculture through Social Networks*. Mit Press, London

Wezel A., Bellon S., Doré T., Vallod D., David C., 2009. Agroecology as a science, movement or practice. *Agronomy for Sustainable Development,* 29, 503-515

Article

Agronomie Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 1 - juin 2012

# Les services écosystémiques : un cadre conceptuel pour l'agro-écologie

***Ecosystem services: a conceptual frame for agro-ecology***

**Laurent LAPCHIN***

** Institut Sophia Agrobiotech, UMR 1355 INRA Université Nice Sophia Antipolis - 7254 CNRS*
*E-mail : laurent.lapchin@sophia.inra.fr*

**Résumé**
L'intégration des activités agricoles et de la gestion environnementale constitue la base des réflexions actuelles autour de l'agro-écologie. Le concept de « services écosystémiques », encore plus intégrateur, considère la production agricole comme l'un des services – parmi d'autres – que l'homme retire des écosystèmes. Depuis quelques années, il fédère les réflexions des chercheurs de différentes disciplines, écologie, agronomie, sciences humaines et sociales, et débouche d'ores et déjà sur des possibilités d'aide à la décision pour les porteurs d'enjeux politiques et socio-économiques. Malgré ce potentiel, le concept souffre pourtant de quelques imprécisions. Je propose ici quelques pistes pour les réduire. La première est de distinguer plus clairement quatre compartiments en interaction : les caractéristiques et ressources de l'écosystème, les processus écologiques à l'œuvre, le faisceau de services écosystémiques que l'homme en retire et le système de gestion de l'écosystème. La seconde piste est de concevoir le faisceau des services comme un réseau dynamique d'interactions permettant, d'une part, de prendre en compte les effets mutuels, positifs et négatifs, entre services et, d'autre part, de représenter les boucles de rétroaction entre les quatre compartiments, qui interagissent d'une façon dynamique. Pour la recherche, ce type d'approche est susceptible de favoriser une co-construction de projets et de modèles, équilibrée entre des familles de disciplines encore souvent éloignées dans leurs pratiques. Il peut aussi aider les chercheurs travaillant sur les services écosystémiques et sur l'agro-écologie à partager les concepts qu'ils utilisent.

**Mots-clés**
Services écosystémiques, agro-écologie, réseau fonctionnel, gestion des agro-écosystèmes.

**Abstract**
The integration of agricultural activities and environmental management is at the heart of the current reflections on agro-ecology. The concept of "ecosystem services" is even more integrating because it considers agricultural production as a service, among other ones, provided to mankind by ecosystems. For several years, this concept has been federating the reflections of researchers from different disciplines (ecology, agronomy, human and social sciences) and is already delivering options for decision support proposed to political and socio-economic stakeholders. In spite of this potential, the concept suffers from several imprecise aspects and this article proposes several ways to reduce them. The first one suggests to distinguish more clearly four interacting components as follows: the characteristics and resources of the ecosystem, the ecological processes at work, the bundle of ecosystem services benefiting mankind, and the ecosystem management system. The second proposition considers the conception of the bundle of services as a dynamic network of interactions. This allows to take into account the mutual (positive or negative) effects among services on one hand, and on the other hand to represent the feedback loops between the four above-mentioned components that are interacting dynamically. For researchers, this kind of approach is susceptible to favour new practices in the co-construction of projects and models displaying more balanced contributions between disciplines. It could also help researchers working on ecosystem services and agro-ecology to share their concepts.

**Keywords**
Ecosystem services, agro-ecology, functional network, agro-ecosystem management.

## Introduction

En même temps que les effets néfastes, pour l'environnement et la santé, des productions industrielles marquaient les opinions publiques dès les années soixante, les productions agricoles ont perdu progressivement l'image positive d'une ruralité saine et sage. En effet, le développement industriel et économique, et des besoins alimentaires accrus, ont conduit les pays riches à considérer leur agriculture comme une activité de production comme une autre, soumise aux mêmes règles de maximisation quantitative et qualitative, aux mêmes processus d'organisation, aux mêmes critères de compétitivité et de rentabilité que l'industrie. L'agriculture est désormais perçue, au même titre que l'industrie, comme génératrice d'effets négatifs pour la santé et l'environnement. Pourtant, la perception par l'opinion publique de ces effets indésirables reste encore caricaturale, souvent limitée aux conséquences directes d'une partie seulement des pratiques agricoles, qualifiées d'intensives : l'usage des intrants, engrais et pesticides. Ces pratiques sont gérées pour l'essentiel à l'échelle d'une parcelle

cultivée et d'un cycle de culture et c'est dans ce domaine que des évolutions techniques et méthodologiques ont visé à réduire l'usage des intrants, en jouant principalement sur leur nature, leur dosage, leur rythme d'utilisation ainsi que sur la sélection variétale. Cette forme d'agriculture, dite « raisonnée », permet par exemple en grande culture de réduire la fréquence des traitements pesticides de l'ordre de 10%, comme l'a montré l'étude Ecophyto R&D (Butault *et al*., 2010). D'une façon paradoxale, c'est la même logique parcellaire qui a longtemps guidé la démarche de l'agriculture biologique, associant si possible des variétés tolérantes avec un contrôle biologique des ravageurs et l'usage d'engrais « naturels », alors qu'elle prétend à une conception plus globale de la production agricole. En effet, beaucoup d'effets environnementaux de la production concernent d'autres pratiques que l'usage des intrants et s'exercent à des échelles d'espace et de temps plus larges que la parcelle sur une saison de culture, comme l'a montré l'expertise scientifique collective "Agriculture et Biodiversité, valoriser les synergies" (Le Roux *et al*., 2008). Par exemple, l'optimisation des cycles biogéochimiques comme le contrôle des ravageurs et maladies nécessitent de repenser les successions temporelles de cultures (rotations), la mosaïque paysagère des productions agricoles, les interfaces avec les espaces semi-naturels comme les bordures de champs, les prairies permanentes, les haies ou les bosquets. L'agriculture dite « intégrée » tente d'en tenir compte, au travers par exemple des modifications de rotations et d'assolement ou des stratégies de maintien de la résistance des plantes aux bio-agresseurs. L'étude Ecophyto R&D estime ainsi à 30% la réduction d'usage des pesticides qui serait permise par une généralisation de la production intégrée. Cette reconversion nécessiterait toutefois des bouleversements profonds des assolements, de l'organisation territoriale, des filières, etc. D'une façon encore plus générale, la production agricole doit aussi s'adapter aux changements globaux, notamment climatiques, aux invasions biologiques ou aux ré-émergences de maladies ou ravageurs.

De leur côté, et depuis quelques années, les chercheurs en écologie ont réalisé que les agro-écosystèmes étaient d'abord des écosystèmes, dont le fonctionnement est régi par les mêmes processus écologiques qu'ils avaient étudiés jusque-là dans des environnements préservés autant que possible de l'impact des activités humaines. Cette nouvelle orientation a fait l'objet de programmes de recherche dont l'un des pionniers a été le programme Ecoger (Écologie pour la Gestion des Écosystèmes et de leurs Ressources), initié par l'Inra et le Cnrs (Lapchin, 2009 ; Lapchin *et al*., 2009). Les chercheurs ont perçu que les transferts entre étages trophiques, que les règles d'interactions intra- et inter-spécifiques, celles de la compétition, de la symbiose, de la prédation ou du parasitisme, que les lois de l'évolution conditionnant par exemple la résistance des ravageurs aux insecticides, s'appliquaient de la même façon dans les agro-écosystèmes que dans les espaces protégés. Les effets des processus écologiques y sont même souvent plus perceptibles car les structures spatio-temporelles du parcellaire et des successions sont tranchées et les niveaux trophiques objets de l'activité agricole - celui de la production primaire (végétale) ou secondaire (élevage) - y sont relativement simplifiés, en termes au moins de communautés d'espèces, et surtout contrôlables pour l'expérimentation. Les agro-écosystèmes sont donc devenus des espaces « nobles » pour les études des écologues et dans le même temps, le rôle clé des processus écologiques a été reconnu par les agronomes. Une démarche qui vise à réduire les effets indésirables de l'agriculture, mais aussi à valoriser au mieux les processus naturels en s'appuyant sur les lois de l'écologie, est donc en train de se développer : c'est celle de l'agro-écologie. Néanmoins, de par les interactions et les rétro-actions innombrables qui interviennent à toutes les échelles dans un écosystème, la conception agro-écologique oblige d'emblée à une cohérence d'ensemble et donc à une démarche holistique. Cette approche est difficilement compatible avec la logique agrégative qui prévaut à l'échelle de la parcelle où chaque amélioration technique ou génétique peut venir renforcer un arsenal déjà existant, sans le bouleverser. Malheureusement, la démarche holistique reste aussi difficilement compatible avec la méthode expérimentale des scientifiques, lourde à l'échelle des systèmes de culture complets et inapplicable à l'échelle des paysages. Les modèles intégratifs ayant pour ambition de représenter le fonctionnement des agro-écosystèmes deviennent rapidement des monstres de complexité mais aussi des colosses aux pieds d'argile de par

leur domaine d'application, restreint aux conditions pour lesquelles ils ont été construits. Par ailleurs, ils requièrent la convergence et la co-construction scientifique entre des disciplines qui ont du mal à se comprendre du fait de leur histoire disjointe, comme l'agronomie, l'écologie, les sciences économiques et sociales. Le premier verrou de l'avancée des connaissances en agro-écologie est donc de l'ordre de la méthodologie scientifique.

Une autre difficulté de cette vision globale tient aux processus de décision. En raison des emboîtements d'échelles spatiales et temporelles, les acteurs de la décision n'y sont en effet pas les mêmes : si l'agriculteur détient pour l'essentiel la maîtrise de ses parcelles ou de son troupeau, même s'il est soumis aux règles et contraintes des lois, des marchés et des filières, il n'en est pas de même pour l'aménagement du territoire ou pour les régulations internationales. Cette difficulté complique donc considérablement la mise en pratique de l'agro-écologie et en constitue le deuxième verrou.

Enfin, dès lors que les stratégies de gestion intègrent des contraintes et des mécanismes qui dépassent l'exploitation, la production agricole ne peut plus être considérée indépendamment des autres usages et services que l'homme retire des écosystèmes, que ce soit pour sa survie, sa santé, son habitation, son équipement ou son bien-être, car ces différents « services écosystémiques » sont souvent antagonistes (Rodriguez *et al.*, 2006). Contrairement à la démarche de l'agro-écologie, dont ils restent les acteurs centraux, les agriculteurs sont contraints d'intégrer leurs priorités dans un ensemble plus vaste d'usages des terres. Il est alors indispensable de situer toute logique agro-écologique dans un cadre conceptuel plus large, englobant l'ensemble des activités humaines à l'œuvre sur un territoire ainsi que les conditions écologiques qui en déterminent les contraintes mais aussi les stratégies de gestion qui tiennent compte des synergies ou antagonismes entre les différentes activités.

La notion de services écosystémiques place d'emblée sur un même plan les différents bénéfices que l'homme retire des écosystèmes et de leur fonctionnement - dont la production agricole - et constitue donc un candidat intéressant pour un tel cadre général. Les deux concepts - agro-écologie et services écosystémiques - sont récents ou du moins, ils ont fait l'objet d'une relecture récente. C'est dans la perception de leurs finalités que les deux approches diffèrent le plus : l'agro-écologie accorde une place prioritaire aux activités agricoles dans l'ensemble des usages des écosystèmes alors que les productions agricoles ne sont qu'un service écosystémique parmi d'autres (Zang *et al.*, 2007). Cette dissemblance conditionne fortement l'organisation et même l'orientation des travaux, en particulier pour des organismes de recherche qualifiés de « finalisés ». Les approches de l'agro-écologie et des services écosystémiques sont néanmoins similaires en matière de représentations et de verrous pour les recherches qui les concernent : convergence disciplinaire, méthodologie systémique, complexité des jeux d'acteurs et des processus de décision. La notion englobante de services écosystémiques souffre toutefois de quelques imprécisions qui nuisent à la « lecture » qui peut en être faite pour y intégrer l'agro-écologie (Barnaud *et al.*, 2010). Dans la suite de cet article, je propose donc une trame logique destinée à contribuer à une nécessaire clarification en l'illustrant principalement dans le domaine des agro-écosystèmes.

## Les services écosystémiques : vers une clarification du concept

### *Une idée riche mais porteuse de confusions*

Même si l'idée de services écosystémiques a émergé d'une façon progressive, à la suite des discussion du Club de Rome puis de synthèses comme celle de Costanza et ses collaborateurs (Costanza *et al.*, 1997), c'est le rapport du « Millenium Ecosystem Assessment » (MEA, 2005) qui l'a popularisée. L'idée est simple et séduisante : les hommes retirent des écosystèmes un grand nombre de biens et de services pour leur nourriture, leur habillement, leur logement, leur santé mais aussi leur développement culturel ; en explicitant ces différents services, on pourra les gérer mieux et d'une façon plus durable. Le rapport du MEA distingue quatre familles de services : les services de « soutien » (cycles biogéochimiques, sols, production primaire…), « d'approvisionnement » (nourriture, eau, bois, énergie…), de « régulation » (du climat, des inondations, de l'érosion, des maladies, des pollutions…) et les services « culturels » (patrimoine, esthétique, di-

vertissement…). Dans son graphique fondateur (traduit sur la Figure 1), le MEA associe d'emblée cette représentation des services écosystémiques à leur finalité : il s'agit du bien-être humain, visant à la liberté de choix et d'action.

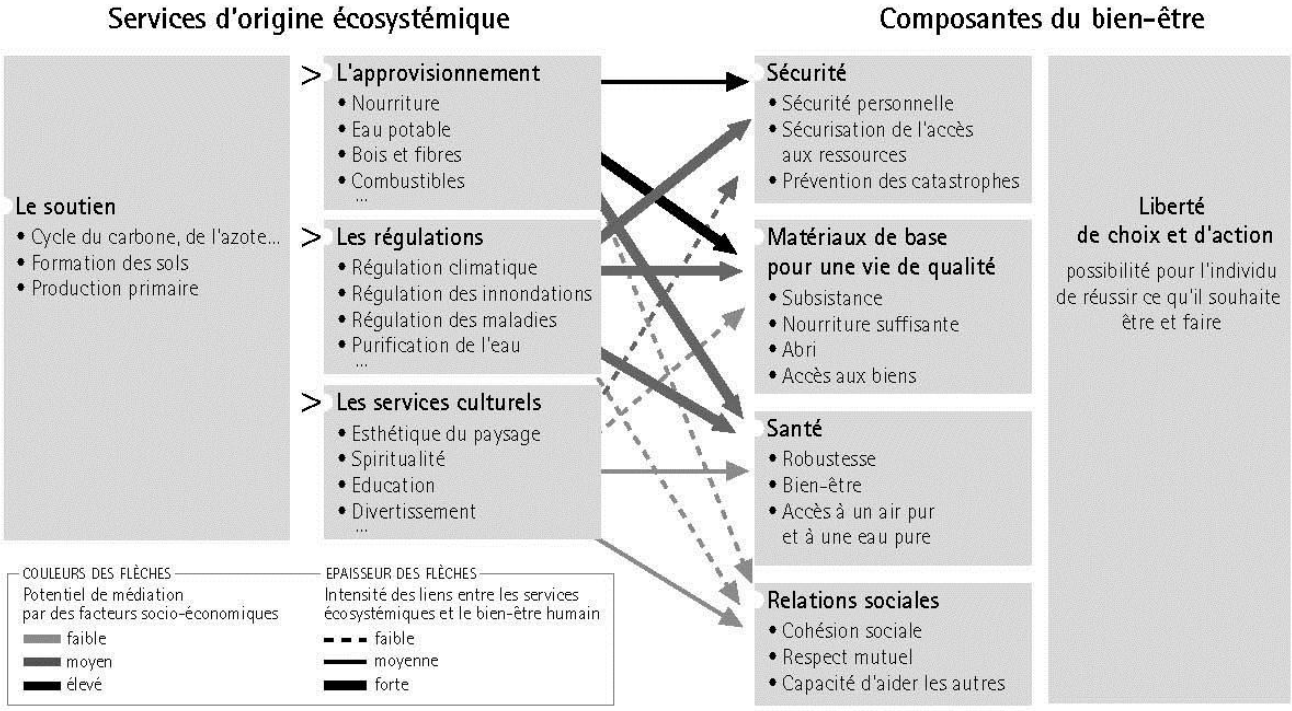



***Figure 1 : La représentation des services écosytémiques et de leurs finalités selon le "Millenium Ecosystem Assessment" (MEA, 2005) (traduction)***

Cette représentation et la simplicité du concept possèdent plusieurs qualités remarquables qui ont assuré un succès immédiat parmi les porteurs d'enjeux politiques, économiques ou associatifs, comme parmi les chercheurs concernés directement ou indirectement par les processus écologiques et leur utilisation par l'homme. La première de ces qualités est de mettre sur le même plan, dans une même logique environnementale, des services marchands (produits de l'agriculture, du tourisme, etc.) et toute une gamme de services non marchands, conditionnant la durabilité et la régulation de l'usage des écosystèmes ou participant aux richesses culturelles. Ce rapprochement a suscité l'émergence de courants de pensée qui prennent en compte la valeur des biens non marchands et clarifient la distinction et la continuité entre biens privés et biens publics (Dupraz, 2011). Par exemple, le rapport du Centre d'analyse stratégique (CAS) intitulé « Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes » (Bielsa *et al.*, 2009) évalue les services retirés des espaces forestiers et montre qu'ils sont bien supérieurs à la simple valeur marchande du bois produit. Ainsi, le concept de services écosystémiques est porteur d'action par son pouvoir d'expliciter ce qui était inconnu ou dissimulé : le simple fait d'évoquer l'importance des fonctions et services « cachés » oblige à les prendre en compte à l'heure des choix.

Une seconde qualité du concept de services écosystémiques est de relier étroitement les « produits » aux mécanismes qui les permettent. Par exemple, la production agricole dépend de l'action symbiotique des pollinisateurs et de l'action régulatrice des auxiliaires. Ici encore apparaît l'idée sous-jacente que des services dont la valeur économique n'est pas quantifiée déterminent celle de produits économiques essentiels.

En prolongement des idées précédentes émerge la nécessité d'une approche globale : on ne peut pas considérer un service indépendamment des autres car ils sont liés par des processus écologiques et socio-économiques. Cette particularité oblige les chercheurs des différentes disciplines à conjuguer leurs efforts. Cette constatation va

beaucoup plus loin qu'un simple support méthodologique pour la recherche car elle remet aussi en question le jeu des acteurs sociaux : aucun groupe bénéficiaire d'un type de service ne peut plus poser *a priori* que son domaine d'intérêt est prioritaire sur les autres sans le justifier.

Pourtant, c'est cette richesse même du concept de services écosystémiques qui porte en elle ses propres limites : en mettant différentes notions sur le même plan, il montre l'équivalence de leur importance et la nécessité de leur explicitation, mais en même temps, il mêle des éléments de nature différente (Norgaard, 2010). Deux confusions principales en découlent. La première est le mélange des ressources présentes dans les écosystèmes, des processus écologiques qui y sont à l'œuvre et des services qui en ressortent. Cette confusion rend difficile toute représentation fonctionnelle et donc toute modélisation, notamment prévisionnelle. La maîtrise des gaz à effet de serre dépend des fonctions de régulation des cycles biogéochimiques ; gestion et fonctions de régulation ne sont pourtant pas confondues. La structure géochimique d'un sol, les précipitations qu'il reçoit, voire les ressources génétiques animales, végétales et microbiennes qu'il porte ne sont pas de même nature que les règles d'interactions qui définissent le fonctionnement des symbioses et du parasitisme, ou la structure et l'évolution des communautés vivantes. L'ensemble de ces caractéristiques conditionne les possibilités de gestion des écosystèmes mais à son tour, cette gestion influence les ressources et les processus et donc les services.

La seconde confusion issue de la représentation des services écosystémiques par le MEA a trait à leurs finalités : la présentation qui en est faite sous l'angle de la maximisation du bien-être humain tient davantage de la démarche militante que de l'analyse scientifique. Même si on peut le regretter, cette maximisation du bien-être de tous n'est pas le seul moteur à l'œuvre dans la gestion et l'utilisation des écosystèmes. Ici encore ressort la nécessité d'une explicitation, celle de la comparaison des bénéfices retirés par les différents porteurs d'enjeux, en termes de biens publics et privés, et des mécanismes socio-économiques à l'œuvre (Hein *et al*., 2006 ; Lamarque *et al*., 2011).

***Une proposition de clarification***

Pour faciliter la représentation des différents concepts et leurs articulations, il est possible d'utiliser une organisation logique en quatre compartiments (Figure 2). Le premier de ces compartiments ("ressources et environnement") avait été ébauché par la représentation du MEA en plaçant les services de "soutien" en amont des trois autres familles de services. Ce premier compartiment comporte les caractéristiques abiotiques (géologie, climat, topographie, etc.) et biotiques (l'ensemble des composantes de la biodiversité, dont les ressources génétiques) de l'écosystème ; il constitue le matériau de base qui va conditionner les possibilités de fonctionnement et de gestion de l'écosystème. Le deuxième compartiment est celui des "processus écologiques". Il inclut l'ensemble des fonctions d'interaction et d'assemblage intra- et interspécifiques entre les composantes de la biodiversité, et entre chaque composante et son environnement. Il s'agit en fait des processus classiquement étudiés par les disciplines de l'écologie : écophysiologie, écotoxicologie, écologie fonctionnelle (notamment pour les cycles biogéochimiques), évolutive, des communautés, du paysage, génétique des populations, dynamique des populations, etc. Le troisième compartiment est celui des services écosystémiques qui émergent de la combinaison état-processus des compartiments précédents. Il est possible de conserver les quatre catégories de services du MEA, mais en les limitant aux usages possibles ou effectifs de l'écosystème par l'homme et en les distinguant des conditions environnementales et des processus écologiques qui les déterminent. Par exemple, la production des gaz à effet de serre est ici différenciée de la nature des sols (premier compartiment) et des processus biogéochimiques (deuxième compartiment). Le quatrième compartiment est celui des choix sociétaux d'usage des écosystèmes. Au lieu, comme c'est le cas dans la présentation du MEA, de les considérer comme un objectif ultime de l'usage des écosystèmes destiné au bien-être humain, ils sont vus ici comme un compartiment fonctionnel de gestion des biens publics et privés : les compartiments précédents conditionnent bien sûr les services écosystémiques possibles et la durabilité de leur usage, et donc l'enveloppe des stratégies de gestion envisageables. Mais le compartiment des choix sociétaux influence également l'état des

ressources biotiques et abiotiques de l'écosystème (renouvelables et non-renouvelables), le déroulement des processus écologiques (par exemple l'épuration des eaux, l'installation ou non des espèces invasives, la dynamique des communautés de bioagresseurs ou d'auxiliaires). Il influence directement l'éventail des services écosystémiques en privilégiant certains aux dépens d'autres, comme nous le verrons plus loin.

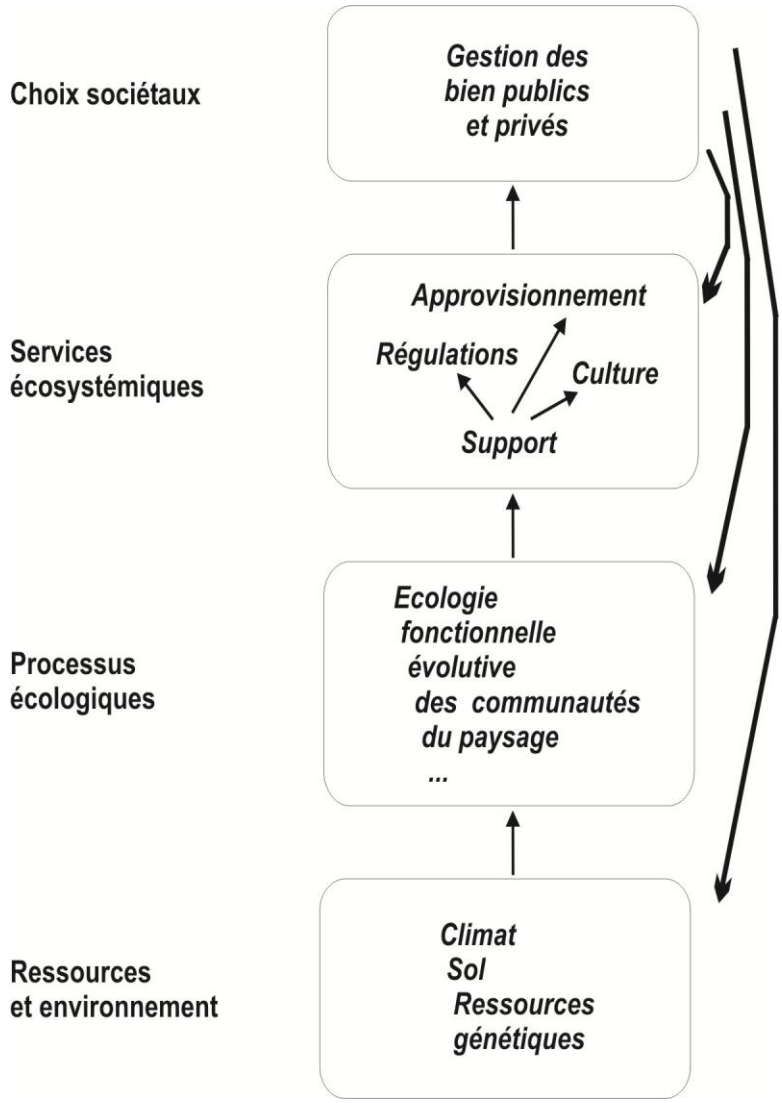



**Figure 2 : Une représentation de la place des services écosystémiques dans le fonctionnement des écosystèmes**

Pour la recherche, cette représentation en quatre compartiments clarifie la position et les interactions entre disciplines, qu'elles soient écologiques, biotechniques (sélection animale et végétale, agronomie, etc.) ou humaines et sociales. Elle permet aussi de clarifier les éléments fonctionnels à l'œuvre dans l'écosystème. En particulier, il existe parfois une certaine confusion chez les porteurs d'enjeux entre services écosystémiques et biodiversité. La position de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes est en effet complexe car elle intervient directement dans les trois premiers compartiments. Pour clarifier cette situation, il est indispensable de considérer que la biodiversité n'est pas une entité indissociable mais un ensemble de composantes interdépendantes mais distinctes. Par exemple, les ressources génétiques, issues de l'histoire de la domestication animale et végétale sont associées au premier compartiment. Les communautés de micro-organismes ou d'insectes spécialisées sur les agro-écosystèmes participent aux processus de régulation du deuxième compartiment : symbioses racinaires, pollinisation, prédation, parasitisme, etc. La variabilité génétique infra-spécifique, de par les processus évolutifs, détermine le potentiel d'adaptation des bioagresseurs aux changements environnementaux et par exemple leur capacité

de contournement des résistances variétales. Enfin, la biodiversité dite remarquable ou patrimoniale constitue directement un service écosystémique d'ordre culturel. La confusion entre biodiversité et services écosystémiques provient de cette interpénétration intense. Ainsi, beaucoup d'études clés portant sur les services écosystémiques, comme les rapports TEEB (TEEB, 2010) ou le rapport du Centre d'Analyse Stratégique (Bielsa *et al*., 2009), ont été basées sur des processus ou des effets directement liés à la biodiversité, considérant implicitement que celle-ci est le moteur essentiel des services. La représentation de la Figure 2 facilite donc également cette clarification car elle permet d'associer plus facilement des composantes distinctes de la biodiversité aux différents compartiments.

## Vers une représentation des services écosystémiques en réseau fonctionnel

L'incompatibilité ou l'antagonisme entre deux services écosystémiques est à l'origine de nombre de conflits entre utilisateurs des écosystèmes. Par exemple, l'usage intensif des intrants agricoles, engrais ou pesticides (pratique), visant la production maximale d'aliments et de biens agricoles (service), est susceptible de dégrader la qualité de l'eau, nuisant ainsi à son usage par les consommateurs ou par les pêcheurs. Il en est de même, sur le plan quantitatif, lorsque l'irrigation des cultures prélève une part importante de l'eau disponible, notamment en période de sécheresse, au détriment des besoins des citadins. Les conflits pour l'eau sont annoncés par nombre de prévisionnistes comme un enjeu géopolitique majeur des prochaines années (voir le rapport de la prospective Agrimonde dans Chaumet *et al*., 2009). Bien d'autres exemples d'antagonismes touchant les agro-écosystèmes sont couramment évoqués, depuis les impacts des remodelages du paysage sur la biodiversité patrimoniale jusqu'aux effets de la déforestation sur les gaz à effet de serre. Néanmoins, la prise en compte de ces interactions entre services écosystémiques par les porteurs d'enjeux - et souvent par les chercheurs - reste généralement parcellaire : l'évaluation de l'interaction porte sur un couple de services, parfois trois, mais pas sur une perception ni sur la mise en place des stratégies de gestion globales. La Figure 3 illustre schématiquement les étapes d'une telle démarche de recherche.

Dans un premier temps (Figure 3a), il s'agit de représenter (puis de modéliser) par paire les relations entre services (ici, entre la production agricole et divers autres services). Cette représentation, pour être un tant soit peu affinée, exige une connaissance suffisante des deux premiers compartiments de la Figure 2 (caractéristiques et ressources de l'écosystème et processus écologiques en cause). D'ores et déjà, des boucles de rétroaction apparaissent puisque l'usage des services modifie à son tour le milieu et les ressources. Ainsi, la nature même de l'interaction peut dépendre du contexte : l'activité touristique d'une zone humide est favorisée par la qualité de la biodiversité patrimoniale qui dépend de la qualité de l'eau mais une activité touristique intense nuit à cette biodiversité soit directement soit via la dégradation de la qualité de l'eau qu'elle est susceptible de produire. Par ailleurs, du fait de la difficulté à les mesurer, les services eux-mêmes sont souvent implicites, ce qui limite l'usage de tels modèles à des options très générales. Par exemple, l'usage de la lutte biologique pour contrôler les ravageurs (service de régulation) est censé limiter les effets de l'agriculture sur la biodiversité (service culturel) ou sur la santé humaine en réduisant l'usage des pesticides. Mais les effets de cette réduction elle-même sont très mal connus du fait de la multitude des processus écologiques sous-jacents et de leurs interactions avec les autres caractéristiques de l'écosystème et avec l'état de sa dynamique. C'est donc cette complexité et cette plasticité des interactions qui rend si difficile l'élaboration des stratégies de gestion simples, voire simplistes, que réclament souvent les décideurs, laissant la voie libre aux "Y'a qu'à..." de tous ordres. Pourtant, une modélisation de ce type permet déjà de trancher entre certains choix lorsque deux services prédominants sont en conflit (par exemple en limitant l'irrigation en période de sécheresse), ou lorsqu'un type de service donné est considéré comme très prioritaire (comme pour la gestion des aires protégées).

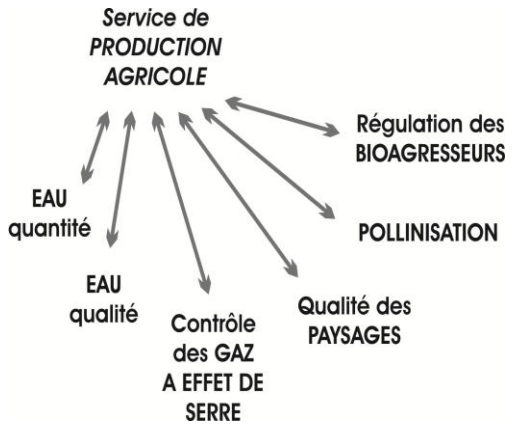



**Figure 3a : Evaluation des interactions entre services par paires (ici, schématiquement, entre le service de production agricole et d'autres services écosystémiques)**

La deuxième étape (Figure 3b) consiste à représenter simultanément l'ensemble des services, sous forme d'un réseau fonctionnel. Pour les raisons évoquées ci-dessus, il est encore plus difficile de préciser cette représentation globale que celle d'une paire de services. Cette démarche est néanmoins amorcée (Bennett *et al.*, 2009; Raudsepp-Hearne, 2010). Deux pistes méthodologiques sont notamment suivies. La première consiste, pour un moment et un état donné de l'écosystème, à lister les services écosystémiques concernés et à tenter de les quantifier en utilisant un étalon commun pour les comparer. C'est la démarche qualifiée généralement et assez improprement de "valorisation des services" (voir par exemple Silvain *et al.*, 2009). Elle est contestée par les tenants de certaines familles de services qui soutiennent que celui qui les intéresse a une valeur intrinsèque non mesurable. C'est par exemple le cas de la biodiversité patrimoniale : quel peut être l'équivalent financier du maintien d'une espèce menacée dans un écosystème (mais pas forcément dans un autre) ? Cette difficulté est le prolongement de la confusion fréquente évoquée plus haut entre biodiversité et services écosystémiques, mais aussi de la traduction du terme « valuing » par valorisation alors qu'il s'agit plutôt d'une évaluation. Pour ma part, je partagerais volontiers l'avis de nombre d'écologues qui refusent d'associer une valeur économique à la biodiversité dans son ensemble ; en revanche, il me semble beaucoup plus acceptable d'utiliser une référence commune (et non une valeur absolue) permettant une évaluation relative des différents services écosystémiques, même si cette distinction ne résout pas le problème de l'évaluation des services culturels. Malgré ces oppositions tout à fait recevables, la démarche de « valorisation » permet déjà quelques évaluations significatives, même si elles restent grossières. Un groupe international de chercheurs a évalué globalement le service de pollinisation à l'échelle du globe pour l'année 2005 à 153 milliards de dollars (Gallai *et al.*, 2009). Le rapport du CAS (Bielsa *et al.*, 2009) a listé et évalué les services écosystémiques des forêts tempérées et montré que leur valeur était bien supérieure à la seule valeur marchande du bois produit. L'évaluation des services écosystémiques susceptibles d'être détruits par le remplacement de mangroves en Thaïlande par des fermes aquacoles de production de crevettes, du coût de protection des sites contre les aléas climatiques et océaniques et du coût de réhabilitation des sites à la fin de l'exploitation a conduit le gouvernement Thaïlandais à interdire cette "mise en valeur" (TEEB, 2010).

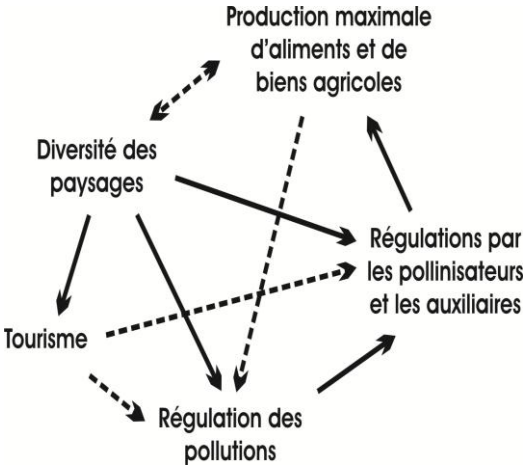



**Figure 4b : Formalisation des interactions multiples au sein du réseau (les traits pleins représentent les effets positifs, les traits pointillés les effets négatifs)**

La seconde démarche méthodologique – complémentaire – vise à faciliter l'évaluation des services, ou du moins l'impact d'une stratégie d'usage sur les services, en utilisant des indicateurs. C'est le cas de l'analyse des "traits fonctionnels". Ici, l'indicateur porte sur l'interaction entre les compartiments des processus écologiques et des services écosystémiques, selon une démarche partiellement "boîte noire" : des paramètres caractérisant les communautés floristiques de prairies (taxonomiques, morphologiques, écophysiologiques, etc.) sont mis en corrélation avec les services écosystémiques mesurés par ailleurs (De Bello *et al*., 2010). La qualité de cette corrélation permet une évaluation des services à partir de ces paramètres beaucoup plus facilement mesurables. La limite de cette approche, comme pour toutes les évaluations basées sur des relations statistiques, est la difficulté d'extrapolation à d'autres écosystèmes ou à d'autres conditions environnementales que ceux dans lesquels le modèle a été construit.

Ces deux approches ont le mérite d'associer explicitement des gammes de stratégies de gestion à la gamme des services écosystémiques. Si elles permettent de mieux comprendre le lien entre fonctionnement des écosystèmes et services et, dans les cas tranchés, de justifier des décisions de gestion, elles restent relativement descriptives et statiques. En effet, l'éventail des services, via les boucles de rétroaction, dépend étroitement de la dynamique en cours de l'écosystème : l'évolution des interactions entre usages de l'eau et paysage agricole (via l'évolution des assolements) ne sera pas la même selon que l'écosystème est plus ou moins soumis à l'effet des changements climatiques.

## Vers une gestion des écosystèmes basée sur les réseaux de services écosystémiques ?

Les choix socio-économiques et politiques qui gouvernent la gestion des écosystèmes traduisent une hiérarchisation *a priori* des services qu'on en attend. Cette hiérarchisation, lourde de conséquence sur le faisceau des services, est très généralement implicite. Une formalisation en réseau, en explicitant cette hiérarchie, permettrait d'évaluer l'impact des variables de contrôle (celles qui traduisent la gestion des écosystèmes) sur le faisceau des services qui émergent du réseau. Elle permettrait ainsi d'expliciter les hiérarchies de services et de comparer les effets de différentes stratégies (Figure 3c). Au-delà, un faisceau donné de services issu de la gestion instantané d'un écosystème ne peut pas être figé car l'usage des terres retentit sur les ressources, voire sur les processus écologiques, qui retentissent à leur tour sur la gamme des services possibles. Il est donc indispensable de modéliser les réseaux d'une façon dynamique pour en évaluer la durabilité. Les avancées récentes de la modélisation des réseaux dynamiques et de la représentation des systèmes complexes (voir par exemple Carley, 2003 ou Babakar *et al*., 2012 ; pour une vision d'ensemble des modèles utilisés pour la gestion de écosystèmes, voir De Lara et Doyen, 2008) sont porteuses de promesses pour la formalisation des services éco-

systémiques et devraient susciter rapidement l'intérêt des chercheurs dans ce domaine.

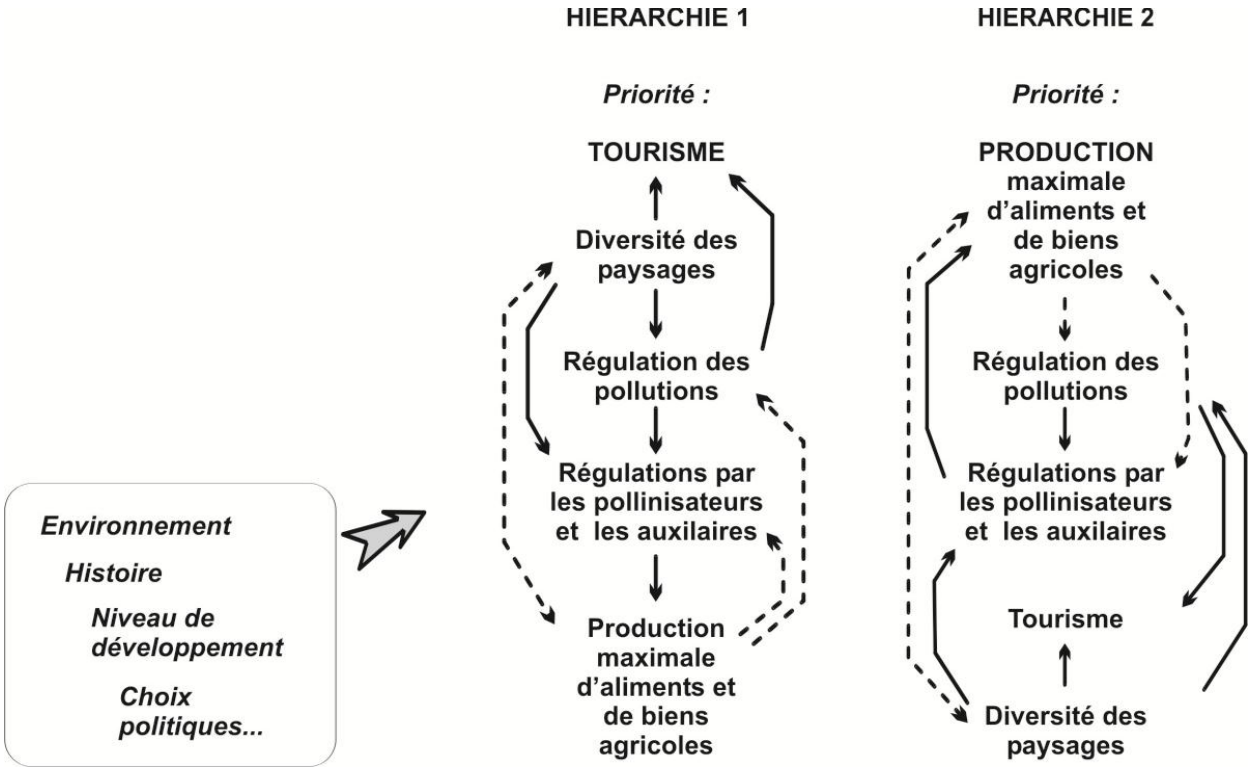



**Figure 5c : Explicitation de l'effet des priorités sociétales sous formes de différentes hiérarchies de services possibles**

De cette manière, le compartiment de gestion des écosystèmes (Figure 2) n'est plus seulement un ensemble d'entrées/sorties depuis et vers les compartiments inférieurs mais un module fonctionnel intégré dans la représentation globale du fonctionnement et de la dynamique de l'écosystème. On va ici au-delà de l'objectif lointain du "bien-être humain" auquel la représentation du MEA associe les services écosystémiques (Figure 1). En particulier, la nature des faisceaux de services en matière de biens publics, de biens de club ou de biens privés est partiellement conditionnée par les interactions entre services et les priorités appliquées par les gestionnaires. Un même service peut alors passer d'une catégorie à une autre selon cet état et cette gestion (Dupraz, 2011). Cette articulation pourrait être précisée par la modélisation et reliée à l'état des écosystèmes et à leur gestion.

Cette intégration est porteuse de plusieurs clarifications en matière de priorités de recherche. La première porte sur la hiérarchie de l'acquisition des connaissances à privilégier. Elle permet d'élaborer, voire de modéliser, les boucles de rétroaction entre connaissances écologiques et affinement des stratégies de gestion. C'est par exemple l'objet de l'application aux services écosystémiques des modèles C-K (concept-knowledge) de Hatchuel (Hatchuel et Weil, 2009), testée actuellement dans la Zone Atelier de Chizé (Berthet *et al.*, 2012) : contrairement à la théorie de la décision (parmi une série de choix possibles et prédéterminés), cette méthode fait évoluer la gamme des stratégies en fonction de l'avancée des connaissances et, réciproquement, les connaissances à acquérir en fonction de l'explicitation et de l'évaluation des choix possibles. La deuxième clarification est celle de la co-construction disciplinaire des programmes de recherche. Cette approche intégrée met d'emblée sur le même plan les disciplines socio-économiques, celles de la géographie, de l'agronomie ou celles de l'écologie. Ainsi, les chercheurs d'une famille de disciplines ne sont plus seulement les "experts", voire une simple justification, pour une autre famille, mais l'élaboration d'un modèle global exige une "co-construction" impliquant les différentes disciplines. Enfin, pour les gestionnaires et les porteurs

d'enjeux, de par l'explicitation des hiérarchies de services, cette représentation interdit de considérer une hiérarchie comme prioritaire vis-à-vis d'une autre sans le justifier. Cette explicitation est donc lourde de conséquences pour le jeu des acteurs impliqués dans la gestion des écosystèmes. En particulier, elle remet en lumière la distinction entre l'approche des services écosystémiques, où toutes les hiérarchies sont envisageables *a priori*, et celle de l'agro-écologie qui comporte une priorité implicite pour les productions agricoles.

## Conclusions

Les concepts d'agro-écologie et de services écosystémiques, au même titre que celui de biodiversité, ont en commun de se trouver à la charnière entre science et société : ils ont une signification forte à la fois pour le monde de la recherche et pour celui des porteurs d'enjeux. Une telle particularité est à la fois dynamisante et susceptible d'engendrer confusions et conflits d'intérêts. La clarification de ces concepts et de ce qu'ils portent et promettent en matière d'acquisition des connaissances écologiques, agronomiques et socio-économiques aussi bien que de gestion des agro-écosystèmes est donc urgente et indispensable. Ces trois familles de concepts ont également la particularité d'être étroitement imbriquées. L'usage qu'on en fait est donc dépendant des objectifs visés. Par exemple, un même compartiment de la biodiversité peut être considéré pour lui-même - pour sa valeur intrinsèque ou ses particularités écologiques - pour son utilisation dans les processus agro-écologiques, ou bien pour sa fonction de moteur et de réceptacle d'une série de services écosystémiques. Cette complexité de l'usage des concepts va de pair avec la complexité des processus eux-mêmes et avec l'interdépendance des disciplines scientifiques qu'ils recouvrent. L'usage de ces concepts, même s'ils sont extrêmement prometteurs pour la science comme pour ses applications, implique donc de les associer en permanence à la clarification des objectifs visés et nécessite le développement d'outils d'analyse, de représentation et d'expérimentation qui leur soient adaptés.

Dans cette logique, et comme nous l'avons noté, les approches d'agro-écologie et de gestion des services écosystémiques ne sont pas antagonistes sur le plan scientifique puisque l'agro-écologie peut être considérée comme un sous-ensemble des hiérarchies de services possibles dans un écosystème. C'est au niveau de la présentation et des choix de ces hiérarchies par les porteurs d'enjeux sociétaux que se situe le risque d'antagonisme et c'est donc là aussi que la clarification des concepts, qui permet et impose l'explicitation des choix, s'avère essentielle.

Enfin, il est à noter que les réflexions que j'ai développées ont été implicitement limitées à une échelle spatiale de gestion qui correspond grossièrement à ce que les écologues appellent "paysage" et les sociologues "territoire". La déclinaison des concepts et surtout leur formalisation et leur modélisation peuvent être sensiblement différentes si on les applique à des états, à des régions du monde ou à la planète entière. Néanmoins, le besoin de clarification des concepts et de leurs usages scientifiques et sociétaux reste le même, en particulier la nécessité d'expliciter les choix possibles entre des hiérarchies de services localisées ("land sparing") ou généralisées ("land sharing") (voir par exemple Green *et al.*, 2005).

Sous réserve donc d'un effort constant de clarification et d'explicitation, et à condition de se doter d'une gamme nouvelle d'outils et de méthodes, l'approfondissement d'un cadre conceptuel commun ou au moins interfacé entre agro-écologie et services écosystémiques promet des avancées scientifiques importantes et une meilleure articulation entre science et société, face aux enjeux cruciaux de la sécurité alimentaire de la planète et de la durabilité de la gestion de notre environnement.

## Bibliographie


Babacar, S., L. Andrieu, M. De Lara, 2012. Parametric multi-attribute utility functions for optimal profit under risk constraints. *Theory and Decision*, 72, 257-271

Barnaud, C., M. Antona, J. Marzin, 2011. Vers une mise en débat des incertitudes associées à la notion de service écosystémique. *VertigO*, 11 (1)

Bennett, E. M., G. D. Peterson, L. J. Gordon, 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters,* 12, 1-11

Berthet, E., V. Bretagnolle, B. Segrestin, 2012. Analyzing the design process of farming practices ensuring Little Bustard conservation: lessons for collective landscape management. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36, 319-336

Bielsa, S., B. Chevassus-au-Louis, G. Martin, J.-L. Pujol, D. Richard, J.-M. Salles, 2009. *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique.* Rapport du Centre d'Analyse Stratégique (CAS), France, 399 pages

Butault, J.P., C.-A. Dedryver, C. Gary, L. Guichard, F. Jacquet, J.-M. Meynard, P. Nicot, M. Pitrat, R. Reau, B. Sauphanor, I. Savini, T. Volay, 2010. *Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ?* Synthèse du rapport d'étude, Inra (France), 90 pages

Carley, K.M., 2003. "Dynamic Network Analysis" in Dynamic Social Network Modeling and Analysis: Workshop Summary and Papers, Ronald Breiger, Kathleen Carley, and Philippa Pattison, (Eds.) *Committee on Human Factors, National Research Council, National Research Council*, Washington, DC, 133–145

Chaumet, J.-M., F. Delpeuch, B. Dorin, G. Ghersi, B. Hubert, T. Le Cotty, S. Paillard, M. Petit, J.-L. Rastoin, T. Ronzon, S. Treyer, 2009. *Agrimonde - Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*. Note de synthèse, 32pp

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton, M. van den Belt, 1997. The Value of World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, 387, 253-260

De Bello, F., S. Lavorel, S. Diaz, R. Harrington, H.C. Cornelissen, R.D. Bardgett, M.P. Berg, P. Cipriotti, C.K. Feld, D. Hering, P. Martins da Silva, S.G. Potts, L. Sandin, J.P. Sousa, J. Storkey, D.A. Wardle, P. Harrison, 2010. Towards an Assessment of Multiple Ecosystem Processes and Services via Functional Traits. *Biodiversity and Conservation*, 19, 2873–2893

De Lara, M., L. Doyen, 2008. *Sustainable Management of Natural Resources. Mathematical Models and Methods*. Springer-Verlag, Berlin, 266pp

Dupraz, P., 2011. La diversité des biens publics en agriculture : une caractérisation économique. *Colloque Inra " L'agriculture productrice et utilisatrice de biens publics", Salon International de l'Agriculture.*
http://www.inra.fr/audiovisuel/web_tv/colloques/agriculture_et_biens_publics

Gallai, N., J.-M. Salles, J. Settele, B. Vaissière, 2009. Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture Confronted with Pollinator Decline. *Ecological Economics*, 68, 810-821

Green, R.E., S.J. Cornell, J.P.W. Schalermann, A. Balmford, 2005. Farming and the Fate of Wild Nature. *Science*, 307, 550-555

Hatchuel, A., and B. Weil. 2009. C-K design theory: An advanced formulation. *Research in Engineering Design*, 19, 181–192

Hein, L., K. van Koppen, R.S. De Groot, E.C. van Ierland, 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics*, 57(2) , 209-228

Lamarque, P., F. Quétier, S. Lavorel, 2011. The diversity of the ecosystem services concept and its implications for their assessment and management. *Comptes rendus Biologies*, 334(5-6), 441-449

Lapchin, L., 2009. *Programme ECOGER : « Écologie pour la gestion des écosystèmes et de leurs ressources » - Nouveaux regards sur l'écologie des écosystèmes façonnés par l'homme*. Document Inra, 2pp :
http://www.inra.fr/les_partenariats/programme_federateur_ecoger/interventions_seminaire_final_ecoger_2009

Lapchin, L., P. Duncan, E. Garnier, 2009. Towards ecological engineering. *Biofutur*, 305, 25-26

Le Roux, X., R. Barbault, J. Baudry, F. Burel, I. Doussan, E. Garnier, F. Herzog, S. Lavorel, R. Lifran, J. Roger-Estrade, J.-P. Sarthou, M. Trommetter (éditeurs), 2008. *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies.* Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, Inra (France), 113 pages

MEA - Millenium Ecosystem Assessment, 2005. *Global Assessment Reports; Volume 1: Current State & Trends; Volume 2: Scenarios; Volume 3: Policy responses*. Island Press, Washington D.C.

Norgaard, R. B., 2010. Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecological Economics*, 69, 1219-1227

Raudsepp-Hearne, C., G. D. Peterson, E.M. Bennett, 2010. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *PNAS*, 107, 5242-5247

Rodríguez, J. P., T. D. Beard, E.M. Bennett, G.M. Cumming, S.J. Cork, J. Agard, A.P. Dobson, G.D. Perterson, 2006. Trade-offs across space, time, and ecosystem services. *Ecology and Society*, 11(1), 28

Silvain, J.-F., X. Le Roux, D. Babin, R. Barbault, P. Bertin, B. Bodo, J.-P. Boude, P. Boudry, T. Bourgoin, C. Boyen, M.-C. Cormier-Salem, F. Courchamp, D. Couvet, B. David, B. Delay, I. Doussan, E. Jaskulke, S. Lavorel, P. Leadley, F. Lefèvre, H. Leriche, F. Letourneux, W. Los, F. Mesleard, S. Morand, C. Schmidt-Lainé, F. Siclet, E. Verrier, 2009. *Prospective pour la recherche française en biodiversité*. Fondation pour la recherche sur la biodiversité, 96 pp

TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Local and Regional Policy Makers. http://www.teebweb.org.

Zhang, W., T. H. Ricketts, C. Kremen, K. Carney, S.M. Swinton, 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological economics*, 64, 253-260

# Chlordécone aux Antilles : évolution des systèmes de culture et leur incidence sur la dispersion de la pollution

***Chlordecone in French West Indies: cropping system changes and their incidence on pollution dispersion***

**Lesueur Jannoyer Magalie[1, 2, *], Cattan Philippe[3], Monti Dominique[4], Saison Carine[5], Voltz Marc[6], Woignier Thierry[7], Cabidoche Yves-Marie[8]**

1. *Agronome, Unité HortSys, CIRAD, Bd de la Lironde, 34395 Montpellier, France, E-mail : jannoyer@cirad.fr*
2. *Agronome, Pôle de Recherche Agro environnementale de la Martinique, Petit Morne, 97295 Le Lamentin, Martinique,*
3. *Agronome, unité SCBPA, CIRAD, Station de Neufchâteau, Sainte Marie, 97130 Capesterre Belle Eau, Guadeloupe, E-mail : cattan@cirad.fr*
4. *Ecologue, EA 926- Dynecar, UAG, Fouillole, 97159 Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, E-mail : dominique.monti@univ-ag.fr*
5. *Agronome, IRD, UMR LISAH 2 place Viala, 34060 Montpellier, France, E-mail : saison@ird.fr*
6. *Hydropédologue, INRA, UMR LISAH, 2 place Viala, 34060 Montpellier, France, E-mail : voltz@supagro.inra.fr*
7. *Physicien, UMR CNRS 7263 - IRD 237 - IMBE, Pôle de Recherche Agro environnementale de la Martinique, Petit Morne, 97295 Le Lamentin, Martinique, E-mail : thierry.woignier@univ-montp2.fr*
8. *Agropédologue, Unité 1321 ASTRO, INRA Duclos, 97120 Petit Bourg, Guadeloupe, E-mail : cabidoch@antilles.inra.fr*

**Auteur correspondant*

**Résumé**

La chlordécone, insecticide organochloré, était utilisée pour lutter contre le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*) de 1971 à 1993. La chlordécone est peu mobile et se dégrade à une vitesse très lente, voire nulle dans les sols aérés. Sa persistance est donc longue, et la dépollution artificielle n'est pas opérationnelle actuellement. Cependant les sols restent fertiles même si ils constituent la principale réserve et source de pollution.

Il faut donc gérer cette pollution. Cela implique des changements au sein des agrosystèmes, tant sur le choix des productions possibles que sur certaines pratiques agronomiques pour réduire les impacts sanitaires. Pour les espèces cultivées sur les parcelles polluées, certains organes sont très contaminés (tubercules), d'autres indemnes (fruits d'arbres, banane, ananas, tomate, etc.). Un outil de gestion est disponible pour les producteurs afin d'anticiper le choix des cultures et de réduire le risque d'exposition des consommateurs. Réciproquement, les systèmes de culture ont une incidence sur la dispersion de la molécule à l'échelle d'une parcelle et d'un bassin versant. La chlordécone contamine les ressources et les organismes aquatiques *via* les eaux de percolations issues des parcelles polluées.

Cet article fait le point sur les principaux résultats disponibles et les projets en cours sur la gestion des agrosystèmes et les processus de transferts de la chlordécone vers l'environnement ainsi que leurs impacts sur les écosystèmes aquatiques.

**Mots-clés**

Chlordécone, pollution chronique, organochlorés, transferts, outil de gestion, zone tropicale

**Abstract**

Chlordecone is an organochlorine insecticide and it was used to fight against the banana black weevil (*Cosmopolites sordidus*) from 1971 to 1993 in the French West Indies. Chlordecone is not a mobile molecule and is very slowly or almost not degradable in aerobic soils. Its persistence is a long term one and technical remediation is not operational at this time, but soils stay fertile, even if they remain the main pollution source.

Thus we have to face and manage this pollution. This leads to changes among agrosystems, whether on crop choice or on practices to reduce sanitary impact. Chlordecone crop uptake varies according to the type of plant and organ: roots and tubers are highly contaminated whether fruits (banana, pineapple, tomato, citrus, etc.) are chlordecone free. A management tool is now available for farmers to choose crops according to the field pollution level and to reduce the consumers' exposure risk.

Reciprocally, cropping systems have an influence on pollution dispersion at the field and watershed scales. Chlordecone pollutes water resources and aquatic organisms through leaching water from polluted fields.

This article present the existing situation and sums up the knowledge available based on results from past and in progress projects on cropping systems management and transfer processes to the environment, as well as on their impacts on aquatic ecosystems.

**Keywords**

Chlordecone, chronique pollution, organochlorine insecticides, transfert, management tool, tropics

## Introduction

La chlordécone est un insecticide utilisé de 1971 à 1993 aux Antilles françaises pour lutter contre le charançon du bananier (*Cosmopolites sordidus*). Cette molécule organochlorée est classée comme Polluant organique persistant depuis 2007 par le Programme des Nations

Unies pour l'Environnement (Convention de Stockholm, UNEP, 2007). Les conditions de son utilisation aux Antilles (Fintz, 2009 ; Joly, 2010) et l'étendue des contaminations qu'elles ont entraînée, ont conduit à une situation de crise au début des années 2000. Cela s'est traduit, entre autres, par des mesures de restriction de la consommation de certains produits, d'interdiction de pêches ainsi que de certaines productions agricoles et une inquiétude croissante dans la population.

La contamination des écosystèmes par cette molécule ubiquiste conduit à l'exposition des populations antillaises au polluant *via* la consommation de denrées contaminées : eau, animaux ou végétaux (Dubuisson *et al.,* 2007 ; Guldner *et al.*, 2010). L'ingestion est la voie principale d'exposition alors que l'inhalation est une voie mineure. Mais, pas plus que l'impact environnemental, l'impact sanitaire de cette exposition chronique n'est pas encore bien caractérisé (Multigner *et al.,* 2007) même si elle contribue à un taux anormalement élevé des cancers de la prostate aux Antilles (Multigner *et al.,* 2010).

Aujourd'hui, les sols pollués restent le principal réservoir et la source de dispersion de la chlordécone dans l'environnement. De fait, l'agriculture détient une position centrale dans la crise de la chlordécone : à l'origine des contaminations, elle est profondément impactée par la pollution des sols mais est également l'acteur incontournable de la maîtrise de la dispersion de la molécule, voire de la dépollution des sols. Ce statut pèse sur les systèmes de culture en place et les obligent à une évolution rapide.

Actuellement, le peu d'information disponible dans la bibliographie sur le comportement de la molécule dans les différents compartiments de l'environnement, son transfert des sols vers les eaux, puis vers les plantes et les organismes aquatiques, empêche d'identifier les mesures appropriées pour réduire l'exposition et la contamination des chaînes alimentaires. En l'absence d'information bibliographique pré-existante sur la chlordécone en milieu tropical, diverses études récentes conduites aux Antilles permettent d'ores et déjà d'identifier les enjeux en matière de dispersion des polluants dans ce milieu, voire de proposer des premières actions, soit techniques soit réglementaires, pour réduire au minimum le risque d'exposition des populations.

Notre propos est, à travers le cas de la chlordécone aux Antilles, de présenter la façon dont les systèmes culturaux peuvent contribuer à la gestion d'une pollution agricole chronique et durable, d'une part à travers l'obtention d'une production agricole saine bien qu'obtenue sur des sols contaminés, d'autre part en agissant sur les déterminants de la dispersion du polluant via les pratiques agricoles. L'état des connaissances sur ces points sera exposé. Les exemples présentés sont riches d'enseignement sur la façon de faire évoluer des systèmes de culture en situation d'urgence et d'incertitude quant à l'efficacité des solutions. Ces conditions particulières obligent à emprunter ici une démarche heuristique basée sur l'exploitation des résultats produits sur les fronts de recherche par un continuum d'équipes pluridisciplinaires (écologie, hydrologie, pédologie, agronomie).

## Qu'est-ce que la chlordécone ?

C'est une molécule organochlorée ($C_{10}Cl_{10}O$ ; CAS 143-50-0) très stable de par sa structure homocubane et le nombre d'atomes de chlore qu'elle possède (Figure 6).

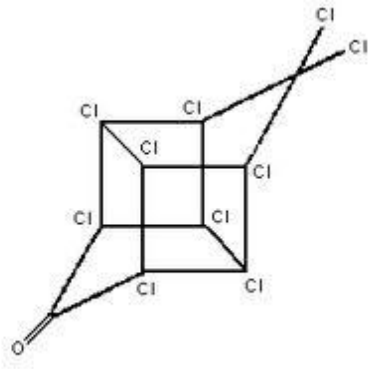



**Figure 6. Structure de la chlordécone, $C_{10}Cl_{10}O$. Chemical structure of chlordecone, $C_{10}Cl_{10}O$**

La chlordécone est peu soluble (solubilité, S= 0.2 g/L), très peu volatile (pression de vapeur de 0.225 $10^{-6}$mm Hg à 25°C) et son affinité pour la matière organique des sols est très élevée ($K_{OC}$[11] de 2500 à 17500 L/kg selon le type de sol) (RAIS, 2006 ; Cabidoche *et al.* 2009). La chlordécone, du fait de sa structure et de sa taille moléculaire, serait majoritairement adsorbée sur les matières organiques par des liaisons de faible énergie (interactions hydrophobes de type Van der Waals). Cependant,

[11] $K_{oc}$ : coefficient de partage entre le carbone organique du sol et l'eau

son affinité pour la matière organique dépendrait de la composition de cette dernière et notamment de son contenu en composés aromatiques, comme cela a été rapporté dans le cas d'un organophosphoré (Ahmad *et al.,* 2001) et de deux HAP[12] (Xing, 2001). Elle ne se dégrade pas facilement en conditions naturelles aérobies (Orndorff et Colwell, 1980 ; Macarie et Dolfing, 2011).
La chlordécone s'accumule dans les chaînes alimentaires à partir de concentrations dans l'eau aussi faibles que 0,023 µg/litre (Bahner *et al.,* 1977). Elle se concentre au sein de la chaîne alimentaire avec des facteurs de concentration (BCF) relativement élevés, de 2900 à 60000 pour différents poissons d'eau douce et de 3000 à 13000 pour des crustacés (ATSDR, 1995 ; RAIS, 2006).

## La réduction du risque sanitaire *via* les productions végétales : évolution des systèmes de culture

La priorité, dans un premier temps, est la gestion sanitaire de cette pollution avec la mise en place de mesures pour réduire au minimum le risque d'exposition des populations au polluant. La principale voie d'exposition des populations est aujourd'hui l'ingestion de chlordécone, l'inhalation étant une voie mineure dans les conditions antillaises. Pour réduire ce risque, l'enjeu et la priorité sont de produire des denrées alimentaires conformes aux recommandations sanitaires (LMR[13] < 20µg/kg matière fraîche de denrée).
Un diagnostic de la contamination des différentes cultures est réalisé depuis 2003 par le Cirad, l'Inra et les services de l'état. Seule la voie sol/plante est considérée pour le transfert de la chlordécone du sol vers les plantes, la voie sol/air/plante n'est probablement que très peu ou pas mobilisée car la molécule est peu volatile.
Cette démarche a été marquée par l'urgence de l'acquisition de références dans un contexte de « désert bibliographique » concernant la contamination des cultures par la chlordécone. Les premières analyses conduites en 2002 dans le cadre des contrôles par les services en charge de la consommation et de la répression des fraudes ont montré de fortes contaminations des organes souterrains récoltés (légumes-racines). Très logiquement, dès 2003, les premières expérimentations ont été consacrées à l'établissement d'un référentiel de contamination relative sol - légume racine. Toutefois, des contaminations mesurées de fruits de cucurbitacées, toujours attribuables dans un premier temps au contact avec le sol, ont conduit aux premières analyses d'organes aériens. Les contaminations expérimentales de courgettes ont conduit l'Inra et le Cirad à s'orienter vers des diagnostics plus fins, analysant la distribution de la chlordécone dans les différents organes des plantes d'un grand nombre de familles cultivées (solanacées, cucurbitacées, graminées, crucifères, musacées, citrus, rosacées, etc.).
Compte tenu des enjeux sanitaires et sociétaux, l'établissement de référentiels de contamination d'organes végétaux récoltés a comporté trois étapes inhabituelles : (i) optimiser l'acquisition de données de contamination des plantes en combinant enquêtes agronomiques et expérimentations testant des processus globaux ; (ii) communiquer les résultats à tous les acteurs : producteurs agricoles, consommateurs, services de l'état pour la prise de mesures de gestion sans attendre la publication dans des revues scientifiques ; (iii) accéder ensuite au plus vite à la publication avec évaluation par les pairs, seule voie reconnue de validation scientifique des résultats.
Parmi les premiers résultats opérationnels, il a été clairement établi que la chlordécone du sol ne contamine pas de la même manière toutes les cultures. Le niveau de contamination dépend de l'espèce et de l'organe de la plante considérée, du niveau de pollution et du type de sol (Lesueur Jannoyer *et al.,* 2009). Les données collectées nous ont permis de construire un schéma hypothétique des modalités de transfert de la molécule au sein de la plante (Figure 7).

[12] HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
[13] LMR : Limite Maximale de Résidu, exprimée en mg ou en µg/kg poids frais de la denrée

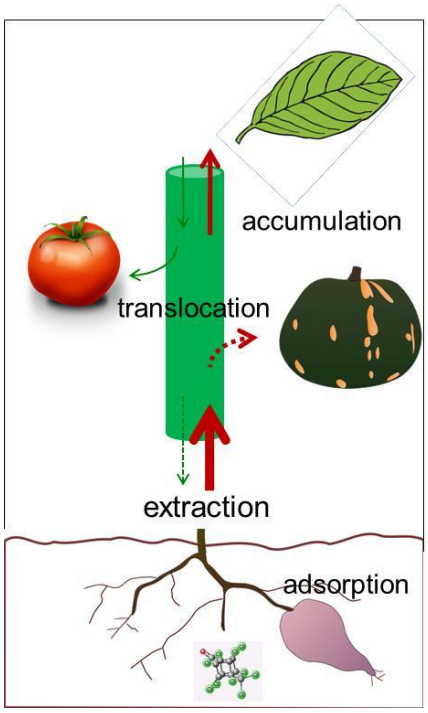



**Figure 7. Schéma hypothétique des différentes voies de transfert de la chlordécone chez les plantes**. En rouge : le flux de sève xylémique chargé en chlordécone (gradient du sol vers les feuilles traduit par l'épaisseur de la flèche), en vert : le flux de sève phloémique contenant très peu de chlordécone.
*Theroretical scheme of chlordecone transfer pathways in plants. In red: xylem sap flow (the gradient from the soil to the leaves is featured by the thickness of the line), in green: phloem sap flow, with very little chlordecone.*

Quel que soit l'organe considéré, les teneurs mesurées en chlordécone au sein de la plante sont toujours inférieures aux teneurs mesurées dans le sol : la voie de transport est donc probablement passive pour les espèces analysées. Pour les racines et tubercules, la contamination par contact est majoritaire. On observe ainsi une contamination différenciée entre les pulpes et les épidermes : la pulpe est 3 à 5 fois moins contaminée que la peau pour le tarot (dachine ou madère, *Colocasia antiquorum*), 5 fois moins pour la patate douce (*Ipomea batatas*) et 10 fois moins pour l'igname (*Dioscorea spp.*) (Cabidoche *et al.*, 2006 ; Achard *et al.*, 2008 ; Clostre *et al.*, 2011). La contamination moyenne des racines ou tubercules entiers est proportionnelle au niveau de pollution du sol, et ce quelle que soit l'espèce (Figure 8). ). On définit une limite majorante (ligne noire épaisse sur la figure 3) au-delà de laquelle aucune donnée n'est observée.

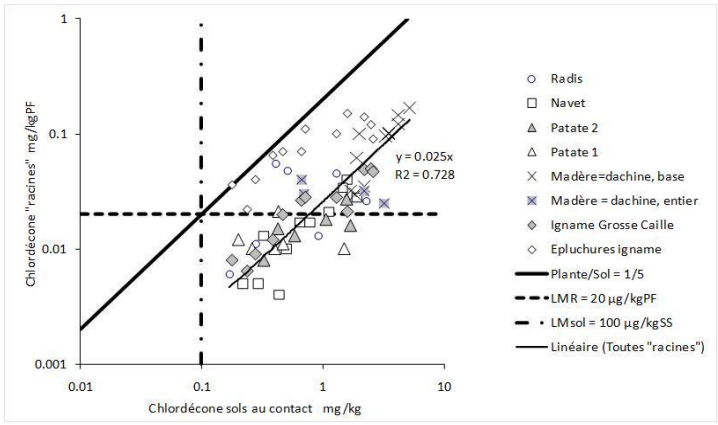



**Figure 8. Relation de proportionnalité entre la contamination des organes souterrains récoltés et la teneur en chlordécone du sol à proximité : définition d'une relation majorante (ligne noire épaisse) permettant de convertir la limite maximale de résidu dans les aliments (LMR) en limite maximale de pollution du sol autorisant la mise en culture.**
*Proportional relationship between the contamination of below ground organs and soil pollution: definition of a maximal transfer rate (black line) to calculate a maximal limit for soil according to the food regulation (MLR).*

Elle correspond au coefficient de transfert maximal pour ces productions (rapport maximal observé entre la teneur de la matière fraîche de l'organe et celle du sol). La différence de réponse entre types de sol (Figure 9a) est expliquée par la fraction de chlordécone disponible en solution dans une unité de volume de sol (Figure 9b) (Cabidoche et Lesueur Jannoyer, *accepté*).

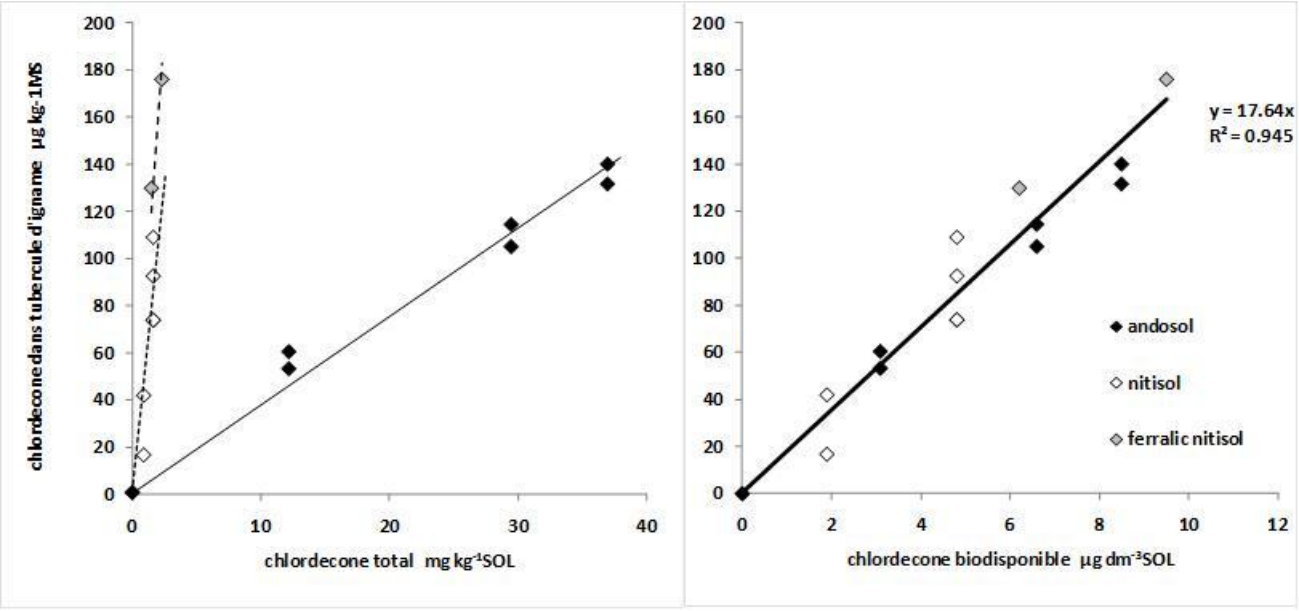



**Figure 9a** **Figure 4b**

**Figure 9. Relation entre la teneur en chlordécone d'ignames et celle de trois types de sols. a. teneur pondérale en chlordécone des sols ; b. teneur en chlordécone biodisponible (en solution dans un volume élémentaire de sol).**

*Relationship between chlordecone content in yam and 3 soil types. a. Soil chlordecone mass content (mg/kg dry soil); b. bioavailable chlordecone content (in the soil solution of an elementary soil volume) (µg/dm³).*

*Contamination of sugar cane stalks. Data from 6 fields of 3 heavy polluted soil types, 20 repetitions.*

Un gradient de contamination très net existe entre les organes souterrains et les organes aériens. Les niveaux de contamination des parties aériennes sont toujours plus faibles que ceux des parties souterraines. Le transfert s'effectue via le flux de sève brute ascendant (Figure 7), comme pour d'autres polluants organiques (Collins *et al.*, 2011). Le long de la tige, un gradient de dilution est mesuré. Les bas de tige sont beaucoup plus contaminés que les parties apicales (Figure 10. Contamination des tiges de canne à sucre. Les données ont été obtenues sur 6 parcelles de 3 types de sol très pollués et 20 répétitions par parcelle.).

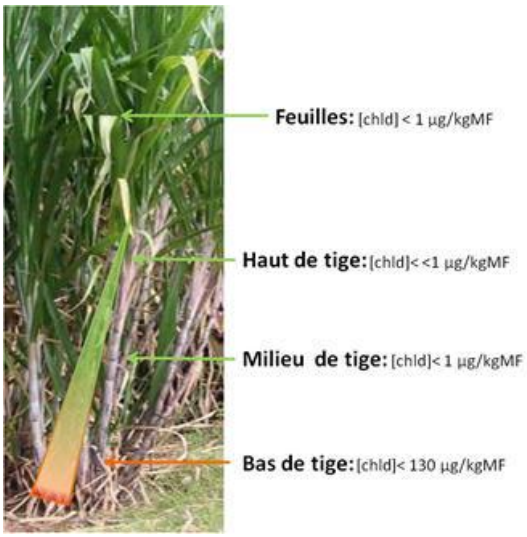



**Figure 10. Contamination des tiges de canne à sucre. Les données ont été obtenues sur 6 parcelles de 3 types de sol très pollués et 20 répétitions par parcelle.**

Ce gradient serait le résultat d'un flux ascendant de chlordécone couplé à une forte affinité de la chlordécone pour certains composants des tissus végétaux, les fibres en particuliers, qui agiraient comme filtre pour les organes se trouvant en aval de ce flux. Le niveau de contamination d'un organe dépendrait donc de sa position, de la composition des organes interposés et de son mode de remplissage. Les fruits dont le remplissage s'effectue majoritairement par des flux de sève phloémiques (sève élaborée) sont très faiblement contaminés (cas de la tomate, des bananes, des ananas et des arbres fruitiers : teneurs en chlordécone observées <5 µg/kg MF), alors que ceux dont une part importante du remplissage est liée aux flux xylémiques (sève brute) pourront être contaminés à des niveaux supérieurs à la LMR en vigueur (20µg/kg MF), comme dans le cas des cucurbitacées.

La variabilité de la contamination des organes récoltés est très importante. Pour comparer le comportement des différentes cultures et pour se placer dans une situation de risque de contamination maximale, les coefficients de transfert maximaux (rapport maximal observé entre la teneur de la matière fraîche de l'organe et celle du sol) ont été calculés. Trois classes de comportements ont été identifiées : les productions végétales dites sen-

sibles (dont le coefficient de transfert maximal est le plus élevé : racines et tubercules) ; les productions végétales intermédiaires (cucurbitacées, laitues, canne à sucre, etc.) (Clostre *et al.*, 2011 ; Lesueur Jannoyer *et al.*, 2010) et les productions végétales dont le transfert est très faible (solanacées, banane, ananas, fruits, chou, etc.) (Lesueur Jannoyer *et al.*, 2009).
La traduction de la LMR en limite maximale pour le sol en utilisant la proportionnalité des coefficients de transfert maximaux des cultures permet de déterminer trois situations pour le choix des cultures possibles sur sol pollué (Figure 11).

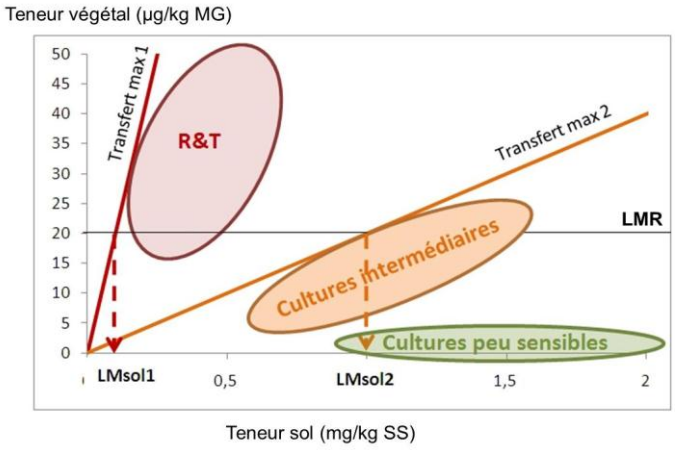



**Figure 11. Traduction de la LMR en limite maximum pour le sol en fonction de la réponse des cultures au transfert de chlordécone. R&T : racines et tubercules.**
*MRL translation in a maximum limit for soil according to the response of crops to chlordecone transfer. R&T: roots and tubers.*

Les parcelles polluées étant toujours potentiellement productives (la pollution n'affecte pas la croissance des productions végétales), cet outil permet d'assurer la conformité sanitaire des produits récoltés et préserve donc la santé des consommateurs, même si il est contraignant pour les agriculteurs, du fait des faibles valeurs des limites de contamination du sol liées à des calculs de risque de transfert maximisés et au fait que la réponse d'une culture sur une parcelle polluée peut être inférieure à ces maximums. Ces recommandations ne sont actuellement pas traduites en mesures règlementaires et ne sont pas obligatoires. Mais les producteurs sont tenus de commercialiser au sein de l'UE des produits conformes et sont contrôlés régulièrement par les services de l'état (règlements CE « paquet hygiène » 2004, 2005, applicables depuis le 1er janvier 2006). Il permet ainsi aux professionnels un choix pour les reconversions de parcelles et de productions de leur exploitation (Figure 12) et leur permet de garantir, par anticipation, la qualité de leurs produits. Des cultures de substitution sont possibles pour les racines et tubercules et concernent les productions amylacées aériennes (banane plantain, fruit à pain, igname *Dioscorea bulbifera*, etc.).

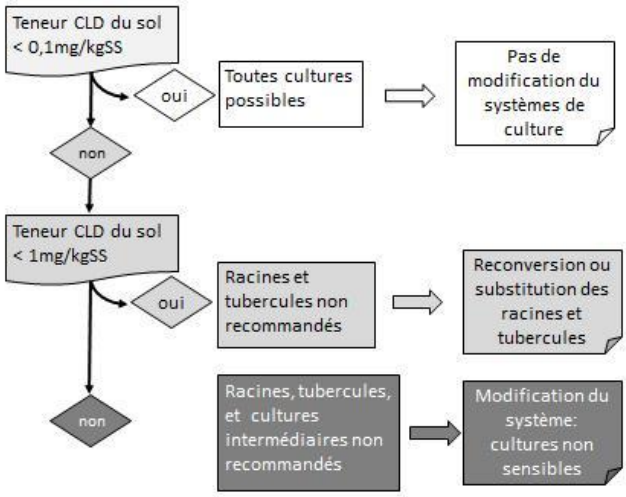



**Figure 12. Schéma de l'outil d'aide à la décision à partir de l'analyse de sol pour le choix des cultures et impact sur le système de culture ou de production.**
*Decision tool to choose crops according to the chlordecone (CLD) soil content and the incidence on cropping systems.*

Notons que toutes les parcelles ne sont pas contaminées et laissent de larges possibilités de mise en valeur, avec une nécessité de préserver les ressources et donc de privilégier des modes de production, plus économes en intrants de synthèse, voire sans pesticides.

## Systèmes culturaux et pollution des sols

La chlordécone a été appliquée sous forme solide (poudre à 5% complétée par du talc) au pied de chaque bananier à la dose « moyenne » de 30g de produit commercial/pied/Ha/an (soit 3kg de matière active/Ha/an). Il en résulte une forte variabilité spatiale intra-parcellaire des teneurs en chlordécone, des échelles métrique à centimétrique. Des travaux du sol répétés, postérieurs aux applications, ont pu homogénéiser la couche travaillée, en même temps qu'ils diluaient la molécule sur une épaisseur dépendant des outils utilisés et de leur conduite. Au contraire, sur les parcelles non

labourées, l'essentiel de la charge polluante est concentrée dans les premiers décimètres (Figure 13).

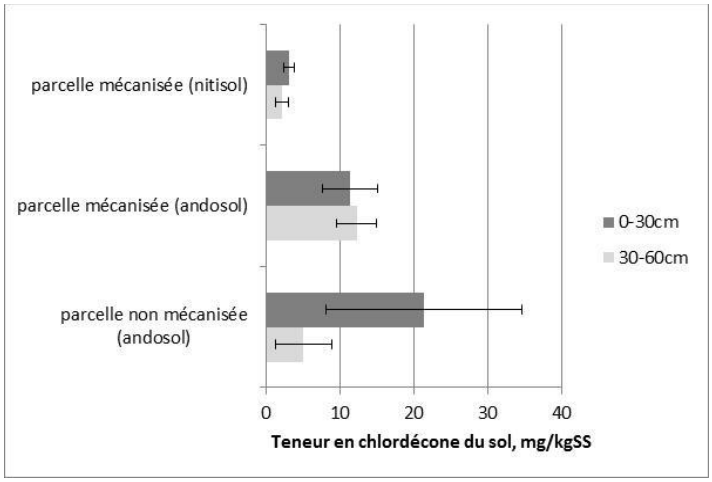



**Figure 13. Teneurs moyennes en chlordécone (mg/kgSol Sec) pour deux horizons (0-30cm et 30-60 cm) de systèmes de culture contrastés et de type de sol différents. Les parcelles mécanisées ont un travail du sol profond et fréquent (données Lesueur Jannoyer).**
*Mean chlordecone rate (mg/kg Dry Soil) of two soil horizons (0-30 cm and 30-60 cm) from contrasted cropping systems and soils. Mechanized fields have a deep and frequent tillage (data from Lesueur Jannoyer).*

Une très forte hétérogénéité des niveaux de pollution est constatée entre les parcelles du fait d'applications variables selon la pression parasitaire et le niveau d'intensification de l'exploitation. Le stock de polluant dépend des doses cumulées appliquées (Cabidoche *et al.*, 2009) mais il est sous-estimé si l'on ne considère que l'horizon 0-30cm du profil.
Le modèle de lessivage WISORCH (Cabidoche *et al.*, 2009) est construit sur des hypothèses simples (rétention de la chlordécone du sol en fonction du coefficient $K_{oc}$ de partage entre matière-organique du sol et eau, fraction lessivée proportionnelle à la quantité résiduelle adsorbée dans sol, absence de dégradation). Il simule de manière satisfaisante la pollution observée des sols en fonction d'estimations des quantités épandues et indique que la dissipation de la teneur en chlordécone dans les sols sera lente si aucun autre processus que le lessivage n'est impliqué. Ce modèle révèle également que pour des applications passées équivalentes, les nitisols sont pollués à des niveaux plus faibles que les andosols : la capacité de rétention des premiers apparaît plus faible que celle des seconds, à cause de $K_{oc}$ plus faibles (4000 contre 17500 L/kg). Cependant, à niveau de pollution équivalent, un nitisol sera plus contaminant pour l'environnement. Les durées de dépollution estimées par le modèle sont très longues (plusieurs décennies pour les nitisols, plusieurs siècles pour les andosols) et supposent une exposition chronique des ressources en eau et des écosystèmes (Cabidoche *et al.*, 2009). Si des travaux récents (Fernandez-Bayo *et al.,* soumis ; Fernandes *et al.,* 2010 ; Woignier *et al.,* 2009) confirment que la capacité d'un sol à retenir la chlordécone est liée à la teneur en matières organiques et à leur nature, les différences observées entre sols pourraient également s'expliquer par la nature des argiles qu'ils contiennent, les associations organominérales et les micro-organisations correspondantes : aluminosilicates en feuillets (kaolinite en plaquettes, halloysite en tubules) pour les nitisols, et gel organo-minéral amorphe (allophane en sphérules de structure fractale) pour les andosols (Woignier *et al.,* 2007) (Figure 14).

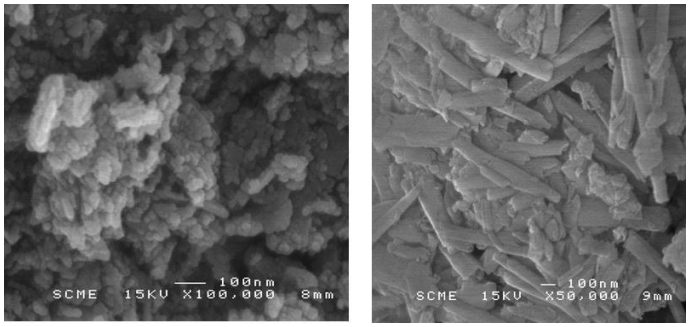
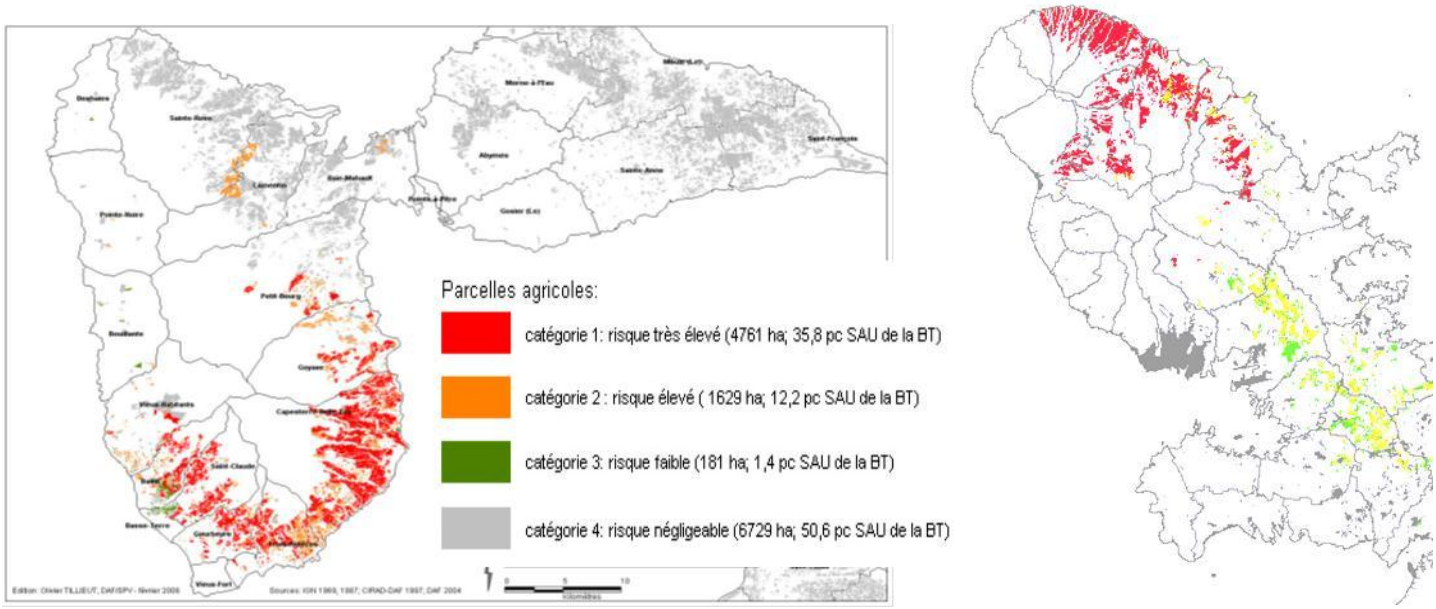



**Figure 14. Photographie en microscopie électronique à balayage de deux types d'argiles (allophane en glomérules (a) et kaolinite en feuillets (b)) contenues respectivement dans les andosols et les nitisols (crédit photo T Woignier).**
*Scanning electron microscopy (SEM) of two types of clay (allophanes (a) and kaolinite (b)) respectively contained in andosol and nitisol (photo from T Woignier).*

L'ensemble de ces résultats, obtenus à l'échelle de la parcelle, expliquent la variabilité de la pollution à l'échelle de la région agricole. La cartographie des teneurs en chlordécone dans la couche 0-30 cm sur une petite zone de production (rivière Pérou, Capesterre, Belle Eau, Guadeloupe) rend bien compte de cette variabilité spatiale (de la non détection à près de 20mg/kg Sol Sec) selon l'intensification des systèmes de culture mais aussi le type de sol. Par exemple, le niveau de contamination moyen de la zone en petite agriculture familiale sur nitisols est de 1.4 mg/kg (min=0.031 max = 3.84) alors qu'elle est de 8.9 mg/kg (min=4.61 max=13.2) sur une exploitation intensive

sur andosols. À l'échelle territoriale, une cartographie du risque de présence de pollution a été établie à partir de cartes d'occupation du sol par les bananeraies et des types de sols. Elle aboutit à un risque de pollution sur 1/5ème de la Surface Agricole Utile en Guadeloupe et sur les 2/5èmes en Martinique (Figure 15) (Desprats *et al.,* 2004 ; Tillieut et Cabidoche, 2006). À l'échelle du territoire, ces cartographies du risque sont satisfaisantes, mais à l'échelle de la parcelle, l'analyse du sol est obligatoire pour connaître le niveau de pollution du sol.




**(a) Guadeloupe** **(b) Martinique**

**Figure 15. Carte de risque de pollution par la chlordécone en Guadeloupe (a) et en Martinique (b). Rouge risque élevé, vert risque faible (Tillieut et Cabidoche, 2006 et Desprats *et al.*, 2004).**
*Risk map of chlordecone soil pollution in Guadeloupe (a) and Martinique (b). Red: elevated risk, green: low risk (Tillieut et Cabidoche, 2006 and Desprats et al., 2004).*

Les éléments présentés permettent de situer les pratiques agricoles par rapport à la contamination des sols. En premier lieu, les pratiques de travail du sol apparaissent particulièrement néfastes et problématiques pour une maîtrise ultérieure de la pollution. En effet, la répartition de la molécule sur l'ensemble du profil travaillé (i) soustrait une partie de la chlordécone à toute possibilité de dégradation par voie biologique ; (ii) obère également les possibilités de remédiation ultérieures du fait de l'augmentation des volumes de sols contaminés à traiter ; (iii) favorise sans doute la dispersion de la molécule vers les nappes alors que la rétention de la molécule des horizons profonds diminue du fait de leur plus faible teneur en matières organiques. Deuxièmement, la gestion du taux de matière organique, semble être un point important à prendre en compte pour la proposition de pratiques culturales visant à éviter la dispersion de la chlordécone dans l'environnement (Woignier *et al.,* 2011). Des recherches engagées dans le projet CHLORDEXCO s'intéressent à la relation entre la chlordécone et les types de matières organiques (Fernandez-Bayo *et al.,* soumis). Des travaux complémentaires sont en cours sur l'impact d'apports de différents types de matières organiques sur le transfert de la molécule vers les productions végétales (Fernandes *et al.,* 2010).

## Systèmes de culture et transferts vers l'environnement

Les sols ayant été traités à la chlordécone sont le principal réservoir de pollution, le vecteur de contamination environnementale majeur est l'eau. Le niveau de pollution de chaque parcelle, sa nature (type de sol, pente), les pratiques appliquées (travail du sol et états de surface) et sa situation (proximité d'un cours d'eau et d'autres parcelles polluées) sont des facteurs qui peuvent influer sur la dispersion de la pollution au sein du profil cultural mais également vers les écosystèmes aquatiques.
Les études menées en Guadeloupe dans le cas des bananeraies montrent que les systèmes de culture peuvent influer à différents niveaux sur les trans-

ferts d'eau et de pesticide associés. Un des premiers éléments est la redistribution de la pluie par le couvert végétal. Sur bananier, les résultats ont montré un écoulement par le tronc de la pluie interceptée par le couvert considérable (stemflow), l'intensité pluviométrique au pied des bananiers se trouvant multipliée par un coefficient de 28 par rapport à la pluie incidente (Cattan *et al*., 2007). À l'échelle de la parcelle, cette concentration favorise le ruissellement (Cattan *et al.,* 2006) et augmente le drainage au pied du bananier, là où sont épandus les intrants potentiellement polluants. De fait, les pertes par drainage sur ces sols volcaniques très infiltrants sont majoritaires par rapport au ruissellement. Dans le cas d'un nématicide, le cadusafos, elles se font à 67% par drainage au pied du bananier (Saison *et al .,* 2008). Ainsi ces conditions, reprises dans le modèle WISORCH présenté précédemment, accordent une importance particulière au transport par voies souterraines à l'échelle parcellaire. Les études menées à l'échelle d'un petit bassin du volcanisme récent (Haut Féfé versant sud, < 100 ha) vont dans le même sens. D'un point de vue hydrologique, elles montrent que les voies de circulation des eaux sont principalement souterraines (90% des précipitations s'infiltrent) dans des formations géologiques très hétérogènes (Charlier *et al.,* 2008 ; Charlier *et al.,* 2011). Un premier modèle spatialisé a été élaboré à partir du modèle MHYDAS (Moussa *et al.,* 2002), et permet de rendre compte de l'effet potentiel des systèmes culturaux (par exemple l'occupation du sol par des bananeraies) sur les écoulements à l'échelle du bassin versant (Charlier, 2007). Du point de vue de la dispersion des polluants, les études réalisées ont permis de mettre en évidence, sur ce petit bassin d'andosols, et pour le cadusfos, des contaminations de deux types : soit fugace et mineure associée au transport par ruissellement de surface, soit chronique et associée au drainage de la nappe superficielle contaminée, de loin la plus importante en quantité (Charlier *et al.,* 2009).

Ainsi les conditions particulières des milieux antillais à forte pluviométrie, dotés de sols filtrants, favorisent un transport par voie souterraine des polluants. Dans ces conditions des modifications des pratiques culturales peuvent permettre de mieux gérer les exportations de produits polluants actuellement apportés en parcelle (délocalisation des épandages, cultures à plat évitant la concentration des eaux, etc.). En revanche, il paraît difficile de réduire le transfert de la chlordécone, fixée dans le sol et donc essentiellement candidate au transport par percolation, car il faudrait favoriser un ruissellement intense non maîtrisable.

Les études en cours visent à caractériser plus spécifiquement le mode de dispersion de la chlordécone. Les suivis de transferts sont réalisés à l'échelle de la colonne de sol, de la parcelle et du bassin versant ressource. À cette dernière échelle, un des enjeux majeurs est de déterminer la contribution des eaux souterraines à la contamination de la rivière ainsi que leur relation avec le niveau de contamination des sols agricoles. Ceci pourrait permettre un traitement spécifique et ciblé des zones ou masses d'eau les plus contaminées.

L'analyse des processus de transfert à l'échelle du bassin versant sera complétée par de nouveaux projets et une analyse comparative entre des zones contrastées de Guadeloupe et de Martinique. L'instrumentation de nouvelles zones est actuellement initiée (projet OPA-C[14] du Plan National d'Action Chlordécone 2011-2013) avec pour objectif la mise en place d'un système de suivi à long terme des processus de transfert de la chlordécone, notamment par les matières en suspension issues de l'érosion de sols lors des phénomènes pluvieux. Ce dispositif devrait également permettre, à moyen terme, de tester l'efficacité de techniques de remédiation.

## Quels impacts sur les écosystèmes ?

La faune aquatique d'eau douce est la première impactée, à des teneurs très supérieures à celles des espèces marines. Les crevettes et poissons des eaux douces antillaises approchent les records mondiaux de contamination par la chlordécone avec des valeurs atteignant 3 000 à 5 000 µg/kg PF en moyenne dans la chair des crevettes tropicales (Atyidae 'cacadors' ou 'boucs' et Palaemonidae 'ouassous' ou 'z'habitants'), 5 000 à 10 000 µg/kg PF en moyenne dans la chair des poissons des rivières contaminées et jusqu'à près de 40 000 µg/kg PF dans le foie de poissons carnivores (Eleotridae) (Monti 2005, 2006, 2007). Les caractéristiques migratrices de la quasi-totalité des espèces d'eau douce antillaises (espèces

[14] Projet OPA-C : Observatoire des pollutions aux Antilles : application à la Chlordécone.

diadromes[15]) jointes à une contamination massive ont conduit les services de l'état à interdire la pêche pour consommation et commercialisation sur tout leur linéaire de la majeure partie des rivières de Guadeloupe et de Martinique.

Pour les espèces de rivière, la distribution préférentielle entre muscle et viscères (hépatopancréas ou foie) montre une accumulation générale à tout l'organisme avec une préférence pour le tissu musculaire chez les crevettes Atyidae, le céphalothorax (hépatopancréas) chez les crevettes Palaemonidae et le foie chez les poissons. La mise en rapport de ces contaminations avec les données de concentration en chlordécone acquises dans les mêmes rivières, en Guadeloupe, révèle que les facteurs de bioconcentration ($BCF_{eau}$) observés aux Antilles atteignent la gamme des valeurs bibliographiques extrêmes, avec x 10 802 et x 16 543 la teneur chronique dans l'eau chez deux poissons d'eau douce (Monti, 2005).

Pour permettre la comparaison entre hydrosystèmes, une espèce-index, très largement répartie et abondante a été retenue : *Macrobrachium faustinum* (Palemonidae, voir photo 1).

**Photo 1. Espèce index *Macrobrachium faustinum* (photo de E Vigneux).**

*Index specie Macrobrachium faustinum (photo E Vigneux).*

Le coefficient de bioconcentration, toutes rivières et situations confondues, s'échelonne chez cette espèce entre 500 fois et 5500 fois la quantité moyenne de chlordécone présente dans l'eau (Monti, 2008). Ces résultats montrent que la concentration du polluant est, chez *Macrobrachium faustinum*, plus qu'une caractéristique liée à l'espèce, une valeur très dépendante des conditions environnementales (teneurs dans l'eau, sédiments, contamination des aliments, etc.) ou encore physiologiques (âge, sexe, etc.). Ils révèlent aussi que les espèces d'eau douce aux Antilles peuvent être très chargées en polluant, dans des eaux à teneurs chroniques très faibles voire inférieures au seuil analytique.

Coat *et al.* (2011) ont par ailleurs démontré que, dans une rivière très contaminée de Guadeloupe, le niveau de contamination des organismes dépend de la position des espèces au sein du réseau trophique et de leur habitat. Pour les adultes, après leur retour en rivière, le niveau de contamination augmente au sein des chaînes trophiques, avec des teneurs maximales mesurées pour les espèces carnivores n haut de réseau (anguille).

La mise en rapport de ces éléments avec ceux de la bibliographie acquis lors de l'accident du site de production d'Hopewell et les conséquences pour la James River et la Baie de Chesapeake (Virginie, USA) ont permis de proposer une valeur de «clean-up index», valeur de concentration en chlordécone dans l'eau pour laquelle la biocontamination serait en moyenne inférieure aux LMR (20 µg/kg PF). Cette concentration est proposée (moyenne sur 24h) inférieure à 0.004µg/l (Monti, 2008), soit deux fois moins importante que celle fixée par l'USEPA (inférieure ou égale à 0.008µg/l, USEPA 1978, révisé en 2009).

De nouvelles campagnes de mesures sont actuellement ciblées sur différents sites d'un bassin versant (rivière Pérou, Capesterre) afin de déterminer les niveaux d'accumulation sélective de la molécule par la carapace et de mener une analyse démographique des populations de *Macrobrachium faustinum*. L'approche biométrique est couplée à une évaluation des perturbations physiologiques, *via* la mesure de biomarqueurs par les équipes de l'Inra de Rennes et de l'Université du Havre. Quatre biomarqueurs enzymatiques et deux marqueurs hormonaux ont été choisis pour rendre compte d'une part de l'exposition des organismes mais également des effets induits par cette exposition.

La molécule a également été détectée à des niveaux très inférieurs sur des organismes marins (coraux, poissons, crustacés), les plus contaminés étant les crustacés et les espèces carnivores ou détritivores avec des variations importantes entre espèces (Coat *et al.* 2006). Les espèces herbivores semblent moins affectées. Les espèces marines élevées en cages ne sont, pour l'heure, pas concernées par la contamination.

En ce qui concerne la pédofaune, peu de données sont actuellement disponibles tant sur les niveaux de contamination des communautés et des diffé-

[15] Qui exigent un passage en eau saumâtre ou en eau de mer pour effectuer leur cycle de vie.

rents maillons des chaînes trophiques que sur la modification globale des systèmes.

## Vers une remédiation de la pollution ?

La solution la plus évidente pour traiter des sols pollués serait de décaper la partie la plus affectée. Dans certains cas de sols non labourés (bananeraies pérennes), on pourrait envisager de diminuer de 80% la charge polluante en décapant les sols de 20 cm. Les surfaces concernées seraient faibles, probablement moins de 50 ha sur les deux îles, mais impliqueraient une baisse de fertilité agronomique importante et un accroissement du risque d'érosion. Dans toutes les autres situations de pollution, la diminution de la charge polluante de 80% supposerait de décaper au minimum 50 à 60 cm de terre correspondant à des volumes de terre impressionnants à traiter (des millions de $m^3$). Elle s'accompagnerait d'une perte totale de fertilité des parcelles après décapage. Une telle solution est à l'évidence irréaliste, le traitement *in situ* des parcelles est donc privilégié.

Même si la chlordécone pénètre dans les végétaux, aucune espèce n'a encore été identifiée comme étant capable d'une capture active, suffisante pour envisager des solutions de phytoextraction. Cependant cette capacité à extraire ou transformer la chlordécone du sol n'a pas été testée pour toute la diversité des espèces végétales.

La réduction de la diffusion de la molécule dans l'environnement pourrait être envisagée *via* la gestion de la matière organique du sol, par l'utilisation de biochars[16] ou de composts ligneux pour « intercepter » la molécule ou du moins prolonger son stockage dans le sol. En laboratoire, l'ajout de matières organiques au sol permet de réduire le transfert vers les cultures pour deux types de sol (nitisol et andosol) (Lesueur Jannoyer *et al.,* 2009) et de séquestrer plus fortement la molécule dans les sols (Woignier *et al.,* 2011). Ces dispositifs sont actuellement testés au champ. La diffusion de la molécule pourrait également être réduite *via* une couverture végétale continue (dans le temps et dans l'espace) des parcelles par l'introduction de plantes de services pour limiter le transport solide issu de zones vulnérables (zone nitisol, parcelle nue et pentue). Ces systèmes sont en cours de développement et ne sont donc ni validés, ni engagés dans l'innovation à ce jour. Leur adoption devra s'accompagner d'une technicité élevée de la part des opérateurs.

Si la dégradation microbienne semble possible en conditions anaérobies (Macarie et Dolfing, 2011), ces conditions ne correspondent pas aux conditions physico-chimiques naturelles des sols cultivés. Des équipes de recherche sont mobilisées afin d'explorer les voies de dégradation à privilégier. Des techniques de création de conditions réductrices localisées autour de micro-particules de métaux de valence nulle sont en cours d'étude (Dictor *et al.,* 2011), et les résultats sont encourageants mais non encore opérationnels sur le terrain. Par ailleurs, la mobilisation de chlordécone ou de ses métabolites, dont on connaît mal les propriétés, pose question et pourrait avoir un impact environnemental mal évalué aujourd'hui.

Pour toutes ces raisons, la remédiation de cette pollution doit prioritairement passer par des solutions de gestion qui permettent d'en minimiser l'impact et la rendre compatible avec les questions de santé publique, et si possible celles de la santé des écosystèmes d'aval (Clostre *et al*., 2010).

## Conclusion

La pollution des sols pollués par la chlordécone aux Antilles est durable : la dépollution par lessivage est lente, les procédés de dégradation ne sont pas opérationnels, même s'ils font l'objet d'un gros effort de recherche pluri-organismes. Il faudra donc gérer cette pollution.

La connaissance des mécanismes de transfert de la molécule des sols vers les systèmes naturels et agricoles ainsi que celle des impacts sur la santé humaine et des écosystèmes sont des points clés de la gestion de cette pollution. Ces points sont actuellement développés par des équipes de recherche locales et métropolitaines.

Les modifications des agrosystèmes induites par la pollution des sols portent essentiellement sur le choix de cultures sans risque de contamination au-dessus de la LMR à l'aide d'un outil de gestion et les possibilités de substitution de certaines cultures. Un tel outil est plus complexe à mettre en œuvre pour les productions animales, mobiles et ayant la propriété de bioconcentrer la molécule.

Les recherches s'orientent vers des modifications plus profondes des agrosystèmes ou des pratiques, qui combinent productivité agricole, sécu-

[16] Charbons sous forme granulés, ayant une structure et des propriétés physico-chimiques spécifiques selon le végétal d'origine.

rité sanitaire et services environnementaux. La gestion des matières organiques et de la couverture du sol sont des volets clés qui pourront être testés dans des systèmes innovants pour réduire la dispersion du polluant. Dans le contexte antillais, le processus de transfert de la molécule de chlordécone du sol vers les nappes est lui peu maîtrisable. Les enjeux sont alors de (i) déterminer les liens entre pollution des sols et pollution des nappes afin de cibler les zones prioritaires à traiter ; (ii) d'évaluer la contribution de ces nappes à la contamination des eaux de rivière et (iii) d'évaluer l'exposition et les conséquences sur les écosystèmes aquatiques.

Les études conduites aux Antilles apportent un éclairage nouveau sur cette molécule, les processus de transferts et plus globalement sur la gestion d'une pollution agricole chronique et durable : ses effets directs sur les systèmes de production et réciproquement l'influence des systèmes de culture sur sa dispersion environnementale et ses impacts sanitaires et écologiques (plantes et animaux). Connaître les mécanismes de transfert et le devenir de la molécule dans l'environnement et les chaînes alimentaires est un enjeu important d'une gestion sanitaire et environnementale intégrée.

Tant en Guadeloupe qu'en Martinique, la majorité de la SAU n'est cependant pas polluée. Sur ces surfaces indemnes de chlordécone, afin d'éviter les erreurs du passé, il convient de mettre en œuvre des systèmes de culture ou d'élevage favorisant les régulations physiques et biologiques, maîtrisant les niveaux d'intrants et leur devenir environnemental.

**Remerciements**

Les résultats présentés ont été obtenus dans le cadre de projets soutenus financièrement par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (projet BANENVORCH), l'Agence Nationale de la Recherche (référence ANR-08-CES-004-01, projet CHLORDEXCO), le Conseil Régional de la Martinique (projet Balisier), le Ministère de l'Outre-Mer (projet IRD, Cirad, PRAM 2007-2009) et les contributions du Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur au Plan National Chlordécone 2008-2010 (actions 8 et 30). Nous remercions les laboratoires (LDA26, LDA972, Université de Liège) pour les très nombreuses analyses réalisées. Nous tenons à remercier tout particulièrement le personnel technique qui, sur le terrain ou au laboratoire, a réalisé les suivis d'expérimentations, les mesures et les préparations d'échantillons et nous a permis d'obtenir un ensemble de données cohérentes et uniques.

## Bibliographie

Achard, R., Cabidoche, Y.M., Caron, A., Nelson, R., Duféal, D., Lafont, A., Lesueur Jannoyer, M. 2008. Contamination des racines et tubercules cultivées sur sol pollué par la chlordécone aux Antilles, *Cahiers du PRAM n°7*, p 45-50

Ahmad, R., Kookana, R.-S., Alston, A. M., Skiemstad, I. O. 2001. The nature of soil organic matter affects sorption of pesticides. 1. Relationships with carbon chemistry as determined by 13C CPMAS NMR spectroscopy. *Environmental Science and Technology* 35(5): 878-884

ATSDR. 1995. Toxicological profile for Mirex and Chlordecone. U.S. Department of Health and Human services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Georgia, Atlanta, updated 2009. http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp66.pdf

Bahner L.H., Wilson, A.J., Jr, Sheppard, J.M., Patrick, J.M., Jr, Goodman, L.R., Walsh, G.E. 1977. Kepone bioconcentration, accumulation, loss, and transfer through estuarine food chains. *Chesapeake Sci*., 18: 299-308

Cabidoche, Y.-M., Clermont-Dauphin, C., Lafont A., Cattan, P., Sansoulet, J., Achard, R., Caron, A., Chabrier, C. 2006. Stockage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles : relation avec les systèmes de culture. Rapport final de contrat de recherche, AP « Pesticides » 2002, MEDDD. UR 1321 ASTRO, INRA, 99p

Cabidoche, Y.-M., Achard, R., Cattan, P., Clermont-Dauphin, C., Massat, F., Sansoulet, J. 2009. Long term pollution by chlordecone of tropical volcanic soils in the French West Indies: a simple leaching model accounts for current residue contents. *Environmental Pollution*, 157: 1697-1705

Cabidoche Y.-M., Lesueur Jannoyer M. Contamination of root crop harvested organs by soil chlordecone pollution. *Pedosphère* (accepté)

Cattan, P., Bussiere, F., and Nouvellon, A., 2007.Evidence of large rainfall partitioning patterns by banana and impact on surface runoff generation. *Hydrological Processes*, 21(16): 2196-2205

Cattan, P., Cabidoche, Y.-M., Lacas, J.-G., Voltz, M. 2006. Occurrence of runoff on high infiltrability andosol under two banana cropping systems. *Soil Tillage Research*, 86 (1) : 38-51

Charlier, J.-B. 2007. *Fonctionnement et modélisation hydrologique d'un petit bassin versant cultivé en milieu volcanique tropical*. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier 2, 246p.

Charlier, J.-B., Cattan, P., Voltz, M., Moussa, R. 2009. Transport of a nematicide in surface and ground waters in a tropical volcanic catchment. *Journal of Environmental Quality*, 38 :1031-1041

Charlier, J.-B., Cattan, P., Moussa, R., Voltz, M. 2008. Hydrological behaviour and modelling of a volcanic tropical cultivated catchment. *Hydrological Processes*, 22(22) :4355-4370

Charlier, J.-B., Lachassagne, P., Ladouche, B., Cattan, P., Moussa, R., and Voltz, M., 2011. Structure and hydrogeological functioning of an insular tropical humid andesitic volcanic watershed: A multi-disciplinary experimental approach. *Journal of Hydrology*, 398(3-4) : 155-170

Clostre, F., Lesueur Jannoyer, M., Cabidoche, Y.M. 2010. *Conclusions de l'Atelier « Remédiation à la pollution par la chlordécone aux Antilles » 17-19 mai 2010, Martinique - 20-22 mai 2010, Guadeloupe*, Cirad, 36p + annexes

Clostre, F., Lesueur Jannoyer, M., Turpin, B. 2011. *Impact des modes de préparation des aliments sur l'exposition des consommateurs à la chlordécone. Rapport final projet JAFA*. Cirad, mars 2011, 147p + annexes

Coat, S., Bocquené, G., Godard, E. 2006. Contamination of some aquatic species with the organochlorine pesticide chlordecone in Martinique. *Aquat. Living Resour*. 19 (2) : 181-187

Coat S., Monti D., Legendre P., Bouchon C., Massat F., Lepoint G. 2011. Organochlorine pollution in tropical rivers (Guadeloupe) : role of ecological factors in food web bioaccumulation. *Environmental Pollution* 159 : 1692-1701

Collins, C.D., Martin, I., Doucette, W. 2011. Plant uptake of xenobiotics. *In* Schröder P. and Collins C.D. (eds). *Organic xenobiotics and plants: from mode of action to ecophysiology,* Plant ecophysiology 8. Springer Science : 3-16. DOI 10.1007/978-90-481-9852-8_1

Desprats, J.F., Comte, J.P., Chabrier, C. 2004. *Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés. Rapport Phase 3.* BRGM RP 53262 FR, Orléans, 23 p, 10 ill., 6 cartes

Dictor, M.C., Mercier, A., Lereau, L., Amalric, L., Bristeau, S., Mouvet, C. 2011. *Décontamination de sols pollués par la chlordécone. Validation de procédés de dépollution physico-chimique et biologique, étude des produits de dégradation et amélioration de la sensibilité analytique pour la chlordécone dans les sols.* Rapport final. BRGM/RP-59481-FR, 201p.

Dubuisson, C., Héraud, F., Leblanc, J.-C., Gallotti, S., Flamand, C., Blateau, A., Quenel, P., Volatier, J.-L. 2007. Impact of subsistence production on the management options to reduce the food exposure of the Martinican population to chlordecone. *Regulatory Toxicology and Pharmacology,* 49 : 5-16

Fernandes, P., Jannoyer-Lesueur, M., Soler, A., Achard, R., Woignier, T. 2010. Effects of clay microstructure on chlordecone retention in volcanic tropical soils: consequences on pesticide lability and plant contamination. In: *19th World Congress on Soils Science*, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010

Fernandez-Bayo, J.D., Saison, C., Geniez, C., Voltz, M., Vereecken, H., and Berns, A.B., Sorption characteristics of chlordecone and cadusafos in tropical agricultural soils. *Journal of Environmental Quality*, (soumis)

Fintz, M. 2009. L'autorisation du chlordécone en France 1968 - 1981. Article de synthèse. *AFSSET*, Maison Alfort. Décembre 2009. 21p.

Guldner, L., Multigner, L., Héraud, F., Monfort, C., Thomé, J.P., Giusti, A., Kadhel, P., Cordier, S. 2010. Pesticide exposure of pregnant women in Guadeloupe: ability of a food frequency questionnaire to estimate blood concentration of chlordecone. *Environmental Research*, 110 : 146–151

Joly, P.B., 2010. La saga du chlordécone aux Antilles françaises. Reconstruction chronologique 1968-2008. *Rapport du projet AFSSET action 39 du Plan National Chlordécone 2008-2010*. Inra Unité Sens en Sociétés, Paris. Juillet 2010. 82p.

Lesueur Jannoyer, M., Carles, C. 2010. Evaluation de la contamination par la chlordécone et de son transfert dans les cultures sur l'habitation « Balisier » à Morne Rouge, *Rapport final Projet Conseil Régional – PRAM 2008-2009,* Cirad, Martinique, 48p.

Lesueur Jannoyer, M., Carles, C., Michel, S. 2009. Évaluation de la contamination par la chlordécone et de son transfert dans les cultures sur différents sols des Antilles, *Rapport final Ministère de l'Outre-Mer* ; octobre 2009, Cirad, Martinique, 53p.

Lesueur Jannoyer, M., Woignier, T., Achard, R., Calba, H. 2009. Pesticide transfer from soils to plants in tropical soils: influence of clay microstructure. In *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, 19-23 November 2009, New Orleans, USA

Macarie, H. et Dolfing, J. 2011. La chlordécone est-elle véritablement réfractaire à une dégradation microbienne ? *Cahiers du PRAM*, 9/10 : 25-30

Monti D. 2005. Évaluation du niveau de contamination des organismes aquatiques d'eau douce par les pesticides, en Guadeloupe. *Convention Direction Régionale de l'Environnement Guadeloupe*. 35 pages + annexes

Monti D. 2006. Évaluation de la contamination des Crustacés et des Poissons d'eau douce en Guadeloupe : compléments d'étude. *Convention UAG/Direction Régionale de l'Environnement Guadeloupe*. 16 pages + annexes

Monti D. 2007. Biocontamination en Chlordecone, β-Hexachlorocyclohexane et Cadusaphos des Crustacés et Poissons d'eau douce, en Guadeloupe. *Convention UAG/Direction Régionale de l'Environnement Guadeloupe*. 36 pages + annexes

Monti, D. 2008. Évaluation de la bio-contamination en Chlordecone de crustacés et poissons de rivières du Nord-Ouest de la Basse-Terre, et synthèse à l'échelle de la Guadeloupe. *Convention UAG/Direction Régionale de l'Environnement Guadeloupe*. 31 pages + annexes

Moussa, R., Voltz, M., and Andrieux, P. 2002. Effects of the spatial organization of agricultural management on the hydrological behaviour of a farmed catchment during flood events. *Hydrological Processes*, 16(2) : 393-412

Multigner, L., Cordier, S., Kadhel, P., Huc-Terki, F., Blanchet, P., Bataille, H., Janky, E. 2007. Pollution par le chlordécone aux Antilles : Quel impact sur la santé de la population ? *Environnement Risques et Santé*, 6 : 405-407

Multigner, L., Ndong, Giusti, A., Romana, M., Delacroix-Maillard, H., Cordier, S., Jégou, B., Thome J.P., Blanchet P.

2010. Chlordecone exposure and risk of prostate cancer. *Journal of Clinical Oncology,* 28(21) : 3457-3462

Orndorff, S.A. et Colwell, R.R., 1980. Microbial transformation of Kepone. *Appl. environ. Microbiol*., 39 : 398-406

Risk Assessment Information System (RAIS). 2006. *Toxicity and Chemical-Specific Factors Data Base (Kepone)*. from http://risk.lsd.ornl.gov/cgi-bin/tox/TOX_9801.

Saison, C., Cattan, P., Louchart, X., and Voltz, M. 2008. Effect of Spatial Heterogeneities of Water Fluxes and Application Pattern on Cadusafos Fate on Banana-Cultivated Andosols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 56(24) : 11947-11955

Tillieut, O., Cabidoche, Y.-M., 2006. *Cartographie de la pollution des sols de Guadeloupe par la chlordécone : Rapport technique.* DAAF-SA & INRA-ASTRO, Abymes, 23p.

UNEP, Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Persistent Organic Pollutants Review Committee, 2007. *Draft Risk Management Evaluation for Chlordecone*, UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.10 (2007)

US EPA. 2009. *Toxicological review of chlordecone (kepone) CAS No. 143-50-0*. In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). EPA/635/R-07/004F, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, September 2009

Xing, B. 2001. Sorption of naphthalene and phenanthrene by soil humic acids. *Environmental Pollution,* 111(2) : 303-309

Woignier, T., Achard, R., Fernandes, P., Soler, A., Rangon, L., Lesueur Jannoyer, M. 2009. Impact des propriétés structurales et du statut organique des sols de Martinique sur les contaminations des eaux par les pesticides et leur transfert vers les cultures alimentaires. Cas du chlordécone sur andosol et sol brun rouille à halloysite en Martinique. *Rapport final Programme de Recherche financée par le Ministère de l'Outre-Mer,* novembre 2009, IRD-Cirad PRAM, 107 pages

Woignier, T., Fernandes, P., Lesueur Jannoyer, M., Soler, A. 2011. Influence of clay microstructure and organic matter on chlordecone sequestration in volcanic soils. *(ISMOM) International Symposium of Interactions of Soil Minerals with Organic Components and Microorganisms*. Montpellier, France, 24-29 juin 2011

Woignier, T., Pochet, G., Doumenc, H., Dieudonne, P., Duffours, L. 2007. Allophane: a natural gel in volcanic soils with interesting environmental properties. *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 41 : 25-30

Article

# Éléments trace métalliques et épandage de produits organiques à la Réunion

**B. Collin, E. Doelsch, H. Saint Macary**

*CIRAD, UPR Recyclage et risque,*
*F-34398 Montpellier, France*
*E-mail auteur correspondant :*
*doelsch@cirad.fr*

**Résumé**
Des recherches sur la provenance et le comportement des éléments trace métalliques (ETM) des sols et des déchets recyclables en agriculture ont été menées à la Réunion. Elles ont permis de fournir les bases de dérogations aux règlementations mises au point dans le contexte hexagonal. Cette évolution modifie les possibilités de recyclage des produits résiduaires organiques présents dans l'île et entraîne de nombreuses concertations entre le monde agricole et la société civile.

**Mots-clés**
Éléments trace métalliques, produits résiduaires organiques, norme, La Réunion, risque environnemental.

**Abstract**
Research on the origin and the behaviour of trace metals in soils and agricultural wastes were conducted in Reunion Island (French overseas territory). They provided the basis for derogations under the French rules which apply in this territory. This creates an evolution in which recycling of organic wastes is made possible in considerably different conditions. This new situation generates numerous exchanges between the various actors involved in such activities.

**Keywords**
Trace metal elements, organic wastes, norms, Reunion Island, environmental risk.

## Éléments de contexte agricole et législatif

Afin d'assurer à notre société un développement durable, il est impératif de trouver des solutions de gestion des déchets en particulier les déchets organiques. Parmi les solutions disponibles actuellement, citons l'utilisation de ces déchets comme fertilisants ou amendements, comme source d'énergie (électricité, méthane, etc.) ou production de produits chimiques (alcools, acides organiques, etc.). Du point de vue de la gestion des déchets, le recyclage agricole est une solution qui permet de valoriser des déchets d'origines variées : agricoles (lisier, fumier, fiente, etc.) ; urbaines (composts, boues d'épuration) et agro-industrielles (vinasses produites par les industries de fermentation). Le recyclage agricole permet (i) de bénéficier de la valeur fertilisante des déchets ce qui permet une substitution partielle ou totale des engrais minéraux ; (ii) d'améliorer la qualité et la quantité de matière organique des sols cultivés ; (iii) d'améliorer les propriétés physiques de ces sols et (iv) d'augmenter l'activité de la microflore et de la faune. En dépit de ces avantages, certains inconvénients qui peuvent freiner le développement de cette pratique demeurent. Ils comprennent : l'intégration de cette pratique dans la conduite des exploitations, la viabilité économique, l'organisation logistique, l'acceptation par la société (nuisance, impact environnemental) et le respect des réglementations environnementales.

Afin de prendre en compte les spécificités culturales, climatiques et pédologiques du milieu tropical de l'île de La Réunion, la Chambre d'Agriculture de La Réunion (MVAD : mission de valorisation agricole des déchets) et le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad) ont entrepris depuis 1996 de caractériser les déchets organiques produits sur l'île ainsi que d'établir une typologie de leurs usages agronomiques possibles. Cette typologie se base sur les teneurs en carbone (C), en azote (N), phosphore (P) et potassium (K), les indices de stabilité biochimiques, la caractérisation biochimique de la matière organique et les dynamiques de minéralisation C et N des matières organiques. La valorisation de ce travail s'est traduite en 2006 par la préparation d'un guide pratique d'utilisation des matières organiques destiné aux agriculteurs réunionnais (Chabalier *et al.*, 2006).

L'efficience agronomique et environnementale du recyclage agricole doit non seulement être basée sur l'étude de la qualité d'un point de vue chimique des matières organiques ajoutées mais également sur la quantité et les flux des nutriments apportés, et des polluants potentiels. Parmi ces polluants, les éléments traces métalliques (ETM) doivent être examinés attentivement en dépit de leur faible représentation dans la croûte terrestre (0,6 % en masse). En effet, la plupart d'entre eux présentent la double propriété d'être des oligoéléments et des éléments potentiellement toxiques pour les règnes végétal et animal.

Certaines dispositions législatives permettent d'ores et déjà de limiter ces impacts notamment :

- les normes pour les amendements organiques (NF U44-051 et NF U44-095) dont l'application est obligatoire et qui précisent les teneurs maximales autorisées en ETM dans les apports d'amendements organiques,
- le décret n°97-1133 du 8 décembre 1997, complété par l'arrêté du 8 janvier 1998 qui fixe les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues de station d'épuration (STEP) sur les sols agricoles. Ces textes fixent entre autres les valeurs limites de concentration en ETM dans les boues et les sols avant épandage

## Spécificité de la situation à La Réunion

Avant 2004, les études conduites à La Réunion dans le cadre du recyclage agricole des déchets organiques ont essentiellement consisté à caractériser leurs propriétés agronomiques. Aucune évaluation des risques environnementaux liés aux pratiques de fertilisation organique n'avait été entreprise dans le cadre de l'agriculture réunionnaise. Les questions scientifiques que nous avons alors abordées sont issues de plusieurs spécificités de l'île de La Réunion. L'île est marquée par une forte croissance démographique qui se traduit par une intensification des activités agricoles, industrielles et urbaines. Il en découle une augmentation considérable de la production de déchets. Le gisement des matières organiques pour épandage à La Réunion est estimé en 2007 à 837 804 tonnes (données : http://www.mvad-reunion.org). Les effluents d'élevage (752 144 tonnes) constituent le premier gisement de produits organiques, et l'on prévoit un accroissement de près de 30 % de ces effluents durant la décennie à venir. Le défi posé à l'agriculture par le problème des effluents d'élevage est bien réel, car les possibilités de valorisation sont limitées par un ensemble de contraintes, liées en particulier aux fortes contraintes topographiques (pentes fortes) et au mitage important et croissant du territoire. Par ailleurs, les composts ne représentent qu'une faible proportion du gisement des matières organiques pouvant être épandues à La Réunion (environ 6 662 tonnes), il s'agit néanmoins d'une filière en plein essor. En effet, la quasi-totalité des communes réunionnaises prévoit à court terme de se doter de plateformes de compostage afin de faire face à l'augmentation de la production de déchets verts. Enfin les boues de station d'épuration constituent un troisième gisement de matières organiques en progression très rapide : la construction accélérée des stations d'épuration (STEP) dans toutes les communes de l'île, dont beaucoup n'étaient même pas équipées, conduit à l'irruption de ces déchets d'origine urbaine dans les produits disponibles pour les agriculteurs.

La connaissance des concentrations en ETM des sols de La Réunion est récente (Doelsch *et al.*, 2006). L'inventaire des teneurs en ETM des sols cultivés (100 échantillons) a permis de montrer que les sols sont acides (4,5<pH<6,5), riches en Hg, Cr, Cu, Ni et Zn avec des concentrations deux à quatre fois supérieures à celles mesurées en métropole (Tableau 1). Les règlementations et normes françaises s'appliquant à La Réunion, les concentrations élevées des sols en ETM ne favorisent *a priori* pas la généralisation du recyclage agricole des déchets organiques. En effet, 80% des sols étudiés présentent des teneurs en Ni supérieures à la valeur seuil fixée par l'arrêté du 8 janvier 1998 (55 % des sols étudiés pour Cr) limitant fortement le développement de l'utilisation des boues de STEP en agriculture, alors que celles-ci sont faiblement concentrées en ETM (Doelsch, 2004).

| | Inventaire Ile de La Réunion | | | | | | Sols métropolitains | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Cd** | **Hg** | **Cr** | **Cu** | **Ni** | **Zn** | **Cd** | **Hg** | **Cr** | **Cu** | **Ni** | **Pb** | **Zn** |
| **Minimum** | 0,02 | 0,03 | 35,0 | 6,50 | 15,1 | 57,5 | 0,01 | 0,01 | <2 | <2 | <2 | 2,2 | <5 |
| **1er Quartile** | 0,07 | 0,09 | 107 | 30 | 56,6 | 113 | 0,06 | 0,03 | 43,6 | 7,5 | 16,7 | 21,7 | 44 |
| **Médiane** | **0,15** | **0,16** | **166** | **52,9** | **92,1** | **146** | **0,13** | **0,05** | **64,8** | **12,4** | **29,7** | **31,2** | **72** |
| **Moyenne** | 0,19 | 0,19 | 301 | 58,3 | 206 | 162 | 0,33 | 0,07 | 73,5 | 14,2 | 43,1 | 161 | 161 |
| **3ème Quartile** | 0,26 | 0,25 | 481 | 82,3 | 305 | 206 | 0,30 | 0,07 | 89,1 | 16,9 | 48,6 | 46,1 | 128 |
| **Maximum** | 0,76 | 0,81 | 111 | 164 | 104 | 398 | 6,99 | 5,40 | 534 | 61,5 | 478 | 3560 | 3820 |

**Tableau 1 : comparaison des concentrations en ETM (mg.kg$^{-1}$) des sols réunionnais (Doelsch et al., 2006) et de sols métropolitains (Baize, 1997 et Baize *et al.*, 2000)**

Cependant la réglementation française prend en compte la question des sols dont les concentrations en ETM dépassent localement les valeurs seuils en offrant la possibilité de dérogations. Ainsi l'article 11 de l'arrêté du 8 janvier 1998 précise : « des dérogations […aux valeurs limites prévues…] peuvent toutefois être accordées par le préfet sur la base d'études du milieu concerné montrant que les éléments traces métalliques des sols ne sont ni mobiles, ni biodisponibles ».

Néanmoins, afin de préserver des ressources en sols et eaux fortement sollicitées dans un contexte insulaire où la surface cultivable est limitée, il est primordial d'évaluer l'impact de pratiques agricoles telles que l'épandage de déchets organiques sur des sols naturellement riches en ETM. Ces pratiques agricoles modifient en effet de manière importante l'état d'équilibre géochimique et biologique du milieu en affectant le stock et la dynamique de la matière organique , les flux hydriques , la composition et les propriétés physico-chimiques (pH, Eh, etc.) des solutions du sol , les propriétés physiques du sol (texture, porosité, infiltrabilité, etc.) , ainsi que les populations de la microfaune comme de la macrofaune. L'ensemble de ces évolutions est susceptible de modifier la spéciation des ETM et il est fondamental d'évaluer les risques de transferts de ces éléments entre les différents compartiments environnementaux.

## Travaux menés et principaux résultats

Un ensemble de travaux a été conduit avec pour objectif d'évaluer la mobilité et la phytodisponibilité des ETM des sols d'une partie de l'île. Ces recherches, menées dans le cadre de la convention liant le Cirad, la Région Réunion et l'État ont bénéficié de financements particuliers de l'Office de l'Eau de la Réunion et de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt. La mise en œuvre d'une demande de dérogation relative à l'épandage des boues de station d'épuration n'étant pas explicitée par les textes réglementaires, ce travail s'est appuyé sur le guide technique édité par l'ADEME et l'APCA (ADEME, 2005).

La méthodologie utilisée s'est articulée autour de trois axes :

- la démonstration de l'origine naturelle, géologique ou pédogénétique des teneurs en ETM mesurées,
- l'étude de la mobilité des ETM,
- l'étude de la biodisponibilité et du transfert possible des ETM dans les plantes.

La zone choisie pour l'étude, la Communauté Intercommunale Réunion Est (CIREST), avait l'avantage de présenter les principaux types de sols de la Réunion : des sols formés sur le massif du Piton des Neiges ou sur le massif du Piton de la Fournaise, et des formations superficielles mises en place par les eaux (Figure 1). Ces deux massifs volcaniques qui couvrent la totalité de l'île, ont la particularité de présenter des concentrations en ETM contrastées en raison d'âges différents (Doelsch *et al.* 2006).

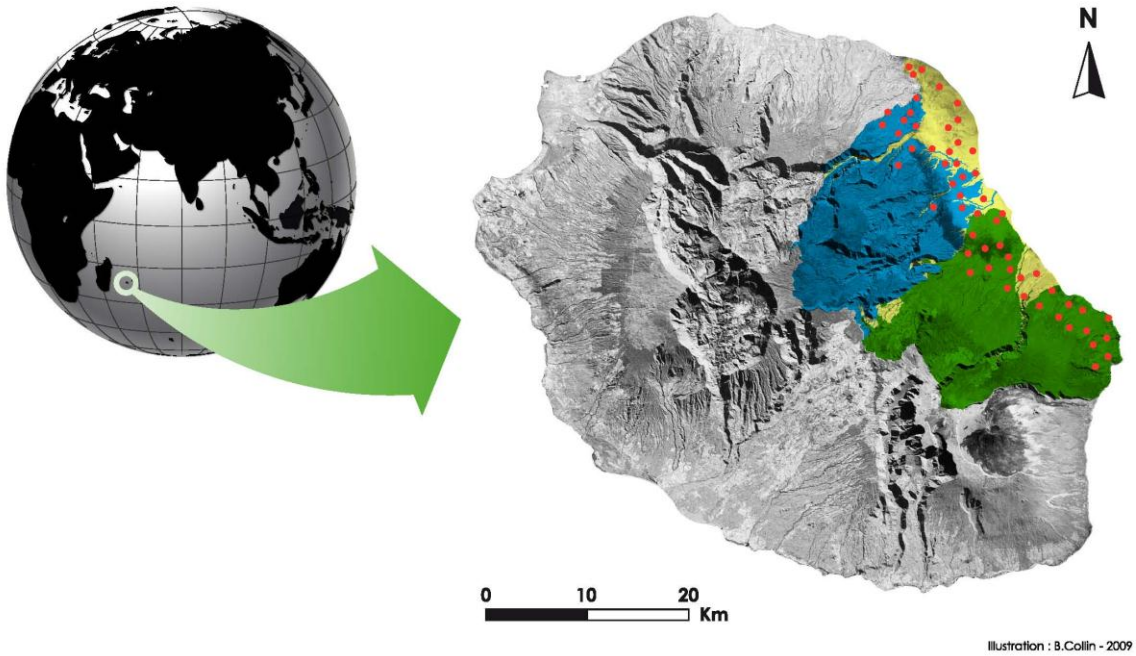



**Figure 1 : répartition des 59 parcelles étudiées à La Réunion (points rouges), sols développés sur les flancs du Piton des Neiges en bleu, sols développés sur les flancs du Piton de la Fournaise en vert et sols développés sur des formations superficielles en jaune**

Les sols de 59 parcelles, sur lesquelles l'épandage pourrait être envisagé selon la réglementation (pente du terrain faible, distance minimale aux cours d'eau et habitations), ont été échantillonnés. La culture de la canne à sucre, majoritaire sur notre zone d'étude (85% de la SAU), pourrait être propice à l'apport de boues d'épuration comme fertilisant. Cette étude s'est alors limitée à la sole cannière. L'analyse des teneurs totales en Cr, Ni, Cu a fait ressortir trois sous-populations caractérisées par des concentrations différentes de ces éléments :

- les sols avec les concentrations les plus faibles sont ceux développés sur des matériaux du Piton des Neiges (Tableau 2),
- les sols issus de matériaux du Piton de la Fournaise sont caractérisés par les teneurs les plus fortes, (Tableau 2),
- les formations superficielles possèdent des concentrations intermédiaires par rapport aux deux sous-populations décrites précédemment.

| | | Cd | Cr | Cu | Ni | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Piton de la Fournaise** | minimum | 0,02 | 226 | 18 | 46 | 50 |
| | médiane | 0,25 | 485 | 89 | 287 | 130 |
| | maximum | 3,00 | 1108 | 138 | 1038 | 249 |
| **Piton des Neiges** | minimum | 0,02 | 35 | 5 | 11 | 58 |
| | médiane | 0,11 | 109 | 35 | 60 | 162 |
| | maximum | 0,45 | 852 | 106 | 324 | 300 |

**Tableau 2 : concentrations en ETM (mg.kg$^{-1}$ MS) des sols réunionnais en fonction de l'origine du massif volcanique sur lequel ils se sont développés**

Les teneurs en ETM des sols sont fortement influencées par la nature du matériau parental. Lors d'une étude précédente, Doelsch *et al.*, (2006) ont montré que les ETM présents dans les sols sont principalement issus de l'héritage des roches mères altérées d'origine volcanique (de type basalte). Ces roches riches en ETM permettent d'expliquer les concentrations élevées mesurées dans les sols réunionnais qui correspondent au fond pédo-géochimique naturel. Ces observations

permettent de confirmer l'origine naturelle des fortes teneurs en ETM (Cr, Ni, Cu) mesurées dans les sols et donc que les dépassements en Ni, Cr et Cu de la valeur seuil de l'arrêté du 8 janvier 1998 ne traduisent pas une pollution anthropique. Une demande de dérogation à la réglementation sur l'épandage des boues d'épuration ne peut porter que sur les éléments Cr, Ni et Cu.

Des extractions chimiques ($CaCl_2$ à 0,001 mol.$L^{-1}$ et NH4NO3 à 1 mol.$L^{-1}$) ont ensuite été réalisées sur les échantillons de sols afin d'estimer la mobilité et la phytodisponibilité des ETM (Collin et Doelsch, 2010), c'est à dire leur capacité à migrer du sol vers la phase liquide et/ou vers les plantes.

Les quantités de Cr, Ni, Cu extraites par des essais de lixiviation et par des extractions chimiques sont faibles et inférieures aux valeurs de références précisées dans le guide technique « dérogation ETM » (ADEME, 2005). Par exemple, les valeurs médianes des concentrations lixiviées pour Cr, Cu et Ni sont respectivement 0,43 ; 1,79 et 4,41 µmol.$L^{-1}$, alors que les seuils d'investigation ont été fixés à 2 ; 20 et 20 µmol.$L^{-1}$ pour ces mêmes éléments.

Afin de vérifier et compléter l'approche chimique par extraction, nous avons également mesuré les ETM dans les cannes à sucre développées sur les sols échantillonnés. Les teneurs mesurées dans la bagasse et le jus de canne à sucre (Tableau 3) sont comprises dans la gamme des valeurs publiées pour la canne à sucre et dans la gamme des concentrations nécessaires pour les plantes en tant qu'oligo-éléments (Collin et Doelsch, 2010).

| | | **MS** % | **Cr** (mg.$kg^{-1}$ MS) | **Cu** (mg.$kg^{-1}$ MS) | **Ni** (mg.$kg^{-1}$ MS) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Bagasse** | **minimum** | 47,5 | 0,2 | 1,1 | 0,1 |
| | **moyenne** | 52,3 | 0,5 | 2,2 | 1,5 |
| | **médiane** | 52,0 | 0,4 | 2,3 | 1,1 |
| | **maximum** | 58,1 | 1,1 | 3,0 | 5,3 |
| **Jus** | **minimum** | 11,2 | 0,2 | 0,6 | 0,3 |
| | **moyenne** | 14,9 | 0,4 | 2,1 | 0,9 |
| | **médiane** | 14,9 | 0,3 | 1,9 | 0,7 |
| | **maximum** | 17,5 | 0,9 | 5,1 | 3,7 |

**Tableau 3 : Caractéristiques de la population totale de bagasses et de jus de canne à sucre**

L'intérêt majeur de notre zone d'étude est de pouvoir échantillonner des cannes à sucre qui se développent sur des sols riches en ETM (sols issus du massif du Piton de la Fournaise) et des sols moins riches. Nous avons donc étudié deux sous-populations de cannes à sucre, en fonction du type de sols. Les cannes à sucre échantillonnées sur les sols ayant des teneurs totales en ETM inférieures à la valeur seuil (arrêté 8 janvier 1998) et sur les sols ayant des teneurs totales en ETM supérieures à la valeur seuil. Les moyennes des concentrations des cannes à sucre en Cr, Ni, Cu des deux populations sont similaires (statistiquement non différentes). La Figure 2 illustre la répartition des concentrations dans les cannes à sucre et montre que celles qui se développent sur des sols riches en ETM ne présentent pas de concentrations supérieures par rapport aux cannes cultivées sur des sols moins riches.

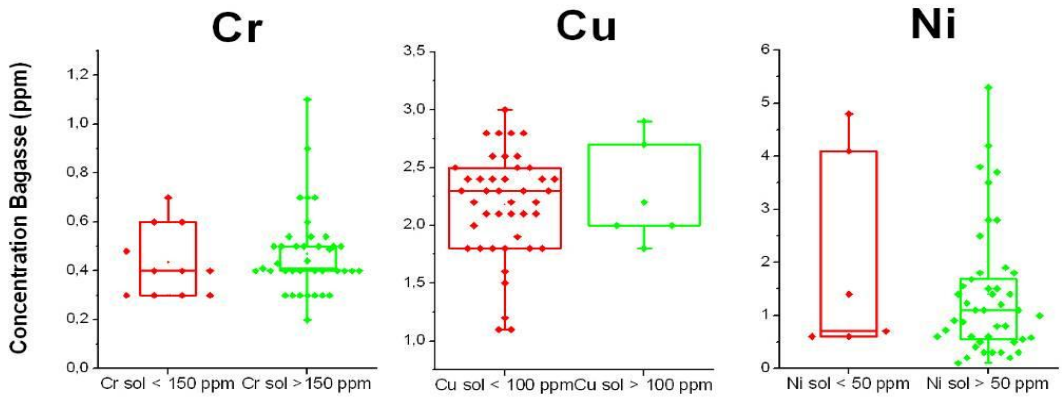



**Figure 2 : teneurs en Cr, Cu, Ni dans la bagasse dans deux sous-populations : canne à sucre cultivée sur des sols ayant une teneur totale en ETM inférieure à la valeur seuil (à gauche en rouge), et sur des sols ayant une teneur totale supérieure au seuil (à droite en vert)**

Ces observations basées sur les analyses des végétaux cultivés en plein champ viennent confirmer les résultats des analyses chimiques effectuées pour évaluer la phyto-disponibilité. Nous pouvons donc conclure que les ETM présents dans les sols de la Réunion sont peu phyto-disponibles.
Sur la base des résultats scientifiques de cette étude, des dérogations sont donc envisageables afin de permettre la mise en place d'une filière de recyclage agricole des boues d'épuration à La Réunion.

## Où et comment épandre ?

Dans l'hypothèse où la contrainte liée aux ETM serait levée, la question des cultures sur lesquelles il serait possible d'épandre des boues se pose. La canne est la culture la plus propice à l'épandage en raison de sa présence sur des surfaces peu pentues, proches des stations d'épuration futures ou existantes et de la possibilité de mécaniser l'épandage qui peut être assuré « rendu racine » par les producteurs de boues.
La quantité maximale de boues produites, dans l'hypothèse où la totalité de la population réunionnaise (800 000 habitants) serait raccordée à des réseaux d'assainissement aboutissant à des stations d'épuration, serait de 10000 tonnes de matière sèche (MS) par an. À une dose d'application de 4t MS / ha, ce sont donc 2500 ha qui seraient nécessaires. La sole cannière représentant plus de 20000 hectares (http://www.margouilla.net/), on peut penser que cette seule culture suffirait à recevoir l'ensemble des boues produites. L'agronomie vient cependant tempérer ce constat, pour les raisons suivantes.
C'est essentiellement à la replantation, réalisée environ tous les six ans, que l'épandage ou l'enfouissement seraient possibles. Ces dernières années, les chiffres de replantations se situaient entre 1000 à 1500 ha/an, mais les objectifs de la filière sont de 15 % de la surface en canne soit 3000 ha/an. Toute cette surface n'est cependant pas utilisable pour des épandages de boues, pour des raisons de pentes fortes, de distances par rapport aux habitations, aux ravines, sources, etc. Des boues pourraient être appliquées sur des repousses, mais l'enfouissement n'est pas possible à cause du mulch. En revanche, si les résidus sont enlevés pour l'élevage, il est alors possible de passer des griffes entre les lignes et d'enfouir partiellement l'apport.
Il ne faut pas négliger le problème du pH des sols. La majorité des sols sont acides sous canne, avec un pH inférieur à 6 et s'il faut relever le pH des sols pour les épandages de boues brutes les coûts seront très élevés. Il reviendra probablement aux producteurs de boues de s'en charger. L'alternative serait de produire des boues chaulées pouvant être épandues sur des sols jusqu'à pH 5.
La définition des surfaces disponibles correspondant à ces différents scénarios et une cartographie de ces surfaces permettrait d'affiner le diagnostic qui reste cependant favorable globalement. En effet l'hypothèse du raccordement de l'ensemble de la population est très surévaluée.

## Évolution récente de la situation

Plusieurs restitutions des résultats obtenus, synthétisés dans un rapport (Collin et Doelsch, 2008), ont été organisées tant auprès des services de l'État, des collectivités territoriales que des exploitants agricoles et des représentants des filières agricoles. À la suite de ces présentations, plusieurs communes ont fait des demandes officielles de dérogation, la première étant Bras Panon, située sur le territoire de la CIREST et ces dérogations ont été acceptées par la Préfecture de la Réunion en 2008.

Les exploitants de STEP bénéficient donc maintenant d'un cadre réglementaire favorable pour l'écoulement de leurs produits, mais le problème n'est pas complètement résolu pour l'instant. En effet, la question de la valorisation agricole des boues de station d'épuration met en jeu une multiplicité d'acteurs ayant des points de vue différents :

- les collectivités territoriales chargées du traitement des eaux confient le plus souvent la gestion des stations d'épuration à des entreprises spécialisées sur lesquelles est reportée la responsabilité de l'élimination des produits résiduaires du traitement des eaux. L'image globale de la collectivité reste cependant, aux yeux du grand public, très liée à une bonne gestion de ce dossier sensible ;
- les services de l'État responsables du respect des réglementations qui sont nombreuses, parfois contradictoires et difficiles à appliquer dans des contextes aussi particuliers que ceux des départements d'outre-mer ;
- les exploitants de stations d'épuration qui portent une partie de la responsabilité de l'élimination des boues et doivent respecter des cahiers des charges contraints en cherchant à optimiser les coûts ;
- les agriculteurs et propriétaires fonciers qui sont placés devant un dilemme. L'intérêt agronomique et souvent économique des produits proposés, que les exploitants de stations d'épuration peuvent être amenés à apporter eux-mêmes (« rendu racine » gratuit) et le risque de voir leur patrimoine foncier déprécié par des épandages dont les risques seraient mal évalués ;
- les producteurs agricoles soucieux de l'image de leur produit. La canne à sucre étant un des principaux candidats à l'épandage de produits, la filière Canne de la Réunion a rapidement fait part de ses réserves sur l'image que pourrait donner l'épandage de boues sur canne. En effet, la filière a développé un marché de sucres dits « spéciaux » réunionnais, porteurs d'une image de qualité environnementale et sanitaire et ne souhaite pas la voir se dégrader par des pratiques mal adaptées ;
- le grand public partagé entre l'intérêt pour le recyclage et des risques mal identifiés. Les interrogations sur la présence dans les produits résiduaires organiques de molécules issues de l'activité humaine existent, à la Réunion comme en métropole, et les questions sur le risque lié à la présence de perturbateurs endocriniens, de médicaments ou de nanoparticules doivent encore faire l'objet de recherches.

Les recherches menées en agronomie *sensu lato* s'élargissent donc aujourd'hui et la thématique du recyclage, pratique écologique ancestrale, fait l'objet de plusieurs projets de recherche. L'un d'entre eux, GIROVAR (Gestion intégrée des résidus organiques à la Réunion) permet aujourd'hui de rassembler l'ensemble des acteurs liés à cette question sur le territoire de la côte Ouest pour définir des scénarios de mise en place de filières prenant en compte l'ensemble des besoins des agriculteurs et de les mettre en regard des produits disponibles ou à créer. Dans ce projet, les notions de modélisation d'accompagnement et d'écologie territoriale sont mobilisées.

Les observations réalisées à différentes échelles, depuis la région pour les inventaires à l'échelle de la molécule pour préciser la spéciation des métaux (Figure 3), ont ainsi permis l'obtention d'une dérogation à la réglementation sur l'épandage des boues d'épuration.

Ces décisions ont en retour des conséquences sur l'ensemble du territoire dans la mesure où elles vont sensiblement modifier les relations entre les mondes agricole et urbain qui négocient actuellement les conditions de la mise en œuvre de ces pratiques de recyclage rendues possibles récemment.

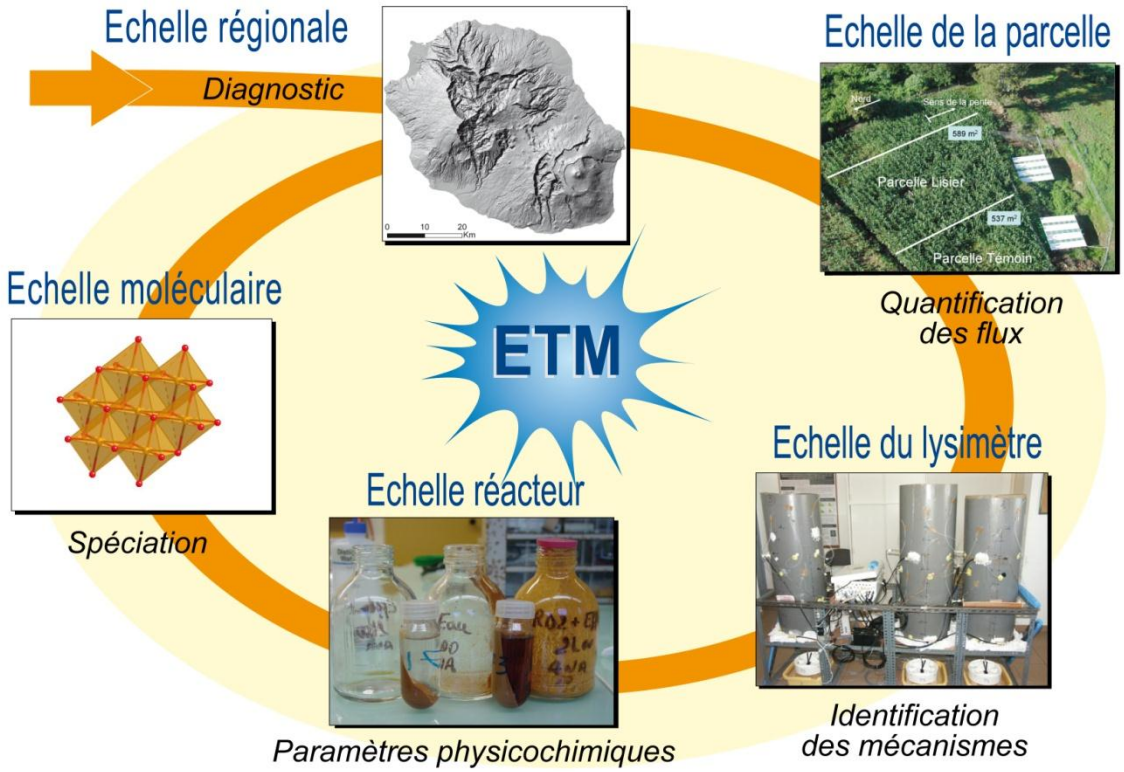



**Figure 3 : l'approche multi-échelle développée pour étudier la problématique des ETM à La Réunion**

## Conclusion et perspectives de recherche

La situation décrite dans cet article nous semble illustrer plusieurs questions posées par les relations entre l'agriculture et son environnement, qu'il soit physique ou humain, lorsqu'un risque doit être évalué. L'existence d'une norme destinée dans la cas présent à protéger tant l'environnement que les producteurs ou les consommateurs peut se révéler un frein à des innovations et il est intéressant de constater que l'assouplissement de cette norme, ou son annulation, ne conduisent pas nécessairement à des consensus sur les suites à donner, de nouvelles questions se posant une fois une première série d'interrogations levées.

Ainsi les études réalisées montrent que les ETM ne passent pas en solution dans l'eau lors d'attaques chimiques, ce qui peut être considéré comme un moyen assez grossier d'estimation de la mobilité des ETM et de leur phytodisponibilité. Afin de mieux appréhender l'influence des plantes, notamment au niveau des racines qui sont capables de modifier les propriétés physico-chimiques du milieu, par exemple en excrétant des protons ou des molécules organiques, nous travaillons actuellement sur la normalisation d'un biotest qui permettra une évaluation plus réaliste de la biodisponibilité des ETM. De telles mises au point sont envisageables pour les contaminants dont la détection et le dosage sont possibles par des moyens analytiques fiables. Dans le cas des nouvelles molécules qui sont susceptibles de se trouver dans les produits résiduaires, la mise au point de leur dosage et l'évaluation de leur toxicité restent une nécessité qui mobilise quotidiennement de nombreuses équipes de recherche.

## Bibliographie

ADEME, A., 2005. Dérogations relatives à la réglementation sur l'épandage des boues de stations d'épuration. Comment formuler une demande pour les sols à teneurs naturelles élevées en éléments traces métalliques? Guide technique

Baize, D. 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols. Paris, INRA, 408 p.

Baize, D. 2000. Teneurs totales en "métaux lourds" dans les sols : résultats généraux du programme ASPITET. Courrier de l'Environnement de l'INRA 39 : 39-54

Chabalier P., Van de Kerchove V., Saint Macary H. 2006. Guide de la fertilisation organique de La Réunion.Cirad - Chambre d'Agriculture de La Réunion. Saint Denis, France, 302 p.

Collin B., Doelsch E. 2008. Évaluation de la mobilité et de la phytodisponibilité des éléments traces métalliques des sols :

étude réalisée sur les sols de la Communauté Intercommunale Réunion Est (CIREST), en perspective d'une demande de dérogation à la réglementation sur l'épandage des boues de stations d'épuration. Montpellier : CIRAD-PERSYST, 60 p.

Collin B., Doelsch E. 2010. Impact of high natural soilborne heavy metal concentrations on the mobility and phytoavailability of these elements for sugarcane. Geoderma, 159 (3-4): 452-458

Doelsch, E., 2004. Eléments traces métalliques - Inventaire pour l'île de La Réunion (sols, déchets et végétaux), CIRAD-MVAD

Doelsch E., Van de Kerchove V., Saint Macary H. 2006. Heavy metal content in soils of Réunion (Indian Ocean). Geoderma, 134 (1-2) : 119-134

# Témoignages d'acteurs

Agronomie Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 1 - juin 2012

# Compatibilité entre impératifs écologiques et productifs. Le cas des prairies permanentes du Haut-Jura

Le cas concret des prairies du Parc Naturel Régional du Haut-Jura, en Appellation d'Origine Contrôlée Comté, a été retenu pour illustrer comment concilier les impératifs écologiques et productifs dans la gestion des prairies. Les éleveurs peuvent-ils choisir des pratiques agronomiques préservant biodiversité, appétence et productivité et limitant les émissions de gaz à effet de serre ? **Jean-Yves Vansteelant** a initié une étude confiée au Groupement d'Intérêt Scientifique Alpes du Nord afin d'élaborer une typologie des prairies mettant en relation leur biodiversité et leur valorisation par les éleveurs. **Sandrine Petit** prend le parti de rechercher une rencontre entre les savoirs de la pratique et les savoirs scientifiques pour bâtir la typologie. Quant à **Vincent Manneville**, il propose une démarche multicritère pour évaluer la contribution environnementale des prairies permanentes dans les régions d'élevage herbivore, qui permet d'entrevoir une évaluation plus large des prairies.

Témoignage

# Une requête posée à la Recherche : réconcilier deux univers

**Jean-Yves Vansteelant**

*Animateur, Parc Naturel Régional du Haut-Jura*
*E-mail : jy.vansteelant@parc-haut-jura.fr*

## Un peu d'histoire...

Le Parc Naturel Régional (PNR) du Haut-Jura s'étend sur les départements du Doubs, du Jura et de l'Ain et les régions Franche-Comté et Rhône-Alpes. Il a été créé en 1986 et regroupe aujourd'hui 122 communes. Il compte environ 450 exploitations agricoles dont 80 % en élevage bovin laitier principalement destiné à la production de fromages AOC (Comté, Morbier, Mont d'Or, Bleu de Gex). Les organisations collectives pour la collecte du lait perdurent et quinze coopératives laitières, appelées fruitières, assurent la transformation du lait en fromage. Les milieux naturels sont variés et ainsi coexistent des pâturages permanents, des prés de fauche et des secteurs de prés-bois et d'estives de plus faible potentialité fourragère. Depuis la fin des années 1980, le nombre d'exploitations diminue et celles restantes s'agrandissent. Une forme d'intensification fourragère s'opère par une gestion plus soutenue des prés de fauche et par la concentration du pâturage sur les meilleures terres. Cette intensification va de pair avec l'optimisation génétique des vaches laitières, principalement de race Montbéliarde (Michaud, 2003). En effet, les besoins nutritionnels des animaux demandent des fourrages plus riches, fauchés plus tôt. Une fauche précoce tend à réduire la diversité floristique des prairies et progressivement favorise certaines espèces colonisatrices.

Gérer plus intensivement les prairies naturelles devient alors une préoccupation de la part des gestionnaires de l'environnement, des contrôleurs laitiers, de la filière fromagère, pour ses conséquences sur la biodiversité (diminution de la diversité végétale dans les prés de fauche, fermeture des pâturages boisés moins utilisés), mais aussi sur le lien entre le fromage et son terroir.

## Un collectif mobilisé pour prendre en considération la diversité dans le conseil

En 2001, alors que le réseau Natura 2000 se met en place et que les mesures agro-environnementales s'élaborent à travers les contrats territoriaux d'exploitations, le PNR du Haut-Jura souhaite pouvoir définir les cahiers des charges des interventions à préconiser pour maintenir une flore diversifiée. La variété des milieux et la multiplicité des pratiques présentes sur son territoire d'intervention font alors problème, un conseil unique ne pouvant être appliqué. L'adaptation du conseil à la diversité de situations nécessite un outil pour se repérer à la fois dans les pratiques agricoles et parmi les milieux. Cet outil doit être mobilisable à l'échelle d'une exploitation pour adapter les mesures agro-environnementales ou proposer un contrat. Un groupe de travail se constitue à l'initiative du PNR pour répondre à cette demande. Il se compose de gestionnaires du territoire (PNR, conservatoire botanique), de conseillers techniques agricoles (syndicats de contrôle laitier du Jura, chambres d'agriculture de l'Ain, du Doubs et du Jura), de la filière Comté (Comité Inter-professionnel du Gruyère de Comté). Le PNR Haut-Jura sollicite l'expertise scientifique et technique du Groupement d'Intérêt Scientifique des Alpes du Nord.

## Une typologie, reliant valeur d'usage et valeur environnementale, outil de diagnostic et de dialogue

Un travail s'engage pour réaliser une typologie permettant de caractériser les prairies de fauche du Haut-Jura en fonction de leur valeur d'usage fourrager et de leur valeur environnementale. Sa

mise au point nécessite l'acquisition de références particulières associant pratiques, milieux et végétation et combinant des aspects agronomiques et environnementaux. L'élaboration de l'outil et la question de son utilisation demandent d'élargir le champ d'investigation du groupe de travail vers des questions techniques, mais aussi vers une réflexion plus générale convoquant les notions de biodiversité, de système fourrager des exploitations, de qualité des produits.
L'outil typologique des prairies prend forme et est validé par le groupe de travail : un guide et une plaquette en font la promotion. Cet outil permet un diagnostic global d'une prairie : à partir d'une observation visuelle rapide, on identifie un des douze types de prairies. On peut ensuite à partir de la fiche descriptive du type estimer la valeur d'usage agricole, la valeur environnementale, et comprendre les inter-relations entre pratiques agricoles, milieu physique et végétation. La méthode de diagnostic associe le principe de l'espèce indicatrice, couramment utilisé, à une approche de la physionomie de la végétation, des critères qui, après plusieurs années de recherche dans les Alpes du Nord, se sont avérés pertinents pour rendre compte des pratiques agricoles à travers une description simple de la végétation. La typologie des prairies permet de débattre de l'évolution des pratiques avec les agriculteurs, par exemple de l'intensification de certaines parcelles (trois coupes), voire de leur proposer des alternatives en cohérence avec le système fourrager de l'exploitation.

## Les prairies extensives : un terrain de convergence

Lors des débats, le groupe de travail se met d'accord sur un message commun aux organismes agricoles et aux gestionnaires de l'environnement émanant de cette étude. Il vise à porter un nouveau regard sur les prairies extensives souvent peu productives (une coupe), mais à la flore riche, caractéristique d'habitats reconnus d'intérêt communautaire. Cette réhabilitation s'appuie sur l'argument de la flexibilité qu'elles apportent dans la gestion fourragère, puisqu'elles peuvent être fauchées plus tardivement tout en conservant leurs atouts fourragers. Suite à ce travail, le PNR du Haut-Jura a constitué un territoire pionnier dans l'élaboration de la mesure agri-environnementale « prairies fleuries », et des agriculteurs du territoire concourent chaque année pour l'excellence agri-écologique de leurs prairies.

Témoignage

# Savoirs de la pratique et savoirs scientifiques : rencontre dans les prairies du Haut-Jura

**Sandrine PETIT**

*UR 718 INRA, LISTO*
*26 boulevard Docteur Petitjean - B.P. 87999*
*21079 Dijon Cedex*
*E-mail : Sandrine.petit@dijon.inra.fr*

Et si les frontières entre l'expertise et les pratiques ordinaires étaient devenues poreuses… D'une part, dans des domaines très divers, les amateurs deviennent des autodidactes chevronnés pouvant allier leurs savoirs à ceux des spécialistes ou, au contraire, contredire leur expertise. Désignés comme «pro-am» (pour professionnel-amateur), ils modifient en même temps qu'ils démocratisent l'espace des compétences reconnues (Flichy, 2011). D'autre part, tout savoir-faire est un dialogue entre des pratiques physiques, concrètes, et des compétences plus abstraites de réflexion ; ainsi les artisans excellent dans le travail en soi, leur savoir tacite étant intégré à la pratique (Sennett, 2008). Qu'en est-il du partage entre savoirs de la pratique et savoirs experts dans le domaine de l'agriculture ?

## L'obligation de résultats dans les contrats de gestion : une opportunité pour requalifier les savoirs locaux ?

À partir de 2006, une nouvelle génération de mesures agri-environnementales concernant les prairies permanentes voit le jour. À un engagement de moyens, ces mesures contractualisées substituent l'obligation de résultats. En zone de montagne, les prairies n'intéressent pas que les agriculteurs. Souvent riches en espèces, elles préoccupent les acteurs de l'environnement. Les agriculteurs sont invités à gérer leurs prairies en maintenant une diversité floristique. La mesure « maintien de la richesse floristique d'une prairie naturelle » dite « prairies fleuries »[17], fixe l'obligation du maintien d'au moins quatre espèces de plantes dans une liste de référence qui en comporte vingt-cinq à trente. L'exemple de cette mesure appliquée aux prairies témoigne d'un moment de basculement dans les rapports entre l'agriculture et l'environnement, qui replace au centre du débat les savoirs à mobiliser pour définir de nouvelles pratiques et d'autres modes de production. Cette conjoncture est-elle propice à une requalification des savoirs locaux issus de la pratique des agriculteurs, souvent dévalorisés par rapport à ceux des experts (Alphandéry et Fortier, 2005) ? Le terme «savoir» est préféré à celui de connaissance voire d'information, car il rassemble « l'ensemble des compétences techniques acquises, incorporées, transmises, qui se manifestent dans l'acte technique » (Chevallier, 1991).

## Les savoirs scientifiques et les savoirs de la pratique ne sont pas de même nature

Selon Agrawal (1995), trois grandes catégories de différences expliquent la dichotomie entre eux. Elles tiennent au contenu même du savoir, plus directement lié à des préoccupations concrètes pour les savoirs locaux, aux méthodes d'investigation de la réalité et, enfin, les savoirs profanes se rattachent à un contexte singulier tandis que la science cherche des lois générales valables dans toute situation. Quand l'approche scientifique découpe la réalité et développe des spécialisations sur des objets de plus en plus fins, le savoir pratique en agriculture cherche à faire système et à agencer des données techniques, climatiques et économiques. Il s'inscrit d'emblée dans une capacité à agir alors que la connaissance scientifique peut différer le rapport à l'action. C'est en parcourant avec les agriculteurs du Haut-Jura leurs parcelles et en les écoutant que les propriétés susdites ont pris tout leur sens.

[17] http://prairiesfleuries.espaces-naturels.fr/, consulté le 18 décembre 2011

## Les agriculteurs qualifient leurs prairies par une appréciation globale riche de sens

En arpentant leurs prés, les agriculteurs d'emblée privilégient l'échelle de la parcelle ou de petits territoires. Ils se réfèrent spontanément aux conditions locales et cherchent à situer leurs parcelles géographiquement. Une appréciation globale prévaut, un « à vue d'œil » qui dit beaucoup de la parcelle et contraste avec une démarche d'inventaire par espèce. Cette description d'ensemble rapproche un état général de végétation de pratiques agricoles. On retrouve ainsi à plusieurs reprises, dans le Jura, la référence à des « champs soignés » qui sont des espaces à l'herbe dense et touffue, correspondant pour l'agronome à « des prairies riches en graminées à feuilles larges », plutôt bien fertilisées (Petit *et al*., 2005). Elles assurent un bon rendement : « Quand on arrête de soigner, ça [la production laitière] baisse vite ». Par « soignés », l'agriculteur rend compte de l'attention et de l'intensité du travail fourni pour un tel résultat. Cette idée du soin vient donner une autre facette aux pratiques de fertilisation, vues comme une performance technique sous l'angle agronomique et comme une mauvaise pratique par les environnementalistes. Mais, parfois, la fertilisation est excessive et la prairie en subit les dérives… Ainsi les éleveurs parlent de « champs poussés », correspondant à des terrains où des espèces nitrophiles telles que le rumex tendent à gagner de grandes surfaces et trahissent une fertilisation excessive.

## Du « savoir observer » au « savoir prévoir » : les capacités remarquables des agriculteurs

Toutes ces expressions attestent de la capacité d'observation des éleveurs, un « voir » (Cornu, 1991) qui est un « savoir observer » aux multiples facettes. Quand les agriculteurs parlent de « champs soignés » ou « poussés », ils fondent leur diagnostic sur la physionomie de végétation à l'échelle d'une parcelle ; il y a alors convergence avec les diagnostics agronomiques établis à partir des stratégies adaptatives des espèces et l'écologie fonctionnelle. Les champs « soignés » ou « poussés » des agriculteurs disent autre chose qu'une « prairie à feuilles larges en tapis » définie par l'agronome. Ces expressions nous informent plus globalement sur un rapport des agriculteurs à leurs prairies. Pour eux, l'herbe est vue comme du foin encore sur pied quand, arpentant la parcelle, ils disent « ici, c'est du foin qui passe vite ». Lorsqu'il s'agit de pâture, l'animal n'est pas loin. L'évaluation par le truchement de l'animal est courante: « derrière chaque paysan, il y a la valorisation des prairies par ses bêtes. Quand il regarde ses prairies, il se met à la place de la vache ». Le « savoir-voir » se transforme en un « savoir-prévoir», c'est-à-dire une capacité à anticiper un processus à venir et « organiser des opérations à accomplir avec le plus d'efficacité » (Chevallier, 1991). Pour les éleveurs, c'est apprécier la qualité du foin à récolter, c'est-à-dire si les vaches le mangeront bien ou mal. Quand l'agronome décrit l'hétérogénéité du couvert végétal à un instant t, l'agriculteur pense à l'herbe ou au foin qui sera consommé. Le diagnostic visuel est support à une analyse-anticipation des actions. Il introduit dans l'observation et ses pratiques une dimension temporelle.

## Les agriculteurs, sensibles à la diversité de la flore, avec leurs propres indicateurs

Les agriculteurs ne s'en tiennent pas à une esquisse à grands traits de leurs parcelles, ils discernent également des indicateurs plus fins. Parcourant leurs prés, ils repèrent des plantes et convoquent d'autres critères, mêmes esthétiques ou mobilisant l'ensemble des sens. Les plantes envahissantes, dont le développement préoccupe, sont les premières signalées. En effet, une « bonne prairie » n'a pas (ou peu) d'espèces conquérantes - géranium, rhinante, renoncules, vératre, rumex, ou ombellifères. Les légumineuses appartiennent à la catégorie des plantes appréciées. Les prairies les plus diversifiées, dont la végétation forme un tapis hétérogène, comprennent de nombreuses dicotylédones qui, pour les agriculteurs, ont un caractère « naturel » : « c'est du pré naturel », « regardez si c'est naturel ! ». Pour parler de cette diversité de la végétation des prairies, les agriculteurs n'utilisent pas le mot de biodiversité, ils parlent de variété, de diversité des espèces, qu'ils considèrent comme « bien plus forte qu'en plaine ». Chez les éleveurs du Haut-

Jura, le vocable préféré est celui de « flore » employé par le syndicat interprofessionnel du comté. La vue n'est qu'un des sens à intervenir dans une observation qui en combine plusieurs. Un agriculteur convoque l'odorat parlant du « foin qui sent bon », un autre évoquait le plaisir qu'il avait à entendre crisser la « pimprenelle » sèche dans les dents de la pirouette remuant le foin. Un autre parle d'un foin particulier « comme de la tisane » évoquant son odeur, la finesse et la diversité des herbes présentes.

## Entre agriculteurs, agronomes et écologues : des savoirs riches en contrastes et complémentarités

Le diagnostic que les agriculteurs portent sur leurs prairies est relativement complexe : il navigue entre une approche du territoire et une description plus fine de la végétation mobilisant la vue, l'odorat, voire l'ouïe. Le diagnostic visuel rencontre celui des agronomes qui travaillent sur la physionomie de la végétation et l'écologie fonctionnelle. Le « voir » chez l'agriculteur s'inscrit d'emblée dans une chaîne d'actes techniques alors que l'agronome décrit d'abord des « états » de végétation. Ces représentations résonnent dans les pratiques de gestion. Ainsi, les éleveurs interviennent plutôt par la fertilisation pour modifier la flore d'une parcelle que sur les dates de fauche, la fenaison étant considérée comme découlant du stade de la végétation et des conditions météorologiques ; alors que les agronomes font varier les périodes de coupe pour jouer sur les rapports de compétition entre espèces.
La mesure « prairies fleuries » s'accompagne d'un concours agricole national qui met en compétition des prairies situées dans les territoires de parcs naturels régionaux et nationaux et récompense le meilleur équilibre agri-écologique. Les agriculteurs primés se trouvent gratifiés pour leur savoir-faire. Pour autant, les prix sont décernés par un jury composé majoritairement d'experts et la liste d'espèces reste un critère frustre au regard des données multiples que les agriculteurs agencent au quotidien. Néanmoins, elle sert de support aux échanges qui se nouent entre agriculteurs et experts. Ce concours mêlant agriculteurs, agronomes et environnementalistes initie de nouvelles formes de sociabilité où des savoirs vont pouvoir s'échanger et s'hybrider. Autant de lieux, devenus rares dans le conseil technique et le développement agricole, qu'il s'agit de réinventer sans établir de hiérarchie *a priori* entre différents savoirs.

Les arguments de ce témoignage ont été développés dans :
Petit S., Fleury P. (2010). Soigner les prairies. Vers une réhabilitation des savoirs de la pratique ? *Terrains et Travaux*, (17) : 41-56.

## Bibliographie


Agrawal A., 1995. Dismantling the Divide Between Indigenous and Scientific knowledge. *Development and Change,* 26, 413-439

Alphandéry P., Fortier A., 2005. Les savoirs locaux dans les dispositifs de gestion de la nature. In *Biodiversité et savoirs naturalistes locaux en France*, Berard L. et al. (eds.), CIRAD-IDDRI-IFB-INRA, Paris, 158-166

Chevallier D., 1991. Des savoirs efficaces. *Terrain,* 16, 5-11

Cornu R., 1991. Voir et savoir. In Chevallier D (Ed.) *Savoir faire et pouvoir transmettre*, Editions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 83-100

Flichy P., 2010. *Le sacre de l'amateur*. Seuil, Paris, 96 p.

Michaud D., 2003. La vache laitière à haute qualité territoriale. *Le courrier de l'environnement*, 48

Petit S., Fleury P., Vansteelant J.Y., 2005. *Agriculture, prairies de fauche et environnement dans le Massif Jurassien. Outil de diagnostic et de conseil*. Lajoux - Chambéry, Guide technique, 49 p.

Sennett R., 2008 (trad.2010). *Ce que sait la main. La culture de l'artisanat*. Albin Michel, Paris, 403 p.

Témoignage

# Evaluation environnementale selon une approche Cycle de Vie des exploitations d'herbivores françaises

**Vincent MANNEVILLE**

*Institut de l'élevage*
*Service Bâtiment - Environnement - 63 170 Aubière*
*E-mail : Vincent.Manneville@inst-elevage.asso.fr*

## Une réelle prise de conscience de la société en matière de protection de l'environnement

L'agriculture fait régulièrement la Une de l'actualité car les productions agricoles sont incriminées dans les pollutions de l'eau par les nitrates, pour les émissions de gaz à effets de serre, l'érosion de la biodiversité et la contamination des eaux souterraines par les pesticides, entre autres.

De leurs côtés, les Etats se réunissent régulièrement pour tenter de prendre des mesures communes sur des grands enjeux mondiaux comme le changement climatique. Dans ces différents rapports, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) interpelle avec plus ou moins d'exactitude le rôle joué par l'élevage sur les conséquences environnementales de son développement au niveau mondial. Quant aux travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), ils ont eu pour conséquence une prise de conscience mondiale du réchauffement climatique et de la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

En France, les travaux du Grenelle de l'Environnement ont connu une mobilisation sans précédent des pouvoirs publics, des acteurs socio-économiques et des associations écologistes autour de l'environnement. De ces réflexions ont émergé de nombreux chantiers comme celui de la certification environnementale des exploitations agricoles et également les propositions d'étiquetage des produits en lien avec l'empreinte carbone. L'autre demande exprimée dans ce cadre franco-français portait sur l'expérimentation de l'analyse du cycle de vie (ACV) dans le secteur agricole.

## L'agriculture doit se hisser à la hauteur des enjeux environnementaux

C'est dans ce contexte qu'il faut répondre à la problématique suivante : « Comment évaluer les impacts environnementaux en production d'herbivores dans le but d'en atténuer l'empreinte sur l'environnement ? ». La dernière nécessité à associer à cette question est de prendre en compte les principales sources d'impacts environnementaux générés au cours du processus de production et d'éviter ou au cas échéant d'arbitrer les transferts de pollutions liés aux différentes alternatives envisagées. Dans l'immédiat, l'élevage d'herbivores se doit de répondre à cinq enjeux environnementaux majeurs à savoir :

- protéger la ressource en eau et les milieux aquatiques en limitant les excédents d'azote et de phosphore ;
- intégrer le défi énergétique en limitant les consommations d'énergie non renouvelable dans la production ;
- atténuer les émissions brutes de gaz à effet de serre et de gaz acidifiant en ajustant le fonctionnement des exploitations d'élevage : en élevage herbivores, les principales sources d'émissions sont la fermentation entérique liée à l'activité du rumen ($CH_4$, $N_2O$), la gestion des déjections au bâtiment, au stockage, au pâturage et à l'épandage ($CH_4$, $N_2O$) et la consommation d'énergie ($CO_2$) directe (fioul, électricité) et indirecte (fabrication d'intrants et extraction des ressources fossiles) ;
- faire valoir la contribution de l'élevage allaitant à la "trame verte nationale" (paysages, biodiversité…) ;
- occuper le territoire.

**Pour apporter des premiers éléments de réponse, l'Institut de l'élevage (IDELE) a**

**élaboré une approche environnementale multicritère adaptée à l'exploitation agricole.**

Mise au point en 2009, cette nouvelle méthode combine la logique de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) et l'Analyse Environnementale Multi Critère (AEMC). Considérée comme une innovation pour qualifier les impacts environnementaux, cette démarche prend en compte les impacts environnementaux sur l'ensemble du processus de production. Cette méthode se décrit également comme une quantification des impacts environnementaux allant du « berceau du produit à la tombe de ce dernier ». À notre échelle, les estimations sont réalisées dans le périmètre de l'exploitation, soit au moment où les productions de lait et de viande vont être acheminées vers l'entreprise de transformation. Néanmoins, les différents chiffrages annoncés sont des estimations entachées d'incertitude, c'est pourquoi, on raisonne plutôt en impact potentiel.

Les thématiques environnementales retenues initialement portent sur les émissions de gaz à effet de serre incriminés dans le changement climatique, l'eutrophisation des milieux aquatiques par les éléments fertilisants, l'acidification des sols et l'altération de la végétation avec le rôle de précurseur joué par l'ammoniac. Cette liste se complète par la consommation d'énergie non renouvelable dont beaucoup d'exploitations sont désormais très dépendantes, la biodiversité ordinaire et enfin la notion d'occupation de surface pour produire du lait ou de la viande. D'autres impacts comme la consommation de ressources en eau, l'utilisation de produits phytosanitaires seront pris à terme en compte.

**Appliquée à la base de données des fermes suivies dans le cadre des Réseaux d'élevage, l'analyse environnementale nous donne une première photographie des profils obtenus dans différents systèmes d'exploitation**

Les différents critères quantifiant les impacts sont ramenés pour 1000 l de lait. La présentation des résultats se fait sous la forme d'un profil environnemental pour un type de système donné. Prenons l'exemple d'un type de système laitier de Franche Comté (Figure 1) ; si on s'attarde sur la variabilité observée (trait surligné) pour chacun des critères avec comme repère une situation d'exploitation optimisée (point jaune), cela ouvre la perspective d'une atténuation possible des impacts potentiels. À ce stade, il ne faut en rien tomber dans le biais de la comparaison entre systèmes d'exploitation car les différences de contexte pédoclimatique associées aux besoins des filières influencent également le profil de l'exploitation étudiée.

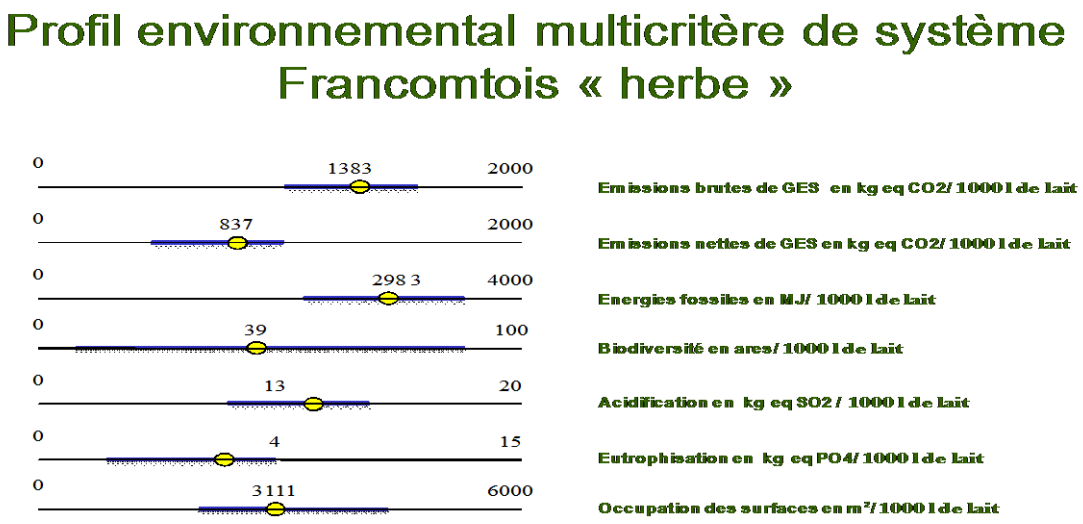



**Figure 1 : Profil environnemental d'un cas type laitier francomtois et variabilité observée pour chaque critère**

Les résultats nous indiquent que pour les émissions brutes de gaz à effet de serre (GES), les marges de manœuvre sont *a priori* limitées. Toutefois, 20 % des émissions sont liées à la consomma-

tion d'énergie ($CO_2$), ce poste constitue un des premiers leviers. D'autres voies sont à creuser sur la qualité des fourrages produits sur l'exploitation, le rationnement des troupeaux dans le but de limiter les consommations d'intrants et également de lutter contre les gaspillages sous toutes ses formes.

## Le levier le plus efficace pour atténuer les émissions de GES est apporté par la prairie permanente

Les émissions brutes de GES déduites du stockage de carbone par la prairie se traduisent en émissions nettes. Ce sont près de 40 % des émissions brutes qui sont compensées par la prairie permanente et les haies. En effet, le stockage de carbone dans la prairie permanente et dans les haies est un des moyens les plus efficaces pour limiter les émissions de GES. Ce service écologique de régulation rendu par la prairie est appelé « puits de carbone ». Ce phénomène naturel de compensation est majeur en production d'herbivores. Quant au méthane entérique, il représente à lui seul 50 % des émissions de GES. En revanche, les modèles de prédiction disponibles limitent pour l'instant nos commentaires sur les marges de manœuvre possibles. L'amélioration génétique et une bonne maîtrise zootechnique sont les deux voies qu'il faut explorer pour atténuer cette source d'émission.

Pour l'acidification des milieux, l'ammoniac dégagé par le rejet azoté des animaux représente 89 % des émissions totales de l'exploitation. Or, l'ammoniac se double par une contribution à l'eutrophisation, soit 40 % du potentiel d'eutrophisation. Pour limiter les pertes d'azote, l'équilibre de la fertilisation entre le besoin des végétaux et l'apport d'éléments fertilisants tout comme un rationnement des animaux ajusté à leurs potentiels de production, sont des actions prépondérantes pour réduire l'eutrophisation des milieux.

Le critère «Occupation des surfaces» permet d'apprécier la surface mobilisée pour produire de la viande et du lait. Mais c'est surtout dans la perspective attachée à la concurrence « Homme–Animal » pour anticiper une planète habitée par 10 milliards d'humains que ce critère est utilisé par certaines organisations non gouvernementales. Ce critère tend à démontrer que l'humanité ne pourra plus s'alimenter si des surfaces dédiées à l'élevage ne sont pas libérées au profit des cultures. Dans ce cas, la démonstration n'est pas aussi flagrante qu'elle n'y paraît, comme l'illustre l'exemple d'une production laitière qui valorise des surfaces en herbe parfois difficile d'accès ou sous des climats parfois extrêmes. De plus, l'activité de production dans ces zones contribue d'une part à lutter contre l'apparition de la friche et d'autre part à participer indirectement à la structuration du paysage.

Les systèmes d'élevage d'herbivores valorisent essentiellement des surfaces en herbe qui sont également des écosystèmes complexes à part entière. Sans aucun doute, la prairie permanente garantit en règle générale le maintien d'éléments agro écologiques. Ces éléments non productifs hébergent des nombreuses niches écologiques floristiques et faunistiques. En entretenant et en préservant ces surfaces, l'élevage d'herbivores maintient une biodiversité ordinaire que l'on a parfois tendance à oublier.

## Oubliée par la Politique Agricole Commune de ces vingt dernières années, la prairie permanente offre de nombreuses vertus

Elle rend de nombreux services écologiques qui vont de la production de fourrages à la préservation de l'environnement. De plus, elle offre un service de régulation qui compense tout où partie des impacts : des émissions de GES à la protection de l'eau et à la prévention de l'érosion des sols. Enfin, si le mode d'exploitation de cette prairie est principalement orienté sur du pâturage, on retrouve là un levier important que vont améliorer les différentes thématiques environnementales retenues dans notre analyse. L'idée principale n'est pas de remettre en herbe l'ensemble de la SAU française mais plutôt de prendre en compte le rôle joué par ces surfaces dans la préservation de la diversité végétale, de la qualité de l'eau. Par conséquent, cette prairie permanente n'est-elle pas la base de la trame verte évoquée dans le cadre du grenelle de l'environnement ?

# Comment concilier la préservation des Zones Humides, source de biodiversité, et les travaux hydrauliques ruraux ?

La protection et la gestion durable des zones humides, qui s'inscrivent dans le cadre des politiques européennes des ressources naturelles (directive cadre 2000/60/CE) et de la biodiversité (directive Habitats 92/43CEE et directive Oiseaux 79/409/CEE), font depuis la mise en place de l'arrêté « Zones humides » du 28 juin 2008, l'objet de différents débats. Ces milieux constituent un patrimoine naturel exceptionnel en raison de leur richesse biologique et des fonctions naturelles qu'ils remplissent.

En Saône-et-Loire, la maîtrise de l'excès d'eau en terrains agricoles recouvre un gradient de situations fort diverses, notamment : (i) des milieux engorgés et/ou humides très longtemps durant l'année, -tourbières, marais, ou mouillères-, (ii) des zones d'alluvions inondables en bordure de vallées et (iii) des terrains hydromorphes, à saturation temporaire. Historiquement, l'excès d'eau a toujours été une contrainte pour l'agriculture : les exploitants ont donc recherché à s'affranchir de l'excès d'eau sur leurs parcelles : création de rigoles superficielles, captages de mouillères et surtout, depuis 1975, drainage par canalisations enterrées.

Ces deux enjeux apparaissent *a priori* difficiles à concilier. Toutefois, la révision de l'arrêté ministériel sur les zones humides en octobre 2009, en retranchant les sols hydromorphes, les plus concernés par le drainage, a ouvert la perspective d'un compromis équilibré entre les enjeux environnementaux et agronomiques.

La charte sur les Zones Humides et les travaux hydrauliques ruraux en Saône-et-Loire a comme ambition de donner un cadre de référence, partagé par tous les acteurs - agriculteurs, entrepreneurs, administrations, maires, structures de conseil et usagers - pour mettre en œuvre des travaux hydrauliques ruraux tout en gérant durablement les zones humides.

Témoignage

# Enjeux environnementaux des zones humides et évolution de la réglementation

**Nicolas Guérin**

*DDT Saône-et-Loire*
*E-mail : nicolas.guerin@saone-et-loire.gouv.fr*

Les zones humides sont des milieux pouvant présenter de multiples facettes : annexes fluviales, forêts alluviales, prairies humides, marais, tourbières, étangs... On estime à l'heure actuelle qu'elles représentent 5 % du territoire national.

## Les zones humides présentent de nombreux intérêts et remplissent de multiples fonctions indispensables aux équilibres naturels et aux activités humaines

Elles jouent le rôle de filtres naturels des bassins versants qui reçoivent, retiennent et transforment les matières minérales et organiques, mais aussi dans certains cas les métaux lourds. Elles contribuent ainsi à l'auto-épuration des eaux et à l'atteinte du bon état écologique des eaux et milieux aquatiques.

Elles interviennent dans les processus de régulation hydraulique des eaux naturelles. En effet, elles atténuent et décalent le pic de crue en ralentissant et en stockant les eaux. Elles déstockent ensuite progressivement les eaux permettant ainsi la recharge des nappes et le soutien d'étiage.

Du fait de l'interface milieu terrestre / milieu aquatique qu'elles forment, les zones humides constituent des habitats de choix pour de nombreuses espèces animales et végétales. Ainsi, en France, 30 % des espèces végétales remarquables et menacées vivent dans les milieux humides, environ 50 % des espèces d'oiseaux dépendent de ces zones. Elles offrent aux espèces qui y sont inféodées, les fonctions essentielles à la vie des organismes : l'alimentation (concentrations d'éléments nutritifs) ; la reproduction ; la fonction d'abri, de refuge et de repos.

## Malgré leurs intérêts reconnus, ces milieux sont fortement menacés

On estime qu'au cours des trente dernières années, plus de la moitié des zones humides du territoire métropolitain a été détruite ou dégradée, le plus souvent au nom de l'intérêt de la société (contrôle des inondations, élimination des marais « insalubres »...). Les activités humaines sont à l'origine de la régression des milieux humides, et notamment le développement de l'urbanisation et des infrastructures, l'intensification de l'agriculture et de l'aquaculture, la déprise et le boisement des terres agricoles, l'aménagement des cours d'eau, les prélèvements d'eau, l'extraction des matériaux, l'introduction d'espèces exotiques envahissantes... Bien d'autres menaces pèsent sur les milieux humides, parfois sans que l'on en perçoive bien la portée, comme la pollution des eaux et le réchauffement climatique.

L'aménagement des cours d'eau doit également faire l'objet d'attentions particulières. En effet, les rivières sont des milieux hétérogènes, dynamiques et mobiles dans l'espace et dans le temps. Le bon fonctionnement des cours d'eau repose sur leur capacité à réguler les inondations, à fertiliser les plaines alluviales et à être le refuge d'une biodiversité variée. Plus les habitats sont hétérogènes (espace et temps), plus la diversité biologique est grande et plus la résistance spontanée aux modifications et aux agressions (résilience) est importante. Enfin, le respect de la dynamique du cours d'eau contribue à l'atteinte du bon état écologique imposé par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Pour répondre aux pressions sur les zones humides, le contexte réglementaire au niveau européen et national s'est progressivement renforcé (voir encadré).

**Évolution du cadre réglementaire relatif aux zones humides**

Différentes lois-cadres en faveur des zones humides complètent et renforcent les dispositifs réglementaires incités par la convention mondiale de RAMSAR, ratifiée en 1986 par la France. Il s'agit notamment de la Directive Cadre sur l'Eau qui vise l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau, ainsi que la non dégradation de celles-ci. Mais aussi de la loi sur l'eau de 1992 et de la loi de développement des territoires ruraux de 2005, qui intègrent des dispositions en faveur de la préservation, de la restauration et de la valorisation des zones humides. Enfin, les lois Grenelle encouragent des actions allant dans ce sens. Depuis 1992, les zones humides sont protégées par le Code de l'environnement, au titre de la nomenclature « eau et milieux aquatiques ». L'article R.214-1 du code de l'environnement détermine si les IOTA (Installations, Ouvrages, Travaux ou Activités) sont soumis à déclaration ou à autorisation selon la nature du projet. Ainsi, il importe que les porteurs de projets en zone humide aient connaissance :

- de la rubrique 3.3.1.0, relative à l'assèchement, la mise en eau, l'imperméabilisation, le remblai de zones humides ou de marais. Les seuils sont de 1 ha pour les dossiers d'autorisation et de 0,1 (ou 1000 m²) pour les dossiers de déclaration.
- de la rubrique 3.3.2.0 relative à la réalisation de travaux de drainage. Les seuils sont de 100 ha pour les dossiers d'autorisation et de 20 ha pour les dossiers de déclaration.
- de la rubrique 3.1.2.0 (rubrique ajoutée en 2006) relative à la modification du profil en long ou en travers du lit mineur d'un cours d'eau. Les seuils sont de 100 m pour les dossiers d'autorisation et de 10 m pour les dossiers de déclaration.

## Progressivement, la définition des zones humides a été précisée

À la suite de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, l'article L.211-1 du code de l'environnement précise que l'« on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».
Le décret du 22 mars 2007, codifié à l'article R.211-108 du code de l'environnement, précise les critères de définition et de délimitation de ces zones. Les critères sont relatifs à la morphologie des sols liée à la présence prolongée d'eau d'origine naturelle et/ou à la présence éventuelle de plantes hygrophiles, définie à partir de listes établies par région biogéographique.
L'arrêté interministériel du 24 juin 2008, affine les critères de définition et de délimitation des zones humides (sols et végétation) et les protocoles de relevés sur le terrain (69 pages dont 68 d'annexes). L'article 1 stipule qu'une zone est considérée comme humide si elle présente l'un des critères suivants :

- les sols correspondent à un ou plusieurs types pédologiques, exclusivement parmi ceux mentionnés dans une liste figurant en annexe,
- sa végétation, si elle existe, est caractérisée par (i) soit des espèces identifiées et quantifiées selon la méthode et la liste d'espèces figurant en annexe, (ii) soit des communautés d'espèces végétales, dénommées « habitats », caractéristiques de zones humides, identifiées selon la méthode et la liste correspondante figurant en annexe.

À la demande du monde agricole, relayée par les élus et les services déconcentrés de l'État, un groupe de travail national a réexaminé les critères de définition des sols. L'arrêté interministériel du 24 juin 2008 a fait l'objet d'une modification introduite par l'arrêté du 1er octobre 2009. Les évolutions majeures apportées sont les suivantes :

- révision des critères pédologiques, entraînant l'exclusion de certains types de sols caractéristiques des zones humides,
- possibilité pour le préfet de région d'exclure deux autres types de sols (luvisols et rédoxisols) après avis du conseil scientifique régional du patrimoine naturel.

Témoignage

## La mise en application de la réglementation en Saône-et-Loire

**Bertrand Dury**

*Pédologue-écologue, Chambre d'Agriculture Saône-et-Loire*
*E-mail : BDURY@sl.chambagri.fr*

Selon les estimations de la Chambre d'Agriculture réalisées à partir de la base « Inventaire, Gestion et Conservation des Sols», 324 737 ha, soit environ 40 % de la SAU, auraient alors pu être considérés comme étant des zones humides (Bresse, Val de Loire, Val de Saône...) en se référant à la première version de l'arrêté, et 125 854 ha soit environ 14 % du territoire suite à sa révision. Il est difficile de relier les données sur la connaissance des zones humides. En effet, il n'existe pas de cartographie exhaustive des zones humides malgré quelques inventaires non exhaustifs sur certains bassins versants. Il n'existe pas non plus de cartographie juridique des cours d'eau. Le seul critère de la carte IGN au 1/25 000 ne suffit pas, tout comme la présence ou non d'une toponymie. En l'absence de définition législative des cours d'eau, les seuls éléments permettant de caractériser ces derniers ressortent de la jurisprudence (présence de lits et/ou identification d'un fond différencié et/ou présence d'une végétation aquatique et/ou présence de vie aquatique (macro-invertébrés essentiellement).

### Enjeux agricoles : la maîtrise de l'excès d'eau en milieu hydromorphe

L'agriculteur cherche à maîtriser l'excès d'eau afin d'améliorer la conduite et les résultats de son exploitation ; les travaux hydrauliques (entretien ou création de fossés, captage ou sevrage de mouillères, drainage) sont des aménagements déterminants pour la majorité des exploitations. Le drainage, investissement lourd, constitue souvent une décision stratégique pour la compétitivité des exploitations et leur pérennité.

Le drainage artificiel des terrains hydromorphes, à mauvais ressuyage naturel, limite les périodes où le sol se trouve engorgé : l'agriculteur peut alors diversifier les successions de culture en introduisant des plantes sensibles à l'excès d'eau et ainsi limiter la monoculture, en particulier du maïs. Le drainage permet de semer plus tôt et de récolter plus tard : les cycles culturaux sont ainsi allongés, les cultures captent davantage de rayonnement solaire et augmentent leur production. Un retard de dix jours pour un semis de maïs génère une perte de rendement de cinq quintaux par hectare, un retard de quinze jours pour un semis de blé à l'automne hypothèque le rendement de quatre quintaux par hectare. En outre, les risques de non récolte à l'automne sont fortement limités. Par ailleurs le drainage, au niveau du sol, réduit les risques de création d'une croûte de battance en surface et par là, une mauvaise germination-levée des plantules et les risques de prise en masse en profondeur, responsable d'un mauvais fonctionnement racinaire. Le drainage améliore la praticabilité des terrains et réduit ainsi les risques de travaux réalisés en mauvaises conditions de ressuyage, et par là, les risques de compactage et de gâchage de la structure du sol : création de mottes ou d'horizons compacts, obstacles au développement des racines. Le profil cultural et racinaire offre ainsi de meilleures conditions pour la nutrition des cultures (les intrants sont mieux valorisés) et pour leur alimentation en eau (une plus forte résistance à la sécheresse) ; les cultures sont moins vulnérables aux maladies. Le drainage génère ainsi des gains de rendement de l'ordre de 20 % en moyenne et des économies de charge. Il faut noter que les gains de productivité sont aussi conséquents en système fourrager ; ils se doublent d'une mise à l'herbe plus précoce des animaux et

d'un pâturage plus tardif ; le bien-être animal est accru, l'état sanitaire des troupeaux est amélioré.
Pour les exploitations fortement impactées par les terres hydromorphes, le drainage est ainsi une condition de leur compétitivité et de leur pérennité. En drainant, l'agriculteur transforme radicalement ses conditions de travail, il se donne un atout déterminant pour diversifier son assolement, intégrer les innovations agronomiques, respecter les cahiers des charges dans la conduite des cultures pour des produits de qualité, saisir les opportunités du marché. Le drainage conditionne la mise en œuvre de systèmes de cultures diversifiés, économes en intrants et performants au niveau environnemental ; le drainage conditionne la perspective de pratiquer les techniques culturales simplifiées et de réduire la fréquence du labour, voire de le supprimer, en générant des économies d'énergie ; il rend possible l'exploration des systèmes de cultures sous couverts végétaux. Il reste que les répercussions agronomiques et environnementales des systèmes de culture mis en place après drainage sont contingentes de la maîtrise de tous les maillons des itinéraires techniques, en particulier travaux du sol, stratégies de fertilisation et de désherbage : le savoir-faire de l'exploitant est déterminant.

## Le compromis : une charte « zones humides et travaux hydrauliques ruraux »

À l'échelle départementale, la rédaction de la charte de bonnes pratiques a nécessité prioritairement la construction d'un référentiel local reposant sur 21 secteurs de référence répartis sur l'ensemble du département afin de prendre en considération :

- La diversité géo-morphologique du département
- Les enjeux environnementaux
- Les savoir-faire des praticiens, en particulier agriculteurs, entrepreneurs et services techniques
- Les usages locaux

Différentes ressources scientifiques et techniques en agronomie, hydraulique et écologie ont également été mobilisées. C'est d'une part en se confrontant à la diversité des situations identifiées sur le terrain et d'autre part en intégrant l'échelle de la commune (ou du bassin versant) que le groupe d'acteurs s'est forgé progressivement, avec pragmatisme, un référentiel partagé.
Sur le terrain, les questions concrètes posées par la pratique, relatives au drainage, aux mouillères, ainsi qu'à l'identification des cours d'eau et fossés, donnant lieu à des interprétations divergentes entre les acteurs, ont notamment été précieuses pour repérer les difficultés et rechercher les solutions pertinentes. La vision à l'échelle du bassin versant ou de la commune s'est donc révélée être très pertinente pour intégrer les différents enjeux et définir les bonnes pratiques. Plusieurs illustrations du contenu de la charte sont données ci-dessous, aboutissement de ces choix de fonctionnement collectif.

***Fossés et cours d'eau***

Aujourd'hui les exploitations agricoles sont soumises à de nombreuses réglementations, notamment environnementales, rattachées à diverses définitions relatives aux zones d'écoulements. La variabilité des définitions relatives aux cours d'eau (PAC avec BCAE, rubrique de la loi sur l'eau…) génère sur le terrain différentes confusions. L'objectif du travail conduit dans le cadre de la charte a donc consisté à clarifier ce point. Pour cela, le comité technique en place s'est attaché à tester sur le terrain quatre critères usuellement retenus par la jurisprudence pour la différenciation entre fossés et cours d'eau. Ces critères correspondent à la présence d'un écoulement permanent (au moins dix mois de l'année), la présence d'un fond différencié au niveau de la zone d'écoulement, la présence de berges et la présence d'invertébrés aquatiques. Sur cette base, les observations de terrain menées dans le cadre de la charte nous conduisent aujourd'hui à dissocier :

- Les régions herbagères à l'Ouest, où les cartes IGN (3ème édition) au 1/25 000 constituent une source fiable : tous les traits pleins ainsi que les traits pointillés, nommés ou non, correspondant à des cours d'eau sur le terrain.
- Les régions de polyculture-élevage à l'Est, où deux critères conduisent à identifier les cours d'eau dans 95 % des cas : un écoulement permanent au moins dix mois par an (sauf en cas de sécheresse exceptionnelle) et la présence d'un fond différencié (sable, gravier, vase organique...) notablement distinct du substrat. Les deux autres critères (présence d'une berge

et repérage d'invertébrés aquatiques) confortent le diagnostic.

***Mouillères***

Les différents types de mouillères recensées en régions herbagères correspondent du point de vue pédologique et floristique à des zones humides. Les observations de terrain ainsi que la prise en considération des études de l'Inra de Thonon-les-Bains sur le bassin versant de la Sorme nous ont conduits à distinguer quatre types de mouillères :

- A : mouillères de bas de versant. Elles sont de grande taille et correspondent à des dépressions topographiques ceinturant le réseau hydrographique. Ces zones fonctionnent par accumulation d'eau sur substrat imperméable.
- B : mouillères de bas de versant. Elles sont associées à des sources à écoulement continu. Elles sont liées aux résurgences du réseau fissural du socle granitique (généralement) qui les alimente en permanence.
- C : mouillères de mi-pente. Elles produisent un écoulement intermittent, ne fonctionnant qu'après de fortes pluies, après élévation du toit de la zone saturée.
- D : mouillères de haut de versants. Elles ne produisent pas d'écoulement et ne sont présentes que sur le substrat imperméable.

À partir de ces quatre configurations, trois grandes problématiques ont été traitées dans le cadre de la charte : le captage de mouillères pour l'abreuvement des animaux au pâturage ; le sevrage pour l'amélioration de la praticabilité du terrain, avec ensuite remise en culture ; la préservation des zones humides de bas fond.

***Drainage***

Lorsqu'il s'agit de différencier les zones humides à conserver et les terres agricoles hydromorphes pouvant être drainées, la connaissance du sol devient indispensable tant les situations sont complexes. La reconnaissance de la nature des matériaux en place est la base du travail. Il faut observer le sol et distinguer les traces d'hydromorphie fonctionnelles ou fossiles, mais aussi prendre en compte des notions de perméabilité, de saturation, de nappe. Comprendre le fonctionnement de l'eau dans le sol et connaître les périodes et les durées d'engorgement sont autant d'éléments nécessaires pour proposer des solutions adaptées aux besoins de l'exploitant en respectant la réglementation. Le second critère pouvant être pris en considération pour la délimitation de zones humides est la végétation. L'arrêté ministériel « zones humides » précise que ce critère peut être appréhendé soit à partir des espèces végétales présentes, soit à partir des habitats diagnostiqués. Toutefois ce critère reste insuffisant à lui seul. En effet, certaines pratiques agronomiques défectueuses (absence de fauche de refus, absence de chaulage...) et/ou le climat de l'année, peuvent conduire à l'apparition provisoire de différentes espèces comme les joncs alors même que le sol n'est pas typique d'un sol de zone humide. Enfin, au-delà du type de sol et du caractère inondable, le drainage d'une parcelle est conditionné par la possibilité d'évacuer les eaux des drains, récupérées par les collecteurs, vers un exutoire, fossé ou cours d'eau, suffisamment profond. Pour cela la réflexion doit donc se conduire à l'échelle du bassin versant.

En Bresse, région sédimentaire, où le drainage est une pratique fort développée, avec un potentiel encore conséquent, le travail réalisé a permis de dissocier :

- Les secteurs remembrés, où des aménagements hydrauliques, anciens ou récents, ont créé les infrastructures nécessaires au développement du drainage. Toutefois, un dimensionnement excessif et une rectitude des fossés de collecte conduisent à une évacuation plus rapide des eaux, avec de possibles effets négatifs à l'aval. Dans ce cas, les travaux d'entretien, bien qu'ils ne soient soumis à aucune procédure, viseront à corriger les situations en raisonnant le calibrage des fossés à l'échelle du bassin versant.
- Les secteurs non remembrés, où la configuration du parcellaire ainsi que l'absence de réseaux de fossés limitent le développement actuel du drainage, et la pérennité économique des exploitations. Dans ce cas, une démarche, reposant sur un diagnostic à l'échelle du bassin versant, visera à intégrer les différents enjeux : maintien des zones humides, préservation du bocage et drainage des terres hydromorphes. Sur ces territoires, la démarche de raisonnement du drainage à l'échelle du bassin versant doit être privilégiée car c'est la seule qui permettra de garantir une réelle prise en considé-

ration des enjeux hydrauliques, écologiques et agronomiques.

## Conclusion

La charte sur les zones humides et les travaux hydrauliques ruraux a été signée le 15 septembre 2011 par le préfet de Saône-et-Loire, la Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire, la FDSEA, les Jeunes Agriculteurs, le Syndicat des entreprises de drainage de Saône-et-Loire, la Fédération départementale des Cuma, la Safer de Bourgogne, le Conservatoire d'Espaces Naturels de Bourgogne, l'Union des maires des communes rurales de Saône-et-Loire, le Conseil Général et le Syndicat des Propriétaires. Les différents signataires se situent dans une perspective de développement durable. Ils prennent acte de la diversité des enjeux à concilier, et s'engagent à faire connaître la charte auprès de tous les acteurs concernés, agriculteurs et collectivités. Les agriculteurs doivent être sensibilisés à l'intérêt de préserver les milieux humides et avertis de la réglementation en vigueur afin de rechercher localement les meilleurs compromis sur leurs exploitations. Corrélativement, il est nécessaire de communiquer auprès des acteurs de l'environnement sur les besoins du monde agricole.
La présente charte sera mise à l'épreuve du terrain pendant deux ans et pourra être actualisée en fonction des retours de terrain et des évolutions réglementaires. Il apparaît nécessaire de continuer à capitaliser de la connaissance pour agir avec toujours plus de pertinence.

Témoignage

# Le regard d'un professionnel de la chambre d'agriculture de Saône-et-Loire

**Lionel BOREY**

*Agriculteur, Responsable professionnel Chambre d'Agriculture Saône-et-Loire*
*E-mail : lionel.borey@orange.fr*

La mise en œuvre concrète, sur le terrain, des pratiques de gestion des excès d'eau, au travers des opérations telles que l'entretien et la gestion des réseaux d'écoulement, les opérations de drainage ou de captages de mouillère, s'est heurtée rapidement à des différences d'interprétation de la réglementation. Des cas de procès-verbaux ayant été dressés par des agents de l'Onema, il était urgent de trouver les leviers qui permettent aux différents acteurs d'agir en sécurité.

Les acteurs de terrain que sont les agriculteurs, les agents des collectivités publiques, dans une gestion communale, ou encore les entreprises prestataires dans le domaine des travaux hydrauliques ne disposaient pas d'un accès simple, rapide et partagé, à un guide référentiel, permettant au quotidien de caler les interventions dans le respect de la réglementation. Par ailleurs, le caractère strict de la mission de contrôle et de verbalisation, le cas échéant, exercé par les agents de l'Onema, a installé rapidement un climat conflictuel, peu propice à une gestion durable des enjeux de préservation des zones humides, en concordance avec les enjeux de la production agricole.

Persuadés qu'il est possible de concilier ces enjeux, nous avons entrepris de convaincre notre administration départementale d'engager un travail de fond autour de cette problématique. Je tiens à remercier la DDT, au travers de ses différents représentants, pour l'écoute dont ils ont fait preuve et l'impulsion qu'ils ont donnée, pour poser le cadre d'un travail constructif. Les travaux engagés ont permis de mettre en évidence plusieurs points clés qui devraient faire l'objet de la plus grande attention, pour ceux qui font de la préservation de l'environnement une priorité :

- un travail fin pour coller au terrain, avec une expertise technique et scientifique forte, la complexité du terrain mettant très rapidement à mal la réglementation nationale ;
- un travail de mise en relation des acteurs, dans un but de compréhension mutuelle sur les objectifs poursuivis. La mise en commun des compétences des uns et des autres a permis l'installation d'un climat de confiance et respect ;
- la co-construction, sur les bases d'un diagnostic partagé, d'un référentiel qui, pour le cas présent, a pris la forme d'une charte.

Ce travail a permis de passer d'une ambiance de confrontation, voire de rupture, à une ambiance de gestion partagée, respectueuse des hommes et de l'environnement, pérennisée dans le temps. Bien plus que le cadre de la réglementation nationale, c'est l'adhésion des acteurs de terrain à un concept et une éthique qui peut garantir l'efficacité des moyens déployés et l'atteinte des objectifs.

Agronomie Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 1 - juin 2012

# La ré-insertion de nouvelles formes d'agriculture en ville : traduction en actes et projets

## L'exemple de la communauté urbaine de Strasbourg

Témoignage

# La ré-insertion de nouvelles formes d'agriculture en ville : traduction en actes et projets

**Julien HUBER* et Frédéric LONCHAMPT****

**AgroParisTech*
***responsable département espaces naturels-Ville de Strasbourg)*
*E-mail auteur correspondant :*
*julien.huber@agroparistech.fr*

## Introduction

L'Alsace présente la particularité d'avoir un contraste entre une plaine particulièrement peuplée, dominée par une agriculture intensive et une zone montagneuse beaucoup moins peuplée, avec la présence d'une agriculture plus extensive. La communauté urbaine de Strasbourg, située en plaine d'Alsace, se trouve dans un contexte biogéographique particulier. Au bord du Rhin, elle possède encore en son sein des vestiges de forêts alluviales d'une grande richesse écologique. Ce patrimoine a été reconnu, d'une part, avec la classification de ces zones en Natura 2000 et zone RAMSAR (zone humide d'importance internationale), et d'autre part, par la création de plusieurs réserves naturelles nationales. En plus de ces milieux humides riches, elle possède une biodiversité rare, avec en particulier la présence d'une des plus grosses populations de grand hamster d'Alsace sur les terrains lœssiques.

*La Ville de Strasbourg dispose sur son territoire d'une richesse écologique importante avec la présence de plus de 1500 hectares d'anciennes forêts alluviales (classées ou en cours de classement en réserve naturelle nationale) qui sont intégrées dans le site Natura 2000 Ried Rhin Bruch de l'Andlau, lui-même reconnu zone humide d'intérêt international par son classement en zone RAMSAR*

Par ailleurs, environ 200 agriculteurs ont leur siège sur le territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS), exploitant près de 10 400 ha, sur un total de 31.593 ha. Une évolution très rapide de cette agriculture a été constatée. Le nombre d'exploitations a ainsi diminué d'environ 25% depuis 10 ans et l'assolement a évolué en conséquence (55% de la surface agricole utile étant désormais occupée par du maïs).
Le citadin est de plus en plus sensible à l'environnement, aux paysages et à leur préservation. Dans un contexte périurbain comme celui de la CUS, les démarches politiques engagées intègrent de multiples enjeux environnementaux.

## Une opportunité rare : la reconversion de 20 ha de terres agricoles

Les questions d'agriculture et de biodiversité peuvent être abordées à l'échelle d'une collectivité à quatre niveaux, à savoir ceux de la parcelle, de l'exploitation agricole, du paysage et de son territoire.
La CUS s'est récemment saisie de la question de l'avenir et de la place de l'agriculture sur son territoire. Elle a mis en place un partenariat avec la chambre d'agriculture du Bas-Rhin pour pouvoir œuvrer à ces différentes échelles.
A l'échelle du territoire, la CUS souhaite encourager une agriculture durable, prenant en compte les enjeux environnementaux et privilégier le « bio » et les circuits courts avec pour projet de créer un lieu de vente dans la ville. Cette politique se déclinera localement en tenant compte des contraintes paysagères, économiques et sociales.
Aux abords de l'agglomération strasbourgeoise s'exerce une forte pression foncière, avec d'une part une agglomération qui ne cesse de grossir et d'autre part la présence d'une agriculture intensive sur des terres particulièrement fertiles.
La conjonction de ces facteurs régionaux et locaux fait qu'il est difficile d'engager des actions qui :
- répondent aux attentes des citadins,
- préservent l'environnement et les passages,
- pérennisent une agriculture durable aux portes

de la ville,
- assurent le développement de la zone urbaine et son extension économique.
Les actions menées par le passé en faveur de la préservation de la biodiversité étaient relativement cloisonnées, celles-ci étant concentrées dans les espaces protégés. Aujourd'hui une démarche plus globale est privilégiée avec une agriculture au service de la préservation de la biodiversité, ce qu'on pourrait appeler une démarche agriculture-écologie qui prenne en compte les contraintes socio-économiques locales.

Une première opportunité de conciliation agriculture-écologie s'est présentée en 2002 lorsque la Ville de Strasbourg s'est porté acquéreuse d'environ 20 ha de terres agricoles. L'importance de la surface de ces terrains a permis d'avoir une approche de la problématique agricole locale non seulement parcellaire, mais également paysagère. Ces terrains se situent dans le quartier de la Robertsau en périphérie directe au nord de Strasbourg et étaient cultivés en monoculture de maïs jusqu'en 2010 (cf. carte). Un projet de reconversion en prairie humide avec un mode de gestion adaptée visant à permettre la réapparition d'une biodiversité originelle a été élaboré.
Ces terrains présentaient la particularité d'être inclus dans différents zonages spécifiques qui orientent et conditionnent grandement leur devenir. Premièrement, ces parcelles font partie intégrante de la zone Natura 2000 Ried Rhin Bruch de l'Andlau et plus spécifiquement du secteur 2 de ce zonage. Ces terrains sont impactés par deux zonages Natura 2000 :
- Site d'Importance Communautaire (SIC) du secteur alluvial Rhin-Ried-Bruch, partie bas-rhinoise,
- Zone de Protection Spéciale (ZPS) de la vallée du Rhin de Lauterbourg à Strasbourg au nord, vallée du Rhin de Strasbourg à Marckolsheim au sud. Sur cette bande rhénane bas-rhinoise, une grande partie des surfaces sont recouvertes de forêts ; seuls 426 ha d'habitats ouverts d'intérêt communautaire ont été recensés, soit 3,3 % de la Zone Spéciale de Conservation (ZSC) (source : document d'objectif (DOCOB) du 10/04/2007). L'état des lieux effectué dans le cadre de l'élaboration du DOCOB note un état de conservation variable suivant les habitats, mais « majoritairement défavorable ». Cela s'explique en partie par un trop fort morcellement de ces habitats. Une des orientations donnée par le DOCOB est de favoriser la biodiversité sur les prairies restantes par des fauches tardives ou d'encourager par des aides la restauration de prairies humides. Il y a donc un grand intérêt à restaurer un milieu ouvert en lisière de forêt de la Robertsau.
Les terrains en question ont aussi la particularité de se trouver dans le périmètre de la future réserve naturelle nationale de la forêt de la Robertsau. Cette forêt d'un seul tenant actuellement de 482 ha (périmètre encore en cours de finalisation) bénéficie déjà à ce jour d'une gestion patrimoniale, et l'inclusion de ces terrains agricoles dans un tel périmètre permet de diversifier les habitats concernés par ce classement, principalement constitués de milieux forestiers fermés.

## Une richesse floristique et faunistique remarquable

Cette partie sud de la forêt de la Robertsau a d'ailleurs déjà fait l'objet de plusieurs inventaires et suivis naturalistes, en particulier sur les milieux ouverts. Il en est ressorti que certaines prairies, propriétés de la Ville de Strasbourg et situées à proximité directe de ces terrains, présentaient une richesse floristique particulièrement intéressante avec notamment : *Utricularia neglecta* (liste rouge Alsace - Vulnérable), *Dactylorhiza majalis hybride maculata* (orchidée hybride) *Iluna salicina et Iris sibirica* (liste rouge Alsace - en danger).
Concernant la faune, et plus particulièrement l'entomofaune, ces prairies sont également très riches. Des relevés effectués en 2009 ont permis d'identifier entre autres les espèces suivantes :
- ODONATES : la libellule fauve et la grande aeschne, deux espèces patrimoniales.
- ORTHOPTERES : le criquet ensanglanté, le criquet des roseaux et le phanéroptère méridional, tous trois classés sur liste rouge Alsace et respectivement répertoriés comme en déclin, vulnérable et disparu.
- LEPIDOPTERES : Azuré du trèfle, des ajoncs et des paluds, cette dernière espèce étant protégée au niveau national et communautaire.
Ces prairies ont donc une valeur patrimoniale intéressante avec la présence d'habitats aptes à accueillir bon nombre d'espèces animales et végétales menacées de disparition.
Par ailleurs, la partie forestière n'est pas en reste :

reliquat d'une ancienne forêt alluviale encore fonctionnelle avant 1970, elle est parsemée de dépressions humides. Nous avons encore la présence de stratifications horizontales et verticales de l'ensemble des biocénoses qui est caractéristique de ces « forêts galeries » et qui est en train de disparaitre dans ces milieux qui ont été coupés des apports d'eau du Rhin, à la suite de sa canalisation.

## Des motivations urbaines multiples

Compte-tenu des caractéristiques de cet ensemble de terrains et du potentiel que leur confère leur environnement, les motivations de la Ville de Strasbourg à les acquérir étaient multiples .

***Préservation de la biodiversité***

Ces terrains forment une poche à l'intérieur du patrimoine foncier de la Ville, véritable élément de rupture entre les différents biotopes de ce segment de bande rhénane. À l'origine, il s'agissait d'une zone humide dont il subsiste d'ailleurs une roselière à proximité. Or, la volonté actuelle est de sauvegarder les trames vertes et bleues relatives aux forêts et aux milieux humides, afin de réduire l'érosion de la biodiversité. La reconversion envisagée en prairie de ces terrains a donc avant tout pour but d'agrandir ces réseaux, de maintenir les continuités écologiques et d'obtenir une gestion cohérente et efficace à l'échelle du massif forestier de la Robertsau.

***Intérêt paysager***

Mettre un terme à la succession saisonnière monoculture de maïs – sol nu apporte une plus-value incontestable en termes d'attractivité du paysage. En effet, ce type de culture constitue une aménité de l'agriculture, qui prend énormément d'importance en périphérie d'une agglomération telle que Strasbourg. Ainsi, la forêt de la Robertsau comme les autres forêts périurbaines de la Ville, est aménagée pour l'accueil du public depuis plus de 25 ans. Parcours sportifs, pistes cavalières et autres sentiers botaniques et de découverte sillonnent la forêt et visent à sensibiliser les promeneurs à la beauté et à la fragilité des écosystèmes les entourant. Une partie de ce site présente un potentiel particulièrement intéressant pour la création d'une vitrine de la biodiversité locale et d'aménagements à visée pédagogique et/ou scientifique. Les promeneurs sont en demande de pouvoir avoir dans ces lieux de promenade privilégiés autre chose que des champs de maïs. La transformation en prairie d'une partie de cette zone pourrait répondre à leurs attentes. Cette plus-value sera plus ou moins grande suivant le choix de mutation des terrains.

***Gestion de la faune***

Dans le cadre de la gestion future de la réserve naturelle de la forêt de la Robertsau, l'orientation à prendre serait de proscrire la chasse pour essentiellement trois raisons :

- de sécurité (massif forestier très fréquenté)
- équilibre écologique avec aujourd'hui un système d'agrainage associé au tir qui participe plus à l'augmentation des populations qu'à leur régulation
- acceptation sociale de l'activité « chasse » aux portes de la Ville.

L'existence de cultures de maïs en lisière du massif forestier pose un problème de dégâts de sangliers. L'impact est doublement négatif. Premièrement, il s'agit là d'un immense garde-manger facile d'accès pour les sangliers, ce qui peut mettre à mal la stratégie d'autorégulation des populations. Deuxièmement, il revient au gestionnaire de mettre en place les protections adéquates (clôtures) et d'indemniser les dégâts sur les cultures consécutifs à la politique de chasse.

***Amélioration de la qualité de l'eau***

La présence d'un réseau hydrographique particulièrement dense et la faible profondeur de la nappe phréatique dans cette zone expliquent la grande sensibilité de cette dernière à la pollution par les intrants agricoles. Ce dernier aspect est un élément qui justifie l'intérêt d'un changement de devenir de ces terrains.

***Possibilité d'installer un maraîcher sur environ 2ha***

La qualité de bailleur de la Ville de Strasbourg facilite la mutation de ces terres agricoles. À l'origine, le quartier de la Robertsau était réputé par la densité du maraichage et constituait le quartier nourricier de Strasbourg. D'anciennes fermes témoignent encore de cette activité agricole. Le milieu du XIX$^{ème}$ siècle est également l'époque pendant laquelle apparaissent des activités de type indus-

triel (fabrique de bougies, papeterie) qui succèdent à des activités de type artisanal (manufacture de draps, tannerie). À la fonction villégiature, que le quartier avait acquise au XVIII$^{ème}$ siècle, se substitue lentement la fonction de production. Parallèlement, le maraîchage prend un grand essor grâce à l'introduction de nouvelles méthodes de culture et à l'afflux de nombreux jardiniers strasbourgeois poussés hors de la ville par ses extensions. Cette fonction agricole s'est perpétuée, limitant les activités industrielles. Le quartier de la Robertsau était alors la capitale du maraîchage. Le maraîchage connaît son apogée dans l'entre-deux-guerres. En 1927, on compte environ 130 maraîchers dans le quartier, qui employaient près de 200 personnes sur 220 hectares de terre. Au lendemain de la seconde guerre mondiale, un déclin irréversible a durement frappé la profession. La concurrence de plus en plus sévère des produits importés, l'industrialisation de la production et de la distribution, la pénibilité d'un travail saisonnier et la convoitise de la promotion immobilière pour les réserves foncières représentées par toutes ces terres agricoles ont progressivement eu raison d'une profession qui a rythmé pendant bien plus d'un siècle la vie et les fêtes au village. La chute du nombre d'exploitations est assez éloquente : 69 exploitations en 1960, 56 en 1967, 28 en 1984, une quinzaine en 1992 et une seule en 2011. Afin de relancer cette activité dans ce quartier, il a été proposé, dans le cadre du projet, de privilégier l'installation d'un maraicher sur la partie exempte de toutes contraintes réglementaires environnementales (hors projet de classement en réserve naturelle). L'objectif de ce choix est de répondre à la démarche globale souhaitée par la collectivité. L'installation d'un jeune agriculteur orienté vers la culture « bio » serait privilégiée.

Cet espace étant grevé de fortes contraintes environnementales et règlementaires, et les valeurs vénales du foncier étant excessivement élevées dans ce secteur, la vente a mis près de 10 ans avant d'être conclue. L'estimation des Domaines chiffrait en effet cette valeur vénale à 533 €/are, ce qui rendait la vente de ces quelques 20 ha très difficile. En l'absence d'acheteurs aux montants successivement proposés par le propriétaire, le prix de ces terrains a été progressivement revu à la baisse, jusqu'à l'atteinte d'un montant plus réaliste. C'est alors que l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a assuré la Ville de Strasbourg de son soutien financier pour l'acquisition de ces terrains, compte-tenu des engagements de la Ville à faire évoluer la gestion de cet espace vers une meilleure prise en compte de la biodiversité et de la qualité de la ressource en eau. Après montage d'un plan de financement et validation du projet par l'Agence de l'Eau et du Conseil Municipal de la Ville de Strasbourg, l'acquisition de ces 20 ha de terrains a finalement abouti le 24 novembre 2011 par la signature de l'acte de vente par les différentes parties prenantes qu'étaient le propriétaire (son représentant), la SAFER et la Ville de Strasbourg.

Compte-tenu des enjeux mentionnés ci-dessus, la reconversion de ces terrains comporte trois volets : mise en prairie et pâturage d'environ 15 ha, restauration d'une zone humide fonctionnelle d'environ 2,5 ha et mise en place de maraîchage sur environ 2,5 ha. Cette seule acquisition foncière offre donc un potentiel important et peut permettre de concrétiser différents projets qui forment un ensemble cohérent.

## Un montage délicat, avec de nombreuses options non retenues

Différentes options ont été étudiées de manière à pouvoir engager cette reconversion en partenariat avec l'agriculteur qui était locataire de ces terrains jusqu'alors. C'est ainsi qu'avait par exemple été étudiée la possibilité de conclure une mesure agro-environnementale territorialisée (MAET) « Reconversion de terres arables » sur l'ensemble des 20 ha. Pour différentes raisons de faisabilité technique et de gestion future de ces espaces, cette solution n'a pas été retenue et le bail rural a finalement été résilié. L'indemnité d'éviction représentant environ 50 % de la valeur vénale retenue, ce choix n'a été fait qu'en dernier recours et parce qu'il apparaissait comme indispensable pour faire évoluer la gestion de ces terrains grâce à la maîtrise foncière. Le statut du bail à ferme a en cela un côté « conservateur » et ultra-protecteur du preneur, qui représente un frein réel à l'évolution des pratiques et à la mise en place de partenariats nouveaux. Cette résiliation de bail a été effective dès lors que la Ville a été propriétaire des terrains, à savoir le 24 novembre 2011. Il avait néanmoins pu être obtenu de l'agriculteur qu'il assure le semis de la prairie au

printemps 2011, sur la base de recommandations faites par la Ville de Strasbourg. La dernière récolte du maïs sur ces terres a donc été celle de 2010, l'ensemble ayant été ensemencé en prairie en avril 2011. Cette prairie a pu faire l'objet d'une première valorisation agricole en 2011. Désormais la Ville, propriétaire de cet espace, en maîtrise totalement le devenir.

***Une mise en place de pâturages sur 15 ha***

Les surfaces en prairie et la biodiversité associée ont fortement baissé en Alsace depuis les années 1970. Conserver ces derniers milieux herbacés et en restaurer d'autres est important pour la faune et la flore de ces habitats, mais aussi pour la qualité des paysages et le maintien de la qualité des eaux. Le choix de restaurer 15 ha de prairie présente donc un intérêt indéniable. Compte-tenu des surfaces en jeu et de la volonté de favoriser les partenariats agricoles, le projet de gestion de cette prairie consiste à mettre en place un pâturage extensif en partenariat avec un éleveur. La Ville dispose d'un certain retour d'expérience pour la gestion des milieux ouverts (et notamment alluviaux) par fauche mécanique. Il aurait donc été possible d'appliquer ce mode de gestion à cette nouvelle prairie, mais la prise de risque que constitue l'expérimentation d'un partenariat avec un éleveur est pleinement justifiée. La mise en place d'un pâturage extensif présente en effet de multiples valeurs ajoutées par rapport à une fauche :

- La présence d'animaux est généralement bien perçue par la population. Cet outil de gestion peut devenir un outil de communication rapprochant agriculteurs et citadins.
- En respectant un pâturage extensif, les animaux gardent une hétérogénéité de la strate herbacée (herbe haute, broutée ou piétinée) très favorable à la diversité de la faune et de la flore.
- Les fèces des animaux favorisent les animaux coprophages.
- Lorsque le pâturage se produit sur l'année, l'état de la végétation sur la parcelle n'est jamais homogène contrairement à ce qui se produit en cas de mécanisation.
- Les animaux n'utilisent pas de carburants fossiles.

En revanche, en termes de protection de l'eau, le pâturage, même extensif, est moins efficace que la conduite en fauche. En effet, les pissats peuvent entraîner des pertes en nitrate, mieux maîtrisées par une fauche. Mais il convient ici de trouver le bon équilibre entre les contraintes de gestion et les attentes environnementales, sociales et économiques.

Bovins, équins, caprins ou ovins ont tous leur intérêt en termes de pâturage avec des alimentations différentes et des méthodes (arrachage ou coupe) de broutage différentes. Le pâturage mixte peut être intéressant car il évite le maintien des parasites d'une espèce. Compte-tenu de la localisation périurbaine de ce site, les ovins n'ont pas été retenus car de petite taille, très prisés et faciles à voler. Les équins posent le problème de la valorisation de leur viande, or la Ville de Strasbourg souhaite que cet espace dont la vocation première est environnementale soit également le support d'une activité de nature agricole rentable. Par conséquent, c'est le pâturage bovin qui semble le plus à même de répondre aux différentes exigences de la Ville et aux contraintes du site.

La démarche qu'il est proposé d'engager pour répondre à cet objectif est de lancer un appel à candidature avec un cahier des charges fixant les grandes orientations mais laissant une marge de manœuvre suffisante au postulant. Afin de mesurer la faisabilité technique et économique de la mise en œuvre d'un pâturage extensif de bovin rustique sur la zone, un partenariat a été engagé avec le parc naturel régional des Vosges du Nord qui a une expérience de plus de 10 ans sur la gestion de paysage avec de l'Highland Cattle. Un troupeau d'une dizaine de têtes a été mis en place sur la zone depuis début avril 2012 avec la mise en place d'un suivi floristique.

***2,5 ha à vocation strictement environnementale***

Dans un contexte où la proximité urbaine entraîne une consommation de foncier agricole pour la réalisation de projets d'aménagements ou d'infrastructures de transports, les espaces naturels ne doivent pas venir accentuer cette perte de terres agricoles en « sanctuarisant » des terres jusqu'alors productives. C'est pourquoi la majeure partie des 20 ha qui font l'objet des différents projets de gestion seront adaptés à une valorisation agricole. Pour autant, environ 2,5 ha de ce vaste ensemble présentent un potentiel écologique particulièrement intéressant et sont très peu adaptés à quelque production agricole que ce soit (la zone était pour la partie la plus humide laissé en friche). Un projet sur deux ans est donc en cours

d'élaboration visant à restaurer cette zone humide en recréant environ 2000 $m^2$ de surface en eau et à aménager cet espace pour l'accueil du public.

***2,5 ha consacrés à un projet de maraîchage***

Le quartier dans lequel se situent ces terrains était historiquement un haut-lieu du maraîchage local. Très tôt, l'agriculture s'est orientée en partie vers le **maraîchage** et les cultures de légumes de plein champ destinées au ravitaillement de la ville. Alors qu'une récente étude commanditée par la Ville a mis en exergue l'intérêt de la population pour les produits locaux et respectueux de l'environnement, il semble particulièrement intéressant de pouvoir répondre à cette demande en redonnant un nouveau souffle à l'activité de maraîchage dans ce quartier. Le choix a donc été fait d'orienter environ 2,5 ha de cet ensemble foncier vers du maraîchage biologique. La procédure de sélection du candidat sera similaire à celle de la sélection de l'éleveur (appel à candidature avec cahier des charges). Suivant le candidat et le projet retenu, la mise en œuvre opérationnelle de cette activité de maraîchage devrait se faire en 2013.

## En conclusion, quels moyens d'action pour réinsérer l'agriculture dans le fonctionnement de la ville ?

Les terrains nouvellement acquis constituent une réelle opportunité de mieux intégrer cet ensemble à son environnement local, mais vont également à l'encontre d'une dynamique globale de simplification des systèmes agricoles. On observe en effet que la pression foncière et l'étalement urbain influent également sur les systèmes d'exploitation. On observe ainsi une forte proportion de double-actifs sur le territoire de l'agglomération strasbourgeoise (plus de 45 % de la population agricole contre 25 % en moyenne en Alsace). Or, les exploitations agricoles dont le chef d'exploitation est double-actif sont à 84 % orientées vers la grande culture, système d'exploitation moins complexe et que l'on peut conduire également en prestation de service. C'est ainsi que la part de maïs sur la Communauté Urbaine de Strasbourg atteint 55 % (2010). La maîtrise foncière et le montage d'un nouveau projet de gestion sur les terrains achetés ont une portée symbolique en montrant qu'une autre valorisation de ce type d'espace est possible. Pour autant, un tel projet représente des investissements financiers conséquents et n'a pas vocation à se développer spontanément sous cette forme.

Globalement, le statut du fermage freine considérablement toute tentative de rupture de cette progression de systèmes culturaux simplifiés adaptés au contexte régional en zone périurbaine. Cependant différents dispositifs peuvent permettre d'y pallier. C'est ainsi que la Ville envisage par exemple le recours aux baux ruraux environnementaux après avoir signé le premier contrat de ce type en novembre 2011. Au travers d'une clause spécifique, il doit permettre d'intégrer une dimension environnementale au bail rural conventionnel. Cela doit se faire au moyen d'une négociation avec l'agriculteur qui verra son effort environnemental récompensé par une réduction du fermage (prévue par le dispositif règlementaire).

Un accent particulier est mis sur les clauses visant à la préservation de la qualité de l'eau (clauses limitant voire interdisant les fertilisants et les produits phytosanitaires) et celles visant à favoriser la biodiversité (avec notamment la mise en place de couverts à vocation environnementale). En misant également sur une dynamique de volontariat des agriculteurs, des réflexions ont été engagées pour l'ouverture d'un projet agro-environnemental (PAE) sur certains périmètres à enjeu de la Communauté Urbaine de Strasbourg. Cela se traduit par l'élaboration d'un diagnostic de territoire, une prise de contact avec les agriculteurs concernés et une estimation du potentiel de contractualisation. Si le projet était retenu en commission régionale agroenvironnementale, cela permettrait aux agriculteurs concernés de voir leurs services écologiques valorisés en termes économiques (par la souscription d'une MAET). La MAET doit cependant rester un outil parmi d'autres. En effet, la souscription de la part des agriculteurs de contrats agro-environnementaux étant basée sur le volontariat, il en résulte une distribution aléatoire des parcelles contractualisées dans les espaces ruraux. Si cela participe à la diversification du parcellaire, cela peut également diluer l'efficacité de certaines mesures ne présentant d'intérêt que dès lors que la gestion dépasse l'échelle de la parcelle. Enfin, dans certains cas, il est possible de déroger au statut du fermage. C'est le cas pour les contrats de prêt à usage à titre gratuit qu'il est envi-

sagé de mettre en place sur les 15 ha de prairies achetées. C'est le cas également d'une vingtaine d'hectares de milieux ouverts d'un massif forestier (massif du Hohwald) éloigné de Strasbourg mais dont la Ville est propriétaire et gestionnaire. Il est envisagé de confier, à court terme, la gestion de ces espaces prairiaux à un agriculteur au travers d'un contrat de prêt à usage avec cahier des charges. La dérogation au statut du fermage est également possible dès lors que les espaces concernés sont soumis au Régime forestier. Plus de 15 ha de prairie sont dans cette configuration. La Ville de Strasbourg au travers de la gestion de ces espaces naturels, conclut dans ces cas précis des conventions annuelles de fauche soumises à différentes exigences écologiques et de sécurité. La vocation conservatoire de ces espaces peut être pleinement assurée et les partenariats agricoles peuvent être durables dès lors que les termes de la convention sont respectés. Ce projet de reconversion agricole et les différents outils étudiés, mis en œuvre, ou projetés pour injecter une dimension écologique à la politique agricole qui se met en place, sont symptomatiques de ce vers quoi la collectivité souhaite tendre à terme : le développement de partenariats avec les agriculteurs de notre territoire. Cette volonté s'est traduite en juin 2010 par la signature d'une convention et d'un plan d'action tripartite entre la Ville de Strasbourg, la Communauté Urbaine et la Chambre d'agriculture du Bas-Rhin. Très ambitieuse, cette convention vise à faciliter les partenariats à la fois sur les volets économiques, écologiques et sociaux. Sont notamment lancées dans le cadre de ce partenariat des actions de valorisation en circuits-courts, de « durabilisation » des pratiques agricoles ou des opérations de rapprochement des citadins et des agriculteurs.

La prise en main de la problématique agricole par la collectivité étant très récente (2010), il s'agit à ce stade essentiellement d'expérimentations et de premiers cas pratiques. Les retours d'expériences et le développement des partenariats devront faciliter l'émergence d'une stratégie plus globale d'évolution à moyen terme. C'est ainsi que le rapprochement avec Terre de liens Alsace, la Safer Alsace ou encore l'adhésion en 2010 au réseau Terres en Ville doivent constituer des catalyseurs visant à faciliter la concrétisation de ce type de projets sur l'ensemble du territoire à l'avenir. Ces réseaux permettent en particulier des partages d'expériences et la mise en synergie d'action en faveur la promotion d'une agriculture durable car aujourd'hui les collectivités sont sensibles à l'avenir de l'agriculture sur leurs territoires.

# Débats & controverses

Agronomie Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 1 - juin 2012

# Les agronomes et l'environnement : précurseurs ou suiveurs ?

# Agronomie et écologie

**Luc Thiébaut**

*Professeur honoraire d'économie et politiques de l'environnement à AgroSup Dijon*
*E-mail : thiebaut@dijon.inra.fr*

Une rencontre sous le signe du consensus. « Dialogue fructueux plus qu'opposition stérile » (Thierry Doré) : c'est le souhait des coordinateurs de la journée, mais Claude Compagnone nous incite à y voir aussi, sinon une « opposition fructueuse » du moins des « positions » tranchées, situant clairement des partenaires identifiés, des acteurs qui savent qui ils sont, qui se savent différents, pour négocier ou, ici, dialoguer depuis leurs positions respectives. Peut-être est-il utile, en effet, de partir de caricatures (Nicolas Guérin), au risque d'enfermer chacun dans une case. Entre ces casiers, on peut établir, non pas des « passages busés » (Bertrand Dury) mais des passages éclairés par le débat social et l'éclairant.

Dans ce dialogue, Romain Gamelon s'interroge utilement sur la transformation de l'intitulé du projet de la rencontre, car de « agronomie et écologie », il est passé à « agriculture et écologie ». Que signifie de passer du dialogue entre deux sciences à celui entre un secteur d'activité et une science ?

Pour répondre à ce questionnement, il est utile de revenir sur les rapports entre agriculture et agronomie dans un passé récent. L'agriculture revendique encore parfois, moins qu'il y a cinq ans mais beaucoup plus qu'il y a quinze ans, d'être « multifonctionnelle ». L'agronomie est certes compétente sur toutes ces « fonctions » de l'activité économique qu'elle est chargée d'éclairer ; mais ces fonctions bénéficient d'un regard inégalement expérimenté de l'agronomie. À titre d'exemple, les « sciences agronomiques appliquées » telles qu'elles régnaient (jusqu'en 1994) dans les murs dijonnais qui ont accueilli la rencontre, sous l'institution « ENSSAA », se situaient clairement au service de la production, et les chaires de cette « Ecole nationale des sciences agronomiques appliquées » étaient intitulées « production végétale », « production animale ». Les « sciences économiques », autre chaire, ne pouvaient être que celles de la production**.** L'économie de l'environnement n'y fit son apparition qu'en 1985 et plus tard encore dans la plupart des autres écoles d'agronomie.

Ainsi, dans le discours de beaucoup d'intervenants à cette journée, l'agronomie c'est la production : Jean-Yves Vansteelant oppose, en souhaitant leur « compatibilité », « impératifs écologiques et productifs ». Il oppose aussi « habitats » et « fonctions agronomiques », assimile « fourrager » et « agronomique », campant clairement l'agronomie du côté de la production de biomasse consommable. Philippe Lemanceau place l'agronomie sur ce même versant de la production. Le mot valise « agro-écologie » indique une position de l'agronomie sur le même registre, en ajoutant ce par quoi elle devrait être complétée (« écologie ») si elle veut s'élargir (à l'environnement ?). On peut certes invoquer la définition de Stéphane Hénin de l'agronomie, comme écologie appliquée à la parcelle cultivée ; mais, à l'époque de cette citation (1967), le mot écologie désignait une science récente et n'avait pas encore percolé dans l'arène sociale pour désigner, aussi (avec un autre professeur de l'Agro, candidat à l'élection présidentielle), un champ politique.

Cet engagement prioritaire de l'agronomie sur le volet productif de l'agriculture ne correspond pourtant que de façon partielle aux préoccupations des agriculteurs, qui ont de tout temps démontré un intérêt vis-à-vis d'aspects plus subjectifs de leur activité. Ainsi, les sens, la sensibilité de l'agriculteur, participent à son savoir de la pratique (Sandrine Petit). D'ailleurs, « Pendant longtemps, jusqu'au début du XIXème siècle, la science agronomique a explicitement cherché à produire plus et plus beau » (Luginbuhl, 1989). De même qu'en arboriculture fruitière, cette tradition est restée forte en zootechnie : sur les six caractères

éliminatoires du standard de la race bovine normande, les cinq premiers étaient encore récemment fondés sur des colorations. Ce souci esthétique n'a probablement pas été le mobile principal de l'activité qui a conduit à la production des paysages que nous apprécions aujourd'hui : bocages, terrasses, prés maigres, étangs, forêts fruitières..., mais on ne peut, contrairement à Cézanne (« Avec des paysans, tenez, j'ai douté parfois qu'ils sachent ce que c'est qu'un paysage »), dénier aux agriculteurs d'agir aussi en fonction de leurs sens comme le montre si joliment Denis Michaud, et comme on l'a longtemps observé dans les concours de labours. La contribution des paysans à l'esthétique ("esthétique" en grec renvoie à "sens") n'est pas fortuite.

Dans ce registre d'une approche sensible, les agriculteurs réagissent sans doute de façon comparable aux usagers des paysages agricoles et naturels, qui bénéficient de dispositifs pouvant parfois être contraignants pour l'agriculture. C'est le cas, par exemple, lorsqu'il s'agit de protéger les sites d'intérêt « artistique et pittoresque » selon la loi du 2 mai 1930, ou lorsqu'on incite l'agriculteur à produire des aménités, pour reprendre ce mot vieilli mais exhumé et repris *ad nauseam,* et qui se réfère aussi à « l'agréable ». Évidemment ni l'agriculteur, ni l'écologue n'ont envie de répondre à toutes les préférences sensibles des usagers de l'environnement agricole : si les prairies fleuries allient plaisir du promeneur et satisfaction du botaniste, il n'en est pas forcément de même pour les « jachères fleuries », et *a fortiori* pour les « villages fleuris », dont les concours ont peut-être favorisé la propagation d'espèces envahissantes sans forcément favoriser les insectes pollinisateurs des cultures.

À l'opposé de cette sensorialité (autrefois dénigrée comme « sensiblerie »), de cette subjectivité (aussi importante dans la vie de chacun que dans la « « sphère » économique où elle fonde l'économie de la culture), une certaine objectivation ne doit pas faire illusion. Le calcul économique, sur les services rendus par tel élément de l'environnement, produit souvent des résultats agissant plus par le « choc des chiffres » que par le « poids de l'analyse ». Il en va de même des représentations cartographiées : le « mille-feuilles territorial » peut représenter aussi bien des contraintes récentes nées, effectivement, de politiques d'environnement, que des contraintes millénaires, inhérentes à l'activité agricole et à la propriété rurale ; telle celle de respecter la propriété du voisin. On ne peut dénoncer la prolifération de ces contraintes sur la seule base d'une carte qui superpose des périmètres de protection des captages et des propriétés communales.

Il me semble que c'est en étant consciente (et fière) de son adaptation au contexte sociétal dans lequel elle s'est progressivement forgée, au service de l'agriculture, des agriculteurs, de la production, de la sécurité alimentaire de la société et de l'humanité (aujourd'hui, on dit la planète), que l'agronomie pourra, en tant que discipline, en tant que collectif de scientifiques et de praticiens, mieux aborder les nouveaux champs sur lesquels elle est sollicitée : sur ces « parcelles cultivées » dont elle n'a longtemps géré que la fertilité (et c'était ce qu'on lui demandait), sur ces territoires où se croisent des exploitations agricoles qu'elle connait bien et des services naturels récemment reconnus, elle est la mieux à même d'étudier les prolongements et les dérapages des cycles biogéochimiques dont elle n'avait jadis qu'à gérer les segments agricoles, productifs.

Au-delà de ce type de remarques (du naïf qui n'a pas suivi les débats antérieurs entre agronomes), le plus important reste l'ouverture du débat interdisciplinaire par une revue de ce type, dont il faut remercier les coordinateurs.

Débat

# Les évolutions de la pensée agronomique face à l'environnement

**Thierry Doré**

*Professeur d'agronomie à AgroParisTech*
*E-mail : thierry.dore@agroparistech.fr*

Dans sa contribution faisant suite à sa participation à la journée d'octobre 2010, Luc Thiébaut plaide pour que l'agronomie, poussée notamment par les agriculteurs, quitte une attitude par trop « productionniste », motivée essentiellement par la dimension productive de l'activité agricole. Il présente comme un futur pour l'agronomie de s'intéresser aux dimensions non productives, et en particulier environnementales, de l'agriculture. Ce point de vue appelle à mon sens une réponse : j'argumenterai qu'en France - même s'il reste à faire - depuis plusieurs décennies, l'agronomie comme discipline scientifique a intégré l'environnement comme préoccupation, à travers ses projets et ses objets.

Dans les années 1970, l'environnement n'était de fait pas très présent dans les projets de la discipline, en tous cas pas de manière centrale. En témoignent notamment les définitions des concepts datant de cette époque, par exemple celle bien connue de l'itinéraire technique qui se termine ainsi « *… en vue d'en obtenir une production* ». Cette définition garde toute sa pertinence dans sa mise en exergue de la cohérence et des interactions dans le processus productif (« *combinaison logique et ordonnée* »), mais elle est très datée quant à la manière dont elle finalise l'action. Les objectifs environnementaux n'y apparaissent pas explicitement, et il serait certes outrancier et anachronique de considérer qu'ils étaient tacitement présents à travers la production de services écosystémiques. Cela n'est au fond pas étonnant dans la mesure où l'agronomie à cette époque a comme objets privilégiés d'analyse la parcelle et l'exploitation agricole. Elle n'étudie pas encore de manière centrale les objets englobants, et ne voit pas poindre les questions environnementales posées à ces échelles, qui ne sont d'ailleurs pas posées à l'époque par la société française de manière précise et quantifiée. Pourtant elle s'approche de ces questions, et se donne des atouts pour les traiter plus tard, à travers des problématiques comme celle de la fertilité des sols, des potentialités des milieux. Ceci pour deux raisons : parce que la fertilité comporte en soi une question de temps long souvent nécessaire dans le traitement des questions environnementales, et parce qu'en analysant la fertilité, les agronomes travaillent avec des variables « intermédiaires », comme la teneur en matière organique des sols, qui seront cruciales pour certaines problématiques environnementales. Même quand J.P. Deffontaines en 1968 écrit sur l'érosion (dans l'article « Essai d'appréciation du danger d'érosion dans les vergers en fortes pentes en moyen Vivarais », qui ouvre l'ouvrage « Les sentiers d'un géoagronome »), il le fait avec en filigrane une problématique de potentialité parcellaire, dans une optique de développement, et non de nuisance environnementale. On pourrait dire qu'à l'époque, même si dès 1974, les agronomes Chrétien, Concaret et Mère mettent en rapport la fertilisation azotée et l'augmentation des teneurs en nitrates dans les eaux d'alimentation (travail réalisé dans le département de l'Yonne), les questions environnementales ne sont pas centrales dans le projet de l'agronomie. En 1977, le livre « Pays, paysans, paysages » fortement influencé par deux agronomes, JP Deffontaines et P.L. Osty est de ce point de vue typique d'un travail qui n'a trouvé écho dans la communauté des agronomes que plus d'une décennie après sa première édition.

En revanche, et sans pour autant qu'on revienne sur les définitions, l'environnement est clairement apparu dans le projet de la discipline en France dès les années 1980, il y a donc 30 ans environ. La contribution initiatrice peut être identifiée sous la forme du rapport dit « Hénin » sur agriculture et nitrate en France, rapport pour la rédaction duquel S. Hénin mobilise l'ensemble du département d'agronomie de l'Inra. Il fait suite à l'écriture de la Directive nitrate publiée en 1975. Les indices con-

crets de cette apparition ne manquent pas : les travaux menés par l'Inra à Vittel ; la thèse de J.M. Meynard sur les itinéraires techniques du blé à bas niveau d'intrant ; celle de J. Boiffin ouvrant sur les nombreux travaux sur l'érosion ; l'article de Meynard et Girardin sur « Produire autrement », celui de Sebillotte et Meynard dans l'ouvrage « Nitrate agriculture eau », qui va être central pour les raisonnements menés dans les opérations Ferti-Mieux qui ont marqué la décennie 90 ; les travaux de nombreuses équipes de l'Inra (Laon, Colmar…) sur la dynamique des éléments minéraux… Parallèlement les programmes de formation en agronomie dans l'enseignement supérieur font une part de plus en plus significative à l'environnement, comme en témoignent notamment les intitulés des séquences d'enseignement.

Les objets de l'agronome ont aussi suivi au cours des cinquante dernières années une évolution significative, intégrant petit à petit et parfois de manière incidente plutôt que planifiée des composantes environnementales. Le champ cultivé est le premier de ces objets, sur lequel s'élabore une théorie, à partir des travaux fondateurs de S. Hénin. À travers cette théorie, on observe une réelle volonté, chez Hénin comme ensuite chez Sebillotte, de vraiment considérer le champ cultivé comme un système. C'est une approche assez différente de celle qui consiste à établir des relations entre les actes techniques pris individuellement (par exemple la fertilisation) et les variables de sortie (par exemple le rendement). Dans la conception systémique du champ cultivé promue à cette époque en France, il n'y a pas de relation directe entre la technique et le rendement ; la technique modifie différents éléments du système, qui évoluent en interaction au cours du temps, et en interaction avec d'autres techniques – ce qui finit par contribuer à produire tel ou tel rendement. Cette conception, qui met un poids très fort sur la variabilité des résultats des techniques, amène corrélativement les agronomes à travailler des questions comme celle du diagnostic agronomique, de la mise au point d'indicateurs, ou de la conception de systèmes de pratiques cohérents plutôt que d'actes techniques isolés. Mais cette théorie sur le fonctionnement du champ cultivé donne aussi un contenu scientifique à un ensemble de phénomènes physiques, chimiques et biologiques qui certes font partie du processus productif, mais qui ont aussi simultanément une importance cruciale vis-à-vis de questions environnementales. Par exemple, aller au-delà du constat des courbes de réponse d'une culture à la fertilisation azotée, en s'efforçant de comprendre l'origine de ces courbes, permet non seulement d'optimiser la fertilisation azotée par la méthode du bilan prévisionnel (visée productive), mais aussi d'être rapidement opérationnel quand émerge la question des fuites d'azote de l'agro-écosystème par l'ion nitrate puis par le protoxyde d'azote (visée environnementale). Le fait d'avoir une théorie systémique du fonctionnement du champ cultivé plutôt qu'une représentation sous forme de boîte noire a ainsi probablement été un atout pour assumer le basculement de projet évoqué ci-dessus, et faire entrer dans les objets de l'agronome ces composantes environnementales de l'agroécosystème - ici les fuites d'azote. Pourtant, force est de reconnaître que ce système « champ cultivé » étudié par les agronomes a été, pendant plusieurs décennies, un système tronqué. Il était défini par le triptyque climat/sol/plante ; on admettait bien sûr dans le sol une certaine vie, puisque la matière organique y jouait un rôle fondamental - mais c'est à peu près là que s'arrêtait la prise en compte de la composante biologique dans l'agroécosystème, hors bien sûr l'espèce omniprésente qu'est l'espèce cultivée. Cette carence, corrigée seulement tardivement et partiellement dans la dernière décennie, fut d'autant plus préjudiciable que les disciplines s'occupant des êtres vivants dans le champ cultivé (entomologie, phytopathologie, etc.) se sont davantage orientées vers la connaissance intime du vivant que vers une dimension systémique mettant au cœur de leur projet les interactions entre communautés au sein des écosystèmes. Sur ce premier objet matériel qu'est le champ cultivé, on pourrait dire que l'approche systémique a été salvatrice pour intégrer les composantes environnementales, mais qu'elle était malheureusement tronquée.

Au-delà du champ cultivé, les agronomes depuis plusieurs décennies se sont intéressés à des objets à des échelles supra-parcellaires. Ainsi le géo-agronome qu'était J.P. Deffontaines s'est tôt intéressé à des dimensions paysagères. Il l'a initialement néanmoins fait à l'origine comme un analyste de l'espace plutôt que dans une visée gestionnaire : comme l'indique le titre d'un de ses

articles, il chemine « *du paysage comme moyen de connaissance de l'activité agricole, à l'activité agricole comme moyen de production du paysage* ». Parallèlement, les agronomes se sont intéressés tôt aux questions de gestion de sole, notamment à travers les questions de transferts de fertilité spatialisés en agriculture tropicale. Néanmoins, il est probable que c'est bien la pression des questions environnementales qui a amené les agronomes à considérer de manière plus centrale des objets supérieurs à la parcelle. Ils l'ont fait d'abord du point de vue physique, à travers les échanges de matière entre parcelles, l'exemple emblématique en étant les travaux sur le ruissellement et l'érosion développés à partir des années 1980. Puis, beaucoup plus tard, ils ont intégré les composantes biologiques - flux de gènes, gestion spatialisée des adventices, gestion de la durabilité des résistances variétales aux maladies, dimensions paysagères de la gestion des bioagresseurs. On observe naturellement ici le même décalage temporel entre les dimensions physico-chimiques et les dimensions biologiques que celui observé à l'échelle du champ cultivé : ce n'est que maintenant que l'agronomie dialogue de manière fructueuse avec l'écologie des populations, des communautés et du paysage, alors que cela fait bien longtemps qu'elle le fait avec l'écologie fonctionnelle.

Enfin, il peut être intéressant de mentionner une autre des caractéristiques de l'agronomie qui lui a permis une certaine réactivité face à l'émergence des problématiques environnementales en agriculture. Du fait de sa volonté de considérer comme une partie intégrante de la discipline l'étude des pratiques des agriculteurs et de leurs déterminants (en tant que part d'une logique technique), l'agronomie en France a été largement au contact de disciplines des sciences humaines. Ainsi, elle a été significativement présente et active dans des programmes interdisciplinaires, dès l'initiation des premiers appels d'offre issu du Ministère en charge de la recherche et programmes PIREN, et le demeure en particulier, mais pas seulement, au département SAD de l'Inra. Cette familiarité avec l'interdisciplinarité l'a certainement amenée à avoir une vision assez ouverte des questions environnementales, pas seulement « techniciste ». L'agronomie a néanmoins aussi maintenu des liens étroits avec les disciplines du milieu physique - hydrologie, géochimie ; et a renoué des liens avec les disciplines de la biologie. De fait, elle occupe une place, autour du fait technique, qui a pu dans un certain nombre de cas lui donner un rôle de « passeur » entre ces deux ensembles, disciplines des sciences de la matière et de la vie d'une part et sciences humaines d'autre part, rôle certainement essentiel pour faciliter le traitement des problématiques environnementales.

En conclusion, si des agronomes ont pu être précurseurs et jouer un rôle d'alerte face à certaines préoccupations environnementales (on pense évidemment au rapport Hénin évoqué ci-dessus), la discipline a quant à elle été plutôt suiveuse ; mais elle a suivi avec une réactivité indéniable, favorisée par certains choix historiques, et ce malgré des handicaps liés à d'autres de ces choix, handicaps qu'elle s'emploie à combler. En tout état de cause, sa prise en compte de l'environnement n'appartient pas à son avenir mais est déjà un élément marquant de son passé.

Agronomie Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 1 - juin 2012

# Savoirs agronomiques et réglementations à finalités écologiques

L'augmentation des préoccupations écologiques de la société, manifeste depuis plusieurs décennies en France et en Europe, s'est traduite concrètement par un accroissement des textes réglementaires appliqués aux diverses activités économiques. L'agriculture n'échappe pas à cette tendance et, de directive européenne en circulaire, les agriculteurs se trouvent confrontés à un imposant arsenal réglementaire, qu'ils dénoncent fréquemment. La question de la place laissée aux acteurs locaux pour déterminer le contenu de ces textes, permettant de tenir compte des savoirs agronomiques dont ces acteurs sont porteurs, est finalement rarement abordée. AE&S a demandé à Lionel **Borey**, agriculteur, et Christophe **Chassande**, sous-directeur de la biomasse et de l'environnement au Ministère en charge de l'agriculture, de donner leur point de vue sur cette question. Ils s'expriment ici à titre personnel.

Débat

# Des concepts et une éthique partagés avec les acteurs locaux pour une efficacité agricole et environnementale

**Lionel BOREY**

*Agriculteur*
*E-mail : lionel.borey@orange.fr*

Agriculteur, céréalier dans le Val de Saône, céréalier dans le Val de Saône, j'ai toujours évolué au sein d'un territoire soumis à des contraintes fortes, telles que les risques d'inondation, l'agriculture périurbaine… avec des enjeux majeurs autour de la préservation de la ressource en eau potable, la préservation du foncier, et plus récemment, la prise en compte de la biodiversité. L'articulation entre mon métier de producteur de graines et ces enjeux a toujours guidé mes choix technico-économiques à l'échelle de l'exploitation, ainsi que mes choix d'engagement à l'échelle du territoire et, plus particulièrement, du bassin-versant.

Nous sommes nombreux à avoir acquis, au fil des années, une connaissance fine des territoires sur lesquels nous évoluons, à travers des rencontres et des formations. Aussi, nous éprouvons quelques frustrations sur la manière d'aborder les dossiers liés à la gestion de la biodiversité, ainsi que ceux de la protection de la ressource en eau. La mise en œuvre, au pas de charge, de procédures et réglementations variées, à des échelons nationaux ou régionaux, sans appui ni association avec les échelons locaux, est vouée à l'échec. Elle exclut complètement toute représentation agricole au début de la réflexion, notamment sur la mise en discussion des objectifs poursuivis, des diagnostics initiaux et de la cohérence économique et territoriale. Toutes ces insuffisances sont, pour moi, précurseurs de cet échec annoncé, auquel s'ajoutent une perte d'énergie et de temps. Le partage des objectifs et le respect des différentes expertises sont des préalables fondamentaux à l'adhésion des acteurs locaux, et donc au portage et à la traduction concrète de démarches collectives sur des territoires pertinents.

Aujourd'hui le sentiment d'exclusion, ressenti par les acteurs de la profession agricole, risque de pénaliser largement le déploiement de stratégies efficaces, vis-à-vis d'enjeux territoriaux bien ciblés. Mes différentes expériences professionnelles (réaménagement foncier, plan local d'urbanisme, chartes départementales…) m'ont toutes prouvé l'importance de l'intégration dans un groupe de réflexion de l'ensemble des acteurs territoriaux concernés. Elle permet au travers des échanges et du partage des diagnostics et expertises que se dégage d'abord une adhésion à un ou plusieurs concepts, ainsi qu'une éthique de comportement. Dès lors, il est possible de décliner des stratégies efficaces. Ce n'est qu'en se dotant d'une vision prospective partagée du devenir de leur territoire que des acteurs locaux (agriculteurs, maires et conseillers municipaux, syndicats des eaux, représentants de l'administration, représentants de la société civile…) sont en capacité de pérenniser son développement durable en les conciliant à des attentes sociétales.

Les mutations engagées par l'agriculture, au cours des dix ou quinze dernières années, en relation avec des évolutions technologiques permanentes, plaident en faveur de la capacité d'adaptation du milieu agricole. Alors cherchez notre adhésion, sachez nous stimuler plutôt que nous contraindre.

La démarche explicitée dans ce numéro dans le témoignage " *Comment concilier le préservation des Zones humides, source de biodiversité, et les travaux hydrauliques ruraux* " illustre l'intérêt et la pertinence d'une démarche exemplaire associant les différents acteurs locaux, démarche malheureusement exceptionnelle, qui a par ailleurs un coût important de mise en œuvre, en l'occurrence dix-huit mois de travail concerté.

Débat

# Protéger les ressources : entre initiatives des acteurs et cadre réglementaire, un équilibre délicat

**Christophe CHASSANDE**

*Sous-Directeur de la biomasse et de l'environnement, MAAPRAT*
*E-mail :*
*christophe.chassande@agriculture.gouv.fr*

Agronome de formation, ayant travaillé à la fois dans la conception des politiques tantôt au ministère en charge de l'agriculture, tantôt au ministère chargé de l'environnement et dans sa mise en œuvre sur le terrain, en direction départementale de l'agriculture et de la forêt puis en DDT, je suis très sensible à ce qu'exprime M. Borey, agriculteur dans le Val de Saône. L'agronomie est en effet une science très fine qui ne peut se décliner qu'à une échelle territoriale très localisée. Il n'est pas possible de traiter de la diversité des caractéristiques pédo-climatiques locales par des règles européennes ou nationales, et le meilleur agronome est celui qui, agriculteur ou conseiller, agit au plus près du terrain. La capacité d'adaptation du milieu agricole et l'importance des mutations qu'il connait ne sont plus à démontrer, et l'appropriation des enjeux par les agriculteurs et leur mobilisation pour y répondre sont le meilleur moteur du progrès.

Pour autant, dans un contexte où de nombreux enjeux parfois contradictoires se percutent, où la hiérarchie des priorités ne conduit pas toujours tous les acteurs à positionner la protection des ressources naturelles en bonne place, où les acteurs économiques de l'amont et de l'aval agricole ont un poids important sur les marges de manœuvre des agriculteurs, il me semble que la fixation de règles par la puissance publique est nécessaire pour progresser. Ces règles résultent de décisions politiques européennes ou nationales, et non « technocratiques » comme on le dit trop souvent et trop facilement. La puissance publique doit fixer un cap (bon état écologique des eaux, teneurs maximales en nitrate, objectif de réduction d'utilisation des produits phytosanitaires, maintien de la biodiversité…) et parfois des règles techniques pour atteindre ce cap, pour garantir un minimum de cohérence sur le territoire. Ces règles minimales harmonisées, généralement déterminées sur la base de rapports scientifiques ou techniques, et après concertation avec des représentants des principaux acteurs concernés, sont à la fois utiles pour progresser vers des meilleurs résultats sur l'environnement, mais également pour éviter des distorsions de concurrence qui résulteraient d'une approche trop différenciée selon les territoires.

Toute la difficulté à laquelle j'ai été confronté, tant dans mes postes en administrations centrales que sur le terrain, est de trouver le bon équilibre entre ce cadre réglementaire nécessairement perçu comme rigide et qui ne peut pas rentrer dans la finesse de chaque situation individuelle, et l'appel à l'initiative, la mobilisation et l'adaptation locales.

Un exemple intéressant me semble être celui de la protection des captages prioritaires pour l'eau potable. Le dispositif imaginé par l'administration est très séduisant : mise en place d'un plan d'actions établi de manière concertée, sur un territoire adapté, après un diagnostic fin associant les acteurs locaux. Ce n'est que si ce plan volontaire n'est pas mis en œuvre de manière suffisante que des mesures contraignantes peuvent être mises en place. Toute la place est donc laissée à l'initiative locale, à la stimulation des acteurs. Pour autant, le bilan tiré après cinq ans d'existence de ce dispositif reste très mitigé. On peut bien sûr accuser la « boîte à outils » mise à disposition de ne pas être totalement adaptée, les bureaux d'étude de ne pas explorer toutes les solutions, l'administration de ne pas avoir une approche assez ouverte... mais apparaissent aussi dans beaucoup de secteurs des positions fortes de la profession agricole contre un changement des pratiques ou des systèmes d'exploitation.

Alors oui, au-delà des cadres réglementaires généraux qui restent indispensables pour fixer le cap, il faut entraîner l'adhésion, et stimuler, mais à condition de trouver les moyens de garantir un résul-

tat. Il reste encore dans cette optique à inventer des dispositifs qui le permettent.

Agronomie Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 1 - juin 2012

# D'Ecophyto R&D à Ecophyto 2018 : points de vue sur la mise en place de stratégies pour la réduction de l'emploi des pesticides en France ?

En France, à l'heure actuelle, un des grands chantiers de confrontation de l'agriculture à des préoccupations d'ordre écologique (en même temps que sanitaire) a trait à la baisse de l'utilisation des produits phytosanitaires. Au cours des dernières années, cette problématique s'est incarnée par la rencontre entre d'une part Ecophyto R&D, étude menée dès 2007 par l'Inra, à la demande des ministères en charge de l'environnement et de l'agriculture, sur les itinéraires culturaux économes en pesticides, dont les résultats sont sortis en 2010 ; et d'autre part le plan Ecophyto 2018, issu quant à lui du Grenelle de l'Environnement, qui vise à réduire progressivement l'utilisation des produits phytosanitaires en France, de 50 % si possible, d'ici à 2018. AE&S a demandé à deux agronomes, **Nathalie Verjux** et **Laurence Guichard**, de donner leur lecture agronomique de la mise en œuvre du plan Ecophyto 2018. Elles s'expriment ici en leur nom propre.

Débat

# Plan Ecophyto 2018 en grandes cultures : un vrai défi pour la recherche

**Nathalie Verjux**

*Chef du service Génétique, Physiologie et Protection des Plantes chez Arvalis-Institut du végétal*
*E-mail : n.verjux@arvalisinstitutduvegetal.fr*

## Une perspective : la protection intégrée

Le plan Ecophyto 2018 vise la réduction de moitié des usages de produits phytosanitaires à échéance 2018 en France. Cet objectif, très ambitieux, s'inscrit dans un contexte plus large où le modèle largement dominant de protection des cultures basée sur la seule lutte chimique est remis en question à plusieurs niveaux :

- renforcement des réglementations conduisant à rendre plus complexe l'utilisation des produits phytosanitaires et à réduire le nombre des solutions disponibles (nouveau règlement homologation, interdictions en France de certaines substances jugées préoccupantes) ;
- développement des résistances des bioagresseurs à certains pesticides ;
- impacts sur la qualité des eaux ;
- pression sociétale extrême avec notamment des campagnes de publicité, livres et émissions grand public alarmistes.

Dans un tel contexte, il ne fait guère de doute que la protection intégrée peut représenter une perspective intéressante. En combinant prophylaxie, choix variétal, méthodes alternatives et lutte chimique raisonnée, ce nouveau modèle de protection des cultures reste cependant à concrétiser en grandes cultures. Il devra faire face à deux principaux enjeux : (i) ne pas sacrifier la rentabilité des exploitations et la productivité au sein des filières, (ii) limiter les impacts sur l'environnement et veiller à son acceptabilité sociétale.

## Enjeux économiques : incontournables !

L'enjeu économique d'une refonte des méthodes de protection des cultures se décline à la fois au niveau de l'exploitation agricole et au niveau macroéconomique. Si la recherche doit s'intéresser aux jeux des possibilités offertes par les connaissances mobilisables en protection des plantes, elle ne doit pas mépriser les réalités économiques sous peine de ne déboucher que sur des solutions partielles, faiblement mises en œuvre.

En grandes cultures, nous savons réduire de façon sensible la dépendance des systèmes de production aux produits phytosanitaires en agissant sur la rotation. Par exemple, deux ou trois années de luzerne permettent une réduction importante des herbicides sur les cultures suivantes. Mais en l'absence de débouchés à rentabilité équivalente pour l'exploitation et les filières de valorisation, tous les producteurs de grandes cultures ne pourront pas transformer leurs monocultures ou leurs rotations de 3 ans en rotations de 6 ou 7 ans. Dans l'échelle du temps du plan Ecophyto, cette situation reflète la réalité de la grande majorité des exploitations cultivant des grandes cultures. D'autres solutions doivent être trouvées intégrant les cultures intermédiaires, les périodes de semis ou le paysage et permettant de réviser les itinéraires de protection sans modifications drastiques des rotations. Face à la fluctuation peu prévisible des prix des produits agricoles, un agriculteur pourra hésiter à se lancer dans un itinéraire à bas niveau d'intrants sur blé tendre qui s'accompagne d'une réduction de 10% du rendement. Même avec intrants très chers, leur moindre utilisation ne permet pas toujours de compenser la perte de chiffre d'affaire liée à la réduction du rendement. Nous devons donc imaginer de nouvelle voies qui n'impactent pas systématiquement la productivité, dès lors que de façon volontaire ou subie et dans un terme assez court, il est question de réduire la dépendance aux phytosanitaires.

A une échelle plus large, l'objectif de produire plus ne semble plus faire débat aujourd'hui. L'accroissement de la demande internationale conduit à augmenter fortement la production agricole mondiale dans toutes les zones et, par conséquent, à ne pas contraindre le niveau des

rendements dans les zones tempérées fortement contributrices. Le progrès génétique est toujours bien présent mais ne peut s'exprimer qu'en maîtrisant les facteurs de production, en particulier l'alimentation minérale et hydrique et la gestion des bioagresseurs. La protection des cultures doit donc rester parfaitement performante et économiquement rentable, même avec moins de produits phytosanitaires.

En résumé, il nous faut imaginer des nouvelles méthodes de protection des cultures, respectueuses de la qualité et de l'environnement, qui ne contraignent pas les choix stratégiques des exploitants, qu'ils souhaitent produire plus ou bien se positionner sur des marchés de niche.

## Enjeux environnementaux et sociétaux : ils pèseront

Ces nouvelles méthodes de protection devront également montrer de réelles avancées pour la protection de l'environnement. Si la réduction des utilisations de pesticides ne s'accompagne pas de vrais progrès sur la réduction des impacts et en particulier les risques de transferts dans les eaux, le changement de modèle de protection sera un échec collectif.

Il s'agit donc d'assurer conjointement efficacité économique, acceptabilité sociétale et responsabilité environnementale des nouveaux itinéraires de protection. Seule une évaluation multicritère est de nature à permettre la qualification des solutions de protection, de façon individuelle, mais aussi dans leurs combinaisons au sein des itinéraires de culture. Coûts, efficacité, temps de mise en œuvre, calendrier, impacts sur l'eau, le sol, l'air, l'énergie, les gaz à effet de serre, la biodiversité devront ainsi être pris en compte. La lutte biologique ou les biopesticides devront faire l'objet de suivis attentifs sur les effets non intentionnels, pour que des innovations plébiscitées aujourd'hui ne deviennent pas celles qui seront rejetées demain sans discernement, ou souffriront des mêmes écueils (résistances, transferts).

Il ne faut également pas oublier le statut encore flou de certaines de ces voies complémentaires de la lutte contre les bioagresseurs. En effet, paradoxalement, si le contexte se montre favorable à son développement, le statut réglementaire du biocontrôle reste encore à préciser : ambiguïté par rapport à la réglementation européenne (par exemple la notion française de « préparations naturelles peu préoccupantes » n'est pas prévue dans la réglementation UE), réglementation encore incomplète ou besoin d'adaptation de l'homologation (par exemple pour les spécialités se revendiquant Substances de Défense des Plantes ou éliciteurs). Des travaux sont en cours au sein de la DGAL pour clarifier le positionnement des différents types de produits, leur encadrement réglementaire et leur intégration ou non dans le NODU général (NODU = Nombre de Doses Unités ou nombre d'hectares traités avec une dose de référence), l'indicateur global de suivi du plan Ecophyto. Ces travaux sont très attendus pour encadrer, en toute transparence pour les utilisateurs et les citoyens, ces nouveaux intrants.

## Quelles solutions pour demain ?

Nous avons vu que nous ne disposions pas aujourd'hui de toutes les solutions susceptibles de répondre aux besoins d'évolution du modèle de protection des grandes cultures. L'objectif est d'élargir les solutions de protection disponibles, dûment évaluées au plan de leur durabilité et de leur faisabilité technique, et de donner les règles pour optimiser leur combinaison et la recherche de synergies. Mais le véritable défi est bien de réussir à s'adresser au plus grand nombre d'agriculteurs par la mise au point de jeux de solutions couvrant une large gamme de contraintes et objectifs, plutôt que de définir des itinéraires ou systèmes de culture clés en main. L'approche consiste à dépasser le discours militant, en faveur de tel ou tel système de culture, pour se concentrer sur une offre étoffée de moyens de maîtrise des bio-agresseurs et de leurs combinaisons. En effet, l'efficacité partielle ou moins régulière des nouvelles méthodes de protection nous conduit à imaginer des combinaisons plutôt que de simples substitutions aux produits phytosanitaires.

Au plan global, il est déjà possible de réduire la dépendance des itinéraires de production aux produits phytosanitaires en jouant sur de nombreux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'agriculture raisonnée : (i) prophylaxie intégrant le choix variétal, (ii) raisonnement des applications de produits phytosanitaires en fonction d'analyses de risque, (iii) conditions d'emploi des produits et qualité des applications améliorant

l'efficience des interventions… Mais au-delà de ce premier niveau, la protection intégrée en grandes cultures nécessite une recherche renforcée qui innove dans tous les domaines : variétés intégrant les progrès offerts par les biotechnologies, agroéquipements, lutte biologique et auxiliaires, biomolécules, plantes-hôtes, solutions chimiques et leur durabilité, efficience des applications, analyses de risques et outils d'aide à la décision, réduction des impacts, paysages, territoires… Des travaux sont lancés au sein des organismes de recherche appliquée sur tous ces volets mais doivent être renforcés et accompagnés par une recherche publique et privée résolument tournée vers l'innovation.

Inutile d'opposer ici recherche analytique et recherche systémique, ou bien travaux sur l'efficience/la substitution avec ceux relatifs à la reconception des systèmes voire des agroécosystèmes, nous aurons besoin de tous les niveaux et de toutes les échelles pour avancer. Pas d'itinéraires techniques ou de systèmes de culture réellement innovants sans mobilisation des connaissances et mise au point de nouvelles solutions en matière de protection contre les ennemis des cultures. Les cibles sont nombreuses et les solutions rarement généralisables, ce qui nécessite une recherche analytique toujours soutenue.

La prise en compte de l'environnement des parcelles et des paysages semble un axe prometteur. Des travaux sont en cours, en particulier avec l'Inra, mais sont souvent très spécifiques d'un bioagresseur ou groupe de bioagresseurs (durabilité des résistances des variétés de blé à la rouille, pucerons de printemps sur blé tendre, biodiversité fonctionnelle et lutte contre les ravageurs du sol…). Ce niveau nécessite d'être plus largement exploré. Un travail préliminaire est lancé dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique Grande Culture à Hautes performances Economiques et Environnementales, il devrait nous permettre d'accéder à l'état de l'art et d'envisager les travaux à mener : intérêts des aménagements des bords de parcelles et éléments fixes, de l'organisation des assolements, effet des techniques prophylactiques sur un pool de bioagresseurs…

## Un défi pour la recherche

Nous entrons nécessairement dans une plus grande complexité et il semble nécessaire de concentrer les savoir-faire pour réussir. À titre d'exemple, pour un institut technique, cela se traduit au quotidien par un difficile équilibre entre :

- les travaux annuels incontournables toujours d'actualité (évaluation des innovations produits et des variétés) et la recherche de nouvelles pistes qui nous engagent sur le long terme avec une recherche plus fondamentale ;
- les travaux débouchant sur l'aide à la décision tactique (par exemple la connaissance des produits) et l'aide à la décision stratégique (par exemple l'étude des agroéquipements, l'effet précédent) ;
- mais aussi, les activités de recherche analytiques et les activités d'assemblage systémiques ;
- enfin, les activités de recherche et les activités de transfert.

Assurément, l'agronome est face à un nouveau défi : mettre au point un ensemble d'itinéraires de protection répondant aux besoins différenciés des exploitations agricoles, intégrant la compétitivité et les attentes sociétales. « Agronomie, environnement et sociétés », comme le titre de la revue de l'Afa, la protection des plantes est à la croisée des chemins. Le chantier est immense et nécessite de rassembler les énergies et les compétences. Pas d'autre solution : il nous faut une recherche unie, pragmatique et conquérante pour la protection des cultures.

Débat

# Ecophyto R&D : son futur manquerait-il d'avenir ?

**Laurence Guichard**

*INRA, UMR agronomie INRA/AgroParisTech Grignon*
*E-mail : laurence.guichard@grignon.inra.fr*

Ecophyto R&D est une expertise technique explorant la faisabilité de différentes voies de réduction d'usage des pesticides en France. Rendue publique en janvier 2010, elle a également formalisé la préfiguration d'un réseau national de production, gestion et diffusion de références sur les systèmes de culture économes. Il sert aujourd'hui de support au plan Ecophyto 2018, qui vise à atteindre une réduction de 50% de l'usage des pesticides au niveau national dans un délai de dix ans, si possible. Fondé sur une analyse des communications écrites, des exposés et de discussions informelles relatifs à ces projets, cet article propose un bilan et une interprétation de la situation en janvier 2012.

## Ecophyto R&D, les points saillants d'une expertise peu ordinaire

Ecophyto R&D[18] a permis, à partir d'un recensement de la diversité des solutions techniques disponibles, de renseigner les performances attendues des évolutions de pratiques sur cultures annuelles et pérennes, et de produire des scénarios nationaux de réduction d'usage des pesticides.

Les options étudiées l'ont été sans exclusive, mobilisant des logiques fondées sur l'amélioration de l'efficience des interventions par un raisonnement accru (optimisation des intrants), et des logiques basées sur des principes de gestion agronomique. Les résultats montrent qu'une baisse de l'IFT[19] de l'ordre de 30% (par rapport à 2006, année « moyenne » du point de vue de la pression parasitaire) serait possible sans bouleversement majeur de l'assolement France, et avec des effets sur les niveaux de production et les marges variables selon les secteurs de production et les scénarios de prix. En grandes cultures par exemple, les marges seraient peu ou pas touchées avec les prix 2006, mais la production enregistrerait une baisse de l'ordre de 6%. Diminuer de moitié l'utilisation des pesticides supposerait des changements dans les systèmes de culture qui entraineraient des modifications importantes dans les volumes et la nature des productions. En grandes cultures, cet objectif supposerait d'allonger les rotations et donc d'introduire dans les assolements de nouvelles cultures, dont le développement nécessiterait une adaptation des filières. Notons que les progrès de l'agronomie dans les dix prochaines années pourraient permettre d'aller plus loin que le suggère cette première estimation, obtenue sous l'hypothèse des connaissances de 2008.

Originale par la diversité des ressources mobilisées et des acteurs ayant participé à sa production, cette expertise technique l'est aussi par son organisation, fondée sur trois pôles : (1) un Comité de Pilotage rassemblant les commanditaires, (2) des groupes d'experts (près de 100 experts *intuitu personae*, issus de 30 organismes), pilotés par l'Inra, (3) un Comité d'Orientation composé de représentants des porteurs d'enjeux concernés. Ce Comité, réuni régulièrement, a permis à tous les acteurs représentés de discuter les méthodes et résultats puis d'exprimer, sous la forme d'un cahier d'acteurs[20], leurs remarques sur l'étude réalisée, ainsi que leurs attentes, propositions ou contributions pour la suite.

## Réseau DEPHY-Ecophyto 2018, une structuration en marche

Le réseau DEPHY Ecophyto a été initié dans ce contexte, dès 2010. Le projet affiche une filiation assez forte avec Ecophyto R&D : la structuration qui se met en place progressivement au sein de l'axe 2 (« Diffuser les systèmes agricoles économes et les bonnes pratiques ») s'appuie large-

[18] Butault J.P., Dedryver C.A., Gary C., Guichard L., Jacquet F., Meynard J.M., Nicot P., Pitrat M., Reau R., Sauphanor B., Savini I., Volay T., 2010. *Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Synthèse* du rapport d'étude, INRA Editeur (France), 90 p.

[19] IFT = Indice de Fréquence de Traitement, correspondant au « nombre de doses homologuées »appliquées sur une parcelle pendant une campagne culturale.

[20] Comité d'orientation d'Ecophyto R&D, 2010. Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Cahiers d'acteurs. INRA éditeur, 67 p.

ment sur la préfiguration proposée par l'expertise. DEPHY s'organise ainsi en réseau d'acteurs au sein de trois dispositifs lancés dans le courant de 2011 : FERME (réseau d'expérimentation, de démonstration et de référence composé de groupes d'exploitations), BASE (base de données dédiée à la collecte et la gestion des références expérimentales) et EXPE (expérimentations en stations expérimentales ou sites ateliers) ; une réflexion sur la mise en œuvre des dispositifs GECO (système d'information de gestion et de partage des connaissances) et DECI (développement d'outils d'aide à la décision) est en cours.

Fait assez rare pour être souligné, une phase de test auprès de 18 groupes d'agriculteurs, préalable au déploiement à grande échelle, a été financée en 2010 pour tester en grandeur réelle la mise en œuvre du futur dispositif FERME national et élaborer les méthodes et outils de travail au sein de ce dispositif. Cette phase a notamment permis de caractériser 32 systèmes de culture économes et performants en polyculture-élevage, présentés sous forme de fiches de références permettant l'appropriation par d'autres agriculteurs.

Le financement sur du long terme de la mise en œuvre du plan Ecophyto 2018 est acquis et largement pourvu par la redevance et des crédits d'état. Dans ce financement, l'appui à l'axe 2 pour les réalisations 2010/2012 s'élève à 22 millions d'€, dont 18,5 millions pour le réseau FERME uniquement.

Le dispositif de fermes DEPHY comporte aujourd'hui 189 groupes de fermes « de référence et de démonstration », chacun animé par un Ingénieur Réseau (IR) à mi-temps (conseillers pour la majorité déjà en poste, dont la mise à disposition par leur institution est financée dans le cadre du réseau DEPHY), pour un total d'environ 2000 exploitations. Au niveau national, une cellule d'environ 10 ETP[21], hébergée par l'APCA est en charge de l'appui méthodologique, scientifique et technique, pour accompagner les IR dans la production de références et le développement de compétences.

Les clefs de la réussite semblent donc réunies : une structuration du réseau, un financement à hauteur des enjeux, l'affectation de moyens humains et des apports méthodologiques assurant cohérence et pertinence. De plus, l'environnement scientifique et technique national apparaît plutôt favorable : diverses organisations en réseau, initiées il y a quelques années (dont le RMT SdCI et les GIS RA et GC-HP2E[22]) peuvent contribuer à cette dynamique.

## Dans les faits, des objectifs peu ambitieux

En janvier 2012, après presque un an de fonctionnement, ce réseau n'a pas stabilisé ses méthodes et son organisation. L'animation nationale s'appuie en définitive assez peu sur les productions de la phase de test, malgré leur intérêt reconnu collectivement lors de diverses restitutions. En Région, les acteurs locaux expriment des difficultés devant le manque d'harmonisation des méthodes de diagnostic et d'analyses de résultats, et un partage peu clair des responsabilités entre les différents niveaux d'une « gouvernance » qui se complexifie. Enfin, alors qu'Ecophyto R&D avait pointé le besoin de développement de (nouvelles) compétences, aucune formation n'a été organisée pour accompagner la démarche.

À ce jour, aucune information concrète officielle ne permet encore de comprendre et connaître les références en cours d'acquisition dans les fermes du réseau. Les informations partagées à l'occasion des CROS[23] en région font apparaître une révision à la baisse des objectifs : il s'agit d'accompagner la plupart des agriculteurs du réseau vers une réduction de leur IFT de 30% en prenant comme référence l'IFT utilisé lors de la contractualisation MAE, qui est basé sur le 7$^{e}$ décile des pratiques actuelles issues de la statistique nationale (données 2001/2006). Or cette valeur de référence, présentée comme une moyenne, correspond en fait à des pratiques plutôt intensives (70% des parcelles sont déjà en-dessous de cette référence). Chercher à réduire de 30% un tel IFT, c'est se contenter de montrer la faisabilité de pratiques proches de la moyenne actuelle et de proposer des références pour cette « ambition »…

Le constat est donc celui d'une renonciation aux objectifs du plan Ecophyto - qui semble de plus partagée par la majorité des acteurs impliqués dans cette dynamique -, et d'un abandon, implicite, de l'ambition de produire des références sur

[21] ETP : équivalent temps-plein

[22] RMT SdCI : Réseau Mixte Technologique « systèmes de culture innovants » / GIS RA : Groupement d'Interêt Scientifique « Relance Agronomique » / GIS GC HP2E : Groupement d'Intérêt Scientifique « Grande Culture à hautes performances économiques et environnementales »

[23] Comités Régionaux d'Observation et de Suivi du plan Ecophyto 2018

des systèmes de culture effectivement économes et sélectionner les plus performants - objectif que les acteurs n'assignent clairement pas (plus) au dispositif Ecophyto.

## Tout se passe comme si…

La première hypothèse, centrale, est que l'objectif d'Ecophyto 2018 n'est absolument pas partagé. Le niveau de la réduction d'usage visé (50%) a très tôt été remis en cause par la plupart des acteurs de la R&D et des filières. Les cahiers d'acteurs rédigés à l'issue d'Ecophyto R&D montrent que l'objectif accepté se situe autour de 15 à 30% selon les acteurs. Parmi les multiples raisons évoquées figure au premier rang l'absence de références sur la conduite de systèmes économes et le refus d'une baisse de la production. Ces raisons justifient que certains acteurs excluent « *de passer immédiatement à une phase de communication / promotion / accompagnement envers les producteurs vers ces systèmes "écophyto", sans références techniques solides et partagées et sans évaluations réelles du risque économique et de l'impact au moins environnemental* »[24]. Cette position se concrétise sur le terrain par l'absence de communication technique sur ces modes de conduite économes - ce qui prive de conseils les agriculteurs qui souhaiteraient s'engager dans une autre voie que le « raisonné ».

La communication de ces acteurs agricoles associe en permanence systèmes innovants économes en pesticides et déficit de rendement, voire de performances économiques. Les éléments de langage s'appuient sur une dramatisation des enjeux : le refus du progrès scientifique et le risque de non accès à l'innovation et de perte de compétitivité, la « décroissance exponentielle »[25] dans laquelle on engage l'agriculture, l'impossibilité de répondre au défi alimentaire… Or ce refus affiché d'une baisse de production s'accompagne pourtant de positions moins cohérentes sur le terrain : si la baisse des rendements est inacceptable, pourquoi ne pas proscrire clairement des pratiques comme la culture de blé sur blé (qui peut toucher plus de 30% des surfaces dans certaines régions[26]…), dont on sait qu'elle conduit à des pertes de production de 10% en moyenne, malgré une augmentation concomitante de l'utilisation des pesticides ?

Dans les faits, cet objectif du « produire plus » est aussi un moyen de disqualifier les références produites sur les systèmes économes par certains acteurs. Mais la question est de savoir quel investissement ils font en la matière, et en quoi l'impulsion (financière) d'Ecophyto a changé (ou va changer) la donne.

Du côté du réseau de fermes, la communication semble avoir pris le pas sur l'acquisition de références. Le choix des groupes de fermes privilégie des exploitations plutôt intensives, dont il devrait donc être plus aisé de réduire l'IFT, ce qui permettra de communiquer sur des diminutions d'utilisation et de montrer que les pratiques évoluent. L'amalgame entre les résultats des 2000 fermes et ceux de la ferme France, est entretenu par une campagne de communication nationale, lancée fin octobre 2011, dont une plaquette affirme que la réduction de l'utilisation des pesticides « *est déjà une réalité* » – ce que le récent bilan « NODU »[27] pour 2010 ne confirme pas. Une augmentation du NODU de 2,4% est en effet constatée entre 2008 et 2010, et ce malgré le choix de 2008, caractérisée par une forte consommation de pesticides, comme année de référence du plan Ecophyto 2018. On peut dans ce contexte s'interroger sur le rapport coût/bénéfice d'un tel dispositif, qui ne fait qu'accompagner quelques groupes d'agriculteurs dans un simple raisonnement de leurs interventions, et ne permettra certainement pas de produire des références sur des systèmes réellement économes en pesticides et performants.

## Pour conclure

Ecophyto 2018, par ses enjeux, suscite évidemment des points de vue divergents selon les préoccupations des acteurs. On peut alors regretter l'absence de vrai lieu de débats, ce qui réduit les "échanges" à des confrontations ponctuelles et peu productives. L'esprit Grenellien de mobilisation et de construction collective, ne relèverait-il

[24] Position de Arvalis-Institut du végétal, au Comité d'orientation d'Ecophyto R&D, 2010. Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Cahiers d'acteurs. INRA éditeur, 67 p.

[25] Propos de P. Pinta (Président d'ORAMA) dans un courrier adressé au Ministre chargé de l'Agriculture le 10 mai 2011.

[26] D'après les données du Service de la Statistique et de la Prospective du MAAP.

[27] NODU : Nombre de Doses Unité, indicateur de veille du plan Ecophyto 2018.

pas en fait de la célèbre citation du "Guépard" : *"Il faut que tout change pour que rien ne change" ?*

Peut-on pour autant jeter l'opprobre sur le système et les acteurs impliqués ? Certainement pas. D'abord parce que la période préélectorale est peu propice politiquement. Ensuite parce que la situation aurait pu être prévue et donc anticipée, au vu des cahiers d'acteurs et de l'analyse des postures des acteurs de la R&D et des filières réalisée dans le cadre de Ecophyto R&D. Tous les acteurs, y compris l'Inra, restent dans une logique de défense de leurs intérêts institutionnels. La manne financière dégagée par la redevance pour pollution diffuse retourne « logiquement » à l'agriculture, dans le cadre d'un système de redistribution que n'aurait pas renié l'Anda[28] en son temps… sans aucune exigence sur le respect de l'objectif initial du plan et les résultats attendus.

Malgré ce contexte, l'enjeu n'est-il pas aujourd'hui de profiter de cette impulsion Ecophyto 2018 pour réellement innover dans le développement agricole pour répondre aux enjeux du développement durable, en apprenant à sortir de la logique institutionnelle et « de guichet » si familière, pour s'engager résolument vers une logique fondée sur le développement des compétences collectives et le travail partagé en réseau d'acteurs ? DEPHY, vous avez dit défi ?

[28] ANDA : Association Nationale pour le Développement Agricole

Agronomie, Environnement & Sociétés //volume 2 numéro 1 - juin 2012

# Notes de lecture

Notes de lectures

# Pour des agricultures écologiquement intensives

**M. Griffon**

2010. Éditions de l'aube, collection « Monde en cours », 144p.

**Guy TRÉBUIL**

*Géo-agronome, unité de recherche Gestion des ressources renouvelables et environnement, Cirad-ES ; Vice-président de l'Association française d'agronomie*

Avec pour sous-titre « des territoires à haute valeur environnementale (HVE) et de nouvelles politiques agricoles », ce petit ouvrage à la lecture facile milite pour de nouvelles agricultures réconciliant production (de nourriture, mais aussi d'énergie et d'autres matières premières) et écologie, au moyen de la prise en charge par les agriculteurs des services écosystémiques influencés par leur activité. Il reprend pour l'essentiel une leçon inaugurale donnée à l'Ecole Supérieure d'Agriculture (ESA) d'Angers en 2007 et une conférence organisée au Zoopôle de Ploufragan (Côtes d'Armor) en 2008. Dans ces pages, l'auteur convie à une véritable révolution technologique nécessairement accompagnée de nouvelles politiques agricoles incitatives, la précédente révolution verte ayant démontré l'importance d'une telle association dans les succès enregistrés.

Dès l'introduction, l'auteur affirme que pour « nourrir la planète » (titre de l'ouvrage de référence de l'auteur publié en 2006 aux éditions Odile Jacob), de plus en plus peuplée, avec moins de terres arables disponibles selon lui (en raison des surfaces affectées aux agro-carburants, à la conservation de la biodiversité, ou à l'urbanisation et à l'industrialisation), une augmentation des rendements est incontournable. Or ceux-ci ont tendance à plafonner dans les grandes régions productives recourant à l'usage intensif d'intrants chimiques, tandis que d'importantes dégradations de l'environnement sont constatées dans ces mêmes régions. Comment sortir du dilemme « produire plus » en ménageant mieux les écosystèmes ? Le livre tente de montrer que cela est possible si des nouvelles technologies adaptées au contexte du XXIème siècle et « fondées sur l'écologie scientifique » se répandent avec le soutien de politiques agricoles qui feront des agriculteurs les gestionnaires à la fois de la production et des écosystèmes. L'auteur se présentant comme agronome et économiste, le lecteur peut être surpris que la « théorie des façons de produire » en agriculture qu'est l'agronomie ne soit pas ici également convoquée, entre les références à l'écologie et aux sciences politiques. Car l'activité scientifique des agronomes s'intéresse, de longue date, aux processus écologiques à l'échelle du champ cultivé et, plus récemment, à celle du paysage, afin d'évaluer les pratiques existantes, d'en concevoir de nouvelles et d'indiquer aux agriculteurs la façon de les mettre en œuvre.

Dans un premier chapitre, M. Griffon remet la situation actuelle de la production alimentaire dans une perspective historique, en traitant des processus de gestion des pénuries passées par les échanges commerciaux, la migration ou l'innovation, et décrit l'apparition d'effets environnementaux négatifs lors des dernières décennies. Ces « externalités négatives » imposent aujourd'hui d'inventer des agricultures plus efficaces dans l'usage des ressources naturelles renouvelables et de l'énergie (à commencer par les ressources fossiles non renouvelables), avec le soutien de politiques agricoles incitant à œuvrer dans ce sens et soutenant la dissémination des expériences réussies. Dès ce chapitre initial et ensuite dans tout le texte, il n'est pas fait référence au cas des agricultures reposant sur des grandes cultures industrielles et des plantations pérennes, ce qui constitue une limite de l'ouvrage.

Le second chapitre traite de la « nouvelle technologie écologiquement intensive » et passe en revue les quatre variables à prendre en compte simultanément pour accéder à cette qualification :

le quantitatif (étendue des superficies, de l'accès à l'irrigation et niveaux de rendements selon les régions du monde), le qualitatif (qualités sanitaire et gustative des aliments notamment), la production de services écologiques (cycles de l'eau et du carbone, entretien de la biodiversité et autres aménités) allant de pair avec celle de biens agricoles, et enfin la nécessaire adaptation au changement climatique. Le seul choix technologique qui paraît adapté à l'auteur est « l'utilisation intensive des mécanismes écologiques naturels des écosystèmes, à laquelle on pourrait ajouter subsidiairement l'usage des techniques conventionnelles » (ou des apports innovants issus des biotechnologies) n'interférant pas négativement avec les premières. « Cela n'est pas nouveau » concède l'auteur qui rappelle les voies de progrès de la productivité empruntées avant la révolution verte par bon nombre d'agricultures « écologiquement intensives » avant l'heure (tels que les divers types de systèmes agro-forestiers par exemple), mais il aurait pu ajouter que cela fut souvent réalisé au prix de niveaux de productivité du travail modestes et ne permettant plus de satisfaire les besoins sociaux des nouvelles générations dans de nombreux cas. Il aurait été intéressant de discuter ici les possibles incompatibilités entre les objectifs de productivité et environnementaux poursuivis, notamment à la lumière des résultats récemment acquis dans des zones agricoles à haute productivité physique des terres où d'importants efforts ont été consentis ces vingt dernières années afin de diminuer la consommation en eau et en intrants externes. Ainsi, les travaux menés en Chine sur le « riz aérobie » ces dernières années ont montré que même si un tiers de la consommation en eau peut être épargnée au moyen de nouvelles techniques culturales, le fait que la perte de rendement atteigne 10 à 15 % rend ces systèmes non adoptables par les très petites exploitations rizicoles irriguées, souvent de moins d'un hectare par ménage, qui visent la maximisation du rendement.

Les éléments de théorie convoqués pour fournir une base scientifique à cette agriculture HVE alternative au modèle conventionnel actuel portent sur la viabilité d'un système productif évoluant dans des limites écologiques, économiques et sociales permettant son renouvellement et sa durabilité. L'auteur pense qu'en l'absence de « forçage » (chimique et énergétique) de l'agro-écosystème, il est possible d'augmenter sa performance en « augmentant l'apport de certaines variables internes au système pour le faire fonctionner à un régime d'activité supérieur ». La nuance paraît quelque peu subtile, et « faire plus avec moins : par quel miracle ? » peut légitimement s'interroger le lecteur, puisque l'auteur concède que l'objectif principal reste bel et bien d'accroître la production agricole à usage alimentaire à l'échelle mondiale (même si ce n'est pas nécessaire en tout endroit de la planète). La suite du propos illustre ce point clé mais seulement en balayant de façon très générale toute une gamme de techniques productives candidates au label HVE. Elles ont trait notamment au captage de l'énergie solaire par le peuplement végétal pour l'entretien du potentiel productif des sols en combinant les fonctions spécifiques de différentes espèces, à la gestion de l'eau et aux techniques sans labour pour la protection et la structuration des sols, à l'adaptation génétique des espèces cultivées au triple besoin alimentaire, énergétique et de gestion des agro-écosystèmes, etc. En matière de contrôle des maladies et ravageurs reposant sur des techniques ne faisant plus appel aux produits phytosanitaires, des réussites à grande échelle enregistrées lors des quinze dernières années, et pour lesquelles des diagnostics quantifiés sont disponibles, auraient pu être mentionnées (il en va ainsi de l'usage de la diversité génétique par les mélanges variétaux pour le contrôle de la pyriculariose du riz au Yunnan comme de l'usage de la biodiversité auxiliaire pour se prémunir des infestations dévastatrices de la cicadelle brune en riziculture irriguée vietnamienne).

L'exposé reste ici malheureusement assez superficiel et ne permet donc pas de comprendre précisément comment accéder à une compréhension fine et rigoureuse des mécanismes de régulation biologique clés pouvant être mobilisés dans les agro-écosystèmes. D'autres questions se posent : comment mettre en œuvre ces connaissances pour la conception et l'évaluation de nouveaux systèmes techniques de culture et d'élevage aux échelles appropriées dans l'espace (prise en compte de la diversité intra et inter-parcellaire, des hétérogénéités du paysage) et le temps (prise en compte des dynamiques inter-saisonnières et annuelles) ? Quels peuvent être les éventuels effets négatifs induits par des choix techniques améliorant localement la situation ? Et enfin com-

ment délimiter le domaine d'extrapolation de tels systèmes en vue de leur dissémination ?
Au total, ce type d'agriculture à HVE suppose une gestion technique complexe, devant être pratiquée à plusieurs niveaux d'organisation des agro-écosystèmes, afin d'intégrer les principales interactions écologiques dont les effets locaux sont importants à prendre en compte afin de garantir la viabilité du système en place. L'auteur souligne que ces modes de gestion sophistiquée devront donc être également très intensifs en capacités d'observation et d'analyse des situations culturales, en mobilisation de connaissances et en disponibilité pour l'apprentissage chemin faisant. Puisque l'on s'adresse à des paysages ou bassins versants aux multiples usagers, cet apprentissage devra être en partie collectif et les règles de gestion de l'espace négociées entre ces usagers. Il aurait été intéressant de préciser des modalités adaptées pour parvenir à cette fin : nouveaux moyens d'accès à la connaissance actualisée, démarches de partage des points de vue et perceptions facilitant l'apprentissage collectif, choix négociés d'indicateurs pour le suivi-évaluation des effets des actions entreprises, etc. Au-delà de ces aspects techniques et de coordination locale, M. Griffon souligne que ce type d'agriculture à HVE, exigeante et n'allant pas sans risques, ne pourra s'imposer qu'avec le soutien de politiques publiques incitatrices adaptées.

Le contenu des politiques d'appui à la transformation agricole proposées fait l'objet du chapitre suivant. Elles doivent prendre en compte les grandes tendances du contexte actuel telles que l'accroissement démographique et des besoins alimentaires (plus ou moins élevé selon les régions), l'évolution des régimes alimentaires et l'augmentation des prix agricoles et de leur volatilité, la raréfaction des terres arables disponibles et les modifications des marchés fonciers qui en découlent, la hausse du prix de l'énergie et des engrais, l'introduction de nouvelles demandes et marchés industriels et énergétiques pour les produits de la biomasse, l'accès à l'irrigation face à la raréfaction de la ressource en eau en de nombreux endroits, les effets du changement climatique sur les zones de production, le renforcement des efforts en faveur de la conservation de la biodiversité, etc. Une fois ce fond de tableau planétaire peint, l'impossibilité de différencier les problématiques agricoles et environnementales saute aux yeux.
M. Griffon décrit ensuite ce que pourrait être une nouvelle politique agricole commune européenne sur fond d'analyse historique de son évolution. Pour lui, sans remettre en question les fondements historiques de la PAC, l'avenir du système de soutien à la production passera par le recours à un système d'assurances et de distribution plus équitable pour garantir la stabilité des revenus agricoles et gérer les coûts et risques de la transition vers l'agriculture à HVE. L'appui à la production compétitive et de qualité de biens alimentaires, énergétiques ou destinés à la chimie verte devrait satisfaire en priorité les besoins du marché européen et l'exportation de proximité (Afrique du Nord et Moyen-Orient), tandis que l'attribution de la responsabilité de la gestion viable des écosystèmes qu'ils contrôlent reviendrait aux agriculteurs. En ce qui concerne l'avenir du second pilier agro-environnemental, l'auteur pense qu'il pourrait à l'avenir être principalement consacré à la rémunération des services écologiques rendus par les exploitations agricoles, ainsi qu'à financer les « infrastructures écologiques » et la « trame verte » nécessaires à une gestion viable des agro-écosystèmes. Il précise que les mesures à prendre devront être adaptées à la diversité inter et intra régionale des types de systèmes de production, ainsi qu'à la nature et aux caractéristiques des enjeux environnementaux locaux à relever, afin que les coûts d'adaptation puis d'entretien puissent être négociés et en partie pris en charge par la société, bénéficiaire de la production de nouveaux biens publics et services d'intérêts général. M. Griffon propose aussi que la répartition des financements entre ces deux « piliers » de la PAC soit plus souple entre le soutien aux revenus et l'adaptation écologique en fonction du niveau des cours sur les marchés.
La certification HVE (envisagée par paliers comme dans la loi dite de Grenelle 2, avec processus d'apprentissage pour aider à passer de l'un à l'autre selon des critères localement adaptés et évolutifs) d'une part et le contrat (plans d'amélioration négociés avec les pouvoirs publics, vérifiables) d'autre part apparaissent à l'auteur comme les outils les plus adaptés pour que les agriculteurs adhèrent à la transformation des systèmes de production proposée. Le contrat donnerait lieu au paiement de subventions publiques, la

certification émettant un signal de qualité (reposant sur des indicateurs dont on voit bien que l'établissement et la mesure ne seront pas aisés) adressé au consommateur exprimant de plus en plus ses préférences pour certaines manières de produire. Le lecteur peut se demander si cela sera suffisant pour initier et alimenter des cercles vertueux de progrès vers l'agriculture HVE. Ceci notamment suite à l'analyse d'expériences passées ayant montré les limites des contrats individuels et la nécessité de contrats collectifs (bien entendu plus difficiles à négocier) mis en œuvre aux échelles pertinentes, et prenant en compte la complexité des problèmes (y compris techniques) à régler ainsi que leur caractère multi-acteurs. Une autre limite de l'exposé réside dans l'absence de référence aux méthodes (par exemple les analyses de cycle de vie) développées afin d'établir des diagnostics agro-environnementaux sur l'ensemble de la filière d'un produit.

Dans la dernière partie du livre, le profil d'un nouveau métier d' « agronome – écologue », que l'on peut aussi qualifier d'agronome des paysages, cadre pertinent pour l'intégration, facilitant la circulation des savoirs techniques, ainsi que le dialogue et la négociation entre acteurs de la gestion et de l'usage des agro-écosystèmes est ébauché. L'auteur souligne que les systèmes de formation actuels semblent encore mal équipés pour former de tels agronomes. Car, face à la complexité des situations, il devront être équipés d'outils performants permettant le partage des points de vue et la co-construction de scénarios de futurs possibles à évaluer en fonction des intérêts particuliers en présence. Une fois évalués par les différentes parties prenantes concernées, les plus porteurs de ces scénarios pourront déboucher sur la négociation de plans d'action concrets, coordonnés et faisant l'objet d'un suivi. L'arrivée d'outils de modélisation et de simulation collaborative, appartenant à la science post-normale mettant l'accent sur ce type de processus, développés ces vingt dernières années et ayant fait leurs preuves en matière de facilitation de la gestion participative et de la régulation des espaces ruraux, est notamment mentionnée.

En mettant l'accent sur la recherche d'innovations combinant productivité élevée et qualité environnementale, activité stimulante pour l'esprit, M. Griffon considère qu'une telle approche devrait renforcer l'attractivité de la profession agricole auprès des jeunes et futurs agriculteurs mieux disposés à adopter l'état d'esprit et le comportement requis afin de réaliser la profonde transformation agricole imposée par l'état des ressources renouvelables et la société qu'il appelle de ses vœux.

Notes de lectures

# La vie, quelle entreprise ! Pour une révolution écologique de l'économie

**R. Barbault et J. Weber**

2010. Éditions du Seuil, collection « Science ouverte », 198p.

**Guy TRÉBUIL**

*Géo-agronome, unité de recherche Gestion des ressources renouvelables et environnement, Cirad-ES ; Vice-président de l'Association française d'agronomie*

Les auteurs de ce petit ouvrage stimulant partent du postulat que les crises financières, économiques et sociales actuelles ne sont que les symptômes d'une crise écologique majeure du capital naturel sur lequel repose l'édifice humain sur terre. Ils proposent au lecteur de considérer la biodiversité comme « le tissu vivant de la planète [… ], un monde ouvert à celui des hommes et de ses avatars », un réseau d'interactions (pas un catalogue !), une véritable entreprise planétaire de production de nourritures dont nous faisons partie. Mais aussi une entreprise maîtrisant l'énergie solaire, recyclant ses déchets et hautement adaptative dans l'espace et le temps, dont on a donc beaucoup à apprendre sur le chemin de la recherche d'une « biosphère durable ». L'exposé est résolument interdisciplinaire, alliant écologie et économie, regards du naturaliste et de l'anthropologue approfondissant ensemble l'analyse globale du champ d'investigation et construisant au fil des chapitres une vision partagée sur « la puissance et les fragilités du monde vivant ».

Au fil des pages, leur proposition d'une « révolution écologique de l'économie » est amenée en trois temps. Le premier concerne une présentation du fonctionnement et de la structuration en réseau de « la machine vivante planétaire », ainsi que de la crise que nous traversons avec elle. Puis vient « le temps des humains » qui décrit l'impressionnante appropriation du monde accomplie de la révolution néolithique à la révolution techno-industrielle. Enfin arrive « le temps de l'écologie » globale, de la prise de conscience du nécessaire redressement de perspective, caractérisé par les mots d'ordre de changements, solidarités et la proposition clé d'un basculement des régulations économiques portant sur le travail vers la taxation des ressources renouvelables en raréfaction.

Tout au long du livre, l' « agri-culture » sert de fil conducteur et fournit de multiples illustrations car elle représente une interface riche et féconde pour analyser les relations entre l'homme et la nature : « prise n'importe où, une pincée de terre ne recèle-t-elle pas entre 10000 et 50000 espèces de bactéries entre les doigts » font remarquer les auteurs pour illustrer que la vie est partout et notamment dans la mince pellicule superficielle de sol. Cela fait près de quatre milliards d'années que cela dure sur terre et les échelles de temps à considérer pour comprendre la biodiversité, ses dynamiques et ses enjeux, sont donc inhabituelles et forcent le respect de la part de la toute jeune espèce *Homo sapiens* (apparue « avant-hier », il y a tout juste 200.000 ans) qui doit dorénavant accepter de mieux partager l'espace avec les autres. Car il faut de l'espace pour entretenir la formidable diversité décrite et éviter un approfondissement de la crise d'extinction en masse des espèces dans laquelle nous sommes entrés, notamment depuis les succès des récentes révolutions agricoles et industrielles. Car si une maille se défait dans ce tissu vivant, tout peut se déchirer. Le paysage, « incarnation locale et régionale du tissu planétaire » qu'est la biodiversité, permet d'introduire la dimension culturelle essentielle. L'agriculture constitue un sous-ensemble de ce tissu et « une ingénierie d'écosystème orientée au profit d'une seule espèce, la nôtre ».

Toute cette diversité de vies s'anime dans un monde qui ne connaît que le changement, car, rappellent justement les auteurs, « vivre c'est changer et faire changer » face à l'adversité aux causes multiples. Pour cela, l'évolution a retenu

deux stratégies majeures : jouer l'expansion en nombre et en occupation de l'espace d'une part et miser sur la diversité d'autre part, car « pour le vivant, la diversité est une stratégie d'adaptation aux changements, une assurance sur l'avenir » et la durabilité de l'espèce. Le propos est ici illustré par les effets positifs de la complexité structurale et génétique de la culture du riz irrigué au Yunnan, en milieu humide et sub-tropical favorable aux pathogènes, créée au moyen de mélanges variétaux permettant de s'affranchir de l'usage des fongicides, auparavant largement utilisés à vaste échelle contre la pyriculariose, sans entamer les résultats économiques et en réactivant l'agro-biodiversité rizicole de cette immense province au sortir de la révolution verte. Mais les auteurs ne disent pas pourquoi de tels systèmes peinent à faire la différence ailleurs et de façon aussi convaincante que cet exemple bien connu. D'autres mécanismes de « protection des plantes » par communication chimique entre individus et entre espèces sont aussi décrits comme autant d'innovations potentielles offertes par la biodiversité aux entreprises humaines inventives. Car il s'agit de passer d'une perception utilitariste du type la biodiversité « à quoi ça sert » (et ça rapporte combien ? Par exemple entre 100 et 200 milliards de dollars par pour les « services » rendus par les pollinisateurs domestiques et sauvages) à une meilleure compréhension de comment fonctionne cette dynamique complexe.

Les auteurs considèrent que le concept de « service écologique » et, au-delà, la petite révolution copernicienne permise par le « Millenium Ecosystem Assessment » de 2005 ont conduit à un renouvellement des démarches intégrant systèmes écologiques et sociaux, bien-être humain et fonctionnement des autres espèces vivantes des écosystèmes. Il est permis d'espérer, qu'au-delà des travaux pionniers récents, de telles approches intégrées fleuriront dans les agro-écosystèmes pour (i) améliorer nos connaissances sur les caractéristiques fonctionnelles des espèces et les effets de leurs interactions sur les propriétés des systèmes agricoles, (ii) sur les impacts de la diversité des espèces et leur organisation trophique sur la productivité, la stabilité et la durabilité des performances de ces systèmes productifs, ainsi que sur (iii) la qualité des différents services écosystémiques qu'ils fournissent.

La résilience est vue par les auteurs comme une autre propriété majeure du fonctionnement de la biodiversité et des réseaux trophiques dans les écosystèmes. Cette capacité à absorber les chocs et à retrouver un mode de fonctionnement semblable après leur passage est vue comme une véritable assurance sur l'avenir incertain, une capacité adaptative favorisée par la diversité biologique et celle des réponses offertes par les espèces face aux aléas. Mais son évaluation nécessitera des expérimentations à long terme dont on peut se demander comment elles pourront être mises en place et pérennisées dans des agro-écosystèmes où très souvent les changements tendent à s'accélérer. Car ce beau tissu vivant se démaille au fil de cette sixième crise d'extinction en masse des espèces qui bat son plein et dont cette fois « *Homo sapiens economicus* » est responsable. Nombre de réseaux trophiques se déchirent dans les océans, les forêts tropicales en contraction et fragmentation, les zones humides, souvent sous l'influence combinée des changements climatiques et d'usage des terres (dégradation des habitats, propagation d'espèces envahissantes, surexploitation et effets en cascade au sein d'une chaîne trophique).

La partie sur le « temps des humains » est dominée par un chapitre consacré à l'appropriation et à la dégradation du capital biologique lors des dernières décennies d'agro-industrialisation uniformisatrice et de croissance de l'empreinte écologique des activités humaines, alors que la diversité est l'avenir d'agricultures vues comme une ingénierie des écosystèmes. L'analyse des différents niveaux d'un système d'appropriation de ressources renouvelables est très intéressante et paraît très fertile en vue d'une mise en œuvre dans les agro-écosystèmes, afin d'y favoriser une meilleure « soutenabilité » agro-écologique, économique, sociale et culturelle. Car, si les agriculteurs ont réalisé avec succès les missions qui leur étaient assignées durant la seconde partie du siècle dernier, et alors que la manière de nourrir le monde durant les prochaines décennies fait encore débat, voilà que la société éprise d'une « faim de nature » compréhensible formule de toutes nouvelles attentes à leur égard. Il aurait été bienvenu que l'ouvrage fasse état de propositions pouvant les aider à se repositionner dans la société. Le lecteur

aurait aussi aimé disposer d'estimations comparées des empreintes écologiques pour différents types de systèmes de production agricole.

L' illustration des « revers écologiques de la révolution verte » est en revanche incomplète (il aurait fallu parler des inégalités régionales entre agro-écosystèmes irrigués ou pas par exemple), comporte nombre de lieux communs et est en partie inexacte (la sélection a créé plusieurs milliers de nouvelles variétés, souvent tolérantes à de très nombreux bio-agresseurs et ce dès la fin des années 1970 ; elle a aussi permis de créer des banques de gènes préservant la biodiversité cultivée – plus de 120000 accessions pour le riz par exemple, tandis que l'augmentation de la productivité des systèmes de culture irrigués « intensifs » a permis de limiter l'expansion des terres agricoles aux dépends des zones forestières ou humides fragiles, etc.). Le Nord-Est de la Thaïlande, non irrigué, à la pluviométrie erratique et aux sols sableux, n'a pas connu la révolution verte rizicole mais cependant, en l'espace de trois décennies, plusieurs centaines de cultivars issus de quelques millénaires de domestication dans ce berceau de la riziculture inondée ont été balayés par trois variétés à la qualité du grain exceptionnelle que tout le monde souhaite consommer, dont le fameux riz à parfum de jasmin trouvé il y a 50 ans dans un champ paysan. C'est là un exemple de « revers écologique » qui ne doit rien à la révolution verte. Mais les auteurs prennent la précaution de souligner que ce qui est remis en question n'est pas le « progrès agronomique » en lui-même, mais bien la façon dont il est utilisé, avec au centre du problème la coordination des acteurs des politiques et des filières agricoles.

L'existence d'une vaste diversité de systèmes de production agricole, produits historiques de l'adaptation à différents environnements souvent difficiles, est bien reconnue et illustrée. Mais la présentation de leur apport à la construction d'alternatives réalistes au modèle agro-industriel tertiarisé dominant, permettant de se prémunir de disettes parmi une population mondiale en augmentation continue tout en reconstituant le capital biologique dégradé, est trop limitée à un plaidoyer général en faveur d'une « intensification écologique » pour des agricultures innovantes et adaptatives. Il aurait été intéressant de présenter de façon détaillée une ou deux réussites dans ce domaine ayant permis de résister avec succès à l'agro-industrialisation à marche forcée alliée à « la loi du marché ». Il n'aurait pas non plus été inutile de rappeler que bien souvent, ce sont les agriculteurs eux-mêmes qui ont vu leur intérêt dans l'abandon de systèmes intensivement agro-écologiques pour l'adoption de « technologies modernes », sans qu'il y ait eu à les forcer de quelque façon que ce soit, mais seulement en leur donnant le choix entre plusieurs options afin de satisfaire des besoins sociaux changeants (voir l'exemple thaïlandais ci-dessus, mais aussi l'abandon des cultures d'azolle en rizière - aux effets fertilisants limités par rapport aux besoins, mais très exigeantes en travail- quand le sac d'urée est devenu accessible au Vietnam et en Chine, etc.). Dans les grands « bols de riz » d'Asie densément peuplés ils n'avaient d'ailleurs guère d'autre choix et cela ne s'est pas forcément traduit par un « appauvrissement culturel », il suffit de penser au rôle clé que continue de jouer la céréale essentielle dans l'imaginaire japonais ultra-moderne un demi-siècle après sa « révolution verte ».

L'ouvrage plaide en faveur d' « agricultures façon judo » jouant avec les processus écologiques (plutôt que de les affronter) et en connivence avec le fonctionnement des écosystèmes (plutôt que de tenter de les maîtriser). Les auteurs y voient une vraie rupture dans la façon de voir le monde et prônent des « révolutions doublement vertes » où la contractualisation prendrait le dessus sur le contrôle administratif. Mais la réaffirmation de principes généraux de l'agro-écologie popularisés ces dernières années ne suffit pas à fournir la preuve de la capacité de telles « éco-agricultures » à être à la fois conservatrices des ressources renouvelables et « plus productrices ». Au-delà de généralités reposant sur des références parfois datées ou reprenant des conclusions rapides sans critique (ainsi les « écoles au champ » décrites qui prônent la lutte intégrée contre les ravageurs et maladies du riz sont bien trop coûteuses pour toucher une large part des dizaines de millions d'exploitations agricoles concernées en Asie ; tandis qu'en Europe la réduction de l'usage des pesticides sans perte de rendement trouve ses limites – qu'il aurait fallu préciser - en l'absence de transformation radicale du système de produc-

tion, etc.), des exemples plus convaincants d'innovations fructueuses permettant de mieux cultiver *avec* la nature publiés dans la littérature ces dernières années auraient été bienvenus ici, en illustrant leurs origines diverses allant de la mobilisation des acquis de la « science citoyenne » paysanne aux centres de recherche publics ou privés.

Pas de solutions toutes faites dans cet ouvrage, car elles ne peuvent émerger que de façon collective dans une démocratie partagée. Mais dans un texte émaillé de bons mots, le lecteur trouvera de nouvelles façons de poser des questions lancinantes, par un élargissement de perspective et la convocation de l'imagination créatrice des hommes renouant avec la nature pour « changer d'ère ». Il méditera aussi la proposition centrale sur un modèle de croissance verte à « destruction décroissante » grâce à un basculement des régulations économiques pesant trop sur le travail, les salaires et la pérennité des systèmes sociaux, pour les faire porter sur le capital naturel et les consommations de ressources naturelles renouvelables sous la forme de taxes (redistributives ou non) et de marchés de droits. C'est le moyen majeur proposé par les auteurs afin d'inciter à l'entretien et l'amélioration des écosystèmes et des services dont les humains bénéficient gratuitement du seul fait de leur fonctionnement. Pour que cela fonctionne, l'adoption à l'échelle mondiale est nécessaire tant les économies sont interconnectées, ainsi qu'une réforme profonde des institutions internationales. À l'heure du sommet Rio+20, chacun jaugera l'ampleur de la tâche à accomplir… Face aux dérives de la finance cupide et à l'effondrement de la biodiversité, ce livre offre une vision provoquant la réflexion sur ce que pourrait être la future co-viabilité entre les « espèces », sonnantes et trébuchantes d'un côté, vibrantes, mobiles et évolutives de l'autre. Car imagination et inventivité riment avec biodiversité et les auteurs l'illustrent abondamment au fil des pages.

# Sommaire


P7// **Avant-propos**
*T. DORÉ (Président de l'Afa) et O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef)*

P9// **Édito**
*T. DORÉ (AgroParisTech) et F. KOCKMANN (Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire)*

P13// ***Points de vue de la recherche et études de cas***
*P15- Comment l'écologie a amené à changer les pratiques des agronomes en recherche*
*F. LESCOURRET (Inra Avignon)*
*P23- Pratiques négociées et écologisation de l'agriculture*
*C. COMPAGNONE (Agrosup Dijon)*
*P33- Les services écosystémiques : un cadre conceptuel pour l'agro-écologie*
*L. LAPCHIN (Inra Sophia Antipolis)*
*P45- Chlordécone aux Antilles : évolution des systèmes de culture et leur incidence sur la dispersion de la pollution*
*M. LESUEUR-JANNOYER, P. CATTAN, D. MONTI, C. SAISON, M. VOLTZ, T. WOIGNIER, Y.M. CADIBOCHE (Cirad, Ird, Inra, CNRS)*
*P59- Éléments trace métalliques et épandage de produits organiques à La Réunion*
*B. COLLIN, E. DOELSCH, H. SAINT MACARY (Cirad)*

P69// **Témoignages d'acteurs**
**P71- Compatibilité entre impératifs écologiques et productifs. Le cas des prairies permanentes du Haut Jura.**
*P73- Une requête posée à la Recherche : réconcilier deux univers*
*J.Y. VANSTEELANT (Parc naturel régional du Haut-Jura)*
*P75- Savoirs de la pratique et savoirs scientifiques : rencontre dans les prairies du Haut-Jura*
*S. PETIT (Inra Dijon)*
*P79- Evaluation environnementale selon une approche Cycle de Vie des exploitations d'herbivores françaises*
*V. MANNEVILLE (Institut de l'élevage)*
**P83- Comment concilier la préservation des Zones Humides, source de biodiversité, et les travaux hydrauliques ruraux**
*P85- Enjeux environnementaux des zones humides et évolution de la réglementation*
*N. GUERIN (DDT de Saône et Loire)*
*P87- La mise en application de la réglementation en Saône-et-Loire*
*B. DURY (Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire)*
*P91- Le regard d'un professionnel de la Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire*
*L. BOREY (Agriculteur)*
**P93- La ré-insertion de nouvelles formes d'agriculture en ville : traduction en actes et projets**
J. HUBER (AgroParisTech) et F. LONCHAMPT (Ville de Strasbourg)

P103// **Débats**
**P105 - Les agronomes et l'environnement : précurseurs ou suiveurs ?**
*P107 Agronomie et écologie*
*L. THIEBAUT (Agrosup Dijon)*
*P109- Les évolutions de la pensée agronomique face à l'environnement*
*T. DORÉ (AgroParisTech)*
**P113- Savoirs agronomiques et réglementations à finalités écologiques**
*P115- Des concepts et une éthique partagés avec les acteurs locaux pour une efficacité agricole et environnementale*
*L. BOREY (Agriculteur)*
*P117- Protéger les ressources : entre initiatives des acteurs et cadre réglementaire, un équilibre délicat*
*C. CHASSANDE (Ministère en charge de l'agriculture, sous-direction de la biomasse et de l'environnement)*
P119- **D'Ecophyto R&D à Ecophyto 2018 : points de vue sur la mise en place de stratégies pour la réduction de l'emploi des pesticides en France**
*P121- Plan Ecophyto 2018 en grandes cultures : un vrai défi pour la recherche*
*N. VERJUX (Arvalis Institut du végétal)*
*P125- Ecophyto R&D : son futur manquerait-il d'avenir ?*
*L. GUICHARD (Inra Paris-Grignon)*

**P129// Notes de lecture**
*P131- Pour une agriculture écologiquement intensive de Michel Griffon (G. Trébuil)*
*P135- La Vie, quelle entreprise ! Pour une révolution écologique de l'économie de Robert Barbault et Jacques Weber (G. Trébuil)*