

Agronomie

environnement & sociétés



La revue de l'association française d'agronomie

Défi alimentaire et Agronomie

Enjeux alimentaires : quels défis pour l'agronomie ?

Rendements et qualité sont-ils conciliables ?

Nouvelles structurations et fonctionnement des bassins de production alimentaire.

Quelle utilisation de l'espace en zone rurale et périurbaine ?

Défi alimentaire, politiques agricoles, environnement.

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

Assistants 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

p.7// Avant-propos

T. Doré (Président de l'Afa) et O. Réchauchère (Rédacteur en chef)

p.9// Édito

G. TRÉBUIL (Cirad, vice-président de l'Afa, coordonnateur du numéro)

p.13// Enjeux alimentaires : quels défis pour l'agronomie ?

p.15- The challenges facing contemporary food systems : policy and governance pathways to sustainable production and consumption - D. BARLING (City University, Londres)

p.27- La place de l'exercice Agrimonde dans la multiplication récente des perspectives agricoles et alimentaires mondiales - S. TREYER (Iddri)

p.37- Comment l'évolution des systèmes alimentaires interroge-t-elle l'agronomie ? - T. DORÉ (AgroParisTech), E. MALÉZIEUX (Cirad, Persyst) et G. TRÉBUIL (Cirad, ES)

p.49// Rendement et qualité sont-ils conciliables ?

p.51- La filière blé : entre évolutions technologiques et sociétales

J. ABECASSIS (Inra, Umr late)

p.59- Conception et conduite de systèmes de culture céréalières conciliant rendement et qualité

C. LOYCE (AgroParisTech, Umr Agronomie), M.H. JEUFFROY (Inra, Umr Agronomie)

P.73// Nouvelles structurations et fonctionnement des bassins de production alimentaire

p.75- Analyse et conception de systèmes de production végétale à l'échelle des bassins d'approvisionnement agro-alimentaires

M. LE BAIL (AgroParisTech) et P.Y. LE GAL (Cirad, Umr Innovation)

p.87// Quelle utilisation de l'espace en zones rurales et péri-urbaines ?

p.89- Cultiver les milieux habités. Quelle agronomie en zone urbaine ?

C. SOULARD (Inra-Sad) et C. AUBRY (Inra-Sad)

p.103// Défi alimentaire, politiques agricoles, environnement

p.105- Politique et dynamique des systèmes de production : comment concilier défi alimentaire, compétitivité et environnement ?

V. CHATELLIER (Inra, Lereco) et P. DUPRAZ (Inra, Smart & Agrocampus Ouest)

p.117- Les territoires d'alimentation des villes : empreinte alimentaire et territoire d'approvisionnement, deux concepts de l'agronomie des territoires

M. BENOÎT (Inra-Sad, Aster), P. CHATZIMPIROS (Université Paris Est-Marne la Vallée) et V. THIEU (European Commission)

p.131// Restitution des débats lors des Entretiens du Pradel

p.137// Notes de lecture

p.139- Afterres 2050 - Scénario d'utilisation des terres agricoles et forestières pour satisfaire les besoins en alimentation, en énergie, en matériaux, et réduire les gaz, de SOLAGRO (T. Doré)

p.143- Pour une alimentation durable : réflexion stratégique du ALIne de C. Esnouf, M. Russel & N. Bricas (G. Trébuil)

p.147- Food Policy de T. Lang, D. Barling & Carragher (G. Trébuil)



Avant - propos

Thierry DORÉ (Président de L'Afa, directeur de publication), Olivier RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef) et Guy TRÉBUIL (coordonnateur du numéro)

Le numéro d'Agronomie, Environnement & Sociétés que vous avez entre les mains - ou à l'écran - est issu, comme le premier numéro du même volume, de réflexions menées par les agronomes de l'Afa et leurs partenaires en plusieurs temps : une initiation de la réflexion en assemblée générale et la validation de la pertinence du sujet proposé par les adhérents présents, puis des approfondissements lors des 6^{èmes} Entretiens du Pradel consacrés à la même thématique. La revue remercie ainsi très chaleureusement tous ceux qui se sont investis dans l'élaboration de ce numéro (notamment les relecteurs des articles qui le constituent), mais aussi tous ceux qui ont préparé ces deux événements, et qui y ont participé à un titre ou à un autre (orateurs, animateurs, discutants, public attentif et questionneur, etc.). Les enregistrements vidéo des échanges entre les participants sont en ligne sur le site de l'Afa et viennent compléter utilement les textes de ce numéro.

Si deux ans ont séparé la parution du volume 1 n°1 consacré au Grenelle de l'Environnement et les Entretiens du Pradel s'y référant, nous avons réduit à six mois le délai entre les 6^{èmes} Entretiens du Pradel de septembre 2011 et la parution de ce numéro 1(2) consacré au thème « Défi alimentaire et agronomie » afin de livrer rapidement une empreinte écrite durable et largement distribuée des échanges de l'automne dernier. La revue est donc sur la voie d'une « normalisation » de son calendrier, que le bureau éditorial s'efforcera de tenir et d'améliorer.

La thématique qui fonde ce numéro, celle du défi alimentaire contemporain, est un excellent contrepoint de celle traitée dans le numéro

précédent (l'environnement), tout en demeurant au carrefour d'enjeux agricoles et de société. Sans baliser à eux seuls les sentiers que la revue empruntera à l'avenir, ces deux premiers numéros réguliers d'Agronomie, Environnement & Sociétés témoignent ainsi de la diversité des angles d'attaque qui y seront adoptés pour mobiliser l'agronomie, stimuler les échanges entre ses praticiens, et qui donnent sens au regroupement des mots qui forment son titre. La lecture du sommaire de ce numéro montre que le dialogue interdisciplinaire y est bien présent ; en revanche, il apparaît qu'une part très importante des articles est issue de la sphère recherche/enseignement, plaçant ce numéro en-deçà de ce que serait un numéro « idéal » d'AES. Dans un tel numéro, le dialogue interprofessionnel entre agronomes et l'ouverture vers l'ensemble des acteurs sociaux concernés par la thématique, qui sont deux objectifs fondateurs de l'association, devraient se traduire plus visiblement dans ce vecteur de son activité qu'est la revue. Qu'à cela ne tienne, la faiblesse est repérée et nous tenterons d'y remédier dès les numéros suivants, notamment en veillant à un meilleur équilibre des différentes rubriques. Bonne lecture !

Remerciements

La qualité des textes proposés par la revue dépend largement du travail des relecteurs des manuscrits, et en amont de celui des animateurs et participants aux sessions de présentations orales permettant des échanges productifs, et *in fine* une meilleure communication des résultats par les auteurs. En conséquence, la revue Agronomie, Environnement & Sociétés remercie très chaleureusement les personnes suivantes pour leur contribution à l'animation des sixièmes Entretiens du Pradel ainsi qu'à la préparation des articles de ce numéro : Stéphane Bellon, Jean Boiffin, Nicolas Bricas, Jérôme Burq, Jacques Caneill, Géry Capelle, Rémi Cluset, Philippe Debaeke, Isabelle Feix, André Fleury, Luc Guyau, Robert Habib, François Kockmann, Jean-Marie Larcher, Françoise Lescourret, Hubert Manichon, Isabelle Michel, François Papy, Philippe Pointereau, Olivier Ranke, Jean-Louis Rastoin, Guy Richard, Laurence Roudart, Egizio Valceschini, Daniel Villesot, Jean-Marie Vinatier, Sjoerd Wartena, et pour leur assistance technique et logistique Danielle Lanquetuit et Sophie Douhairie.

Relever le défi alimentaire : importance et diversité des contributions d'agronomes

Guy TRÉBUIL

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

La 6^{ème} édition des Entretiens du Pradel organisés par l'Association française d'agronomie (Afa), en partenariat avec l'EPLEFPA Olivier de Serres-Aubenas les 15 et 16 septembre 2011 traitait des liens entre « Défi alimentaire et agronomie », principalement en Europe¹. Ces échanges constituaient un approfondissement à la suite de la courte conférence-débat portant sur ce vaste sujet lors de l'Assemblée générale de l'Afa du 11 mars 2010. À partir de la présentation de trois points de vue complémentaires² et au-delà de la forte actualité autour de ce sujet, elle avait mis en évidence le rôle essentiel que peuvent jouer les agronomes pour contribuer à répondre aux enjeux alimentaires des prochaines décennies, et ce non pas de manière isolée mais en synergie avec d'autres secteurs d'activités, que ce soit en France, en Europe ou ailleurs sur la planète. Le sommaire de ce numéro est principalement composé d'une série d'articles issus des communications présentées lors des séquences successives de ces Entretiens du Pradel que les auteurs ont bien voulu retravailler après la conférence et soumettre à l'évaluation de relecteurs avant de pro-

duire des versions révisées pour publication par la revue.

Il serait bien entendu déraisonnable de prétendre avoir traité ce vaste sujet lors de la journée et demie d'échanges au Pradel. Mais la préparation de cet événement avait permis d'identifier cinq thématiques incontournables qui ont fait l'objet des sessions successives de la conférence et qui structurent ce numéro. Elles sont toutes illustrées dans ce numéro, qui restitue également le contenu des échanges auxquels elles ont donné lieu durant ces 6^{èmes} Entretiens afin de poursuivre l'approfondissement du débat collectif entre agronomes sur un important sujet d'actualité.

Nous présentons brièvement ci-dessous ces séquences successives.

Enjeux alimentaires : quels défis pour l'agronomie ?

Nous avons assisté ces toutes dernières années à une floraison d'ouvrages, d'articles de synthèse ou de travaux de prospective portant sur l'actualisation des enjeux et « nouveaux fondamentaux » du défi alimentaire en ce début du nouveau siècle. Leur parution a encadré la « crise alimentaire » de 2008 et le retour au premier plan des préoccupations sur « nourrir le monde » dans les politiques publiques. Bien que traitant parfois peu d'agronomie, ces publications soulignent un impératif d'approvisionnement alimentaire sécurisé et résilient pour une population croissante d'ici à 2050, et une évolution, parfois rapide, des conditions (et donc de l'évaluation) de la production agricole liée à des transformations des systèmes alimentaires ainsi qu'à des tensions sociales qui interpellent les agronomes en France comme à l'étranger.

À partir de sa conférence invitée, David Barling nous explique quels sont les challenges structureaux à long terme auxquels nous sommes confrontés dans les domaines de la production et de la consommation alimentaire durable, qui sont incontournables dans la formulation des problématiques agri-environnementales dans ce domaine. Les changements en cours dans les relations entre producteurs et consommateurs aux attentes multiples, la montée en puissance des préoccupations nutritionnelles (coût faramineux

¹ Pour plus d'information, visiter le site de l'Afa à l'adresse : <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/entretiens-du-pradel/>

² De la part d'un prospectiviste (S. Treyer de l'Idri), d'un économiste de la nutrition (N. Bricas du Cirad) et d'un agro-environnementaliste (P. Pointeau de SOLAGRO). Une synthèse ainsi que le contenu de leurs interventions et des débats sont accessibles sur le site de l'Afa à l'adresse : <http://www.agronomie.asso.fr/lagronomie-pour-tous/place-publique/defi-alimentaire/#c288>

de l'obésité d'un côté et persistance tenace de la faim de l'autre) et de celles liées à la préservation des ressources renouvelables, conduisent notamment à l'émergence de notions nouvelles comme celle de « santé publique écologique »³. Il décrit aussi comment les interventions publiques tentent d'infléchir les termes de l'équation offre-demande dans différents pays européens ainsi qu'au sein de la Commission européenne. Enfin il souligne le besoin de nouvelles connaissances et méthodes adaptées à la complexité des systèmes alimentaires européens contemporains, afin d'identifier et d'évaluer leur durabilité pour être en mesure d'asseoir plus efficacement l'amélioration de leur gouvernance dans le futur.

Sébastien Treyer resitue ensuite l'exercice français de prospective Agrimonde Inra-Cirad par rapport aux autres prospectives agricoles et alimentaires mondiales récentes. Au terme de la période de « révolution verte » et en tenant compte des limites connues du modèle agro-industriel à l'occidentale ainsi que du retour d'un questionnement malthusien sur les limites des ressources à l'échelle de la planète, quel pourrait bien être le prochain projet de modernisation de l'agriculture adapté aux enjeux à long terme des prochaines décennies ? L'auteur donne son point de vue sur les spécificités de la méthodologie Agrimonde, puis sur ses résultats et les interprétations qui peuvent en être faites plus de deux ans après leur première présentation, avant de conclure sur l'impact de ce rapport sur le débat prospectif à l'échelle mondiale à propos de la sécurité alimentaire à long terme.

Ce nouveau contexte des systèmes alimentaires étant campé, l'article suivant de Thierry Doré *et al.* tente d'identifier quelques grandes caractéristiques de leurs évolutions porteuses de nouvelles questions posées à l'agronomie. Elles ont trait en premier lieu au cahier des charges multiforme des systèmes alimentaires imposant une analyse multicritère de leurs performances. Les auteurs font ensuite l'hypothèse d'une diversification croissante des systèmes alimentaires dans un espace géographique donné parallèlement à un certain éclatement des modes de consommation alimen-

taires entre tranches d'âges, structures familiales et couches sociales notamment. Une telle diversification nécessite la conduite de travaux innovants sur les modalités et règles permettant leur cohabitation. Enfin, la montée des incertitudes et l'accélération du changement rendent nécessaires la recherche et la promotion de démarches permettant aux systèmes de production agricole d'améliorer leurs propriétés de flexibilité, de capacité adaptative et de résilience face aux chocs de différente nature.

Rendement et qualité sont-ils conciliables ?

La production agricole est aujourd'hui confrontée à la demande contradictoire de poursuite d'augmentation des volumes produits (donc une croissance des rendements dans la plupart des situations) et d'amélioration de la qualité (sanitaire, nutritionnelle, organoleptique) des produits selon des critères très différents en fonction de leurs destinations et types de consommateurs. Or, l'expérience des dernières décennies a régulièrement montré l'influence négative de l'augmentation des rendements (ralentie durant les deux dernières décennies) sur la qualité des produits (nutriments, résidus de pesticides, etc.), mais aussi sur l'image du produit par les impacts négatifs de la production sur l'état des ressources renouvelables. Plusieurs modes de production agricole visent aujourd'hui à proposer des aliments de meilleure qualité, avec moins d'atteintes à l'environnement (agriculture biologique, à haute valeur environnementale, intensivement écologique, etc.).

Dans ce contexte, les deux articles proposés montrent comment la conception et le pilotage de nouveaux itinéraires techniques et systèmes de culture adaptés à de nouvelles demandes des transformateurs pourraient mieux lier rendement au champ et qualité intrinsèque du produit. Joël Abecassis présente la problématique de la filière blé pour comprendre comment les nouvelles attentes des consommateurs et des transformateurs sont prises en compte dans les orientations de la recherche. Chantal Loyce et Marie-Hélène Jeuffroy quant à elles dressent un état des lieux des travaux d'agronomes sur le pilotage de la qualité dans les systèmes de culture céréalière et leurs implications sur les indicateurs de perfor-

³ Pour plus de détail, voir la note de lecture de l'ouvrage « *Food policy* » de Tim Lang, David Barling et Martin Caraher à la fin de ce numéro.

mances de tels systèmes au moment où, en particulier, la question des effets de stress abiotiques sur la qualité des produits et de leur manipulation par les agriculteurs connaît un intérêt croissant.

Nouvelles structurations et fonctionnement des bassins de production alimentaire

Les stratégies des opérateurs des filières qui commercialisent et transforment les produits de l'agriculture interagissent avec celles des agriculteurs, tant sur le plan des choix des productions et de leur niveau de qualification pour des usages alimentaires et non alimentaires que des choix techniques associés à la mise en œuvre de ces productions. Les instruments de ces interactions, qu'il s'agisse des types de contrats, de la définition des cahiers des charges, des diverses procédures de certification et labellisation, ou encore des modes d'organisation des flux de matière première agricole, couvrent des champs de plus en plus larges. Ils vont de critères souvent classiques de qualité des produits vers ceux liés aux impacts environnementaux, plus récents et dont la liste s'allonge.

Ces interdépendances font émerger des systèmes d'approvisionnement à l'échelle de bassins de production qui ont un effet important sur la structuration de ces territoires et sur l'évolution de leurs ressources, par leur impact sur l'organisation des espèces cultivées dans l'espace, sur les modes de production et sur les indicateurs de performances économiques ou environnementales qui leur sont appliqués. Ce sont des objets mixtes entre l'agronomie, l'économie et la gestion dont l'étude est essentielle pour comprendre et valoriser les marges de manœuvres collectives accessibles pour améliorer les performances de ces systèmes. Marianne le Bail et Pierre Yves Le Gal présentent ici une démarche d'analyse agronomique formalisée de ces systèmes d'approvisionnement localisés dans un territoire ainsi que les outils qui lui sont associés. Ils mobilisent aussi deux études de cas contrastées pour illustrer l'intérêt de telles démarches interdisciplinaires pour l'aide à la décision des acteurs privés ou publics des bassins de production alimentaire.

Quelles utilisations de l'espace en zones périurbaines ?

Les surfaces agricoles cultivées pour la production alimentaire sont de plus en plus en concurrence avec de nombreux autres usages, qu'ils soient productifs (énergie, matériaux de construction, textiles, etc.), récréatifs (espaces de loisirs, forêt, pelouses, etc.), industriels et commerciaux, ou encore à destination de la voirie ou de l'habitat (urbanisation) à l'heure où le seuil de 50% de la population mondiale vivant en ville vient d'être dépassé. Dans de nombreux pays et en particulier en France, cette concurrence pour l'usage du sol engendre une tendance à la diminution des surfaces pour la production alimentaire et de nouvelles contraintes pour leur usage agricole. Elle interroge aussi, si elle doit se poursuivre, la durabilité de la souveraineté alimentaire, d'autant plus que les rendements tendent souvent à stagner et que la population s'accroît. Cette évolution semble également contradictoire avec la volonté de plus en plus affirmée dans des secteurs croissants de la population de se nourrir avec des produits locaux et sains.

Dans ce contexte, Christophe Soulard et Christine Aubry montrent comment l'agriculture urbaine et l'alimentation des villes offrent un champ de pré-occupations foisonnant aux agronomes. Leur article examine les questions de recherche et de formation adressées à l'agronomie, issues des spécificités des exploitations agricoles périurbaines, des pratiques de leurs agriculteurs, ainsi que des organisations territoriales agri-urbaines. Les cas des circuits courts alimentaires et de l'usage des produits résiduels organiques éclairent leur exposé.

Défi alimentaire, politique agricole et environnement

Enfin, les nouveaux fondamentaux de systèmes alimentaires durables imposent aux systèmes de production agricole une réduction de leur empreinte écologique allée à l'amélioration de la performance énergétique de leurs processus productifs, tout en satisfaisant la demande des consommateurs pour une alimentation diversifiée, plus localisée et de qualité certifiée. Par ailleurs, la compétitivité des entreprises agricoles et

l'évolution technologique encouragent le plus souvent une spécialisation et une industrialisation de l'activité agricole.

La durabilité de l'activité agricole et de l'alimentation repose sur des organisations adaptées au contexte actuel de filières et de systèmes de production à des échelles territoriales pertinentes. La diversité des productions agricoles sur un territoire, et en particulier de nouvelles formes d'association entre les productions végétales et animales, peuvent offrir des réponses pertinentes dans certaines situations. Elles impliquent des évolutions qui, selon les endroits, iront de la simple adaptation à des transformations plus profondes des systèmes d'exploitation et de gestion collective des ressources renouvelables afin de réduire les impacts négatifs au sein des territoires. Un des enjeux pour l'agronomie est certainement de contribuer, au moyen de méthodologies innovantes, à l'évaluation des performances environnementales, économiques et sociales de nouveaux systèmes de production agricole à l'échelle des territoires.

Dans un premier article examinant ce triple défi de la compétitivité, de la production alimentaire et de l'environnement, Vincent Chatellier et Pierre Dupraz discutent l'influence des politiques publiques sur la dynamique des systèmes de production agricole. En rappelant les effets des politiques commerciales sur l'indépendance alimentaire des pays à propos de plusieurs productions végétales et animales clés, ils traitent de la place de l'agriculture de l'Union européenne dans le monde et des évolutions pressenties pour ces filières à l'horizon 2020. Ils enchaînent avec une analyse des politiques environnementales communautaire et française, en insistant sur l'importance des rôles joués par le prix de l'énergie, la Politique Agricole Commune (PAC) et les normes environnementales. Enfin ils nous invitent à une réflexion interdisciplinaire sur les instruments de soutien souhaitables dans le cadre de la future PAC, ainsi que sur une redistribution et un meilleur ciblage des aides directes dans un contexte caractérisé par une forte volatilité des prix et une montée en puissance des attentes environnementales.

Marc Benoit clôt cette séquence en nous présentant les apports de l'agronomie territoriale pour concilier production, alimentation et environnement à partir du cas de la répartition et des synergies entre l'élevage et la production végétale pour une gestion agri-environnementale durable. De son point de vue, les agronomes qui abordent les enjeux de compatibilité entre production, alimentation et préservation des ressources renouvelables doivent rechercher des solutions et les mettre en œuvre en privilégiant l'échelle du territoire comme objet de travail. Il illustre son propos dans le cas du bassin de consommation de l'agglomération parisienne en mobilisant deux outils d'agronome : le diagnostic, pour évaluer les dynamiques passées, et le pronostic sur des futurs possibles sous forme de scénarios. Il propose l'emploi du concept novateur d'« empreinte alimentaire » et l'applique au cas de l'alimentation carnée. Puis il nous propose la construction de scénarios sur la production agricole du bassin de la Seine modifiant les régimes alimentaires de la population et les systèmes de production afin d'identifier et d'évaluer des voies de futurs possibles pour ce vaste bassin de consommation.

Bonnes lectures !

Enjeux alimentaires : quels défis pour l'agronomie ?

The challenges facing contemporary food systems: European policy and governance pathways to sustainable food consumption and production

David BARLING

City University London, United Kingdom

Résumé

La sécurité, la résilience et la durabilité de l'approvisionnement alimentaire sont récemment remontés dans l'agenda des politiques publiques. Pour un approvisionnement alimentaire durable, les décideurs doivent examiner une série de challenges structuraux et fondamentaux à long terme, tant dans le domaine de la demande et de la consommation, qu'à propos de la production et de la capacité environnementale. Un discours politique clé a émergé autour d'un cadre de production et consommation alimentaire durable (SCP) soulignant le besoin de rééquilibrer les parties offre et demande de l'équation.

En Europe, les initiatives de politique publique prises dans ce cadre SCP se sont focalisées sur des interventions légères, comme le conseil au consommateur sur les choix alimentaires plus durables. Ce faisant elles utilisent souvent des critères marchands existant dans le secteur privé et préservés dans des dispositifs et logos de certification alimentaire et agricole. La Commission européenne commence à examiner les bases scientifiques et méthodologiques de l'identification et de la mesure de l'alimentation durable en essayent de travailler avec l'industrie alimentaire pour définir le cadre méthodologique de l'analyse environnementale du cycle de vie et afin de promouvoir l'objectif politique d'une Europe utilisant plus efficacement les ressources naturelles.

Mots-clés: Alimentation durable; production et consommation durable; gouvernance alimentaire; politique publique européenne.

Abstract

The security and resilience of the food supply and its sustainability has risen up the public policy agenda in recent years. Policy makers must address a series of longer-term structural and fundamental challenges to a sustainable food supply that are situated both in demand and consumption and in production and environmental capacity. A key policy discourse has emerged around the sustainable consumption and production (SCP)

of food, linking the need to rebalance the demand and the supply parts of the equation.

In Europe, the public policy initiatives within the SCP framework have focused upon softer interventions such as advising consumers of the more sustainable food choices, often using existing private sector market based criteria enshrined in food and agricultural certification schemes and logos. The European Commission is beginning to address the scientific and methodological basis for identifying and measuring sustainable food by attempting to work with the food industry in framing environmental life cycle assessment methodology and promoting the policy goal of a more natural resource efficient Europe.

Keywords: Sustainable food; sustainable consumption production; food governance; EU public policy.

Introduction

The global food supply faces significant challenges in terms of meeting the rising demand over the next few decades. The price rises for different food commodities and oil in 2007-8 delivered an external shock for policy makers to focus increased attention on the sustainability of the food supply now and into the foreseeable future. Contemporary policy discourse in Europe is seeking to further identify and measure the connections between the sustainability of food consumption and production. The terms of this discourse, and the policy activities that it is framing, are constructing a more detailed picture of the respective roles of all stages of food chains as well as the consumption and production ends in the use of natural resources and other environmental and social impacts. These policy debates are incorporating the actors and institutions and their interactions from the wider food system within which the food chains sit. There are overlapping and interrelated challenges, in terms of food demand and supply, that are being identified as structural factors or the "new fundamentals" (Barling *et al.*, 2008; Ambler-Edwards *et al.*, 2009; Foresight, 2011). These new fundamental challenges are spelled out in more detail below, and include: ecosystem loss and natural resource depletion of water, air, soil, and biodiversity, and the depletion of fossil fuel and phosphate reserves. The spectre of climate change provides an overarching framework for further dislocations of ecosystems, ecosystem resources and weather patterns in ways that are continuing to unfold, and for the emerging mitigation and adaptation

strategies. The fundamental challenges at the food consumption end are an increase in diet related ill health with its attendant economic costs in the developed world. In the developing world, diet related ill health is an unfortunate consequence of the nutrition transition to a westernised diet and is situated next to hunger and malnutrition.

Particular attention is paid in this paper to the European Union's emerging policy recognition and actions that are linking sustainable food consumption to its production. There are attempts to convey the environmental and social impacts of food products to the consuming public to help guide their purchasing and consumption choices, with the private sector deploying governance strategies along food chains to set standards for more environmentally benign production methods, often validated by certification schemes and accompanying logos and labels. However, the European Commission is stepping into this policy space with the 2020 strategy that includes a resource efficiency road map, and its drive to implement framework methodologies for measuring the environmental impacts of food and drink products.

Agronomy already fits into this picture of food system change as a key means of providing a more sustainable approach to the use of natural (and social) capital at the production end of the food chain through innovative and low impact growing approaches which manage better balanced resource use and provide mitigation and adaptation strategies to climate change. From this activity, agronomists can also provide the data and strategies to enable more accurate deployment of environmental footprint methodologies for food and drink products, such as through life cycle assessment methodology. Finally, agronomy can contribute to strategies for providing the means for the diversity of produce needed for a more sustainable and healthy diet for Europe's populations.

Structural challenges facing the food system and costing the externalities

The nature of the fundamental and structural challenges facing contemporary and future policy makers can be aligned in terms of supply and demand to reflect the production to consumption

link, however some elements can fit under either heading. Land use, for example, is both a demand and supply factor, as demand for good fertile land for food production is often in heavily populated coastal and estuarial areas and river valleys and plains where there are residential demands. Equally, land is a prerequisite for food production while competing with a range of other demands, not least other non-food crops such as the large-scale production of biofuels to meet the competing demands for new energy sources. Some of the key natural capital elements that engage agronomists are: the natural resource depletion of air quality, water quality and availability alongside aquifer pollution and depletion, and the erosion of soil and decline in its fertility. The depletion of biodiversity and ecosystems are key further challenges that have been exacerbated by some modern intensive farming techniques, but at the same time are pre-requisites for maintaining future food production.

Climate change provides an overriding structural challenge to production, both in terms of potential regional climatic shifts and so changes in production locations, and rising sea levels effecting not just major population settlements but also highly productive agricultural land alongside salination of estuarial fresh water rivers. More immediately, recent years have witnessed more variable and extreme weather patterns and so the potential for severe harvest loss around the globe. Agriculture and the food chain are major contributors of greenhouse gases and so to the ill effects of climate change. In the UK, for example, the estimation of the food sector's contribution to greenhouse gas emissions is put at around 19% of the national total (Garnett, 2007). The approximation of food's contribution is that: agriculture contributes 38%, transport-related 16%, with around 10.5% each from food manufacture, household food activity and fertilizer manufacture. Retail, catering and packaging approximate at 5% each (Garnett, 2007). In terms of EU consumption it is estimated that the food sector contributes 31% of total GHG emissions (Tukker *et al.*, 2006). Modern agriculture and the food supply chain and its distribution are dependent upon fossil fuel based energy, and in the case of the former declining amounts of easily extractable phosphate. The just in time ordering upon which food distribution and

delivery increasingly depends to meet the demand side of the equation is also fossil fuel based bringing with it a new set of resilience and risk related problems (Ambler Edwards *et al.*, 2009). Some sectors of the food chain are low paid, such as food service, and in wealthier economies highly dependent upon migrant labour at key stages of food harvest and packing raising further resilience issues in terms of labour availability. The UK's Global foresight on *The Future of Food and Farming* summarised the challenges as six fold: balancing future demand and supply sustainably; addressing the threat of future volatility; ending hunger; meeting a low emissions world; and maintaining biodiversity and ecosystem services while feeding the world (Foresight, 2011).

The FAO has forecasted a world population peaking at around 9 billion in 2050, necessitating an increase in production by 70% from 2005-7 levels (FAO, 2009). Yet against this picture, we see a current world population of 7 billion with close to 1 billion people hungry and under nourished and another 1.6 million estimated as obese (FAO, 2010). These figures point to the inadequacy of the current food system to feed people correctly as there is enough food being produced currently to meet the world population's needs. The over consumption of wrongly balanced diets are prevalent in the developed world's populations, and are increasingly being imitated by growing urban and affluent populations in developing countries, reflecting a shift from more traditional culturally evolved diets to more western industrialised food diets, or what is termed the nutrition transition (Popkin, 2002). In these developing economies there is an increasing incidence of diet related non-communicable diseases side by side to extreme poverty and hunger. The demands for an increasingly high protein animal meat and dairy based high in saturated fats, puts further pressure on land use to raise the required animal stock and cereal and oil based animal feed.

Supply	Demand
Climate change	Land use
Fuel / oil / energy	Labour
Water	Population (gbn 2050)
Soil	Urbanisation
Biodiversity/ ecosystems support	Affluence + Nutrition transition
	Healthcare costs

Table 1. The fundamental challenges facing the food supply
Source : adapted from Barling *et al.*, 2008.

The environmental damage caused by contemporary food production and supply practices and the public health costs of diet related non-communicable diseases generate external public costs, or externalities, that are not reflected in, or internalized, in the price of food. The real costs if our current food supply can be given a value and priced; and, is an evolving area of work where new methodologies are being developed.

For example, the environmental externalities of a product have been quantified providing a truer cost of food production and transfer to price in the market place. There are problems with agreeing the value of some impacts, for example: the value of individual wildlife, and the relationship to the willingness of the public to pay these costs. As a result, attempts to assess the annual costs of pesticides in the USA undertaken in the early 1990s varied from \$1.3 billion to \$8 billion (Pretty, 1998). Work has been done on costing the environmental impacts of UK agriculture (Defra, 2002). One study estimated the costs by analyzing what is spent to deal with the externalities of production and reached a figure of £1.566 billion (Pretty *et al.*, 2000). Another sought to estimate the depreciation of the stocks of natural capital associated with agriculture and the environmental services generated and then arrived at costs by matching values to evidence from willingness to pay studies (Hartridge & Pearce, 2001). This latter study came up with a total of £1.072 billion, but taking away the benefit value of carbon sinks raised the external costs to £1.432 (Defra, 2002). The environmental and ecosystem benefits that the farmed landscape can provide, both in terms of biodiversity support and habitats and maintenance of soil and water properties of the land, as well as landscape value and carbon sequestration (or carbon sinks) are illustrated in this work.

The costs of these diet-related externalities to national health care systems are beginning to be calculated and the evidence presented in policy debates. Diet related non-communicable diseases, notably coronary heart diseases, chronic type 2 diabetes, and some cancers are incurring rapidly rising costs to health care systems in the UK. This evidence is being collated in a variety of ways and the methodology is being improved continually. One area of calculation is to cost the effects of rapid growth in obesity, as the condition of obesity serves as a signal of both an indicator and a precursor of diet related diseases. In 2001, the National Audit Office estimated the cost of obesity to the English National Health Service to be £480m (€720m) per annum (National Audit Office, 2001). This cost was revised in 2004 to be £3.3-3.7 billion (€4.95-5.55 billion) for obesity alone, and a further £6.6-7.4 billion (€9.9-11.1 billion) for obesity plus overweight (House of Commons Health Select Committee, 2005). The yearly costs to the National Health Service of food related ill health have been estimated at £6 billion (€9 billion), that is 10% of morbidity and mortality (Rayner and Scarborough, 2005).

The role of the private sector and market based policy instruments for the sustainable consumption and production of food

Private sector actors play important roles in food policy and governance (Barling 2008; Clapp & Fuchs 2009). The balance of food chain relationships has altered over the past two decades as the buyers have come to exert more control over the producing sectors of the food chain and the terms of trade for food products. Buyer led supply chains have led to a relative decline in the trading power of the food producers in relation to the manufacturers in the first instance, and, in more recent decades, both producers and manufacturers to the retailers and large food service corporations (Barling *et al.*, 2009; Burch & Lawrence, 2007). The rise of retail led standards and governance is a very discernible feature of contemporary food chain relations (Henson & Reardon, 2005; Fulponi, 2006; Clapp & Fuchs, 2009). The growth of private certification schemes is another feature providing a new realm to the private governance of food stand-

ards and inter-firm trade along supply chains. The certified products meet retailer standards or bear logos signalling the process characteristics of the food product to buyers along the chain, be they the retailers or food service companies or the final consumers.

Certification schemes covering an increasing range of environmental, ethical and social dimensions around food products, and their ingredients have augmented the earlier explosion in the number of food safety assurance schemes that began in the late 1980s. Environmental schemes around natural resource conservation such as: sustainable fisheries or sustainable palm oil and soybean planting, or integrated farming methods (IFM) for crop production and biodiversity enhancement, are examples; as are ethical standards around animal welfare schemes. This newer generation of certification schemes point to an increasing range of sustainability criteria for food that have social credence and market identity. Non-governmental and civil society organisations engage in some of these newer certification schemes as they seek to implement their policy priorities, often around specific single issues such as sustainable fisheries or animal welfare or fair trade, often engaging industry in the implementation of the schemes.

These developments point to the interaction of public and private governance, and the respective interactions between the state, industry and civil society in moving the food system to more sustainable practices. State supports for agriculture have been redirected towards Green Box compliance under the World Trade Organization's Agreement on Agriculture, where supports must qualify as "non or minimally trade distorting". Consequently, European supports under the Common Agricultural Policy are contingent upon the delivery of public goods including the protection of the agri-environment, biodiversity habitats and landscape conservation, and are buttressed by regulations such as the Framework Water Directive to prompt farm management solutions in nitrate vulnerable zones. Equally, the use of market-based instruments has been viewed as a successful approach to enhance sustainable agricultural practice at farm level (Buller and Morris, 2004). Strategies to reduce pesticide use at the farm level have led

to the introduction of IFM and integrated pest control techniques and grower protocols. In addition, these protocols have been certified for the market place through schemes with logos attached. These protocols include international and collaborative corporate led standards such as the European Retailer Good Agricultural Practice standards (EUREPGAP) – later renamed GLOBALGAP to signify its reach. The large European food manufacturers, in turn, have also set up collaborative compliance schemes for suppliers such as the Sustainable Agriculture Initiative (SAI) platform created by Unilever, Danone and Nestle in 2002 (CIAA 2005).

At the national level, the farm certification scheme Linking the Environment and Farming (LEAF) was set up 1991 in the UK, and promoted by the some of the larger scale retailers. LEAF promotes and disseminates best practice through a network of demonstration farms and open farm visits for the public (LEAF, 2012). The desire of retailers to be part of LEAF means that farms participating in better sustainable agricultural practices across the farm are rewarded with contracts from these companies. The scheme faces along the food supply chain as well as outwardly facing the consumer. A survey of UK consumers' awareness of the main sustainable food certification schemes found that just 3% of the shoppers recognised the LEAF label (Which, 2010). Yet, for LEAF this may be a respectable score as long as the retail partners continue their support. The onus for success is not just on the consumer but also on the supply chain actors to do the right thing to achieve environmental improvements. The participating retailers are aware of their strategic role and responsibility in the food supply chain to promote more sustainable agriculture. A key challenge for policy makers is how to motivate consumers and citizens to make step changes towards sustainability in their behaviour (Sustainable Consumption Roundtable, 2006). The UK Sustainable Consumption Roundtable report identified the role of choice editing as important, with the retailers amongst the key choice editors or gatekeepers along food chains. In other words, retailers continually make choices about the type of goods that they offer to consumers in their stores. The role of choice editing takes

the onus off the consumer as the main decision maker, one that they are not necessarily well equipped to undertake on sustainable food, and transfers more responsibility to the supply chain actors. The supply chain actors are in a position to edit choices in way that promote sustainability in the food system, implementing the links between sustainable consumption and production. The question remains, however, to what extent will the best practice retailers continue to take a lead role without recognition and reward from the state ?

Sustainable food consumption and production: towards new metrics and policy guidance in Europe

The challenges of the new fundamentals have lead to strategies for approaches to increasing food production to meet future projected demands while seeking more sustainable production methods, but have not fully addressed many of the natural resource depletion challenges or the consumption end of the picture. In the UK a major initiative led by the life sciences and food technology based research institutes, was the call for “sustainable intensification”, that is the application of life sciences technology to increasing crop yields while using fewer natural and industrial produced inputs (Royal Society, 2009). The UK Government has adopted “sustainable intensification” as a key response to addressing the future challenges facing food and farming identified in the UK Foresight report. Again, the more complex consumption demands and governance factors shaping the direction of the food supply are either missing or appear only in passing in this strategy.

Sustainable consumption and production links have emerged as policy initiatives from some Western European governmental agencies and from the European Commission at the EU level (see Table 2). This policy activity has evolved, in part, from commitments made by governments at the World Summit on Sustainable Development in Johannesburg in 2002, which gave a fresh impetus to policy actions and strategies in relation to sustainability. At national level, governmental or government sponsored bodies or agencies have utilised softer policy tools, often in the form of advice or recommendations aimed at the consuming

public. A series of different national level initiatives have focused upon identifying best practices in order to aid consumers to more sustainable and environmentally friendly informed choices in their food purchase and consumption. The growth of private certification schemes signaling differing sustainability related characteristics for food products has led to their being adopted under these public agency endorsed consumer directed strategies. Hence, the German Council for Sustainable Development produces an annual shopping basket, including food items, addressing such schemes and labels (German Council for Sustainable Development, 2011). Similarly, the Netherlands' *Sustainable Food* policy strategy emphasized the role of consumer education campaigns in relation to sustainable food production practices and innovation (LNV, 2010).

The Swedish Food Administration provided a scientifically based guide for the most sustainable forms of key food groups for consumption. It recommended these guidelines to the EU Council for endorsement as official standards but the Polish Presidency refused on the grounds that they were anti-competitive under internal market rules (National Food Administration, 2009). The Swedish example presaged the development of initial recommendations for more sustainable diets, in the form of collating expert opinions, from advisory bodies to the Governments' of the UK and the Netherlands (Sustainable Development Commission, 2009; Health Council of the Netherlands, 2011). The considerations around sustainable diets not only make a firm link between consumption and production but also ask what forms of production and what food groups need to be given priority for a healthy population while lowering the impacts upon the environment.

Table 2. Sustainable food consumption and production - emerging policy advice in European Countries

Country & Date	Government Agency or Department	Policy Document & Scope
UK 2006	Sustainable Development Commission (SDC) & National Consumer Council set up the Sustainable Consumption Roundtable	Sustainable Consumption Roundtable report "I will if you will" - generic identification of challenges in moving to more sustainable consumption and identified the concept of "choice editing"
Germany 2008 onwards	German Council for Sustainable Development	<i>Sustainable Shopping Basket: a guide to better shopping</i> produced since 2008 and updated regularly. Includes food and lists labels and certification schemes including organic, fair trade, sustainable fisheries etc.
Netherlands 2009	LNV Ministry Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality	<i>Sustainable Food: Public Summary of Policy Document.</i> Policy outline for achieving Sustainable Food; emphasised the role of sustainable food production & consumer education campaigns
Sweden 2009	National Food Administration (& Swedish EPA) - notification to EU Council for adoption as official standards	<i>The National Food Administration's Environmentally effective food choices: Proposal notified to the EU.</i> Science based assessment by range of product groups e.g. meat, fish & shellfish, fruits and berries etc.
UK 2009	Sustainable Development Commission (SDC) report to Department Environment Food Rural Affairs (Defra)	<i>Setting the Table: advice to Government on priority elements of sustainable diets</i> Recommendations based on literature review, stakeholder and expert opinion on a low impact (sustainable) healthy diet
Netherlands 2011	Health Council for Ministry Economic Affairs, Agriculture & Innovation	<i>Guidelines Healthy Diet: Ecological Perspective:</i> Review based on expert advice

In the case of the Swedish study different food groups were identified, such as: meat - beef, lamb, pork and chicken; fruits, berries and leguminous plants; potatoes, cereal products and rice; and, cooking fat. The production of these food groups was measured against a set of environmental impacts: reduced climate impacts; non-toxic environment; varied agricultural landscape; and rich diversity of plant and animal life. In the case of the latter two impacts, natural pasture grass fed livestock grazing for beef and lamb offered benefits, but not pork and chicken production. Also, in the cooking fat food category, the landscape and diversity benefits followed more clearly from rapeseed oil production as a break crop, and indirectly from butter from natural pasture fed cows, whereas olive oil production was less beneficial (National Food Administration, 2009). Some clear implications from the Netherlands and UK studies are that reduction in meat consumption will be a key change, and that mixed farming and natural pasture feeding of livestock and more seasonal and varied plant and fruit/berry production will contribute positively to more sustainable diets. Clearly, this has challenging implications for policy makers when considering state supports for agriculture (Barling, 2007). In addition, the evidence base underpinning these recommendations needs to be robust, all the more so because the recommendations may work against the interests of established economic actors in the food chain, and therefore encounter strong political opposition.

Life cycle assessment (LCA) of food products and their supply chains provides a method or a set of methodologies that can provide an evidence base to aid policy makers in decisions around the environmental impacts of particular food products and supply chains. Particular attention has been paid, to date, to energy use and greenhouse gas emissions in LCA assessments around food. For example, the energy use hotspots in supply chains are identified, such as the baking stage in bread production and so on. However, it is clear that the environmental impacts of agriculture and food chains are widespread. One consequence of this is that there is an ongoing debate around where to draw the boundaries for assessing the metrics

around the environmental impact of a food product. The introduction of different criteria and boundaries for conducting an LCA can lead to very different results and implications. The popularity of the food miles concept has led to debates over the accuracy of the energy impacts of imported versus domestically produced food. For example, a New Zealand study found apples and lamb grown in the New Zealand and exported to the UK for sale to be more energy efficient than the equivalent UK domestically grown and reared produce (Saunders *et al.*, 2006). The study failed to distinguish between UK lamb reared and fed on lowland grasslands (more energy intensive) versus hill fed lamb (less intensive) and the energy figures have been challenged (Williams *et al.*, 2006). Likewise, the New Zealand study failed to allow for seasonality in the UK apple crop - where the greatest domestic energy use is from cold storage for consumption beyond the natural season. Here the evidence can show that at some times during the year transporting produce from other countries may have a lower environmental impact than refrigerating produce grown in the UK, but not at other times of the year (Garnett, 2007). There are other examples of comparing domestically produced food in the UK with imports sold in the UK, in energy terms. Tomatoes produced in UK hothouses use ten times the energy and emit nearly four times as much CO₂, as the same quantity in produced in unheated poly tunnels in Spain and road freighted to the UK market. Conversely, UK tomatoes are often grown using fewer pesticides and closed irrigation systems to minimize the release of excess nutrients to the environment (AEA Technology, 2005). In short, studies making such comparisons need to be: spatially precise, adjusted for growing conditions, seasonality and inputs; and to factor in the variety of supply chain logistics, such as refrigeration and storage time and period between harvest and placement in the retail market, alongside mode and costs of transport (Edwards-Jones *et al.*, 2008). In addition, a key component in the LCA along the food chain is the domestic consumer. For consumers, driving six and a half miles to a shop to buy food produces more carbon than air freighting a pack of green beans from Kenya to the UK (DfID, 2007).

LCA accounting can be extended to consider the social (and health) dimensions in addition to environmental aspects (McGregor and Vorley, 2006). For example, UK imports of fresh produce grown in sub Saharan Africa (excluding South Africa) have been estimated to support over 700,000 workers and their dependents (Natural Resources Institute, 2006). Hence, the development of LCA metrics and the application of the methodology and the boundaries addressed are open to dispute. This has provided a rationale for policy makers in the European Commission to step in and establish frameworks and guidelines for the application LCA methodologies across the single European market.

The European Commission is developing a range of policy initiatives that address the sustainability impacts of food products within the sustainable consumption production framework (see Table 3). The EU's Sustainable Development Strategy highlights the challenge to "gradually change our current unsustainable consumption and production patterns and the non-integrated approach to policy-making" (Council of the European Union, 2006). Subsequently, the European Commission's Sustainable Consumption Production (SCP) and Sustainable Industrial Policy Action Plan's (2008) addressed action areas for environmental policies and industry as a whole (Commission of the European Communities, 2008). The Action Plan included some areas linked to food such as: greening public procurement, improving supply chains' environmental efficiencies, raising consumer awareness and extending the use of the EU's Eco label. In the case of the Ecolabel, the signs are that the methodologies for application of the label to food

products are not considered to be robust enough at present for this to proceed any further (Sengstschmid *et al.*, 2011).

A more explicit extension to food came with the setting up of the European Food Sustainable Consumption Production Roundtable at the instigation of FoodDrinkEurope (formerly CIAA), the European Food and Drink Manufacturers trade association, supported by other major European trade associations around the food supply chain. The trade associations collectively co-chair the SCP Food Roundtable in partnership with DG Environment from the Commission. The Roundtable's declared objectives were: "to facilitate agreement on uniform and scientifically reliable environmental assessment methodologies for food products...put an end to consumers seeing inconsistent environmental information on products...(and) identify suitable means of voluntary communication to consumers" (CIAA, 2009). In addition, DG Environment is working with the European Commission's Joint Research Centre's (JRC) Institute for Environment and Sustainability (IES) in leading the development of a harmonised methodology for the calculation of the environmental footprint of products (including carbon footprint) covering a wide range of products sectors, and encompassing agriculture and food products (DG Environment, 2011). The degree of harmonisation in the outcomes of these different parallel efforts remains to be seen, but the JRC is involved in both projects

Table 3. Emerging policy developments around sustainable food in the European Commission 2008-12 – Source : The Author

Policy initiative	Details
<i>Sustainable Consumption-Production & Sustainable Industrial Policy Action Plan (2008)</i>	Voluntary initiatives on environmental policy and industry - but little food focus
Suitability of the potential extension of the Ecolabel to food products	Background report recommended against this on the basis of lack of clear and agreed methodologies etc. making extension unlikely
<i>European Food Sustainable Consumption Production (SCP) Roundtable (2009-)</i> co-chairs DG Environment & European Food & Feed Trade Associations. Based in FoodDrinkEurope) & supported by JRC	Facilitate agreement on environmental assessment methodologies for food products & environmental information on products via agreed voluntary communication to consumers
DG Environment & JRC (2011 -2012): <i>Harmonised framework methodology for the calculation of the environmental footprint of products</i>	Framework methodology for most main industrial sectors including agriculture and food to be finalised by late 2012
<i>Roadmap to a Resource Efficient Europe (2011)</i> part of the actions form <i>Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth (2010)</i>	Long-term policy goals with milestones: e.g. <ul style="list-style-type: none"> • 20% reduction in the food chain's resource inputs by 2020. • Develop a methodology for sustainability criteria for food commodities by 2014

In 2010, European Commissioner Barroso launched the Commission's broader *Europe 2020* strategy for smart, sustainable and inclusive growth that included the goal of moving to a more resource efficient Europe (European Commission, 2010). The follow up document detailing the *Roadmap to a Resource Efficient Europe* included a series of key milestones to be achieved by 2020. The milestones included a commitment that "healthier and more sustainable food production and consumption will be widespread and will have driven a 20% reduction in the food chain's resource inputs". A step towards this goal is to "develop a methodology for sustainability criteria for food commodities (by 2014)", which it is anticipated will result in a Communication on Sustainable Food (European Commission, 2011). This process signals the further and more significant entry of DG Environment leading and co-ordinating the other Commission services into the debates and policy formulation around the SCP of food, and in steering what the key criteria for assessing sustainable food should be. To date, the key criteria for defining sustainable food have been left largely to private actors in the market place as outlined previously. The commitments made in the road map to a resource efficient Europe's and the embrace of food and agricultural systems, reflects official awareness and concern with the need to address the finiteness of natural resources and their decline.

Conclusion

The food system faces some real and long-term challenges to provide a food supply that is sustainable in environmental and social terms. The sustainability of the contemporary food supply is being questioned and the complexities of finding adequate policy solutions identified. Attempts to improve the sustainability of the food supply will need to address their solutions within the private as well as public governance realities of the food system. The challenges to the food system are increasingly being understood and considered as being beyond simply food production but involving all stages in the food chain up to and including consumption. In turn, changing consumption patterns and habits are seen as a key driver for more sustainable production. To this end the move towards attracting consumers towards more sus-

tainable food products has been led in the market place through innovative certification schemes and private sector governance mechanisms with the sustainability criteria of food products conveyed through the certification logos and labels. Public policy makers are articulating the sustainable consumption production approach, also. In the Western European states this is taking the form of softer policy interventions in the form of collating expert opinion for policy recommendations and promoting consumer advice on areas such as more sustainable food product choices and low impact diets. The development of a scientific base to justify such opinions is leading to the costing of environmental externalities and the rapid development of LCA methodologies. However, initial studies of food products have revealed tensions and differences around the framing and accuracy of the evidence and the boundaries for what should be included in the LCAs. The European Commission has recognized the challenges faced and the need for more consistency and evenness in the application of market based instruments within the single European market. As a result the Commission is seeking to establish more clear ground rules for the framing of assessments of the environmental impacts of products, including food products. Industry is co-opted into this process through the established round table procedure. The most recent European Commission policy iteration of this move to assess the sustainability of food products comes under the banner of a Resource Efficient Europe, and points to the framing of the metrics around sustainable food as the major form of public policy intervention in the near future. To this end it can be argued that the European Commission's strategies are recognizing the challenges that the food system faces around natural resource constraints and the production-consumption context for resolving these challenges. Agronomists have an important role to play within the consumption - production policy frame.

Bibliographie

AEA Technology, 2005. *The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development Final Report produced for DEFRA*. ED 50254. London: Defra.

- Ambler-Edwards, S., Bailey, K., Kiff, A., Lang, T., Lee, R., Marsden, T., Simon, D. & Tibbs, H., 2009. *Food Futures: Re-thinking UK Strategy*. London: Chatham House.
- Barling, D., 2007. Food supply chain governance and public health externalities: upstream policy initiatives and the UK State, *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 20 (3): 285-300.
- Barling, D., 2008. Governing and Governance in the Agri-Food Sector and Traceability. In Coff, C., Barling, D., Korthals, M. and Nielson, T. eds. (2008) *Ethical traceability and communicating food*. Dordrecht: Springer: 43-62
- Barling, D., Sharpe, R. & Lang T., 2008. *Towards a National Sustainable Food Security Policy: A project to map the policy interface between Food Security and Sustainable Food Supply*, report to the Esmee Fairburn Foundation. Centre for Food Policy: City University London.
- Barling, D. Lang, T. & Rayner, G., 2009. Current Trends in European retailing and consumption and key choices facing society in Rabbinge, R. & Linnemann, A. eds. *ESF/COST Forward Look: European Food Systems in a Changing World*. Brussels: European Science Foundation (ESF) and European Co-ordination on Science & Technology (COST). 117-136.
- Buller, H. & Morris C., 2004, Growing goods: the market, the state, and sustainable food production. *Environment and Planning A* 36, (6): 1065 – 1084.
- Burch, D. and Lawrence, G. eds., 2007. *Supermarkets and Agri-Food Supply Chains: Transformations in the Production and Consumption of Foods*. Cheltenham: Edward Elgar: 192-215.
- CIAA, 2005. *Managing Environmental Sustainability in the European Food and Drink Industries: issues, industry action and future strategy*. Brussels: Confederation of the Food and Drink Industries in the EU.
- CIAA, 2009. Key food chain partners to launch sustainability roundtable. CIAA Press Release 26/02/2009. Brussels: CIAA.
- Clapp, J. & Fuchs, D. eds. 2009. *Corporate Power in Agrifood Governance*. Cambridge Mass.: MIT Press.
- Council of the European Union, 2006. *Review of the EU Sustainable Development Strategy*. Brussels: Council of the European Union.
- Commission of the European Communities, 2008. *Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industrial Policy Action Plan, COM (2008) 397 final*. Brussels: Commission of the European Communities.
- DEFRA, 2002. *Foundations for our Future: DEFRA's Sustainable Development Strategy*. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, UK.
- DFID, 2007. *Fair and accurate food pricing needed to protect environment and support poor farmers*. Press Release <http://www.dfid.gov.uk/news/files/pressreleases/airfreight.asp> (accessed 20 June 2008). London: Department for International Development.
- DG Environment, 2011. *Environmental footprint of products*, http://ec.europa.eu/environment/eussd/product_footprint.htm (accessed 12/10/2011).
- Edwards-Jones, G., MilàCanals, L., Hounsome N., Truninger, M., Koerber, G., Hounsome B. et al., 2008. Testing the assertion that 'local food is best': the challenges of an evidence-based approach. *Trends in Food Science & Technology*, 19 (5): 265-274.
- European Commission, 2010. *Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. COM (2010) 2020. Brussels: European Commission.
- European Commission, 2011. *Roadmap to a Resource Efficient Europe*. COM (2011) 571 final. Brussels: European Commission.
- FAO, 2009. *How to feed the world in 2050*. Rome: Food and Agriculture Organisation.
- FAO, 2010. *State of World Food Insecurity 2010*. Rome: Food and Agriculture Organisation.
- Foresight, 2011. *The Future of Food and Farming: Challenges and choices for global sustainability. Final Report*. London: Government Office for Science.
- Fulponi, L., 2006. Private voluntary standards in the food system: the perception of major retailers in OECD countries. *Food Policy*, 31: 1-13.
- Garnett, T., 2007. *Overall UK consumption related GHGs*. April. Guildford: Centre for Environmental Strategy University of Surrey.
- German Council for Sustainable Development, 2011. *Sustainable Shopping Basket: a guide to better shopping*. Berlin: German Council for Sustainable Development.
- Hartridge, O. and Pearce, D., 2001. *Is UK Agriculture Sustainable? Environmentally Adjusted Economic Accounts for UK Agriculture*, London: CSERGE Economics UCL.
- Health Council of the Netherlands, 2011. *Guidelines for a healthy diet: the ecological perspective, 2011/08E*. The Hague: Health Council of the Netherlands.
- Heller, M.C. and G.A. Keoleian, 2000. *Life Cycle Based Sustainability Indicators for Assessment of the U.S. Food System*. Ann Arbor, MI: University of Michigan. Center for Sustainable Systems.
- Henson, S. & Reardon, T. (eds.), 2005. Special edition: Private Agri-Food Standards *Food Policy*, 3: 241-370.
- House of Commons Health Select Committee, 2005. *The Government's Public Health White Paper (Cm 6374). Oral evidence: Taken before the Health Committee on Wednesday 23 February*. London: House of Commons.
- LEAF, 2012. *Linking Environment and Farming*, <http://www.leafuk.org/leaf/home/eb>
- LVN, 2010. *Sustainable Food: Public Summary of Policy Document*. The Hague: Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality.

McGregor, J. & Vorley, B., 2006. *Fair miles? The concept of 'food miles' through a sustainable development lens. Sustainable development opinion*. London: IIED.

National Audit Office, 2001. *Tackling Obesity in England, Report by the Controller and Auditor General*, HC 2200 Session 2000-2001, 15 February.

National Food Administration, 2009. *The National Food Administration's Environmentally effective food choices: Proposal notified to the EU*. 15.05.09. Stockholm: Livsmedelsverket National Food Administration.

Natural Resources Institute, 2006. *Mapping different supply chains of fresh produce exports from Africa to the UK. Fresh Insights no. 7*, DFID/IIED/NRI.

Popkin, B.M., 2002. An overview on the nutrition transition and its health implications: the Bellegio meeting, *Public Health Nutrition*, 5, 1A: 93-103.

Pretty, J., 1998. *The Living Land*. London: Earthscan.

Pretty, J. N., Brett, C., Gee, D., Hine, R. E., Mason, C. F., Morison, J. I. L., Raven, H., Rayment, M. D. and van der Bijl, G., 2001. An assessment of the total external costs of UK agriculture. *Agricultural Systems*, 65: 113-136.

Rayner, M. & Scarborough, P., 2005. The burden of food related ill health in the UK, *Journal of Environmental and Community Health* 59 : 1054-1057.

Royal Society, 2009. *Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture*. London: The Royal Society.

Saunders, C., Barber, A. & Taylor, G., 2006. *Food Miles - Comparative Energy/Emissions Performance of New Zealand's Agriculture Industry - Research Report 285*. Christchurch: Agribusiness and Economic Research Unit Lincoln University.

Sengstschmid, H., Sprong, N., Schmid, O., Stockebrand, N., Stolz, H., Spiller, A., 2011. *EU Ecolabel for food and feed products - feasibility study (ENV.C.1/ETU/2010/0025)*. Report for DG Environment, European Commission, October 2011. Aylesbury: Oakdene Hollins Research & Consulting.

Sustainable Consumption Roundtable, 2006. *I will if you will: Towards sustainable consumption*. London: National Consumer Council and Sustainable Development Commission.

Sustainable Development Commission, 2009. *Setting the Table: advice to Government on priority elements of sustainable diets*. London: Sustainable Development Commission.

Tukker, A., Huppes, G., Guinée, J., Heijungs, R., de Koning, A., van Oers, L., and Suh, S. Geerken, T., Van Holderbeke, M., & Jansen, B., Nielsen, P., 2006. *Environmental Impact of Products (EIPRO): Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25*. EUR 22284 EN. Brussels: European Commission Joint Research Centre.

Which, 2010. *Making Sustainable Food Choices Easier*. <http://www.which.co.uk/documents/pdf/making-sustainable-food-choices-easier-which-report-231317.pdf#>

Williams, A., Audsley E. & Sandars, D., 2006. *Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Main report*.

Comment se nourrira la planète en 2050 ? La place de l'exercice Agrimonde dans la multiplication récente des prospectives agricoles et alimentaires mondiales

How will humanity feed itself in 2050? What role did the Agrimonde study play in recent agricultural foresight proliferation ?

Sébastien Treyer

Directeur des programmes, Iddri, Sébastien.treyer@iddri.org

Résumé

Alors que les prospectives sur l'avenir de l'agriculture et l'alimentation dans le monde continuent de se multiplier, cet article présente le point de vue personnel de l'un des coordonnateurs d'Agrimonde, plus de deux ans après la première publication des résultats de cet exercice. Il propose un regard rétrospectif sur les spécificités de cette démarche, et notamment la mobilisation d'un cadre quantitatif permettant la transparence sur des hypothèses explicites d'évolution des rendements et des consommations, permettant d'explorer des scénarios de rupture. Il propose également une lecture des points saillants des résultats obtenus, et donne de premiers indices des impacts qui peuvent être attendus de tels exercices de prospective, en particulier pour introduire de nouvelles questions telles que la gestion de la demande au sein d'un débat auparavant très centré sur la production agricole.

Mots-clés

Prospective, agriculture, alimentation, monde, agroécologie.

Abstract

Foresight studies and scenarios about the future of global food and farming systems have recently proliferated. Among these studies, this paper presents a retrospective analysis of the foresight exercise Agrimonde (coorganised by Inra and Cirad in France between 2006 and 2009). Based on the personal point of view of one of the coordinators of this exercise, this paper points out the methodological specificities of Agrimonde, and particularly the use of a quantitative framework enabling the transparent discussion of explicit exogenous assumptions on yield increases and changes in consumption patterns, which makes it possible to explore scenarios that diverge radically from the business as usual one. This paper

also stresses the most salient conclusions that can be drawn from the exploration of the two Agrimonde scenarios, and also illustrates what impacts can be expected from such foresight studies : in particular, reframing questions or introducing new ones like demand management in pre-existing debates mainly focused on agricultural production.

Keywords

Prospective, agriculture, food, world, agroecology

Les années 2000 ont vu se multiplier les exercices de prospective sur l'agriculture et l'alimentation à l'échelle mondiale (par exemple Rosegrant, 2002 ; IFPRI, 2005 ; Institut de Socio-écologie de Vienne, 2009 ; Bruinsma, 2009). Ce souci d'anticipation du long terme avait au moins deux motivations.

D'une part, l'accumulation des indices montrant qu'on était arrivé au bout de la période de la révolution verte (pour les pays du Sud) ou de l'industrialisation de l'agriculture (dans les pays du Nord) : émergentes dès les années 1980, les critiques de la révolution verte ont convergé pour mettre en évidence ses impacts sociaux et environnementaux, concernant la dégradation des écosystèmes et des ressources ou bien le creusement des inégalités entre les agriculteurs les plus pauvres et les autres segments du secteur (voir par exemple Purushothaman, 2012 dans le cas de l'Inde,). Au début des années 2000, des publications mettent en évidence des indices de stagnation des rendements dans les régions où la révolution verte a été le plus efficace (en Asie notamment, Cassman, 2003), mettant ainsi en question le cœur même de son projet, centré sur l'augmentation de la productivité par hectare. Quel pourrait donc être le prochain projet de modernisation de l'agriculture, qui pourrait succéder au modèle de la révolution verte ? L'exercice d'évaluation internationale des connaissances, sciences et technologies pour le développement (IAASTD, 2008) décidé à Johannesburg en 2002, lancé en 2005 et achevé début 2009 avait précisément pour but de recréer les conditions d'un bilan pour un nouveau projet pour l'innovation en agriculture.

D'autre part, ces questionnements propres au secteur agricole convergent dans les mêmes années avec le retour d'un questionnement malthusien sur les limites des ressources naturelles à

l'échelle de la planète assis sur de nouvelles bases conceptuelles. Par exemple, l'article sur les limites de la planète (« planetary boundaries ») et sur l'identification d'un espace d'action sûr pour l'humanité, (« safe operating space for humanity »), publié par Johann Rockström et ses coauteurs en 2009 (Rockström *et al.*, 2009), met l'accent non seulement sur la raréfaction de certaines ressources comme les phosphates ou les énergies fossiles, mais aussi sur les modifications profondes par les activités humaines des cycles biogéochimiques à l'échelle planétaire (carbone, mais aussi azote, etc.) ou de la biodiversité. Il identifie aussi des seuils probables au-delà desquels ces modifications pourraient avoir des conséquences systémiques à l'échelle de l'écosystème planétaire. Ces concepts ouvrent un nouvel espace de discussion et incitent à prendre en compte les interrelations systémiques entre les différents types de rareté des ressources ou d'impact environnemental des activités humaines, parmi lesquelles l'agriculture joue un rôle majeur (pour son impact sur les écosystèmes mais aussi à cause de sa dépendance envers les écosystèmes). Plus particulièrement, ces publications proposant de considérer l'existence de limites de notre écosystème planétaire interrogent de manière centrale les paris que nos sociétés font sur le rythme et la nature des innovations et des progrès technologiques futurs face à la rapidité des changements environnementaux attendus (Freibauer *et al.*, 2011)⁴.

Dans un tel contexte, plusieurs scénarios de prospective agricole et alimentaire à l'échelle mondiale se sont interrogés sur la capacité de l'humanité à se nourrir en 2050 à partir des ressources de la planète. L'exercice Agrimonde (Paillard *et al.*, 2011), lancé par l'Inra et le Cirad en 2006 et achevé en 2009, avait pour double objectif (i) d'éclairer les priorités de recherche de ces deux organismes dans un contexte de controverses autour des nouveaux paradigmes pour la recherche agronomique et le développement en agriculture suite

aux conclusions de l'IAASTD (2008), et (ii) de mettre les capacités d'expertise française en situation de participer aux discussions internationales sur la sécurité alimentaire mondiale à long terme. Il présente un certain nombre de spécificités que cet article se propose de décrire. À partir du point de vue personnel d'un des auteurs du rapport, cet article présente tout d'abord les spécificités de son approche méthodologique, puis les résultats produits et les interprétations qui peuvent en être faites, plus de deux ans après leur première présentation. Dans sa conclusion, cet article revient sur l'impact que ce rapport a pu avoir : comme tout exercice de prospective, il faut l'évaluer non seulement sur sa capacité à peser directement sur les processus de décision visés (notamment les priorités de recherche des deux établissements français de recherche agronomique), mais aussi sur sa capacité à faire avancer le front du débat prospectif à l'échelle mondiale sur l'avenir de la sécurité alimentaire à long terme.

Une approche prospective complémentaire des démarches existantes

Parmi ces exercices de prospective, celui qui fait référence est l'exercice de projection à long terme de la FAO (Bruinsma, 2009) qui, dans sa version la plus récente indique le besoin d'une augmentation de la production globale de biomasse agricole de 70% entre 2005 et 2050. Au-delà de ce chiffre global, qui est mis en perspective d'une augmentation passée de la production mondiale de près de 150% au cours de la première révolution verte (1962-2005), le rapport de la FAO insiste sur le fait que c'est essentiellement dans les pays en développement que cette augmentation future de la production doit avoir lieu (par un quasi-doublement de la production dans ces pays, contre une augmentation de seulement 23% dans les pays développés). L'approche utilisée pour construire ces projections agrège un nombre très important de projections et d'estimations effectuées dans le réseau d'experts de la FAO sur les augmentations possibles de rendement (selon les régions, les pays, les types de production), en tenant compte des limites des ressources en sols et en eau. A partir de ces meilleures estimations désagrégées, le scénario de la FAO qui rassemble l'ensemble de ces estimations a la particularité

⁴ Les révisions des projections des changements climatiques ont d'ailleurs indiqué que la trajectoire réelle des émissions de gaz à effet de serre se situe au-delà des scénarios considérés comme les plus pessimistes dans la gamme de scénarios initiaux du GIEC (les scénarios du « Special Report on Emissions Scenarios », tels que présentés par le 4^e rapport du GIEC, IPCC, 2007), et l'impossibilité de trouver un accord global permettant de réduire ces émissions de manière notable à l'échelle planétaire n'indique pas qu'un ralentissement pourrait avoir lieu rapidement.

d'être à la fois exploratoire (un scénario tendanciel, décrivant ce qui risque d'arriver, notamment du côté de la demande alimentaire) et normatif (un scénario souhaitable, ce qu'il faut faire advenir). En particulier, ce scénario vise par construction à maximiser les accroissements de productivité, en particulier dans les pays en développement, parce que cette augmentation est de nature à assurer non seulement la disponibilité alimentaire à l'échelle des pays, mais aussi des augmentations de revenu d'origine agricole dans les zones rurales des pays en développement. Cette projection constitue un très bon scénario de référence, par rapport auquel d'autres exercices peuvent se positionner, mais la méthode de désagrégation d'hypothèses de base très nombreuses rend difficile la mise en discussion de cet ensemble de conjectures sur l'avenir : en particulier, les hypothèses de croissance de la demande alimentaire, qui indiquent l'ampleur du défi alimentaire, sont difficilement accessibles à la discussion.

À l'opposé de cette approche reposant sur un scénario unique, celle développée par l'IFPRI (International Food Policy Research Institute, un des centres du Groupe consultatif sur la recherche agronomique internationale, basé à Washington ; voir par exemple, Rosegrant, 2002) consiste à utiliser le modèle IMPACT qui représente les marchés internationaux des principales productions agricoles pour simuler des scénarios contrastés sur les évolutions socio-économiques mondiales, en intégrant autant que possible les contraintes liées au changement climatique ou aux écosystèmes. Cette approche est compatible avec les scénarios développés par le GIEC, qui contrastent des hypothèses mondiales sur le degré de mondialisation des échanges et sur la prise en charge plus ou moins importante des questions environnementales dans les décisions économiques, pour en déduire des conséquences en termes d'évolution du climat. Une des applications les plus notables de cette approche est faite dans le « Millenium Ecosystem Assessment » (MEA, 2005) qui présente quatre scénarios reposant sur des hypothèses contrastées sur la croissance de la demande alimentaire et sur les moyens de production. Pour chacun de ces scénarios, un des tests de cohérence principaux est constitué par le modèle IMPACT, qui simule des niveaux de prix et les incitations au progrès technologique qui en résultent.

Ces processus économiques, tout à fait fondamentaux en matière de transformation des systèmes agricoles, reposent cependant également sur de nombreuses hypothèses implicites liées à la structure du modèle économique (paramètres d'élasticité de la demande et de la production face au niveau de prix, hypothèses sur le progrès technologique endogène, etc.) et qui sont peu transparentes pour la discussion. On notera que l'exercice équivalent du « Millenium ecosystem assessment » pour l'agriculture, l'IAASTD évoqué plus haut, n'a pas pu produire son propre jeu de scénarios contrastés. Il s'est borné à présenter des variantes d'ajustement des politiques publiques par rapport à un scénario de référence, alors que le cœur de son message consiste à mettre en discussion les mérites et les promesses respectives de deux trajectoires technologiques contrastées : la trajectoire « business as usual » (scénario où le système et les choix d'innovation restent identiques à ceux de la révolution verte précédente) face à la trajectoire d'innovation agroécologique (IAASTD, 2008).

Dans ce panorama brièvement représenté par ces deux types de démarches de référence, deux spécificités de l'approche développée dans Agrimonde permettent d'illustrer sa complémentarité par rapport aux approches existantes : Agrimonde visait à concevoir une méthode permettant d'envisager des scénarios en rupture forte par rapport aux tendances (notamment des trajectoires technologiques nettement différenciées), et de les mettre en discussion de manière transparente. Pour cela, Agrimonde a reposé sur le développement d'une architecture quantitative (le module Agribiom, Dorin et Le Cotty, 2011) qui permet de structurer des hypothèses quantitatives sur les principaux paramètres des usages et des ressources de biomasse agricole (consommations individuelles, population, surfaces cultivées, rendements) par grandes régions du monde, en prenant en compte l'ensemble des produits agricoles et en utilisant l'unité unique de la calorie alimentaire. Ce module quantitatif permet de discuter la plausibilité d'hypothèses d'évolution future par rapport aux séries passées sur les mêmes variables pour évaluer si on se situe en continuité ou en rupture. Il permet surtout d'évaluer la cohérence des images du futur ainsi construites en estimant le niveau de couverture des usages par les

disponibilités à l'échelle mondiale et pour chaque grande région. Le module Agribiom permet des hypothèses quantifiées spécifiques sur les calories alimentaires d'origine végétale ou animale, et au sein de celles-ci, entre celles issues de ruminants, d'animaux monogastriques, et de productions aquatiques. Il comprend également des fonctions de production animale différentes selon les régions du monde, permettant de tenir compte de la diversité des systèmes de production animale (part variables dans l'alimentation des animaux des pâtures, des concentrés, des résidus de culture, ou d'autres sources), qui conduisent à des différents niveaux de conversion des calories apportées sous forme de concentrés en calories animales. En complément de ces hypothèses quantitatives mises en cohérence, Agrimonde a aussi cherché à mettre en évidence l'ensemble des conditions de cohérence des scénarios développés, y compris sur des dimensions non quantifiables, par exemple celles qui concerne les rapports de pouvoir entre acteurs.

Dans la démarche Agrimonde, il a été choisi de ne pas passer par une représentation au travers des prix mondiaux des mécanismes d'incitation liés aux tensions entre offre et demande sur les niveaux de production, de productivité et de progrès technologique, qui ne sont pas pris en compte de manière endogène dans le modèle. Le progrès technologique futur est fixé dans un petit nombre d'hypothèses exogènes, explicites, évidemment discutables, mais accessibles sans avoir à entrer dans la grande complexité des paramètres économétriques d'un modèle d'équilibre sur les marchés. Par ailleurs, des évaluations importantes pour pouvoir comparer différentes trajectoires technologiques (consommations d'énergie, d'eau, impacts environnementaux locaux et globaux) n'ont pas encore pu faire l'objet de quantifications, et font l'objet d'une mise en discussion qualitative. Enfin, comme dans le cas des projections de la FAO, le niveau de sécurité alimentaire est évalué dans Agrimonde au travers d'une double interrogation : le module Agribiom permet d'évaluer le niveau des disponibilités alimentaires mondiales, comme une première précondition de la sécurité alimentaire, mais il ne rabat pas cette question à cette seule focalisation sur les disponibilités globales, et met aussi en évidence dans quelle mesure les grandes régions du

monde en développement deviennent plus ou moins dépendantes des importations pour subvenir à leur usages alimentaires dans les différents scénarios. Ainsi, par exemple, une région comme l'Afrique subsaharienne, où les niveaux de productivité sont bas aujourd'hui, avec une population rurale très importante, et qui serait structurellement dépendante des importations sur toute la période des quarante prochaines années risque de voir son développement agricole rendu particulièrement difficile par la compétition avec les produits importés, ce qui constitue un risque pour l'accès à la sécurité alimentaire de sa population. Cela constitue encore une approximation importante de l'ensemble des conditions de la sécurité alimentaire, approchée essentiellement par le niveau des rendements, tout en permettant une première articulation entre les questions de disponibilités et d'accès à l'alimentation.

Que peut-on apprendre des deux scénarios simulés par Agrimonde ?

Dans cette section, il s'agit moins de récapituler les conclusions tirées d'Agrimonde dans l'ouvrage qui présente l'ensemble de l'exercice (Paillard et al., 2010), que de donner un point de vue personnel sur les résultats qui semblent les plus marquants, deux ans après la première présentation des résultats.

L'approche Agrimonde a été appliquée pour comparer la plausibilité et la durabilité de deux scénarios très contrastés, choisis pour que cette comparaison permette de faire progresser le débat sur l'avenir de la sécurité alimentaire mondiale à long terme. Les hypothèses constitutives de ces scénarios ont été choisies, ajustées et discutées par un groupe d'une quinzaine d'experts⁵. D'un côté, un scénario tendanciel, au sens de la prolongation des structures de choix et des politiques publiques existantes (« business as usual »), qui prolonge les tendances de croissance de la demande alimentaire en lien avec la croissance des revenus, et des incitations au progrès technologique dans la lignée de la révolution verte et de l'industrialisation de l'agriculture. Ce scénario Agrimonde GO (AGO) re-construit, extrapole et

⁵ Bernard Bachelier, Danielle Barret, Pierre-Marie Bosc, Jean-Pierre Butault, Jean-Christophe Debar, Marie de Lattre-Gasquet, Gérard Gherzi, Francis Delpeuch, Fabrice Dreyfus, Michel Griffon, Christian Hoste, Denis Lacroix, Jacques Loyat, Michel Petit et Jean-Louis Rastoin.

complète sur un certain nombre de variables spécifiquement agricoles le scénario « Orchestration mondiale » (« Global Orchestration », GO) du « Millennium ecosystem assessment ». Il fait des hypothèses de forte croissance de la demande et de la production agricole globales (+80% en production végétale), sous la condition d'hypothèses de croissance des rendements, inspirées du scénario GO. Le caractère durable à long terme de ces évolutions des rendements est un des points les plus fragiles de ce scénario, notamment lorsqu'on tient compte de la vulnérabilité au changement climatique, et si l'on questionne la capacité du progrès technologique à permettre des niveaux de rendements aussi élevés que dans ce scénario sans pour autant dégrader la base de ressources naturelles sur laquelle ils reposent. Ce scénario suppose par exemple encore un quasi doublement des rendements en Asie, alors qu'ils sont déjà très élevés aujourd'hui.

De l'autre côté, un scénario de rupture, à double titre, qui vise essentiellement à illustrer que d'autres trajectoires de développement méritent d'être envisagées, tant en matière de production que de consommation. Le scénario Agrimonde 1 (AG1) repose sur une hypothèse de rupture dans la trajectoire de progrès technologique et d'innovation. Il explore, à partir de l'ouvrage « Nourrir la planète » de Michel Griffon (2006), les hypothèses les plus cohérentes avec la proposition de révolution doublement verte. Celle-ci met l'accent sur une priorité d'innovation autour du pilotage optimal des fonctionnements écologiques des agroécosystèmes pour maximiser les biens et services qu'ils peuvent produire, plutôt que sur la seule maximisation des rendements par optimisation de la productivité de la terre et l'amélioration de l'efficacité d'usage des intrants externes, qui peut être une manière de caractériser la première révolution verte. Ce scénario est vu comme un scénario de rupture plutôt qu'un simple ajustement, notamment pour ce qui concerne la consommation d'énergie et la dépendance par rapport aux énergies fossiles (notamment au travers des fertilisants azotés), le recours au phosphore d'origine minéral, mais aussi l'impact environnemental. Le scénario AG1 fait dans cette perspective des hypothèses de croissance des rendements plus modérées que celles d'AGO, qui reflètent notamment une grande pru-

dence pour ce qui concerne les incertitudes sur l'impact des changements climatiques, en particulier dans une région comme l'Afrique subsaharienne.

Par ailleurs, AG1 fait aussi des hypothèses de rupture dans les schémas d'évolution des consommations alimentaires. Ces hypothèses représentent un fort rattrapage des consommations alimentaires moyennes en Afrique subsaharienne, mais aussi en Asie. Mais, à l'inverse, elles supposent une stabilisation des niveaux de consommation alimentaire dans les régions qui ont déjà atteint une moyenne de disponibilité alimentaire de 3000 kCal/hab/j et une réduction importante des consommations alimentaires dans la zone OCDE, qui ne peut correspondre qu'à des changements profonds dans l'ensemble du système alimentaire (réduction des pertes chez le consommateur final, politiques nutritionnelles, etc.). Ce faisant, le scénario AG1 met très clairement en évidence l'utilité de s'interroger sur les leviers possibles d'une gestion de la demande en agriculture.

AG1 illustre ainsi qu'on peut atteindre des ordres de grandeur de disponibilités alimentaires mondiales cohérents pour nourrir 9 milliards d'habitants en 2050 en faisant des hypothèses représentatives d'une trajectoire d'innovation agroécologique à 40 ans, reflétant le maintien des rendements dans des zones déjà très productives, ou des augmentations des rendements dans des zones aujourd'hui peu productives, correspondant à la mise en œuvre de techniques et pratiques agroécologiques (à bas niveaux d'intrants associant au sein d'un même paysage agricole diverses cultures ou bien les productions végétales et animales, ou bien les cultures annuelles et cultures pérennes, etc.). Et ce alors même que les hypothèses de croissance des rendements faites au cours de l'exercice apparaissent *a posteriori* comme très prudentes : en effet, dans ce scénario, la région Afrique subsaharienne présente une forte dépendance structurelle aux importations tout au long de la période, à cause d'hypothèses très faibles faites sur les croissances de rendement (seulement +20% par rapport à 2000, justifiée au moment de l'exercice par les incertitudes en matière d'impact du changement climatique). Ces hypothèses paraissent cependant excessivement peu optimistes au regard de publications plus récentes, comme celles faisant état des expé-

riences récentes à grande échelle de la mise en place de techniques agroécologiques en Afrique, publiées dans le cadre de l'exercice britannique de « Foresight » sur les systèmes agricoles et alimentaires mondiaux (Pretty *et al.*, 2011). Enfin, ce scénario illustre que le levier de la gestion de la demande est un levier important sur lequel il vaut la peine de se pencher, et qu'il est utile de ne pas considérer comme inéluctables des tendances à long terme en matière de régime alimentaire (croissance de l'apport calorique total et de la part de produits d'origine animale lorsque le revenu individuel augmente), même si celles-ci paraissent aujourd'hui ancrées dans les modèles de développement des pays développés ou de certains pays émergents comme la Chine (Esnouf *et al.*, 2011).

Ces deux scénarios équilibrent ressources et usages de biomasse agricole à l'échelle mondiale mais posent chacun ses propres problèmes de durabilité ; leur comparaison et leur différenciation devrait être poursuivie pour mieux mettre en évidence les consommations d'énergie, d'eau, les niveaux d'émission de gaz à effet de serre, les niveaux de prix, qui pourraient faire l'objet d'évaluations quantitatives, mais aussi leurs impacts respectifs en matière de biodiversité.

Mais Agrimonde apporte également un ensemble d'enseignements transversaux aux deux scénarios. Tout d'abord, pour un certain nombre de régions, et notamment l'Asie et l'ensemble Afrique du Nord/Moyen Orient, il semble assez établi qu'elles seront à long terme en situation de déficit structurel en matière alimentaire, ce qui pose à ces régions des dilemmes à chaque fois spécifiques pour simultanément atteindre la sécurité alimentaire, assurer les équilibres de la balance commerciale, et réussir à gérer les niveaux encore très importants de population rurale qui ne trouveront pas facilement leurs revenus en agriculture. Le niveau des échanges internationaux de produits agricoles devrait également en conséquence être amené à croître de manière importante par rapport à aujourd'hui, et ce dans les deux scénarios. Ce qui conduit à des structures très asymétriques des échanges internationaux et invite à imaginer des modes de régulations des échanges qui permettent d'éviter que ces asymétries ne soient sources ou instruments de conflits géopolitiques. Autre élément transversal, les deux

scénarios tablent sur une augmentation des surfaces cultivées, notamment sous l'impulsion des politiques actuelles de soutien aux agrocarburants et de la demande de carburants liquides de substitution aux carburants fossiles dans les prochaines décennies. Même si l'ampleur de cette augmentation des surfaces cultivées est plus importante dans AG1 (+38%) que dans AGO (+21%), cet ordre de grandeur est assez cohérent avec les hypothèses de la FAO (Bruinsma, 2009), sans qu'on ait là le principal facteur d'augmentation de la production. Dans les deux cas, et donc même en faisant des hypothèses fortes sur les croissances de rendements, ces augmentations des surfaces cultivées auront des conséquences sur les systèmes d'élevage, les émissions de gaz à effet de serre et la biodiversité (mises en culture de pâtures et savanes) ; même si ces ordres de grandeur sont importants, les deux scénarios arrivent à rendre compatible ces hypothèses avec un maintien des surfaces en forêt.

Enfin, les deux scénarios Agrimonde mettent aussi en évidence l'importance de variables non quantifiées pour la cohérence des deux scénarios, comme par exemple la structure des rapports de pouvoir tout au long des chaînes de valeur, les phénomènes de concentration au sein du secteur agroalimentaire mondial, et surtout des questions d'emploi en agriculture qui pourraient utilement faire l'objet de quantifications spécifiques. Agrimonde invite ainsi à chercher à quantifier dans quelle mesure les deux trajectoires technologiques permettraient de créer des emplois ou bien de les maintenir, tant dans les pays développés que dans les pays en développement ? Après la publication d'Agrimonde, une première tentative de quantification comparative entre un scénario d'intensification agricole sur le mode de la révolution verte et un scénario d'agroécologie a été effectuée dans le cadre du rapport sur l'économie verte du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE, 2011). Elle conclut à une plus forte capacité des investissements dans l'agroécologie à créer des emplois que s'ils avaient lieu dans un modèle d'intensification agricole analogue à la première révolution verte. Étonnamment peu discuté, ce premier exercice de quantification ouvre la voie à un débat majeur autour de l'une des variables les plus critiques pour comprendre l'ampleur du défi dans différentes régions

du monde où la part de la population rurale devrait rester encore très importante dans les prochaines décennies, notamment en Asie et en Afrique subsaharienne.

Comment évaluer les impacts d'Agrimonde ?

Un des points majeurs qui peut être relevé comme impact d'Agrimonde est que cet exercice a contribué, parmi d'autres facteurs, à rendre légitime d'envisager des scénarios et des options stratégiques reposant sur des transformations profondes des systèmes alimentaires, depuis les modes de production jusqu'aux modes de consommation, en faisant entrer ces options et ces scénarios dans un registre de discussion sur les ordres de grandeur quantitatifs qui soit commun avec les scénarios plus tendanciels. Il faut bien sûr reconnaître que l'exploration de seulement deux scénarios ne constitue qu'une gamme encore trop étroite pour envisager toutes les options possibles et leurs combinaisons. En particulier, le scénario Agrimonde 1 contient deux types de rupture (sur les modes de production, et sur les modes de consommation) qui auraient pu mériter d'être considérées également séparément l'une de l'autre, ce que fait par exemple l'exercice de l'Institut socio-écologique de Vienne (ISEV, 2009).

Du point de vue de la méthode, Agrimonde contribue donc à mettre en débat des options stratégiques qui ne se discutent pas toujours selon les mêmes termes, ni dans les mêmes enceintes. Par son ambition de faire discuter de manière équilibrée les dimensions quantifiables et non quantifiables des scénarios d'avenir, l'exercice Agrimonde jette également un pont entre des approches très diverses de la prospective : certaines sont résolument modélisatrices, tandis que d'autres sont qualitatives et critiques. L'exercice illustre que les unes ne peuvent pas se discuter sans les autres, et que l'intérêt de la prospective réside moins dans les résultats d'une seule étude que dans la confrontation entre une diversité d'approches. L'existence d'Agrimonde a ainsi permis que Bernard Hubert, au nom des instituts français de recherche agronomique, réunisse un forum pluraliste des producteurs de prospective en préparation de la Conférence mondiale sur la

recherche agronomique pour le développement (GCARD, Montpellier, mars 2010), qui trouve aujourd'hui son institutionnalisation dans un « Foresight Exchange Workshop » sous l'égide du Forum global sur la recherche agricole (« Global Forum on Agricultural Research », GFAR), qui vise à constituer un forum permanent et pluraliste de mise en discussion des études prospectives mondiales sur l'avenir de l'agriculture et de l'alimentation (Foresight Exchange Workshop, 2011).

De manière très concrète, on peut aussi pointer qu'Agrimonde a contribué à faire entrer dans le débat les options de gestion de la demande alimentaire, qui étaient précédemment considérées comme peu légitimes ou peu plausibles (dans d'autres domaines comme l'accès à l'eau ou à l'énergie, la gestion de la demande est une des options clés dans le débat). Ainsi, l'Inra et le Cirad ont réalisé entre 2009 et 2011 l'exercice DuALIne (Durabilité de l'alimentation face aux nouveaux enjeux, Esnouf *et al.*, 2011) sur les questions d'alimentation durable, dans lequel ces questions ont trouvé un prolongement et des perspectives tout à fait intéressantes.

Plus largement, Agrimonde constitue une étape importante dans le champ des prospectives sur les équilibres agricoles et alimentaires mondiaux, parce que cet exercice a contribué à mettre en évidence l'existence de deux visions du monde différentes, chacune ayant sa propre cohérence interne. Il a ainsi constitué la référence principale pour permettre à des exercices de méta-analyse des prospectives récentes de souligner qu'au-delà des débats techniques sur différents modèles agricoles, ces prospectives mettaient en évidence deux « grands récits » alternatifs concernant la capacité de nos sociétés à faire face à la question de la rareté des ressources. En particulier, le rapport du 3^{ème} groupe d'experts prospectifs du Comité permanent sur la recherche agricole de la Direction générale de la Recherche de la Commission européenne (« 3rd Foresight Expert Group, SCAR - Standing Committee on Agricultural Research », Freibauer *et al.*, 2011 évoqué plus loin sous la forme SCAR-FEG3), intitulé « Consommation et production alimentaires durables dans un monde aux ressources limitées », met l'accent sur les raretés des ressources, en élargissant le concept de rareté aux « planetary boundaries »

(Rockström *et al.*, 2009) pour tenir compte des modifications par l'homme des grands cycles biogéochimiques à l'échelle planétaire. Il indique que les perspectives récentes sur l'agriculture et l'alimentation font émerger deux grandes visions du monde. D'un côté, une vision centrée sur la productivité dans laquelle les questions qui semblent posées en termes de rareté doivent de fait être résolues en libérant le potentiel d'innovation et de progrès technologique qui sera à même de maximiser la productivité d'usage des ressources naturelles rares, ou bien de les substituer par d'autres types de ressources. De l'autre côté, une vision alternative qui cherche à promouvoir des concepts tels que la sobriété ou la satiété (« sufficiency » dans le rapport SCAR-FEG3) : pour cette vision, le caractère systémique des limites de la planète à l'échelle mondiale, présentées sous le terme de « planetary boundaries », et la rapidité des dynamiques en cours, imposent de piloter activement les trajectoires d'innovation pour faire advenir des transformations plus fondamentales de la structure des systèmes alimentaires, fondées sur la recherche combinée d'une diminution radicale de la dépendance des systèmes de production aux ressources rares et d'une inflexion forte des tendances des modèles de consommation⁶.

Comme le mentionne le rapport SCAR-FEG3, la mise en évidence de ces deux visions alternatives des politiques d'innovation pose fondamentalement une question de transition. Les scénarios Agrimonde, qui ont chacun leur cohérence interne et ne peuvent *a priori* pas facilement être combinés l'un avec l'autre, peuvent constituer une bonne première base de discussion de ces questions de transition : dans quelle mesure est-il possible ou impossible de faire coexister les deux trajectoires technologiques représentées chacune par un scénario ? Les deux scénarios présentent des structures nettement contrastées des systèmes de recherche et de développement, mais aussi de l'organisation des filières et des marchés en l'aval de la production agricole. Le scénario agroécologique pourrait-il se développer à grande échelle sans une transformation fondamentale de ces systèmes d'amont et d'aval de l'agriculture ? À quelles conditions peut-on imaginer que ces deux

scénarios pourraient plutôt se succéder dans le temps ? Comment gérer la transition entre l'efficacité à court terme des techniques issues de la révolution verte, apparemment mieux établie, et un modèle technique agroécologique apparemment plus durable à long terme ? Sans les traiter directement, Agrimonde introduit, notamment à partir de la discussion qualitative sur la cohérence de chaque scénario, une série d'interrogations sur les irréversibilités et les verrouillages technologiques liés à la structuration des filières ou des systèmes d'innovation et de développement agricole qui restent encore à approfondir.

Bibliographie

Bruisma, J., 2009. *The resource outlook to 2050. By how much do land, water use and crop yields need to increase by 2050?*, FAO. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak971e/ak971e00.pdf>.

Cassman K.G., Dobermann A, Walters DT, and Yang H., 2003. Meeting cereal needs while protecting natural resources and enhancing environmental quality. *Annual Rev. Environ. and Resources*, 28: 315-358.

Dorin B. et T. Le Cotty, 2010. *Agribiom : a tool for scenario building and hybrid modelling*, In Paillard S, B. Dorin and Treyer S. *Agrimonde: Scenarios and challenges for feeding the world in 2050*. QUAE, Versailles, France, 25-54.

Enouf, C., Russell, N., Bricas, N. (coord.), 2011. *Pour une alimentation durable. Réflexion stratégique du ALIne*. Éditions QUAE, Versailles, France, 288 p.

Foresight Exchange Workshop. 2011. *How to integrate agriculture and environmental stakes in foresights ?*, Report of the Foresight Exchange Workshop organised by GFAR, Agropolis International and Agreenium, Beijing, October 16th, 2011.

Freibauer, A., Mathijs, E., Brunori, G., Damianova, Z., Faroult, E., Girona i Gomis, J., O'Brien, L., Treyer, S. 2011. *Sustainable food consumption and production in a resource-constrained world*, 3rd Foresight Expert Group Report, European Commission - Standing Committee on Agricultural Research (SCAR).

Griffon, M., 2006. *Nourrir la planète*. Éditions Odile Jacob, Paris, 456 p.

IAASTD, 2008. *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology - Synthesis Report: A Synthesis of the Global and Sub-Global IAASTD Reports*, Island Press, 106p.

IFPRI, 2005. *New Risks and Opportunities for Food Security Scenario Analyses for 2015 and 2050*. <http://www.ifpri.org/sites/default/files/pubs/2020/dp/dp39/2020dp39.pdf>.

⁶ Pour éviter la possibilité, malgré une amélioration de l'efficacité d'usage des ressources, d'un effet rebond d'augmentation de la pression sur les ressources lorsque la demande continue à croître.

Institut de socio-écologie de Vienne, 2009. *Eating the Planet: Feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanely - a scoping study*. http://www.uniklu.ac.at/socec/downloads/WP116_WEB.pdf.

Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, Millennium Ecosystem Assessment*, Island Press, Washington DC, USA. 155 p.

Paillard, S., B. Dorin, and Treyer, S. 2010. *Agrimonde: Scénarios et défis pour nourrir la planète en 2050*. Éditions QUAE, Versailles, France. 295 p.

PNUE. 2011. *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 619p. www.unep.org/greeneconomy.

Pretty, J., Toulmin, C., Williams, S. 2011. Sustainable intensification in African agriculture. *International journal of Agricultural sustainability*, 9(1) : 5-24.

Purushothaman, S. 2012. Repenser l'agriculture en Inde après la révolution verte. In Jacquet, P., Pachauri, R, Tubiana, L. (ed.) *Regards sur la Terre 2012 : Développement, alimentation, environnement : changer l'agriculture ?*, Armand Colin.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å, Chapin, III, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M. , Folke, C, Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S. Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B,, Liverman, D., Richardson K., Crutzen P., and Foley, J. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472-475.

Rosegrant, M., Cai, X., Cline, S., 2002. *World water and food to 2025 : Dealing with scarcity*. IFPRI, 322 p.

Comment l'évolution des systèmes alimentaires interroge-t-elle l'agronomie ?

Thierry Doré^{1,2,*}, Eric Malézieux³,
Guy Trébuil⁴

¹ AgroParisTech, UMR 211, 78850 Thiverval Grignon

² Inra, UMR 211, 78850 Thiverval-Grignon

³ Cirad, UR HortSys, 34000 Montpellier

⁴ Cirad, UR Green, département Environnement & Sociétés, 34398 Montpellier Cedex 5

*Auteur correspondant

Résumé

L'évolution des systèmes alimentaires, induite par les évolutions concomitantes des régimes alimentaires et des échanges internationaux, est peu prévisible dans le détail mais certaine. Cet article amorce l'identification de quelques caractéristiques probables de ces évolutions et les nouvelles questions qu'elles sont susceptibles de poser à l'agronomie. Dans un premier temps se pose la question du cahier des charges des systèmes alimentaires, et surtout de son caractère multiforme, qui accentue et renouvelle la nécessité d'aborder de manière multicritère et transdisciplinaire la plupart des questions en agronomie. Puis on s'intéresse à l'hypothèse selon laquelle, dans un espace géographique donné, les systèmes alimentaires sont susceptibles de se diversifier et de cohabiter. Les agronomes devront ainsi non seulement contribuer à l'accompagnement de l'adoption de nouveaux systèmes alimentaires, mais aussi à la construction, en collaboration avec d'autres parties prenantes, des règles de gestion de l'espace et des ressources renouvelables qui permettront leur cohabitation dans des espaces donnés. Enfin, dans un monde incertain et en évolution rapide, quelles que soient les formes que prendront les systèmes alimentaires, il sera nécessaire que les systèmes de production alimentaire qui leur seront associés développent des propriétés de flexibilité, capacité adaptative et de résilience.

Mots-clés

Agronomie, système alimentaire, diversification, analyse multicritère, capacité d'adaptation.

Abstract

The evolution of food systems, which is jointly induced by change in food regimes and international trade, is difficult to forecast but is certain. In this article, the authors aim only at identifying the likely characteristics of such evolutions and the resulting new agronomic questions raised by them. The

diversity of terms of reference of current food systems increases and renews the need for multicriteria and transdisciplinary approaches to examine most of the agronomic questions in a relevant way. In a given area, the authors make the hypothesis that food systems will tend to diversify and will have to live together. Consequently, beyond their contribution to the adoption of new food systems, agronomists will also contribute to the construction with other stakeholders of rules for the co-management of the land and its renewable resources allowing their cohabitation in a given area. Finally, in an uncertain world characterized by rapid change, whatever the type of food systems, their related agricultural production systems will need to develop their flexibility, adaptive capacity and resilience.

Keywords

Agronomy, food system, diversification, multicriteria analysis, adaptive capacity.

Pourquoi s'intéresser aux systèmes alimentaires et comment les appréhender en tant qu'agronome ?

La notion de « système alimentaire », considérée comme « la façon dont les hommes s'organisent pour produire, transformer, distribuer et consommer leur nourriture » (Malassis, 1994), est en usage depuis deux décennies environ. La montée des nouvelles demandes de la société invite aujourd'hui l'agronomie à élargir son champ d'activités et à prendre en compte la réalité de ce concept dans ses démarches. Les systèmes alimentaires ont en effet beaucoup évolué ces dernières décennies, notamment suite à des changements technologiques majeurs qui ont permis d'accroître la productivité du sol et du travail, la transformation et la conservation des produits, leur emballage et leur distribution, etc. Mais de nouveaux modes d'intégration verticale et de régulation des échanges, ainsi que la montée en puissance des préoccupations environnementales ont également eu une influence déterminante, tout comme l'émergence de nouveaux styles de consommation alimentaire reliant davantage préoccupations sanitaires, valeurs, éthique et modes de vie. Ces derniers se traduisent notamment par des préférences quant à l'origine et la qualité des produits, ainsi que par des préoccupations envers l'environnement, le bien-être animal, ou encore le partage équitable de la valeur entre les acteurs des filières (ESF-COST, 2009).

Conséquence de la définition citée ci-dessus, les systèmes alimentaires sont souvent pensés de

manière linéaire, en termes d'activités allant « de la fourche à la fourchette », avec une sortie unique, l'alimentation. La figure 1 propose toutefois une description plus récente des compo-

santes biogéophysiques et humaines d'un système alimentaire, et de leurs interactions, qui en donne une image beaucoup plus complexe.

Le système alimentaire: un objet complexe

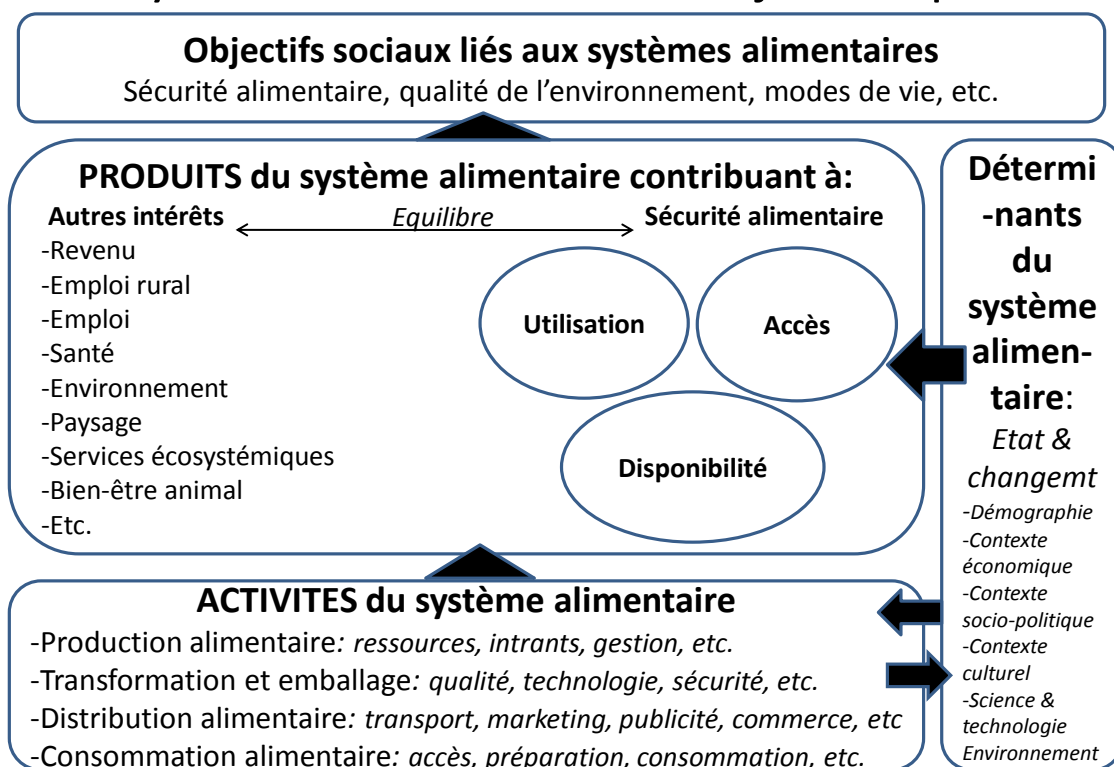


Figure 1. Les composants d'un système et leurs interactions

Elle met notamment en évidence la diversité de ses activités : la production alimentaire ne constitue que l'une de ces activités, qui doit être raisonnée en lien avec les autres activités situées plus en aval qui affectent aussi les produits du système alimentaire et contribuent à ses objectifs sociaux. Elle indique aussi que la sécurité alimentaire, notion quasi-identitaire de celle de système alimentaire, ne peut être dissociée de ses autres produits (impacts environnementaux, économiques et sociaux) et que des compromis seront le plus souvent à trouver entre ces différents types de produits. Cette figure est assez générique pour pouvoir être mobilisée dans l'examen de systèmes alimentaires à différentes échelles (du petit système régional localisé à des systèmes intégrant obligatoirement la prise en compte d'échanges internationaux) afin de promouvoir une analyse globale de leurs performances. La contextualisation de ses déterminants doit également pouvoir intégrer les

composantes non alimentaires des systèmes de production agricole associés. En termes de prospective, considérés individuellement ou dans leur ensemble, de fortes incertitudes demeurent quant aux conséquences futures des grands déterminants de l'évolution des systèmes alimentaires tels que la démographie, le climat, la transition énergétique amorcée, la nouvelle politique agricole commune en cours de négociation et la gouvernance des échanges internationaux, la compétition pour des ressources clés (terre, énergie, eau, phosphore, azote) et les styles de vie et modes de consommation (GO-Science, 2011). En particulier nul ne peut prévoir précisément comment ces déterminants affecteront les interactions - et conflits - entre les trois composantes de la sécurité alimentaire que sont la disponibilité en aliments (production, distribution, échange), l'accès à l'alimentation (coût, allocation, préférence) et l'utilisation de la nourriture (valeurs nutritionnelle et sociale, sûreté alimentaire) dans un

contexte caractérisé par un accès plus contraint aux ressources productives clés, l'accélération du changement, l'incertitude et le risque (EU-SCAR, 2011).

Si les rapports produits ces dernières années sur l'alimentation soulignent l'importance d'une analyse intégrée et résolument interdisciplinaire des systèmes alimentaires, la question a surtout jusqu'à présent été traitée d'un point de vue économique et social (par exemple Malassis et Ghersi, 1996 ; Rastoin et Ghersi, 2010). Ces travaux soulignent que des combinaisons d'innovations dans différents domaines (technologies de la production et de la transformation des produits, méthodes de gestion, nouvelles politiques et arrangements institutionnels) seront nécessaires pour à la fois accroître la disponibilité en aliments et son accès à tous les secteurs de la société, tout en réduisant les impacts environnementaux des filières alimentaires. Mais, au-delà de travaux assez récents réalisés, souvent de façon assez focalisée (comme par exemple sur la qualification de certains produits régionaux et les conduites agronomiques associées), les grandes catégories de systèmes alimentaires identifiées (de l'« auto-subsistance » au modèle « agro-industriel tertiarié ») ont été peu étudiées du point de vue de leurs caractéristiques agronomiques, ainsi que de leurs liens avec les différentes dimensions des performances d'un système alimentaire indiquées sur la figure 1. De même, les exercices prospectifs à base de scénarios sur l'évolution des systèmes alimentaires européens ou globaux, qui se sont multipliés ces deux dernières décennies, font peu appel aux connaissances agronomiques et s'intéressent plutôt aux changements de l'usage des terres, au rôle de l'agriculture dans la société, à celui des écosystèmes, ou de l'environnement global (pour une synthèse sur ces exercices, voir Wilkinson *et al.*, 2009). Parfois ils se limitent à souligner de façon générale les processus agronomiques à l'œuvre dans des systèmes de production alimentaire non durables qu'il convient de repenser (EU-SCAR, 2011) ainsi que les causes de la perte de ressources renouvelables et de produits gaspillés, ou encore les domaines négligés dans le passé comme la science du sol (GO-Science, 2011). Face à cette carence, les agronomes devraient participer plus activement à la mise en place d'un modèle de partage interactif des connaissances pour la co-

innovation avec les autres acteurs des systèmes alimentaires.

Car au-delà de l'actualité, les nouvelles attentes sociales en termes de performances des systèmes alimentaires se sont profondément renouvelées (Barling dans ce numéro ; Lang, 2010) et nous invitent à un réexamen complet du fonctionnement des systèmes alimentaires incluant leur dimension agronomique. Pour ce faire, il est d'abord nécessaire de préciser de quoi on parle. L'emploi du terme de système alimentaire fait actuellement florès, en particulier dans l'expression « le système alimentaire mondial », qui suggère trop souvent qu'il n'existe qu'un seul système alimentaire globalisé, que ce soit pour condamner ce constat ou pour s'en réjouir. La réalité est évidemment bien plus complexe, et il n'existe pas un seul système unifié mais une multitude de systèmes alimentaires en évolution, qui coexistent et s'enchevêtrent, sont souvent imbriqués et interdépendants, une seule et même exploitation agricole pouvant être concernée par plusieurs, certains tendant à disparaître tandis que d'autres deviennent prééminents. Si certaines questions restent communes, la plupart des questions agronomiques posées par les systèmes alimentaires varient au sein même de chacun des systèmes, ou plus précisément de chaque grande catégorie de système : dans les systèmes de production dite agro-industrielle par exemple, les questions de qualité des produits, d'homogénéité des lots livrés, de contraintes et opportunités en termes de systèmes de culture à mettre en place, de coordination des acteurs (notamment entre producteurs, collecteurs et transformateurs ; voir Le Bail et Le Gal dans ce numéro), de gains possibles en termes d'efficacité environnementale, se posent très différemment de celles qui sont rencontrées dans les systèmes impliquant des petits producteurs non intégrés dans des filières agro-industrielles. De la même manière, les systèmes fondés sur l'exportation, qui sous-tendent une distanciation géographique (et parfois sociale) entre producteur et consommateur, posent des questions différentes des systèmes dits « localisés » ou « territorialisés » historiquement ancrés dans une société locale (Muchnik *et al.*, 2007). Dans tous les cas, il est nécessaire de parvenir à une évaluation globale du système alimentaire qui doit prendre en compte les interactions entre dy-

namiques écologiques, agricoles et sociales du système, ainsi que leurs conséquences sur la production, l'environnement, la nutrition, la santé publique et le partage équitable de la valeur ajoutée.

Sans privilégier un type de système donné, mais puisque sans aucun doute les systèmes alimentaires évoluent et même parfois rapidement, notre propos vise à identifier quelques tendances générales d'évolution des systèmes alimentaires, avérées ou probables, afin d'esquisser les questions nouvelles qu'elles posent aux agronomes. Deux forces motrices majeures de ces évolutions sont notamment : (i) les changements d'habitudes

alimentaires, et ce au-delà de l'augmentation de la consommation de produits carnés qui constitue un thème très populaire (voir par exemple sur la figure 2 comment la diminution de la consommation d'un aliment de base hautement identitaire comme le riz au Japon va de pair avec l'amélioration de la qualité du riz consommé), et (ii) l'augmentation importante des échanges intra et internationaux au cours des dernières décennies permise à la fois par la diminution des coûts des transports sur de longues distances et par la « révolution blanche » de la réfrigération améliorant la conservation des aliments.

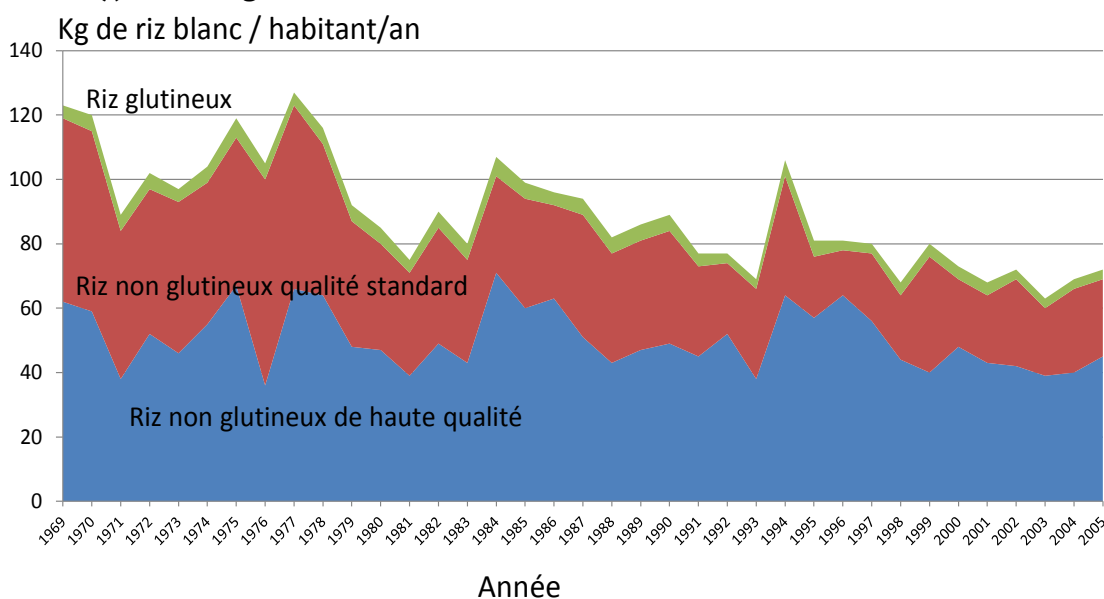


Figure 2. Évolution de la quantité et de la qualité du riz consommé par les habitants du Japon de 1969 à 2005 (Source : Takahiro Sato, communication personnelle).

Sans prétention à la prévision ni à la prospective qui viserait à identifier comment qualitativement les systèmes eux-mêmes évolueront, et comment spatialement ils se répartiront sur la planète, mais en s'appuyant toutefois sur les résultats récents de tels exercices, il est possible d'identifier trois tendances qui marqueront probablement l'évolution des systèmes alimentaires, et d'en déduire quelques questions majeures posées aux agronomes.

La première tendance porte sur les évolutions des attentes de sociétés hétérogènes vis-à-vis de l'alimentation. Les systèmes alimentaires, au sens rappelé ci-dessus, devront traduire un ensemble de préoccupations plus large en comparaison de ce qui a prévalu dans le passé. La seconde ten-

dance est celle d'une probable accentuation de la diversification des systèmes alimentaires en un lieu donné (un continent, un pays, une région), à l'opposé d'une uniformisation globale (Winter, 2003 ; Sonnino et Marsden, 2005 ; Pingali, 2006). Enfin, de manière conjointe, il apparaît que l'évolution des systèmes de production d'aliments sera probablement marquée par la nécessité d'une plus grande flexibilité améliorant leur capacité d'adaptation en vue d'une résilience accrue face à la montée des incertitudes, chocs et risques de toutes sortes (crises sanitaires et climatiques, volatilité des prix des denrées, accord internationaux pour la régulation des échanges ou fermetures de frontières, explosions sociales face aux inégalités, crises politiques au niveau des États, etc.). Pour illustrer les grands types de question-

nements agronomiques liés à ces évolutions possibles ou probables des systèmes alimentaires, nous nous appuyons dans les parties qui suivent sur quelques exemples de transformations en cours de systèmes alimentaires, en les illustrant aux trois niveaux d'organisation pertinents pour l'agronomie : la parcelle, l'exploitation agricole et le territoire.

Comment l'agronomie peut-elle faire face à la multiplication des attentes liées aux évolutions des systèmes alimentaires ?

D. Barling (voir article ci-dessus dans ce numéro) a déjà présenté cet ensemble d'attentes, et nous nous contentons de rappeler quelques points majeurs pour les agronomes. En premier lieu, il convient de réaffirmer que la question de la satisfaction quantitative à venir des besoins alimentaires mondiaux dans le contexte démographique actuel constitue encore un objet de débat, et cela quelles que soient les évolutions à venir des régimes alimentaires. En particulier, ce sont les positionnements géographiques ainsi que les moyens et modes de production qui permettront de satisfaire ces besoins qui sont discutés. Si des travaux souvent menés à des échelles continentales ou planétaires rassemblent certaines données de l'équation pour tracer différents scénarios d'alimentation possibles, ils restent cependant le plus souvent partiels dans leurs analyses, et fréquemment optimistes au regard de l'augmentation potentielle de la production agricole. Ainsi Roudart & Even (2010) estiment que la mise en culture d'une partie somme toute proportionnellement modeste des terres cultivables non cultivées à l'échelle planétaire suffirait pour satisfaire les besoins en augmentation, mais ils n'évaluent pas les conséquences environnementales de cette mise en culture sur la biodiversité, la dégradation des terres et les émissions de gaz à effet de serre notamment. La prospective Agrimonde (Paillard *et al.*, 2010), ou Olivier de Schutter dans son rapport (de Schutter, 2010), font des hypothèses fortes et très probablement optimistes sur les gains de rendement possibles avec des modes de production « agro-écologiques » sur la base des connaissances actuelles, en s'appuyant sur un nombre très réduit d'acquis empiriques et scientifiques. De même, Foley *et al.* (2011) sont quant à

eux très imprécis sur les modes de production qui permettront le comblement des « *Yield gaps* » actuels et simultanément une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau et des éléments minéraux. Par ailleurs, la plupart de ces travaux ignorent le plus souvent les systèmes alimentaires existants, et n'analysent guère les conditions du passage de leur état actuel aux systèmes futurs. Enfin, la question de la réduction des pertes et gaspillages de denrées alimentaires à l'échelle du système dans son ensemble, et non seulement à l'une ou l'autre des étapes, n'est que peu évoquée. Sur ces différents points, l'agronomie a des réponses majeures à apporter, en évaluant mieux les performances des systèmes, en anticipant et accompagnant leurs évolutions, en contribuant à élaborer des modes de production plus efficaces par une limitation des pertes lors des étapes de production mais aussi lors du stockage, de la transformation, du transport, et de la consommation.

Parallèlement, il importe désormais de raisonner en termes non plus de calories globales mais de besoins nutritionnels, et d'intégrer des éléments concernant les excès alimentaires autant que les carences. Cela a des implications fortes sur la manière d'évaluer le sous-système de production végétale au sein des systèmes alimentaires. La définition et la prise en compte de critères qualitatifs et nutritionnels, que les agronomes ont le plus souvent ignorés, est devenue une nécessité : si le métabolisme primaire et les éléments majeurs ont le plus souvent constitué le centre d'intérêt principal des agronomes, aux dépens des métabolismes secondaires et des micro-nutriments cruciaux pour la qualité des produits et la santé humaine, il est désormais nécessaire de rééquilibrer les priorités. La question de la qualité sanitaire des produits et de leur innocuité, marquée en premier lieu par la toxicité potentielle des pesticides et de leurs résidus dans les aliments, est aujourd'hui devenue incontournable. Cette question a de fortes implications agronomiques et peut être à l'origine de modifications radicales des modes de production comme de consommation.

Enfin, les systèmes alimentaires doivent être analysés en considérant au même niveau la fonction nutritionnelle et les fonctions sociale et environnementale, substituant ainsi à l'approche filière classique (Production-Commercialisation-Transfor-

mation-Distribution-Consommation) un cadre nouveau (mais qui reste encore à préciser au plan interdisciplinaire). Ce nouveau cadre accordera une place accrue aux consommateurs (et à la diversité de leurs comportements et préférences alimentaires) ainsi qu'aux citoyens soucieux de systèmes durables préservant leur santé ainsi que leur environnement, et donc à la concertation des agronomes avec eux.

Chacun de ces trois regards sur les systèmes alimentaires est à lui seul exigeant vis-à-vis de l'agronomie. Mais la difficulté majeure vient de la nécessité de les traiter simultanément, car ils imposent à la production végétale des objectifs en partie contradictoires, à des échelles individuelles et collectives. Certains de ces objectifs sont relativement nouveaux pour les agronomes et demanderont de nouvelles démarches et méthodes (par exemple concernant des critères nutritionnels particuliers comme la teneur en vitamines ou en éléments minéraux), et rien n'indique *a priori* que l'atteinte de ces objectifs sera synergique ou antagonique avec des objectifs environnementaux, de productivité ou encore de rémunération du travail (cf. figure 1). On sait toutefois que les critères de production habituels (appréciés par des rendements à l'hectare) sont déjà difficiles à concilier avec nombre de critères environnementaux touchant à la préservation des ressources renouvelables (sol, eau, biodiversité, etc.). Les agronomes se sont attachés ces dernières années à réduire ces antagonismes, mettant en œuvre des travaux à des échelles emboîtées - parcelle, exploitation agricole, territoire - qui permettent d'identifier à quelles échelles les meilleurs compromis peuvent être atteints, permettant ainsi d'aborder les interactions possibles avec les évolutions des systèmes alimentaires. Il est néanmoins encore nécessaire pour les agronomes de participer à un effort collectif significatif pour :

- Produire des outils pour réaliser des diagnostics appropriés, car il s'agit d'être capable d'évaluer les performances des systèmes de production agricoles existants ou innovants aux différentes échelles pertinentes et de manière multicritère. Des outils existent à l'échelle de la parcelle ou de l'exploitation agricole (Bockstaller *et al.*, 2008), capables d'intégrer certains effets indirects. L'analyse de cycle de vie constitue une méthode

susceptible non seulement de comparer différents modes de production agricole d'un produit donné (voir par exemple Nemecek *et al.*, 2011), mais aussi et surtout différents systèmes alimentaires dans leur intégralité, en prenant en compte par exemple de manière explicite les transferts de pollution possibles tout au long de la vie du produit ainsi que des effets sociaux comme sur la santé du consommateur. Les problématiques du transport et de son coût environnemental, ou encore celles du coût énergétique d'une production locale mais coûteuse en énergie (cas des serres chauffées en Europe par exemple) sont ainsi intégrées dans l'analyse de l'impact global. Il commence à être aujourd'hui possible d'évaluer et de comparer l'impact global pour produire une unité fonctionnelle donnée (par exemple l'impact environnemental global d'un kilogramme de produit consommé à un endroit donné) et ce dans des lieux et des conditions très différents (voir l'article de D. Barling dans ce numéro). Par exemple, quel est l'impact environnemental global d'une tomate consommée à Paris en hiver, produite au Maroc dans des serres froides et transportée en France versus celui d'une tomate produite en Flandre dans des serres chauffées ? Ces méthodes, qui permettent une évaluation à plusieurs niveaux de l'impact environnemental ou sur la santé, ignorent cependant le plus souvent les critères sociaux, dont on a vu qu'ils prendront une place importante dans l'évolution des systèmes alimentaires, et dont on sait qu'ils peuvent fortement impacter les conditions de production et donc les questionnements de type agronomique. On pense par exemple aux compatibilités ou incompatibilités entre la notion d'aptitude culturelle d'une part, qui engendre une certaine vision de ce que peut être un assolement, et d'autre part celle de préférence pour des circuits courts et des régimes alimentaires diversifiés (qui suggère une toute autre vision des assolements, pilotés par les souhaits des consommateurs proches du lieu de production ; voir l'article de Soulard et Aubry dans ce numéro). Par ailleurs l'estimation de la capacité nourricière issue de choix de production à des niveaux d'organisation « restreints » (parcelle, exploitation agricole) est difficile, car ces échelles sont inappropriées pour rendre compte d'un degré de satisfaction d'une alimentation variée des consommateurs ; cela renforce la nécessité de produire des outils rapidement opérationnels, mais encore

rares, en vue de l'évaluation de la satisfaction de la demande des consommateurs à l'échelle territoriale (voir l'article de M. Benoît dans ce numéro).

- Accompagner la réalisation de compromis dans les choix techniques, qui sont en réalité des points d'équilibre à trouver entre différents objectifs (cf. figure 1). De ce point de vue, un système alimentaire étant un système complexe, il est probablement vain de rechercher une optimisation technique au niveau de l'exploitation agricole ou du bassin d'approvisionnement, et plus fructueux de privilégier la production d'outils d'accompagnement de l'adaptation continue des systèmes en facilitant la coordination et la négociation entre acteurs du système alimentaire défendant des intérêts contrastés voire divergents dans des contextes évoluant de manière plus rapide que par le passé (voir exemple ci-dessous, ainsi que Le Bail et Le Gal dans ce numéro).

- Identifier les trajectoires d'évolution les plus pertinentes au niveau des exploitations agricoles, pour atteindre des objectifs composites. Il conviendrait en particulier d'identifier les caractéristiques structurelles (taille, types de production, organisation spatiale, etc.) ou fonctionnelles (aptitude à la diversification par exemple) des exploitations qui leur confèreraient des propriétés permettant de mieux atteindre simultanément plusieurs objectifs, dans la lignée des travaux de Perfecto & Vandermeer (2010).

Quelles contributions de l'agronomie pour faire face à la cohabitation de systèmes alimentaires différents sur un même territoire ?

Plusieurs auteurs annoncent que le modèle agro-industriel, plus ou moins tertiarié, est en passe de devenir dominant à l'échelle internationale, et que (sans nier ses bénéfices), compte tenu de ses effets délétères sur les plans économique, social et environnemental il est nécessaire de lui substituer un « modèle hybride de transition » (Rastoin et Gheri, 2010). La question est ainsi souvent posée en termes d'alternative entre un système piloté par l'aval des filières (impliquant spécialisation, transformation par les industriels, grande distribu-

tion, normes et standards, etc.) et un système localisé ou territorialisé, diversifié et fondé sur des circuits courts ménageant des relations directes entre producteurs et consommateurs. Nous pensons que pour les prochaines années la question se posera moins en termes d'alternative entre deux systèmes hégémoniques qu'en termes de combinaisons variées de systèmes en fonction des considérations locales et globales, ceci pour deux raisons. Tout d'abord, même si on manque cruellement de données chiffrées sur ces systèmes alimentaires, il subsiste (en particulier dans les zones rurales où vit la moitié de la population mondiale) une très grande « biodiversité » de systèmes alimentaires locaux présentant des intérêts aux niveaux nutritionnel, socio-culturel, écologique et économique. Par ailleurs, le développement des systèmes agro-industriels, qui peut être très rapide comme dans le cas des pays émergents, se traduit le plus souvent par une cohabitation, voire même une hybridation avec les systèmes traditionnels préexistants (Sonnino et Marsden, 2005), certains se contractant graduellement tandis que d'autres émergent (Pingali 2006). Ainsi, l'évolution probable qui semble se dessiner, fera qu'à la relative spécialisation locale des systèmes alimentaires, débouchant sur une certaine partition spatiale, succèdera maintenant une période de forte diversification des systèmes dans une région donnée. Si elle est confirmée, cette tendance à la diversification interpellera les agronomes sur deux points. D'une part, il leur faudra contribuer à l'invention des nouveaux systèmes, par exemple travailler sur les apports possibles et nécessaires de l'agronomie pour la conception et l'évaluation de systèmes alimentaires en circuits courts permettant d'alimenter les populations urbaines (voir Soulard et Aubry dans ce numéro). D'autre part, ils devront également participer à la conception et à l'évaluation de juxtapositions ou imbrications physiques et fonctionnelles de différents systèmes dans une région donnée (Thenail et al., 2009 ; voir aussi M. Benoît dans ce numéro). De tels travaux existent déjà sur des filières qui cohabitent (cas par exemple des filières Agriculture Biologique / conventionnelle, des filières OGM / non OGM, voir Le Bail et Le Gal dans ce numéro) au sein d'un territoire ou d'exploitations agricoles. Ces travaux mettent l'accent notamment sur les dimensions territoriales (tant physiques qu'humaines) qu'il faut

prendre en compte pour parvenir à une gestion correcte de la cohabitation (Angevin *et al.*, 2008 ; Le Bail *et al.*, 2010). Cette question de l'imbrication des systèmes est d'autant plus cruciale qu'au sein des systèmes agraires les sous-systèmes alimentaires sont interconnectés avec d'autres poursuivant des objectifs non-alimentaires (production agricole de textiles, de biomasse, etc.), dont certains sont en plein développement (cas de la bioénergie), ou potentiellement importants (chimie verte). La pollution de territoires par certains systèmes alimentaires agro-industriels offre un autre cas d'analyse particulièrement prégnant. L'exemple de la culture bananière aux Antilles est illustratif sur ce point. La chlordécone est un pesticide organochloré polluant organique persistant, pouvant se concentrer dans les organismes vivants, cancérigène possible et perturbateur endocrinien potentiel chez l'homme. Il a été utilisé durant de nombreuses années dans les départements français des Antilles pour lutter contre le charançon du bananier. Persistant dans les sols pendant des dizaines d'années, la chlordécone est retrouvée dans certaines denrées animales et végétales, dans l'eau, puis dans la chaîne alimentaire. Les risques liés à cette contamination constituent aujourd'hui (et pour longtemps) un enjeu sanitaire, environnemental, agricole, économique et social majeur, qui a été inscrit dans le Plan national santé environnement adopté par le gouvernement français en juin 2004. La pollution des sols des départements antillais par la chlordécone a provoqué chez le consommateur une perte de confiance dans la qualité des produits agricoles

locaux. Il est nécessaire d'élargir les connaissances scientifiques et techniques, aujourd'hui très limitées dans le contexte de baisse des Limites Maximales de Résidus (LMR), sur lesquelles fonder les diagnostics et conseils aux agriculteurs en ce qui concerne l'utilisation agricole des sols contaminés. Dans les cas où l'absence de risque sanitaire sera scientifiquement démontrée, il conviendra de privilégier les cultures alimentaires ayant déjà été pratiquées aux Antilles, pour deux raisons : i) l'existence d'un débouché pour les produits, sur un marché local structurellement importateur de produits alimentaires, y compris de produits frais, ii) sur des marchés exports « maîtrisés », la réappropriation plus facile des cultures par les agriculteurs, permettant une adaptation plus rapide. Malgré les connaissances limitées en la matière, il existe des cultures pratiquées aux Antilles dont la faible sensibilité laisse des espoirs de mise en valeur de sols contaminés : solanacées, choux, cultures florales, ananas, agrumes, etc. Le développement de ces spéculations pour lesquelles des marchés existent appelle toutefois un accompagnement par la recherche en raison des questions agronomiques, sanitaires et d'organisation économique qui restent posées. Des travaux de recherche récents ont ainsi permis la mise en relation des risques encourus en fonction de la culture, du type de sol et de son niveau de contamination. Un outil d'aide à la décision, permettant de guider le choix des agriculteurs est en construction sur la base de ces résultats (M. Lesueur-Jannoyer, voir figure 3).

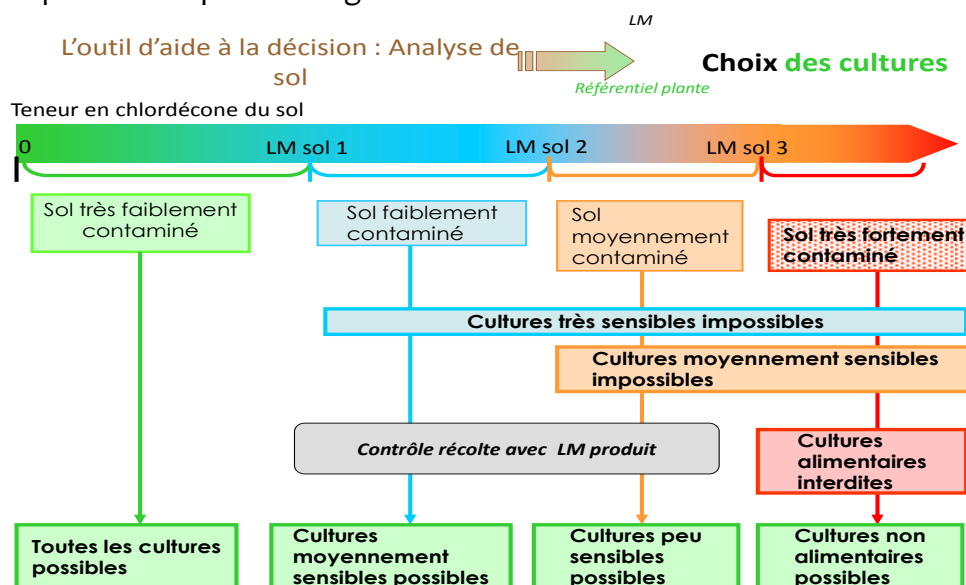


Figure 3. Outil d'aide à la décision pour la production alimentaire sur sols pollués par la chlordécone aux Antilles (d'après M. Lesueur-Jannoyer, non publié).

Il permet la construction par les agriculteurs de systèmes de culture garantissant l'approvisionnement de la population en aliments sains adaptés aux conditions de pollution locales à partir de l'analyse du niveau de contamination de leurs sols. On le voit, la pollution des sols par la chlordécone – une molécule utilisée momentanément sur une seule culture pour résoudre un problème technique – a modifié en profondeur et va contraindre pour longtemps les modes de production et de consommation dans les systèmes alimentaires antillais. La connaissance fine de la distribution de la contamination au sein du territoire constitue une donnée d'entrée majeure nécessaire (mais non suffisante) pour minimiser le risque, proposer des systèmes de culture adaptés, et permettre le maintien d'une agriculture durable sur des territoires contaminés. D'une manière générale, et y compris dans des situations non marquées par une contamination chronique, l'aide à la conception et à la gestion de nouvelles mosaïques paysagères multifonctionnelles constitue un champ d'activité appelé à se développer en agronomie en vue d'une gestion durable des territoires (Médiène *et al.*, 2011).

Quelles contributions de l'agronomie pour augmenter la capacité adaptative des systèmes alimentaires ?

Les agronomes sont régulièrement confrontés à cette attente à l'échelle des systèmes de culture ou de production, face aux incertitudes concernant les prix très volatils (jouant par exemple sur le choix des cultures), les « accidents » climatiques et sanitaires, la diversité d'attentes locales fluctuantes, etc. Le cœur de la réflexion porte sur les caractéristiques des socio-agroécosystèmes, des systèmes techniques en interaction avec des organisations sociales, qui leurs permettent d'acquérir ou de conserver une importante capacité d'adaptation au changement imprévu. La réflexion sur les évolutions des systèmes alimentaires force à s'interroger sur ce qui précisément « fait système » dans le système alimentaire. Autrement dit, c'est une interrogation très générale (mais à notre connaissance pratiquement encore totalement à instruire) sur les interdépendances

entre les différentes composantes du système. Comment ces composantes (pour partie biologiques et techniques, et pour partie culturelles, économiques et sociopolitiques) doivent-elles évoluer conjointement pour satisfaire ces propriétés de flexibilité et de résilience face aux chocs imprévus de nature variée ? À quels éléments du système sont-elles les plus sensibles ? En quoi cela modifie-t-il les attendus agronomiques ?

Ces dernières années, de nouvelles démarches et outils, issus notamment de l'écologie et des progrès en informatique, destinés à faciliter la gestion collective de tels systèmes adaptatifs complexes se sont développés et commencent à être appliqués dans les agroécosystèmes et bassins de production alimentaires. Positionnés à l'interface entre les dynamiques agroécologiques et sociales, ils ont largement revisité les notions de résilience (Folke *et al.* 2010) et de vulnérabilité (Miller *et al.* 2010). Pour développer la capacité adaptative de tels systèmes complexes, les travaux mobilisant ces démarches et outils ont identifié les facteurs critiques, interagissant à travers différentes échelles de temps et d'espace, sur lesquels il s'agit d'agir simultanément durant les périodes de changement et de réorganisation. Quatre facteurs critiques essentiels sont les suivants : apprendre à vivre avec et à gérer le changement et l'incertitude, nourrir la diversité au sein des systèmes, mobiliser et combiner différents types de connaissances, et créer des opportunités d'auto-organisation collective. Nous pensons que ces facteurs critiques ont une forte résonance avec ce qui a été dit ci-dessus à propos de l'évolution des systèmes alimentaires. Pour les promouvoir, les techniques de modélisation et de simulation participatives sont notamment fréquemment utilisées. En France, un réseau d'usagers de la démarche de modélisation d'accompagnement (ComMod) en appui aux projets d'acteurs de terrain s'est par exemple développé durant la dernière décennie et a essaimé à l'étranger (Etienne, 2010). La démarche ComMod mobilise les systèmes multi-agents afin de co-construire avec les parties prenantes (représentant notamment des intérêts et savoirs hétérogènes) des représentations de systèmes à gérer collectivement et qui posent problème. Les acteurs sont donc directement impliqués dans la conception du modèle qui, une fois validé par eux, sera utilisé afin de simuler

différents scénarios possibles sélectionnés par eux et d'explorer en commun les résultats au moyen d'indicateurs (en général de natures agroécologique et socioéconomique) de leur choix. L'engagement des acteurs concernés dans la conception du modèle et sa validation est généralement facilité par le recours à des jeux de rôles, tandis que les scénarios sont le plus souvent explorés au moyen de simulateurs informatiques multi-agents. L'association étroite de ces outils complémentaires permet une gestion efficace du temps et de limiter les coûts de tels processus de modélisation collaborative. La simulation participative est ici vue comme un support à la médiation et à la négociation d'un plan d'action entre acteurs, ainsi qu'au suivi-évaluation de son exécution. Dans la région côtière du vaste et stratégique « bol de riz » vietnamien du delta du Mékong vulnérable au changement climatique, Dung *et al.* (2009) ont utilisé cette méthodologie afin de faciliter la coordination entre agriculteurs de villages situés le long d'un canal pour la gestion du degré de salinité de l'eau dans l'espace et au fil de l'année. Cette gestion collective de la qualité de l'eau est nécessaire pour pratiquer la double riziculture irriguée intensive pour les uns et l'aquaculture en eau saumâtre (crevettes, crabes, etc.) pour les autres, ces deux productions constituant des exportations majeures du pays. Au Nord-Est de la Thaïlande, dans un des berceaux de la domestication du riz parfumé soumis à une pluviométrie erratique et un niveau de pauvreté rural encore élevé, Naivinit *et al.* (2010) ont développé avec une douzaine d'agriculteurs de types différents un simulateur des interactions entre la riziculture inondée sur sols filtrants (un cycle annuel de juin à décembre), l'usage de l'eau (pluie et petits bassins individuels) et les migrations de main d'œuvre saisonnières ou plus permanentes. Cette mobilité de la main d'œuvre constitue ici le mécanisme clé de la résilience de ces systèmes rizicoles depuis des décennies, et oblige à intégrer la ville distante dans le système alimentaire étudié. Grâce à la mobilisation des références empiriques des producteurs, leur modèle représente notamment les effets de la gestion de la main d'œuvre familiale et salariée à la récolte (qui doit être réalisée rapidement et en conditions sèches) sur la qualité du paddy, avantage compétitif essentiel de ces riziculteurs vu la faiblesse des rendements locaux. Dans le Nord montagnard de ce pays, Barnaud *et*

al. (2007) ont utilisé une démarche similaire afin de représenter l'expansion de l'horticulture marchande dans un terroir auparavant cultivé en riz pluvial et maïs, et soumis à un fort risque de dégradation des terres par ruissellement concentré. Delmotte (2011) a récemment utilisé une démarche voisine en Camargue afin d'évaluer différents scénarios d'évolution de leurs systèmes de production avec les agriculteurs locaux. Des expériences similaires portant sur la communication et la coordination entre acteurs au sein de filières sont aussi tentées. Les travaux en cours afin d'améliorer cette démarche portent notamment sur la gestion multi-échelle et multi-niveau (d'organisation sociale) des dynamiques représentées afin de permettre un usage de ces méthodes sur des aires géographiques plus étendues que le terroir villageois ou le sous-bassin versant. En complément d'autres méthodes pertinentes, elle pourrait être adaptée afin de représenter et simuler les interactions entre des composantes clés de systèmes alimentaires en transition.

Conclusion

La plupart des agronomes ont encore peu de familiarité avec la notion de système alimentaire. Leurs objets familiers y sont dispersés et peu visibles, comme l'illustre la figure 1, et le caractère flou des limites d'un système alimentaire s'accordent mal avec leurs raisonnements habituels sur ces objets. Les brèves réflexions amorcées ci-dessus font apparaître différentes pistes d'approfondissement : il paraît évident qu'il sera nécessaire d'aller beaucoup plus loin pour déboucher sur une caractérisation plus précise de nouveaux travaux pour les agronomes. À ce stade nous voudrions pour conclure souligner trois points. Le premier est que s'il paraît clair que la prise en considération des systèmes alimentaires amène les agronomes à un élargissement de leur champ de vision, c'est à un élargissement décentrant qu'ils sont appelés, dans la mesure où fréquemment la production n'est plus le centre de gravité du système étudié face au poids des agents opérant dans les sphères de la transformation, la distribution et la consommation. Ce décentrement constitue un cheminement dont les conséquences seraient à approfondir jusque dans le positionnement de la discipline dans la société. Il est du même type que celui à réaliser quand les agronomes s'orientent

vers la considération des écosystèmes, et est assez radicalement différent du cheminement dans les systèmes plus classiquement étudiés, du système de culture au système local d'approvisionnement en passant par le système de production, dans lesquels la production tient une place centrale. La seconde remarque porte sur l'insistance mise sur les propriétés des systèmes (aptitude à la multifonctionnalité, diversité, capacité adaptative, résilience, etc.). C'est une tendance assez générale dans les travaux récents des agronomes portant sur les systèmes étudiés que d'insister sur ces propriétés imposant des démarches résolument transdisciplinaires. Quand on considère les systèmes alimentaires, extrêmement hybrides quant à leur contenu comme le rappelle la figure 1, on peut s'interroger à juste titre sur ce qui confère telle ou telle propriété au système. Quels rôles y jouent les diversités « naturelles » et « humaines » ? Quelles sont les relations de détermination ou d'indépendance entre constituants ? Comment évoluent-elles au cours du temps ? Répondre à des questions de ce type devrait permettre de mieux situer la place que doit prendre l'agronomie dans l'analyse – voire la construction des systèmes alimentaires. Ce qui nous amène à notre ultime réflexion : quels sont les futurs métiers d'agronomes qui émergeront suite à la considération des systèmes alimentaires ? De la même manière que l'ouverture de l'agronomie aux filières et aux territoires a fait émerger des métiers pour les agronomes, on peut facilement imaginer que l'ouverture aux systèmes alimentaires produira également un tel renouveau. Peut-être demain des experts en diagnostic agronomique de système alimentaire, ou des agronomes concepteurs de systèmes alimentaires innovants... Reste à donner un contenu scientifique et technique à de tels métiers, dont tout indique qu'ils auraient un sens compte tenu de l'importance des questions et enjeux évoqués ci-dessus dans les décennies à venir.

Remerciements

Les auteurs remercient les deux relecteurs d'une version préliminaire de ce texte pour leurs suggestions d'amélioration et commentaires pertinents.

Bibliographie

- Angevin F., Klein E., Choimet C., Gauffreteau A., Lavigne C., Messéan A., Meynard J.M., 2007. Modelling impacts of cropping systems and climate on maize cross-pollination in agricultural landscapes : The MAPOD model. *European Journal of Agronomy*, 28(3), 471-484, doi: 10.1016/j.eja.2007.11.010.
- Barnaud C., Promburom T., Trébuil G., et Bousquet F., 2007. An evolving simulation and gaming process to facilitate adaptive watershed management in mountain northern Thailand. *Simulation and Gaming Journal*, 38: 398-420.
- Bockstaller C., Galan M.B., Capitaine M., Colomb B., Mousset J., Viaux P., 2008. Comment évaluer la durabilité des systèmes en production végétale ? *Des systèmes de culture innovants et durables : comment les mettre au point et les évaluer ?* R. Reau & T. Doré (Éds), Educagri, Dijon.
- De Schutter O., 2010. *Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation*. Assemblée générale des Nations-Unies, 20/12/10, 23 p.
- Delmotte S., 2011. *Évaluation participative de scénarios : quelles perspectives pour les systèmes agricoles camarguais ?* Thèse de doctorat en agronomie soutenue à SupAgro, Montpellier le 19 décembre 2011. 375 p.
- Dung L.C., Hoanh C.T., Le Page C., Bousquet F., Gajasen N., 2009. Facilitating dialogue between aquaculture and agriculture: lessons from role-playing games with farmers in the Mekong Delta, Vietnam. *Water Policy*, 11 : 80-93.
- Etienne M. (Éd.), 2010. *La modélisation d'accompagnement : une démarche en appui au développement durable*. Versailles: éditions Quae, collection Update Sciences & Technologies. 367p.
- European Commission - Standing Committee on Agricultural Research (SCAR), 2011. *The 3rd SCAR Foresight Exercise on Sustainable food consumption and production in a resource-constrained world*. 150p.
- European Science Foundation - COST, 2009. *Forward Look on European Food Systems in a Changing World*. R. Rabbinge & A. Linnemann (Éds.). Final Report. 156 p. www.cost.esf.org.
- Foley J.A., Ramankutty N., Brauman K.A., Cassidy E.S., Gerber J.S., Johnston M., Mueller N.D., O'Connell C., Ray D.K., West P.C., Balzer C., Bennett E.M., Carpenter S.R., Hill J., Monfreda C., Polasky S., Rockström J., Sheehan J., Siebert S., Tilman D, Zaks D.P.M., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, doi: 10.1038/nature10452.
- Folke, C., S. R. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Chapin, J. Rockström., 2010. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology & Society* 15(4): 20. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>.
- GO-Science, The Government Office for Science, London, UK., 2011. *Foresight, The Future of Food and Farming*. Final Report. 211 p.

- Lang T., 2010. Crisis? What Crisis? The Normality of the Current Food Crisis. *Journal of Agrarian Change*, 10(1), 87-97.
- Le Bail M., Lecroart B., Gauffreteau A., Angevin F., Messéan A., 2010. Effect of the structural variables of landscapes on the risks of spatial dissemination between GM and non-GM maize. *European Journal of Agronomy*, 33(1), 12-23, doi: 10.1016/j.eja.2010.02.002.
- Malassis L., 1994. *Nourrir les hommes*. Flammarion, collection Dominos, Paris. 126p.
- Malassis L., Ghersi G., 1996. *Traité d'économie agroalimentaire - économie de la production et de la consommation, méthodes et concepts*. Éditions Cujas, Paris. 392p.
- 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. et al. , 2011. Agroecosystem management and biotic interactions: a review. *Agronomy for sustainable development*, 31(3) 491-514.
- Miller, F., Osbahr H., Boyd E., Thomalla F., Bharwani S., Ziervogel G., Walker B., Birkmann J., Van der Leeuw S., Rockström J., Hinkel J., Downing T., Folke C., Nelson D., 2010. Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts? *Ecology & Society* 15(3): 11. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art11/>.
- Muchnik J., Requier-Desjardins D., Sautier D., Touzard J.M., 2007. *Les systèmes agroalimentaires localisés (SYAL) : introduction*. Économies et sociétés. Série AG : Systèmes agroalimentaires, 29 : 1465-1484.
- Naivinit W., Le Page C., Trébuil G., et Gajaseni N. 2010. Participatory agent-based modeling and simulation of rice production and labor migrations in Northeast Thailand. *Environmental Modeling & Software*, 25: 1345-1358. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.01.012>.
- Nemecek T., Dubois D., Huguenin-Elie O., Gaillard G., 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems*, 104, 217-232.
- Paillard S., Treyer S., Dorin B. (Coords.), 2010. *Agrimonde : Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*. Éditions Quae, collection matière à débattre. 295p.
- Perfecto I., Vandermeer J., 2010. The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *PNAS*, 107(13), 5786-5791. DOI: 10.1073/pnas.0905455107.
- Pingali P., 2006. Westernization of Asian diets and the transformation of food systems : implications for research and policy. *Food Policy*, 32(3), 281-298.
- Rastoin J.L., Ghersi G. 2010. *Le système alimentaire mondial : concepts et méthodes, analyses et dynamiques*. Éditions Quae, collection Synthèses, Versailles. 565p.
- Roudart L., Even M.A., 2010. *Terres cultivables non cultivées : des disponibilités suffisantes pour la sécurité alimentaire durable de l'humanité*. Centre d'études et de prospective, Analyse N° 18, 6 p.
- Sonnino R., Marsden T., 2005. Beyond the divide: rethinking relationships between alternative and conventional food networks in Europe. *Journal of economic geography*, 6 (2): 181-199, doi: 10.1093/jeg/lbio06.
- Thenail C., Joannon A., Capitaine M., Souchère V., Mignolet C., Schermann N., Di Pietro F., Pons Y., Gaucherel C., Viaud V., Baudry J., 2009. The contribution of crop-rotation organization in farms to crop-mosaic patterning at local landscape scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 131 (3-4): 207-219.
- Wilkinson A., Henrichs T., Hurley P., 2009. Analysing the future of European food systems in a changing world: Using scenario-based approaches to support research of European food systems. *European food systems in a changing world*, ESF-COST. 15-31.
- Winter M., 2003. Embeddedness, the new food economy and defensive localism. *Journal of Rural Studies*, 19: 23-32.

Rendement et qualité sont-ils conciliables ?

La filière blé : entre évolution technologique et sociétale

Joël Abécassis^{1,2,3,4}

1. INRA, UMR1208, Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, F-34060 Montpellier cedex, France
2. CIRAD, UMR1208, Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, F-34060 Montpellier cedex, France
3. Montpellier SupAgro, UMR1208, Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, F-34060 Montpellier cedex, France
4. Université Montpellier II, UMR1208, Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes, F-34060 Montpellier cedex, France

Contact : abecassi@supagro.inra.fr

Résumé

La filière blé se trouve confrontée à des attentes de plus en plus diverses : satisfaire la demande alimentaire mondiale, répondre à des attentes qualitatives multiples des différents marchés nationaux et internationaux, maintenir sa compétitivité économique tout en réduisant son impact sur l'environnement.

La demande des marchés est en perpétuelle évolution pour disposer de matières premières aux caractéristiques toujours plus homogènes et régulières en même temps que satisfaire des attentes de plus en plus diversifiées. Dans un marché des céréales mondialisé, l'élaboration des aliments céréaliers est restée régionalisée. Il existe différents types de pains, de pâtes et de biscuits pour lesquels il convient d'élaborer des mélanges de blés capables de satisfaire des demandes parfois très différentes. Néanmoins, ces marchés internationaux de l'alimentation humaine et animale demeurent organisés autour d'un critère majeur : la teneur et la qualité des protéines du blé.

L'autre tendance qui se dessine pour cette filière correspond à la satisfaction des attentes du consommateur final et du citoyen pour une alimentation de meilleure qualité nutritionnelle (absence de résidus de traitement et de contaminants dans les produits finis), plus durable et plus respectueuse de l'environnement. Les considérations environnementales sont aujourd'hui émergentes sur le marché européen mais ne sont pas encore prises en compte par les marchés internationaux.

Si déjà dans le passé on a pu opposer, dans la filière blé, la quantité de blé produite et sa qualité d'utilisation, les différents leviers de la recherche et du développement, génétiques et agronomiques, ont été en mesure de satisfaire cette double demande. Néanmoins cette amélioration conjointe s'est opérée par une plus grande intensification et artificialisation du milieu qui ont conduit à la situation actuelle. La réponse aux nouveaux enjeux ne sera-t-elle qu'une nouvelle étape d'optimisation au sein de la filière ou faudra-t-il repenser plus en profondeur les modes de production et de transformation des produits céréaliers ?

Mots-clés : blé ; filière ; qualité ; protéines.

Abstract

Wheat industry is facing increasingly different expectations: Answering the global food demand, meeting the several qualitative end-uses of the wheat chain for domestic and international markets, maintaining its economic competitiveness while reducing its environmental impact.

Market demand is constantly evolving in order to obtain more uniform and more regular characteristics of the raw materials to meet the expectations of different markets. In a global grain market, the development of cereal products remained local. There are several types of breads, pasta and biscuits for which there exist different requirements. Nevertheless, these international markets for food and feed still rely mainly on a major criterion: the protein content and its quality.

The other emerging trend for this sector is meeting the expectations of the societal demand for a more environmentally friendly and a sustainable diet (no pesticide residues and no contaminants in the end-products, nutritional quality). Environmental considerations are now emerging on the European market but have not yet been taken into account in international markets.

While in the past there has already been opposition within wheat chain between wheat quantity and wheat quality, research and development was able to meet this double demand. However, this co-development took place through greater intensification and artificialization of the environment that led to the current situation. Would it be possible to meet the new expectations with a new incremental optimization or would it be necessary to reconsider the way cereal are produced and processed?

Keywords: Wheat; wheat industry; quality; proteins.

Introduction

Les céréales couvrent plus de 9 millions d'hectares en France et la récolte annuelle est d'environ 70 millions de tonnes dont plus de 50% sous forme de blé. La France est devenue le premier producteur de l'Union Européenne grâce à un important effort de R & D me-

né conjointement par la recherche publique et les centres techniques qui lui ont permis de faire partie des pays ayant les plus hauts rendements agronomiques. Elle est ainsi devenue l'un des principaux exportateurs de blé dans le monde. Plus de la moitié de la production de blé est exportée vers les autres pays européens et les pays tiers, notamment dans le bassin méditerranéen.

Cependant les filières céréalières s'interrogent aussi sur de nouveaux enjeux et la satisfaction de nouvelles attentes qui s'inscrivent dans la perspective tracée par le Grenelle de l'environnement et en vue de la future réforme de la politique agricole commune (Abecassis *et al.*, 2009). L'accroissement des conditionnalités environnementales pourrait en effet venir modifier de manière très significative le montant et la nature des aides aux producteurs mais aussi modifier en profondeur les systèmes de production des céréales ainsi que la qualité des produits qui en sont dérivés.

Ainsi l'évolution de la filière blé devrait dépendre non seulement de l'évolution des marchés du blé pour satisfaire une demande mondiale en augmentation mais aussi des politiques agricoles qui seront mises en œuvre dans les prochaines années. Après avoir décrit la structuration de la filière blé en France, nous examinerons successivement comment cette filière blé serait à même de satisfaire les attentes du marché international du blé et de répondre aux attentes sociétales pour réduire son impact sur l'environnement tout en maintenant sa compétitivité économique.

Structuration de la filière blé en France

On a trop souvent tendance à décrire les filières agricoles en ne considérant que le flux des produits (de l'amont à l'aval ou de la semence au produit fini). Ce faisant, on oublie les flux d'information entre acteurs de ces filières qui vont de l'aval vers l'amont et qui permettent d'ajuster les caractéristiques des produits aux attentes des utilisateurs et des consommateurs.

La filière française s'est structurée au sortir de seconde guerre mondiale en visant d'abord à atteindre l'autonomie alimentaire ce qui a été obtenu dès 1955 pour le blé. Les progrès génétiques et agronomiques se sont poursuivis et des variétés à haut rendement ont été mises au point. Malheureusement, les caractéristiques qualitatives de ces

nouvelles variétés se sont parfois révélées insuffisantes pour être utilisées à faire du pain (ou des pâtes alimentaires). Ces variétés dites « non panifiables » se sont néanmoins imposées et ont créé à partir de 1972 un nouveau segment pour l'utilisation du blé : celui de l'alimentation animale. C'est à partir de ce moment que la maîtrise de la qualité d'utilisation est devenue une priorité pour les acteurs de cette filière. Ce sont les industries de première transformation (les meuniers et les semouliers) qui ont progressivement structuré les filières blés en prenant à leur compte les besoins des autres acteurs situés plus en aval. C'est ainsi que la filière blé tendre s'est progressivement organisée pour satisfaire les besoins de la panification française. Pour ce type de panification, il convient d'utiliser des blés de teneur en protéines moyenne (comprise entre 11,5 et 12,5% m.s.) et la qualité des protéines est essentielle. Il faut en effet que les caractéristiques rhéologiques des pâtes boulangères permettent la mise en forme d'une baguette (notion d'extensibilité) et permettent à cette pâte de résister à la poussée du gaz carbonique produit par la levure au cours de la fermentation et à la mise au four (notion de ténacité). Ces caractéristiques généralement mesurées à l'aide de l'alvéographe de Chopin ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques. La qualité des protéines du blé dépendrait de la composition en sous-unités de gluténines de haut poids (élasticité) et de faible poids moléculaire (extensibilité) ainsi que du rapport gliadines/gluténines (Shewry *et al.*, 1986). La variation allélique de ces constituants a été largement exploitée par la sélection variétale pour créer les variétés actuelles. Par ailleurs, les conditions agronomiques sont elles aussi susceptibles de moduler la composition protéique, en particulier la teneur en protéines totales ainsi que la teneur en certaines sous unités protéiques et donc le rapport gliadines/gluténines (Triboi *et al.*, 2000). C'est ainsi que s'est progressivement mis en place un système d'inscription des variétés de blés reposant pour une large part sur la qualité d'utilisation des blés par la meunerie française. Aujourd'hui, plus de 50% des nouvelles variétés inscrites par le Comité Technique Permanent de la Sélection (CTPS) sont classées en qualité supérieure et plus de 90% de la sole de blé est constituée de variétés sélectionnées pour satisfaire la demande de la meunerie française même si celle-ci n'utilise que 20% de la production pour ses

besoins propres. Pour les autres usages du blé (par exemple la biscuiterie), l'effort en matière de sélection est resté bien moindre et seul un système de bonus/malus cherche à ajuster les caractéristiques des blés aux critères des marchés.

Le deuxième facteur d'évolution vers une production de meilleure qualité a été la mise en place de cahiers des charges visant à obtenir une matière première aux caractéristiques qualitatives minimales et régulières. Pour répondre à ces cahiers des charges, les organismes stockeurs (mais aussi les meuniers) ont utilisé les techniques d'allotement des blés à l'entrée de leur silo. L'allotement repose sur l'utilisation de méthodes rapides (par exemple la spectroscopie infrarouge) pour mesurer les principales caractéristiques des lots de blé à l'arrivée au silo (teneur en eau, en protéines, etc.). Sur la base des résultats obtenus, les lots de blé sont mélangés et homogénéisés pour formuler un mélange de plus gros volume répondant au cahier des charges des utilisateurs. Cette pratique est aussi utilisée par les meuniers ainsi que par les industries de seconde transformation (pour les farines) pour lisser les éventuelles fluctuations de leur procédé et de leurs produits finis. Si bien qu'on peut dire que le « mélange » est aujourd'hui devenu le métier de base des industries céréalières. Parmi les effets induits par cette démarche générique à l'ensemble de la filière, se trouve associée la notion de différenciation retardée. En effet, ces mélanges successifs conduisent à l'obtention d'une farine de base de qualité moyenne, standardisée et régulière. L'innovation et la création de produits nouveaux au sein de la filière ne va plus reposer sur les caractéristiques des blés mis en œuvre mais davantage sur celles des ingrédients qui sont ajoutés à cette farine de base. C'est ainsi que s'est développée au cours des 30 dernières années une industrie des ingrédients de panification qui ont eu pour fonction non seulement de corriger les défauts de la farine de base mais surtout de lui apporter de nouvelles caractéristiques sensorielles (couleur, texture, arôme). C'est désormais là que se dégage l'essentiel de la valeur ajoutée dans la filière blé.

Dans ce contexte d'apparente stabilité, caractérisé par une faible variabilité des génotypes, des pratiques culturelles ou encore des modes de transformation, émergent toutefois deux facteurs

susceptibles de faire évoluer la filière blé. Le premier facteur est l'adaptation de la filière à la demande des marchés internationaux et le second concerne davantage l'adéquation des modes de production et de transformation avec les attentes sociétales.

Demande de marchés internationaux

Alors que le marché du blé s'est progressivement internationalisé, l'élaboration des aliments céréaliers demeure encore très régionalisée. Il existe en effet différents types de pains, de pâtes et de biscuits qui se différencient les uns des autres par la formulation et/ou le procédé mis en œuvre. Tous ces produits requièrent la mise en œuvre de farines aux propriétés contrastées pour lesquelles il convient d'élaborer des mélanges de blé capables de satisfaire des demandes parfois très différentes.

Le marché international du blé est en croissance. La consommation mondiale actuelle est estimée à 630 millions de tonnes et on prévoit des besoins supplémentaires de plus de 60 millions de tonnes à l'horizon 2020 (source USDA). Cette augmentation cherchera avant tout à satisfaire les besoins de l'alimentation humaine en lien avec l'évolution démographique. D'un point de vue géographique, la demande devrait progresser dans les pays d'Amérique centrale et Amérique du sud, en Afrique et en Asie du Sud-Est. Les principaux pays exportateurs resteront le Canada, l'Argentine et l'Australie. Les autres pays susceptibles de disposer d'excédents pour répondre à cette demande croissante sont : les États-Unis, la Russie et les pays de la mer noire ainsi que l'Europe.

Au sein de l'Union Européenne, caractérisée par une stabilité de la consommation, la France restera le principal producteur de céréales avec un excédent net qui sera rendu disponible pour les marchés des pays tiers. La France cherchera probablement à maintenir ses positions exportatrices vers le Maghreb et les pays d'Afrique de l'Ouest pour lesquels son taux de pénétration oscille entre 50 et 80%. L'enjeu pour les producteurs français sera de prendre des parts des nouveaux marchés que représentent le Moyen-Orient, l'Afrique australe et l'Amérique du Sud. C'est dans cette perspective que se pose la question de la stratégie à mettre en œuvre pour développer ces

nouveaux marchés. Sera-t-il préférable de chercher à améliorer la compétitivité de la production par les coûts ou davantage par la qualité des produits ?

Selon les données d'Arvalis, le coût de production en France (environ 150 €/t) est équivalent à celui du Canada et des USA. En revanche ceux de l'Argentine, de la Russie, de l'Ukraine ou de l'Australie sont nettement inférieurs (moins de 100 €/t). La compétitivité de la production céréalière française souffre de 2 handicaps majeurs : le taux de charges par hectare qui est environ deux fois plus élevé que celui de ses principaux concurrents et la taille de ses exploitations qui est 3 à 10 fois inférieure. En revanche, le rendement agronomique (t/ha) en France est près de deux fois supérieures à celui de ses principaux compétiteurs. C'est pourquoi les principales organisations professionnelles agricoles considèrent que le maintien de notre compétitivité passe d'abord par un accroissement du rendement agronomique du blé.

En ce qui concerne les attentes qualitatives des marchés internationaux, certaines sont comparables aux attentes du marché national telles que la régularité et l'homogénéité des livraisons. La régularité de l'offre devra néanmoins être améliorée pour rejoindre celle des lots fournis par les grands exportateurs tels que le Canada, par exemple. Par ailleurs, le développement de grandes industries meunières dans les principaux ports d'importation entraînent de nouvelles exigences qualitatives de la part des acheteurs. Cela concerne principalement la valeur meunière c'est-à-dire l'appétitude des blés à fournir un rendement élevé en farine pour une pureté donnée. Dans cette optique, le taux de siccité des blés constitue un élément indiscutable mais d'autres facteurs restent à étudier tels que le rapport amande sur enveloppe que l'on souhaite aussi élevé que possible, la facilité de réduction de l'amande en farine en lien avec l'énergie nécessaire pour la mouture ou encore la séparabilité entre l'amande et les enveloppes qui permet pour le même taux de pureté des farines, d'accroître le rendement en mouture. Néanmoins, pour ces marchés internationaux, un élément déterminant d'achat reste la teneur et la qualité des protéines et du gluten. En effet, une teneur en protéines élevée constitue une sorte d'assurance contre les risques de dys-

fonctionnement, qu'ils viennent de la technicité des boulangers utilisateurs, de l'autorisation ou non d'additifs, de la mécanisation et de l'automatisation des chaînes de production ou encore du développement des techniques de réfrigération. En fait, le marché mondial du blé se décrit aujourd'hui à partir des caractéristiques texturales des grains (dureté ou hardness) et par la teneur en protéines. La dureté de l'amande du grain sert à définir l'usage des blés : Les blés soft sont utilisés en biscuiterie, les « medium » et les « hard » servent à la panification, et les blés durs (Durum) à la fabrication des pâtes alimentaires. Hormis les blés les plus softs, au sein de chaque classe de blé, plus la teneur en protéines est élevée et meilleure serait la qualité d'utilisation. Cette grille de lecture proposée par les pays anglosaxons fait ressortir un avantage qualitatif pour les blés originaires du Canada et des Etats-Unis qui sont à la fois plus « hard » et plus riches en protéines, ce qui les positionnent comme des blés de haute qualité. En revanche, les blés français présentent une dureté intermédiaire (medium hard) et de plus faibles teneurs en protéines. Dans cette classe de dureté, les blés français pourraient être à terme concurrencés sur le marché de l'UE par les blés allemands plus riches en protéines et sur le marché mondial par les blés russes et ukrainiens qui présentent peu ou prou les mêmes caractéristiques qualitatives mais avec un prix de revient nettement inférieur. Néanmoins, pour devenir de réels concurrents, il conviendrait que ces pays maîtrisent mieux leurs conditions de stockage (qualité sanitaire et présence de punaises) ainsi que leur logistique.

Pour faire face à cette évolution prévisible, la filière française de blé envisage d'utiliser comme levier principal l'innovation génétique pour tenter de gagner en compétitivité tout en améliorant les caractéristiques de ses produits. Toutefois, l'innovation variétale ne saurait être considérée comme l'unique levier pour répondre aux attentes des marchés internationaux et d'autres voies sont à envisager. A l'instar du développement des auxiliaires technologiques pour la panification française, la mise au point de nouveaux ingrédients et produits alimentaires intermédiaires (PAI) céréaliers pourraient offrir aux clients de la filière française non seulement des produits mais aussi des services permettant d'optimiser l'emploi des blés

français pour différents usages. Cependant, il faudrait que les coûts de ces ingrédients restent compatibles avec ceux des matières premières. Par ailleurs, des efforts d'intégration verticale de la semence au produit fini (Limagrain) ou à l'inverse du produit fini à la semence (Soufflet) pourraient à terme procurer un avantage compétitif à certains groupes céréaliers engagés dans la compétition internationale.

Nouvelles attentes sociétales

L'autre tendance qui se dessine pour cette filière correspond à la satisfaction des attentes du consommateur final et du citoyen pour une alimentation plus saine (absence de résidus de traitement et de contaminants dans les produits finis) et plus respectueuse de l'environnement. En effet, la demande qualitative évolue de la seule prise en compte des caractéristiques sensorielles (qualité organoleptique) à d'autres critères tels que la sécurité sanitaire des produits céréaliers, les questions nutritionnelles ou encore les notions d'agriculture et d'alimentation durables. Cette évolution est aujourd'hui de plus en plus prise en compte par le marché national et européen. En revanche, les marchés internationaux ne sont absolument pas concernés par ces nouveaux critères. Ce qui tend à créer une dichotomie, voire une opposition, entre ces deux approches des acteurs de la filière opérant sur différents types de marchés plutôt que de chercher à satisfaire ces deux enjeux.

En ce qui concerne les questions de sécurité sanitaire, les problèmes majeurs pour la filière blé demeurent les teneurs en mycotoxines et en métaux lourds, notamment les teneurs en cadmium pour lesquelles les teneurs maximales admissibles devraient être réduites par un prochain règlement communautaire. Il existe des variations significatives de teneurs en métaux lourds dans les blés et leurs produits dérivés. L'identification des facteurs pédologiques, génétiques et agronomiques à l'origine de ces variations mériterait d'être précisée. Pour les mycotoxines, plusieurs questions se posent et devraient interpeller les agronomes. C'est en particulier l'identification des facteurs qui induisent et modulent l'intensité de la toxogénèse du fusarium, la compréhension des phénomènes de « hot spot » qui conduit à l'apparition

d'une hyper concentration en mycotoxines dans un endroit précis de la parcelle ou encore les risques d'apparition de nouvelles mycotoxines telles que T2-HT2 et les moyens de lutte pour prévenir ces contaminants.

D'un point de vue nutritionnel, le souhait d'augmenter la densité nutritionnelle du blé a conduit à mettre en place d'importants travaux de recherche en France (Oury et al, 2006) et en Europe (Shewry et al, 2010). Ces travaux ont montré que les teneurs en certains micronutriments des blés, en particulier en minéraux, dépendaient pour certains d'entre eux plutôt de l'origine génétique (magnésium), pour d'autres des conditions agronomiques (Zinc) et souvent de l'interaction entre ces facteurs (fer). La teneur et la composition en fibres dépend elle aussi de l'origine génétique et des conditions agro-environnementales. A terme, la teneur en fibres et notamment la teneur en fibres solubles devrait être augmentée pour répondre aux recommandations du PNNS (Programme National Nutrition Santé). L'enjeu pour la filière céréalière sera alors d'obtenir ces teneurs plus élevées tout en conservant aux produits céréaliers les mêmes propriétés sensorielles (volume de pain et de croustillance) ce qui pourrait conduire à chercher à accroître simultanément les teneurs en fibres et en protéines. Toujours dans une perspective d'alimentation plus durable, plusieurs critères émergent de la demande sociétale. C'est notamment le cas d'une meilleure prise en compte des critères de traçabilité et d'éthique qui visent à mieux identifier et tracer les produits, à favoriser les productions locales, à réduire les « food-miles » ainsi que l'empreinte écologique des modes de production et de transformation des céréales. Ce qui ouvre de nouvelles questions sur l'analyse du cycle de vie des produits céréaliers et une réflexion plus globale pour la mise en œuvre de cycles de production de céréales performants à la fois du point de vue nutritionnel et environnemental.

En matière d'environnement, on considère que les productions céréalières se caractérisent par un faible impact à la tonne produite. Cependant, elles concernent des surfaces importantes et produisent des rejets d'azote et d'herbicides pouvant avoir des conséquences négatives à plus grande échelle notamment sur la gestion de l'eau. D'autres questions environnementales ont émer-

gé ces dernières années, notamment à propos de l'impact des productions céréalières sur la biodiversité, sur la qualité des sols ou encore la consommation d'énergie fossile. Jusqu'à présent, les travaux engagés en la matière ont surtout privilégié les approches factorielles pour chercher à améliorer l'efficacité d'un intrant ou à substituer un intrant par un autre. Désormais, on s'oriente vers des approches plus globales qui cherchent à aller au-delà de la simple juxtaposition de techniques élémentaires pour prendre en compte l'effet de multiples facteurs et de leurs interactions qui pourraient mener à reconcevoir les systèmes de production (Meynard, 2010).

Conclusions et perspectives

Si déjà dans le passé on a pu opposer dans la filière blé, la quantité de blé produite et sa qualité d'utilisation, les différents leviers de la recherche et du développement ont été en mesure de satisfaire peu ou prou cette double demande. Néanmoins cette amélioration conjointe ne s'est opérée que par une plus grande intensification et artificialisation du milieu qui ont conduit à la situation actuelle. Les nouvelles attentes environnementales ne seront-elles qu'une nouvelle étape incrémentale d'optimisation des modes de production ou faudra-t-il repenser plus en profondeur les modes de production et de transformation des produits céréaliers ?

Pour y répondre, il sera nécessaire d'intégrer des approches adaptées au traitement de problèmes toujours plus complexes. Si pendant longtemps on a considéré que la parcelle était le seul niveau d'approche pour pouvoir optimiser quantité et qualité, on pense désormais que les questions environnementales ne pourront être abordées que par une approche plus globale, à l'échelle territoriale. Pour tenter de résoudre les problèmes de qualité d'utilisation des productions céréalières, il faudra là aussi envisager un changement d'échelle et ne plus considérer la parcelle mais davantage le produit délivré par cette parcelle, le grain de blé.

Dans cette optique se pose tout d'abord la question de l'identification des éléments fonctionnels qui déterminent la qualité d'utilisation du grain. Cela devrait conduire à engager une démarche pluridisciplinaire (entre généticiens, agronomes,

biologistes, physicochimistes et technologues) pour aborder l'écophysiologie de la qualité des blés et tenter de préciser les mécanismes d'élaboration de cette qualité et l'étude des facteurs influents. En restant au niveau du grain plusieurs questions se posent : est-il possible de moduler les flux d'azote et de carbone pour obtenir la teneur en protéines souhaitée ? Est-il possible de contrôler la dynamique d'assemblage des protéines au cours du développement des grains pour obtenir la qualité des protéines requise ? Est-il possible de contrôler la variabilité de composition et des propriétés d'une population de grains issus d'un même épi, d'une même plante, de deux plantes voisines sur une même parcelle, etc.

Une deuxième série de questions concerne davantage les aspects organisationnels des filières céréalières et la gestion des populations de grains qu'elles génèrent. Les filières céréalières françaises doivent-elles rester sur un marché de « commodity » en perfectionnant le mélange des blés et en cherchant à améliorer leur compétitivité par une réduction de leurs coûts de production, ou plutôt s'orienter vers un marché de spécialités ? Dans cette seconde hypothèse, la question qui se pose concerne les méthodes et outils à développer pour répondre aux besoins de segmentation des marchés et pour assurer une meilleure traçabilité des lots. Considérant la diversité des caractéristiques et des propriétés au sein d'une population de grains, ne serait-il pas envisageable de mettre au point des outils de tri grain par grain et à haut débit qui permettraient de classer les grains en fonction de leur destination future. Un tel développement constituerait une alternative aux pratiques actuelles de mélange des blés avec un double intérêt : celui de réduire la variabilité des récoltes en même temps que d'offrir à l'amont de la filière les moyens de contribuer réellement à la différenciation des produits et capter ainsi une part plus significative de la valeur ajoutée.

Au-delà des questions de recherches prioritaires pour relever le défi de répondre à la fois aux besoins des différents marchés et aux attentes en matière d'impacts environnementaux, se posent aussi des questions liées à la coordination entre dynamique territoriale et logique industrielle et leurs conséquences sur l'évolution de

l'organisation des filières céréalières (voir Le Bail & Le Gal dans ce numéro).

Bibliographie

Abecassis, J., Bergez, J.E., Aizac, B., Charcosset, A., Dedryver, C.A., Grefeuille, V., Jacquet, F., Jez, C., Lessire, M., Rastoin, J.L., Rousset, M., 2009. Les filières céréalières. Organisation et nouveaux défis. INRA. Editions QUAE, 165 pages.

Meynard, J.M. 2010. Réinventer les systèmes agricoles : quelle agronomie pour un développement durable ? In: Dominique Bourg et Alain Papaux (Eds), Vers une société sobre et désirable. Paris : Presses Universitaires de France et Fondation Nicolas Hulot. 342-363

Oury, F.X., Leenhardt, F., Rémésy, C., Chanliaud, E., Duperrier, B., Balfourier, F., Charmet, G. 2006. Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentrations in bread wheat. *European Journal of Agronomy*. 25(2), 177-185.

Shewry, P.R., Tatham, A.S., Forde, J., Kreis, M., Mifflin, B.J. 1986. The classification and nomenclature of wheat gluten proteins : A reassessment. In: *J. Cereal Science*, 4(2), 97-106.

Shewry, P.R., Piironen, V., Lampi, A-M., Edelman, M., Kariluoto, S., Nurmi, T., Fernandez-Orozco, R., Ravel, C., Charmet, G., Andersson, A. M., Åman, P., Boros, D., Gebruers, K., Dornez, E., Courtin, C.M., Delcour, J.A., Rakszegi, M., Bedo, Z., Ward, J.L., 2010. The HEALTHGRAIN Wheat Diversity Screen: Effects of Genotype and Environment on Phytochemicals and Dietary Fiber Components. In : *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(17), 9291–9298.

Triboi, E., Abad, A., Michelena, A., Lloveras, J., Ollier, J.L., Daniel C. 2000. Environmental effects on the quality of two wheat genotypes: 1. quantitative and qualitative variation of storage proteins. In: *European Journal of Agronomy* 13, 47–64

Conception et conduite de systèmes de culture céréalières conciliant quantité et qualité

Design and management of cereal-based cropping systems to reconcile quantitative and qualitative performances

Chantal Loyce^{*a}, Marie Hélène Jeuffroy^b

^aAgroParisTech, UMR 211 Agronomie, F-78850 Thiverval-Grignon

^bINRA, UMR 211 Agronomie, F-78850 Thiverval-Grignon

*auteur correspondant. Loyce Chantal, maître de conférences en agronomie, AgroParisTech, Chantal.Loyce@grignon.inra.fr

Résumé

On assiste actuellement à une demande accrue de produits agricoles végétaux tandis que les exigences de qualité deviennent de plus en plus précises et diversifiées. Comment adapter les systèmes de culture céréalières à cette nouvelle donne ? Quels sont les leviers mobilisables pour concilier quantité et qualité ? Leur mise en œuvre est-elle compatible avec une évolution des systèmes de culture vers des modes de production à haute valeur environnementale ?

Cet article vise à faire le point sur les travaux menés en agronomie sur la conception de systèmes de culture céréalières conciliant quantité et qualité. Nous présenterons les processus impliqués dans l'élaboration des quantités et des qualités produites. Nous analyserons ensuite les effets conjoints de l'environnement et des systèmes de culture sur la quantité et la qualité à partir de données sur les pratiques agricoles. Enfin, nous présenterons des exemples de travaux menés sur la conception de systèmes de culture en vue de concilier quantité et qualité.

Mots-clés : Qualité ; rendement ; céréales ; agronomie.

Summary

While there is a higher demand for agricultural products, the quality requirements are more and more precise and diverse. How cropping systems should adapt to these new requirements? What are the possible technical leverage points to reach both sufficient quantity and good quality? Are these cropping systems compatible with other goals such as a high environmental value?

This article aims at summing up the findings of agronomic studies on the design of cropping systems reconciling quantity and quality.

First, the processes involved in building-up the volume and the quality of agricultural products are recalled. Then we analyse the effects of environmental conditions and cropping systems on the quantity and quality of products based on agricultural practices data. Finally, we provide some examples of studies aiming at designing cropping systems targeting both sufficient quantity and required quality.

Keywords : Quality product ; quantity product ; cereals ; agronomy.

Introduction

Dans un contexte de demande accrue en produits agricoles végétaux pour des débouchés variés (alimentation animale, humaine, biomasse pour la production d'énergie, composés pour la chimie verte), on assiste à une recrudescence des enjeux portant sur les quantités produites. Par ailleurs, les exigences de qualité deviennent de plus en plus précises, nombreuses et diversifiées. Comment adapter les systèmes de culture céréalières à ce double objectif : accroître les quantités produites tout en garantissant un ensemble d'exigences sur la qualité des produits récoltés pour chaque débouché visé ?

Classiquement, en production céréalière, la production quantitative est principalement exprimée par le rendement. Or, d'autres indicateurs pourraient être davantage mobilisés, comme l'efficacité d'utilisation des intrants et des ressources (eau, éléments minéraux, énergie, etc.), critère plus adapté au contexte de raréfaction des ressources, car exprimé par unité d'intrant disponible (Keating *et al.*, 2010). La qualité des produits céréalières, quant à elle, a longtemps été exprimée essentiellement par la teneur en protéines des grains, qui traduit la qualité technologique des produits récoltés. Pourtant, la qualité des produits recouvre différentes composantes : technologique, mais aussi sanitaire (par exemple, la teneur en mycotoxines des céréales) ou nutritionnelle (ex : teneurs en minéraux - magnésium, fer, zinc, etc. - pour le blé panifiable). La pertinence, la hiérarchisation et la définition des critères utilisés pour décrire la qualité des produits dépendent en grande partie des débouchés concernés (alimentation humaine, animale, non alimentaire). Enfin, la traduction de la qualité du produit fini en caractéristiques

téristiques des produits récoltés, ayant un lien avec les processus biologiques des systèmes de culture, n'est pas aisée. À titre d'exemple, les caractéristiques de l'alvéographe de Chopin (W, G notamment), qui expriment l'aptitude à la panification d'une farine, ne s'avèrent que partiellement reliées à la teneur en protéines des grains de blé. Elles s'expliquent davantage par les proportions relatives des types de protéines de réserve que sont les gliadines et les gluténines (Godon, 1981).

Alors que la teneur en protéines à l'échelle de la benne livrée par un agriculteur a constitué, jusque récemment, pour certains organismes de collecte, un élément contribuant à l'élaboration du prix du blé payé au producteur (bonus ou malus appliqué par rapport à une teneur de référence), la variabilité ou la stabilité de ce critère entre parcelles à l'échelle d'un bassin de collecte joue directement sur la logistique de ces organismes. Une plus grande régularité de la teneur en protéines entre parcelles est ainsi recherchée par une entreprise de collecte-stockage en orge de printemps pour une valorisation brassicole (Le Bail, 1997). Certaines techniques (comme, par exemple, les associations céréales/légumineuses) permettent d'accroître la stabilité de la teneur en protéines des grains par rapport à un blé cultivé seul (Bedoussac et Justes, 2010).

On parle généralement « d'antagonisme » entre quantité et qualité. Qu'en est-il exactement ? Quels sont les leviers techniques potentiellement mobilisables pour concilier quantité et qualité ? La mise en œuvre de ces leviers est-elle compatible avec une évolution des systèmes de culture vers des modes de production à haute valeur environnementale ?

Cet article vise à faire le point sur les travaux menés par les agronomes sur la conception et le pilotage de systèmes de culture céréaliers conciliant quantité et qualité.

Dans un premier temps, nous présenterons les processus écophysologiques impliqués dans l'élaboration des quantités et des qualités produites. Une analyse des effets conjoints de l'environnement et des systèmes de culture sur la quantité et la qualité sera ensuite menée à partir de données recueillies sur les pratiques agricoles. Enfin, nous présenterons des exemples de travaux menés sur la conception et le pilotage des sys-

tèmes de culture en vue de concilier quantité et qualité.

Quels sont les processus écophysologiques impliqués dans l'élaboration des quantités et qualités produites ?

Un certain nombre de travaux ont porté sur la compréhension des processus qui régissent l'élaboration des quantités et qualités produites par les cultures. Ainsi, dans le cas du blé tendre, l'élaboration du rendement et de la teneur en protéines dépend des métabolismes carbonés et azotés au sein de la culture. Dans les modèles de culture, comme présenté sur la figure 1, ils sont le plus souvent représentés par une confrontation entre une offre et une demande en éléments carbonés et azotés (Jeuffroy et Recous, 1999 ; Jeuffroy *et al.*, 2000a ; Brisson *et al.*, 2003) et pour certains modèles, une simulation des fractions protéiques des grains, notamment les contenus en gliadines et gluténines (Martre *et al.*, 2006). A l'échelle de la culture, pour l'élaboration du rendement, l'offre dépend notamment de la photosynthèse (pour l'offre en carbone) et de l'absorption d'éléments azotés en provenance du sol (incluant ceux fournis par des engrais minéraux ou organique), tandis que la demande est régie par la croissance potentielle du peuplement. L'élaboration de la teneur en protéines mobilise également le processus de remobilisation de ces assimilats pendant la phase de remplissage des grains. En effet, l'azote contenu dans les grains à la récolte provient principalement (pour 75% en moyenne) de l'azote stocké avant floraison dans les organes végétatifs. Cependant, l'absorption d'azote post-floraison par la culture est un processus essentiel permettant de modifier la teneur en protéines : c'est pourquoi des apports tardifs d'azote (peu avant floraison), s'ils sont bien valorisés par la culture (notamment grâce à une disponibilité hydrique suffisante dans le sol) peuvent permettre d'accroître cette teneur.

La teneur en protéines des grains est proportionnelle au rapport entre la quantité d'azote et la matière sèche stockées dans les grains à la récolte : elle résulte ainsi des métabolismes carbonés et azotés du peuplement et elle est étroitement liée aux quantités de grains récoltées. D'un point de vue strictement mathématique, à même

quantité d'azote accumulée, quand le rendement augmente, la teneur en protéines des grains diminue.

A partir du modèle Azodyn (Jeuffroy *et al.*, 1999 ; Jeuffroy *et al.*, 2000a) qui simule le fonctionnement d'une culture de blé en conditions de nutrition azotée variées, l'importance de la période préfloraison dans le déterminisme de la teneur en protéines à la récolte a été mise en évidence. En effet, alors que l'accumulation d'azote et de matière sèche dans les grains se déroule uniquement après floraison, l'état du peuplement à ce stade, caractérisé par son stock d'azote dans les organes végétatifs et par le nombre de grains formés, a une grande influence sur la demande en carbone et en azote des grains et l'absorption d'azote post-floraison, processus déterminants de la teneur en protéines. Pour atteindre un objectif de teneur en protéines donné, il est donc nécessaire de raisonner la conduite culturale, et en particulier la fertilisation azotée, sur l'ensemble du cycle de culture.

Un résultat proche a été observé par Le Bail et Meynard (2003) sur l'orge de brasserie : les facteurs limitant le rendement en première phase du cycle (notamment la compaction du sol qui limite l'absorption d'azote par la culture) sont également apparus comme limitant la teneur en protéines. Les analyses de sensibilité qui ont été menées avec le modèle Azodyn indiquent également que la teneur en protéines est très sensible au climat post floraison (variation de deux points de protéines entre scénarios climatiques d'un même lieu pour un état azoté donné au stade floraison (Jeuffroy *et al.*, 2000a), en particulier pendant la première moitié de la période de remplissage. Enfin, les expérimentations menées par Barbottin *et al.* (2005) ont montré que les variétés résistantes aux maladies auraient une meilleure capacité à maintenir une bonne efficacité de remobilisation de l'azote en conditions de forte pression de maladies foliaires. Ces résultats demanderaient à être confirmés en mobilisant une plus large gamme de variétés, en particulier celles qui se trouvent être bien adaptées à des faibles apports en azote, comme illustré dans les travaux de Le Gouis *et al.* (2000).

Au-delà du blé, Munier-Jolain et Salon (2005) ont mené une étude sur 18 espèces cultivées pour étudier l'impact d'une modification de la composi-

tion des graines récoltées sur la production. Cette réflexion se fonde sur des calculs théoriques de coûts énergétiques de production des graines et de données de rendement. Une relation négative a été mise en évidence entre la composition des grains et le rendement : les céréales (ex : blé, maïs, riz, orge), dont les grains sont riches en amidon, présentent les rendements les plus élevés, les oléagineux (ex : tournesol, colza, soja) ont les rendements les plus faibles et les protéagineux (ex : lupin, pois), dont le contenu des graines est riche en protéines, ont des rendements intermédiaires. Ces résultats suggèrent des voies de progrès possibles (au plan génétique notamment) pour que les espèces appartenant à la même catégorie (céréales, oléagineux, protéagineux) se positionnent sur les mêmes lignes d'isoproduction⁷ (IP) présentées sur la figure 2, qui constituent en quelque sorte une « limite » éco-physiologique potentiellement accessible.

Pour des critères de qualité des céréales autres que la teneur en protéines pour le blé ou l'orge, ou les composés volatiles pour les riz aromatiques (Gay *et al.*, 2010 ; Nagarajan *et al.*, 2010 ; Mathure *et al.*, 2011), le corpus de connaissances disponibles apparaît plus lacunaire. C'est le cas par exemple de la teneur en mycotoxines des céréales, qui est apparu comme un critère important de qualité sanitaire dans les années 2000 : l'épidémiologie de la fusariose de l'épi du blé et l'effet des pratiques culturales sur le développement de la fusariose et la production associée des toxines fusariennes ont bénéficié de peu de travaux de recherche en agronomie, comme l'indique la synthèse réalisée par Champeil *et al.* (2004). L'absence de relation simple entre la note de maladie à un stade donné et la teneur en mycotoxines analysée dans les grains, montre la difficulté à prévoir ce dernier critère, pourtant pertinent pour discuter de l'usage des grains.

En conclusion, on voit que les processus qui régissent l'élaboration conjointe des quantités et qualités produites par les céréales sont plus ou moins bien élucidés et qu'ils sont sous la dépendance d'un ensemble de facteurs : (i) la génétique (en particulier la variété, l'espèce), (ii) la conduite des cultures (en particulier la fertilisation azotée), (iii)

⁷ Une courbe d'isoproduction donnée exprime une valeur identique prise par le produit entre (i) le coût en carbone de la production d'un gramme de graines et (ii) le rendement.

le milieu (climat, sol, mais aussi les bioagresseurs présents), (iv) et leurs interactions. Ce constat a suscité un ensemble de réflexions relatives à

l'analyse des interactions Génotype x Environnement x Conduite (Cooper et Hammer, 1996 ; Hammer et Jordan, 2007).

Figure 1. Représentation simplifiée du module post-floraison du modèle Azodyn : accumulation de biomasse et d'azote dans les grains de blé (Jeuffroy *et al.*, 2000b)

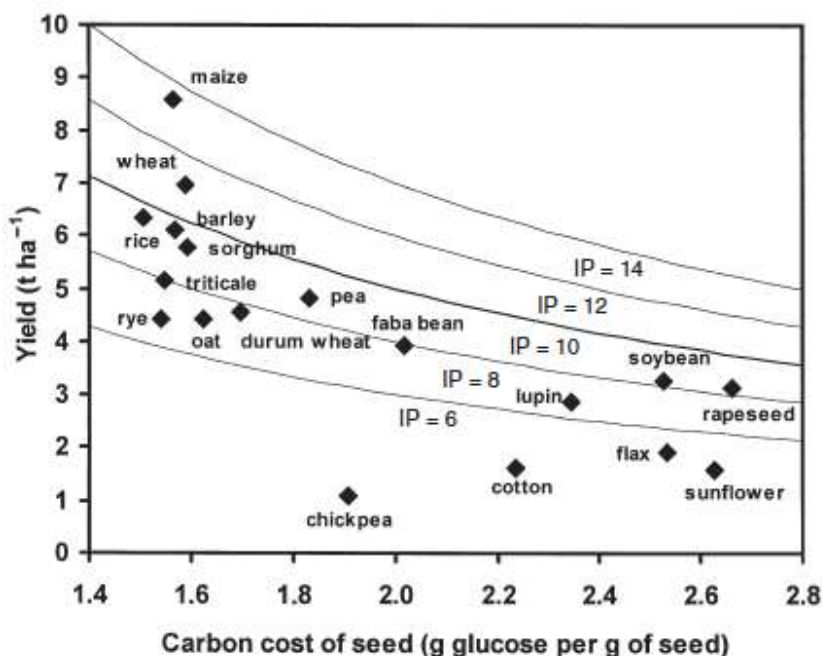
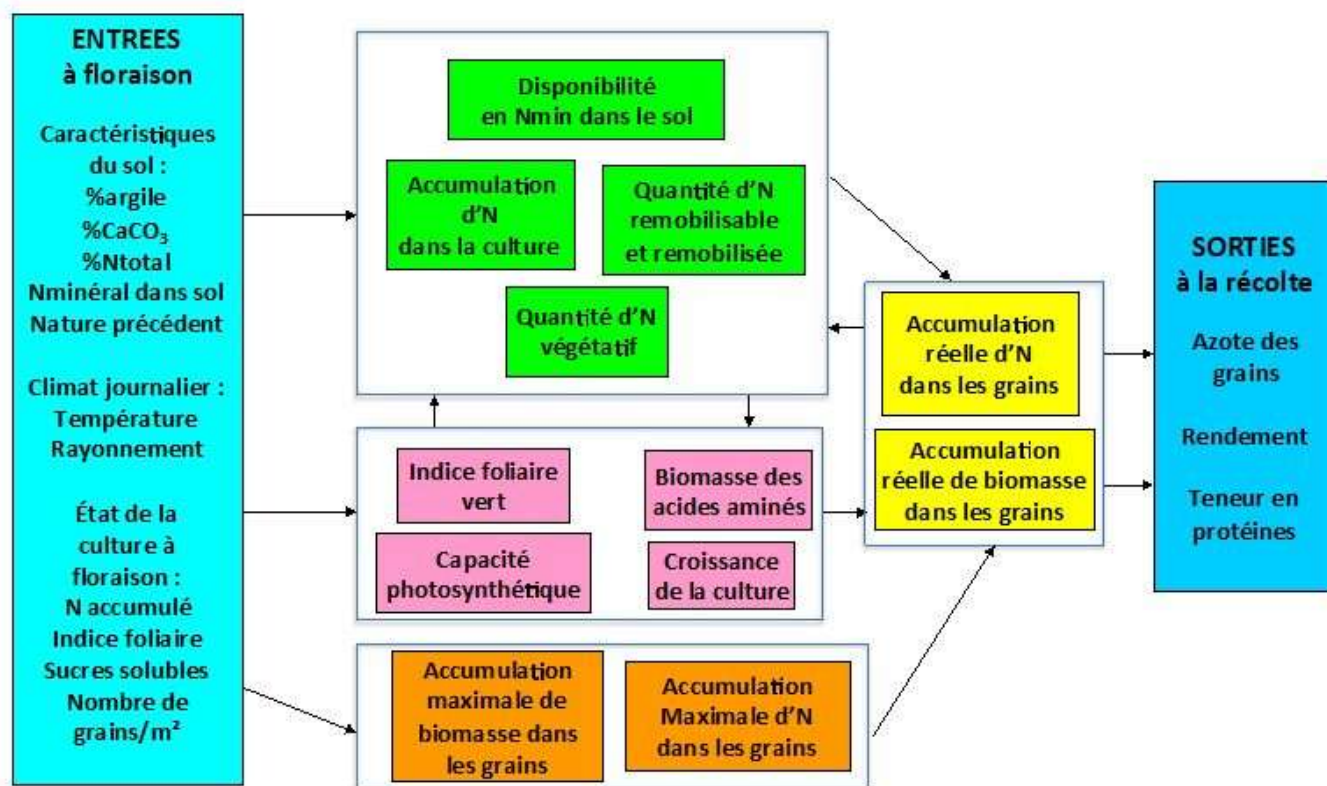


Figure 2. Relation entre le coût en carbone de la production de graines (Carbon cost of seed) pour un ensemble d'espèces et leur rendement (yield) (Munier-Jolain et Salon, 2005).

Maize : maïs ; wheat : blé ; barley : orge ; rice : riz ; sorghum : sorgho ; triticale : triticale ; rye : seigle ; oat : avoine ; durum wheat : blé dur ; pea : pois ; faba bean : féverole ; chickpea : pois chiche ; lupin : lupin ; soybean : soja ; flax : lin ; rapeseed : colza ; sunflower : tournesol

Analyse des effets conjoints du milieu et des systèmes de culture sur la quantité et la qualité des grains produits

Cette analyse s'appuie sur des travaux menés sur des bases de données et des données expérimentales pour (a) caractériser l'évolution temporelle des quantités et qualités produites et (b) sur des diagnostics agronomiques menés à l'échelle d'un réseau de parcelles agricoles dans des petites régions agricoles.

Fan *et al.* (2008) ont mis en évidence une décroissance de la teneur en éléments minéraux (Zn, Cu, Mg, Fe) des grains de blé au cours du temps à partir d'un essai de longue durée (1840-2005) mené au centre de recherches de Rothamsted (Grande-Bretagne). Cette décroissance fait suite à une période de teneur stable en éléments minéraux et débute au milieu des années 60, au moment de l'adoption des variétés à haut potentiel de rendement issues de la révolution verte. Une hypothèse avancée par les auteurs serait que ces variétés favoriseraient la remobilisation des produits de la photosynthèse, au détriment des éléments minéraux. Cette tendance à la décroissance des teneurs en éléments minéraux a également été observée aux Etats-Unis (Garvin *et al.*, 2006 ; Murphy *et al.*, 2008).

Trottet et Doussinault (2002) ont caractérisé l'évolution conjointe des rendements et des teneurs en protéines au cours du temps, sur une période allant de 1945 à 1995, à partir des résultats des essais « variétés » du Comité Technique Permanent de la Sélection (CTPS). Sur le pas de temps retenu pour cette étude, les auteurs ont montré que l'augmentation des rendements s'est accompagnée d'une diminution de la teneur en protéines, en moyenne pour le panel de variétés considérées. Notons toutefois que la teneur en protéines, initialement, n'était pas retenue comme critère d'inscription des variétés au catalogue variétal. Ainsi, alors que l'aptitude à la panification a été considérée, depuis longtemps, comme un objectif de sélection, et un critère d'inscription, important dans les années 1970-1990, la teneur en protéines des blés a, dans la même période, chuté dans les nouvelles variétés inscrites, faute de prise en compte de ce critère lors de l'inscription.

Depuis cette étude, quels sont les éléments nouveaux dont on dispose sur le sujet ? Brisson *et al.* (2010) ont mis en évidence une augmentation des rendements moyens français du blé puis une stagnation à partir du milieu des années 1990 (Figure 3). Les auteurs attribuent cette stagnation au changement climatique, qui occasionne notamment des températures élevées en fin de cycle pénalisant le remplissage des grains en biomasse, et donc le rendement. Toutefois, ils n'écartent pas l'hypothèse d'un effet des pratiques culturales, en particulier le développement de successions de cultures céréalières qui incluent moins de légumineuses et davantage de colza et de blés sur blés, à partir du début des années 2000 (Marcuola *et al.*, 2010). Cet effet du climat est plutôt favorable à la teneur en protéines des grains, d'une part parce que le métabolisme azoté est moins perturbé par des températures élevées que le métabolisme carboné, et d'autre part pour des raisons de concentration de l'azote accumulé dans les grains dans une plus faible quantité de C accumulé dans les grains. Il serait intéressant de conduire une étude similaire relative à l'évolution des teneurs en protéines des grains au cours du temps.

Comme signalé par Newton *et al.* (2011) dans leur synthèse bibliographique, les études relatives aux effets du changement climatique sur la qualité sont plus rares que celles menées sur le rendement. Une méta-analyse de l'effet de l'augmentation de CO₂ sur la qualité des produits récoltés de différentes cultures (à partir de données expérimentales) a été réalisée par Taub *et al.* (2008). La teneur en protéines des grains récoltés diminue quand les plantes sont cultivées à des concentrations de CO₂ élevées, qui correspondent aux projections du GIEC pour 2100 (540–958 $\mu\text{mol mol}^{-1}$), par comparaison aux valeurs ambiantes (315–400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$). Dans le cas des céréales (blé, orge et riz), la diminution de la teneur en protéines est de 10–15%. Cette baisse serait due à une diminution de l'azote contenu dans les feuilles (remobilisé ensuite dans les grains), qui résulterait d'une réduction des concentrations de Rubisco, enzyme clé permettant la fixation du CO₂.

Par ailleurs, Kettlewell *et al.* (1999) ont montré comment les variations climatiques, exprimées en terme d'oscillation Nord-Atlantique ont contribué à diminuer l'indice de chute de Hadberg du blé (critère de qualité du blé pour la panification) en

Grande-Bretagne entre 1972 et 1996. Ces mauvais résultats qualitatifs ont entraîné une augmentation des importations de blé pour la meunerie

(passage de 25% à 45% du volume de blé importé d'une année favorable à une année défavorable).

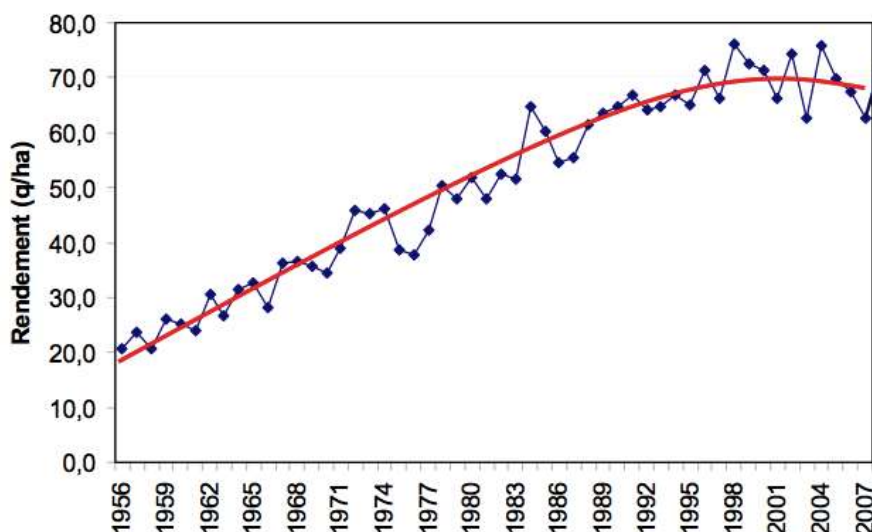


Figure 3. Evolution temporelle du rendement moyen du blé en France (Brisson et al., 2010)

Diagnostic régional de la variabilité des rendements et de la qualité

Cas de la production d'orge de brasserie à l'échelle d'un bassin d'approvisionnement

Dans le cas de l'orge de brasserie, l'objectif visé est une teneur en protéines relativement basse, inférieure à 11,5%, avec un optimum situé autour de 10%. Un diagnostic agronomique, réalisé en Picardie sur une soixantaine de parcelles agricoles pendant trois ans (Le Bail et Meynard, 2003), a montré une grande variabilité, sans tendance notable entre elles, du rendement (25 à 90 q/ha) et de la teneur en protéines des grains (7.7 à 12.6%). Trois composantes expliquent ces variations : l'azote absorbé par la culture, l'efficacité de l'azote pour le nombre de grains et le poids de mille grains. Ces trois composantes ont été particulièrement perturbées par la compaction du sol dans un nombre non négligeable de parcelles, par une fertilisation azotée pas toujours adaptée aux besoins de la culture et par une infestation de piétin échaudage, perturbant également la nutrition hydrique de la culture. En conclusion, ces auteurs ont émis des recommandations techniques permettant de maximiser les chances d'obtenir un rendement élevé et une teneur en protéines dans la gamme requise par les utilisateurs : choix de parcelles dont la réserve utile n'est pas trop faible,

choix de modalité de travail du sol et de date de semis évitant un tassement du sol, raisonnement plus adapté de la fertilisation azotée.

Cas du blé cultivé en agriculture biologique en région Rhône-Alpes

Un diagnostic agronomique en parcelles d'agriculteurs a permis de montrer que (a) ces situations sont marquées par des facteurs limitants fréquents et variés (principalement la compétition des adventices, les carences azotées, et le stress hydrique), qui empêchent la bonne valorisation des engrais azotés épandus, et que (b) l'azote est l'un des facteurs limitant les plus fréquents de la production (David et al., 2005a). De plus, les systèmes biologiques céréaliers sans élevage, qui sont en expansion en France (David et al., 2004) sont confrontés à une disponibilité réduite en azote sur l'exploitation et au coût élevé des engrais organiques. Ils sont souvent peu fertilisés, ce qui accroît le risque de carences azotées dans ces parcelles. Dans ces systèmes, l'utilisation du modèle Azodyn-Org a été testée pour proposer des stratégies de fertilisation azotée permettant d'accroître la teneur en protéines des grains (souvent trop basse en conditions biologiques) et d'optimiser la rentabilité économique des engrais apportés (David et al., 2005b). En particulier, sur la base de la mise en évidence d'une minéralisation rapide des engrais organiques fréquemment ap-

portés, les auteurs ont montré l'intérêt d'apports tardifs d'azote, jusqu'à présent peu recommandés par la filière.

Un second diagnostic a été mis en œuvre sur un réseau de parcelles agricoles de blé biologique dans la même région pour expliquer l'origine des variations observées de la teneur en protéines (7.8 – 15.9%) (Casagrande *et al.*, 2009). Les mêmes facteurs limitants sont apparus significatifs : nutrition azotée et compétition des adventices, ainsi que la variété et les facteurs climatiques post-floraison. La mise en relation de ces facteurs avec les pratiques culturales a amené ces auteurs à recommander un choix variétal tenant davantage compte de la capacité à accumuler des protéines, le choix d'un précédent cultural libérant davantage d'azote (légumineuse) ou l'insertion d'une légumineuse fourragère comme plante de service accompagnant la céréale pendant une partie de son cycle, l'évitement de dates de semis tardives induisant des conditions défavorables de remplissage des grains.

Cas du blé cultivé en agriculture biologique dans la région Ile de France

Champeil (2004) a mené un diagnostic agronomique régional sur un réseau de 27 parcelles de blé biologique pour tenter d'identifier les éléments des systèmes de culture à l'origine des différences de contamination en toxines fusariennes. Ce diagnostic n'a que partiellement permis d'aboutir au résultat escompté. Si le manque de connaissances *a priori* sur le système étudié (évoqué en partie 1) s'est révélé être un handicap, cette expérience a mis en évidence la dépendance de l'efficacité de la démarche vis-à-vis de la distribution de la variable que l'on cherche à expliquer. La variable étudiée (taux de mycotoxines dans les grains de blé) suit en effet une loi de type log-normale décroissante avec un niveau seuil, au-delà duquel le blé est difficilement commercialisable. Dans le diagnostic réalisé, le nombre de parcelles comprenant des teneurs élevées en mycotoxines était très restreint, ce qui génère un accroissement très important des risques de confusion d'effet, et ce d'autant plus que le dispositif mis en place était uniquement fondé sur les parcelles d'enquêtes en exploitations agricoles. Faire un diagnostic régional revient ici à identifier les effets principaux des pratiques agricoles responsables

des teneurs dépassant le seuil de commercialisation (Doré *et al.*, 2007).

Quels enseignements tirer de cette analyse, au-delà des exemples présentés, pour lesquels des recommandations ont été formulées ? Comment mobiliser les connaissances en écophysiologie pour faire évoluer les systèmes de culture en vue de concilier quantité et qualité ? La troisième partie aborde des exemples de travaux allant dans ce sens.

Exemples de travaux menés pour faire évoluer les systèmes de culture afin de concilier quantité et qualité

Choix variétal et gestion de la fertilisation azotée : des leviers souvent mobilisés

Le choix variétal est un levier généralement déjà mis en œuvre par les agriculteurs pour atteindre les objectifs de qualité visés. Par exemple, pour des débouchés alimentaires, les blés classés Blés Panifiables Supérieurs (BPS) ou Blés Améliorants ou de Force (BAF) sont privilégiés. Dans une analyse de la variabilité génétique du couple rendement-teneur en protéines, Oury *et al.* (2003) ont montré qu'il existait une relation négative entre ces deux variables, pour un panel de variétés donné, et que certaines variétés présentaient des caractéristiques de qualité remarquables, caractérisées par un écart positif à la régression (c'est-à-dire une teneur en protéines plus élevée que la moyenne des autres variétés, pour un même niveau de rendement). Sur la base de cette relation, les écarts à la régression "rendement - teneur en protéines" sont pris en compte, depuis 2006, à l'inscription pour attribuer des bonus aux lignées qui, à rendement égal, obtiennent une teneur en protéines significativement plus élevée. Récemment, l'analyse de cette relation en fonction de la variabilité des dates du dernier apport d'azote (variable en termes de stade, selon les variétés, au sein d'un essai variété) a montré que l'écart à la régression était un indicateur suffisamment robuste pour ne pas être perturbé par des décalages de stade d'apport d'azote entre variétés (Jeuffroy *et al.*, 2011) (Figure 4).

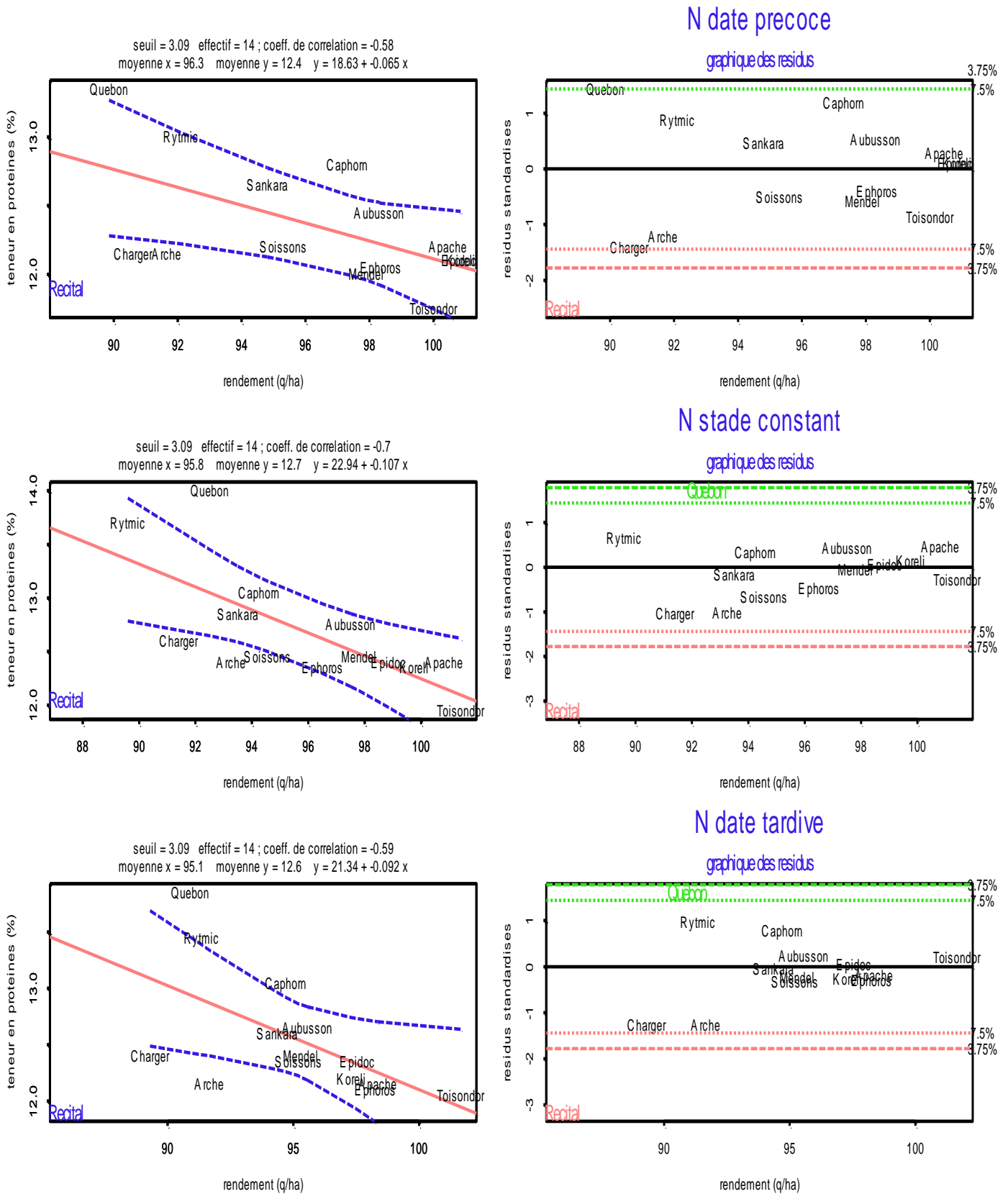


Figure 4. Relation entre le rendement et la teneur en protéines des grains de différentes variétés pour différentes stratégies de dates de troisième apport d’engrais N (figures de gauche) et écarts à la régression calculés sur les moyennes de 8 essais menés en 2007 et 2008 (figures de droite) (Jeuffroy et al., 2011)

Mais, même pour des variétés à haute teneur en protéines, il est souvent nécessaire de bien adapter la fertilisation azotée pour atteindre un objectif de qualité élevé. Ainsi, le troisième apport d'engrais azoté sur blé, réalisé autour du stade gonflement pour être principalement absorbé après floraison et enrichir les grains en azote, est de plus en plus fréquemment appliqué (Rabaud, 2005 ; Agreste, 2011). Cependant, les conditions climatiques à cette période ne sont pas toujours favorables à une bonne valorisation de cet engrais, induisant parfois de forts reliquats d'azote minéral à la récolte. Comme nous l'avons vu précédemment, la teneur en protéines ne se gère pas seulement par des pratiques adaptées autour de la floraison, mais par un raisonnement global de la fertilisation azotée, tout au long du cycle. En utilisant le modèle Azodyn, des stratégies de fertilisation azotée nouvelles, basées sur la maximisation de l'efficacité d'utilisation de l'azote grâce à des apports réalisés à des périodes de besoins en azote importants de la culture et de croissance rapide, ont été testées et montrent que l'on peut obtenir un rendement et une teneur en protéines élevées, tout en minimisant les pertes vers l'environnement (Meynard *et al.*, 2002). Ces stratégies reposent, selon les conditions parcellaires, sur la suppression du 1^{er} apport, le décalage du 2nd et du 3^{ème} apport vers des dates plus tardives, la modification de l'équilibre des doses entre 2nd et 3^{ème} apports.

Une technique efficace pour accroître la teneur en protéines des grains de céréales, en réduisant le recours à la fertilisation azotée, est la culture d'associations céréales-légumineuses. De nombreuses études montrent que, pour des apports d'engrais azoté faibles (voire nuls) sur cette association de cultures, la teneur en protéines du blé peut être accrue de 1 à 2 points (Jensen, 1996). Cette association de cultures permet donc d'atteindre des niveaux de quantité et de qualité satisfaisants, tout en réduisant les pertes vers l'environnement et en réduisant les coûts économiques. Cette technique est d'ores et déjà mobilisée en Agriculture Biologique.

Enfin, au plan nutritionnel, une forte variabilité des teneurs en éléments minéraux dans les grains a été observée en Chine sur 260 génotypes de blé cultivés (Zhang *et al.*, 2010), ouvrant ainsi la voie à une sélection de variétés de blé présentant de

fortes teneurs en éléments minéraux. Des travaux sont également menés pour caractériser la variabilité génétique en matière de présence d'arabinoxylanes, composés présents dans les parois cellulaires de l'endosperme des grains de blé (Charmet *et al.*, 2009) et qui ont des effets bénéfiques sur la santé humaine (diminution du mauvais cholestérol, effet favorable sur la flore du colon).

Conception et évaluation d'itinéraires techniques et de systèmes de culture

A terme, et pour répondre aux exigences du développement durable, les environnements explorés par les cultures de céréales pourraient être moins artificialisés par les intrants, compte tenu des évolutions réglementaires (en particulier, le plan EcoPhyto 2018, qui prévoit une réduction de 50% de l'utilisation des produits phytosanitaires), de l'augmentation du coût des engrais azotés, de la raréfaction prévisible de l'énergie fossile, largement mobilisée pour la fabrication des engrais azotés, et des exigences de réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), liés pour une large part à la fertilisation azotée appliquée. Dans ces situations, le raisonnement de la fertilisation azotée et du choix variétal devra tenir compte des objectifs de qualité visés, sous peine de mettre en cause les débouchés prévus.

Dans ce sens, des itinéraires techniques à bas niveau d'intrants (semences, fertilisation azotée, fongicides et régulateurs de croissance) ont été mis au point, et testés sur un large réseau de parcelles agricoles, attestant de la possibilité de mettre en œuvre ces techniques innovantes sans remettre en cause l'atteinte des objectifs conjoints de quantité et de qualité, au bénéfice de l'environnement (Loyce *et al.*, 2012). Une adaptation précise de la fertilisation azotée a cependant dû être réalisée, pour garantir l'atteinte de teneurs en protéines satisfaisantes pour les utilisateurs.

Testés sur une longue période (12 ans), des systèmes de culture alternatifs (bas niveau d'intrants ou sans travail du sol) n'ont pas présenté de variabilité accrue du rendement par rapport au système de culture conventionnel, excepté pour le système en agriculture biologique sans apport d'azote organique exogène (Smith *et al.*, 2007).

Par ailleurs, les associations variétales apparaissent comme une technique intéressante pour ac-

croître et stabiliser la teneur en protéines des grains de blé, tout en maintenant un niveau de rendement élevé (Belhadj Fraj, 2003). En effet, en conduite de culture intégrée, grâce à leur efficacité pour résister contre les maladies aériennes, et à la complémentarité des systèmes racinaires des variétés qui composent le mélange, ces associations valorisent davantage l'azote apporté et permettent d'atteindre des teneurs en protéines plus élevées, de 0.54 points en moyenne sur le réseau de parcelles agricoles testé dans ce travail (Figure 5).

Parmi les techniques alternatives d'intérêt, notamment en Agriculture Biologique, l'implantation d'une légumineuse culture de service en relais

dans un blé déjà bien développé semble une alternative intéressante pour apporter de l'azote dans le système et pour favoriser la maîtrise des mauvaises herbes, notamment pendant l'interculture. Cependant, les premiers résultats sur de tels systèmes testés en France montrent que, si le rendement du blé est très rarement affecté par la compétition exercée par la légumineuse, la teneur en protéines est plus souvent réduite (Amossé et al., communication personnelle sur travaux en cours). Des travaux supplémentaires sont donc nécessaires pour identifier les conditions favorables à l'expression des services rendus par la légumineuse et à l'atteinte d'un rendement et d'une teneur en protéines élevés pour le blé.

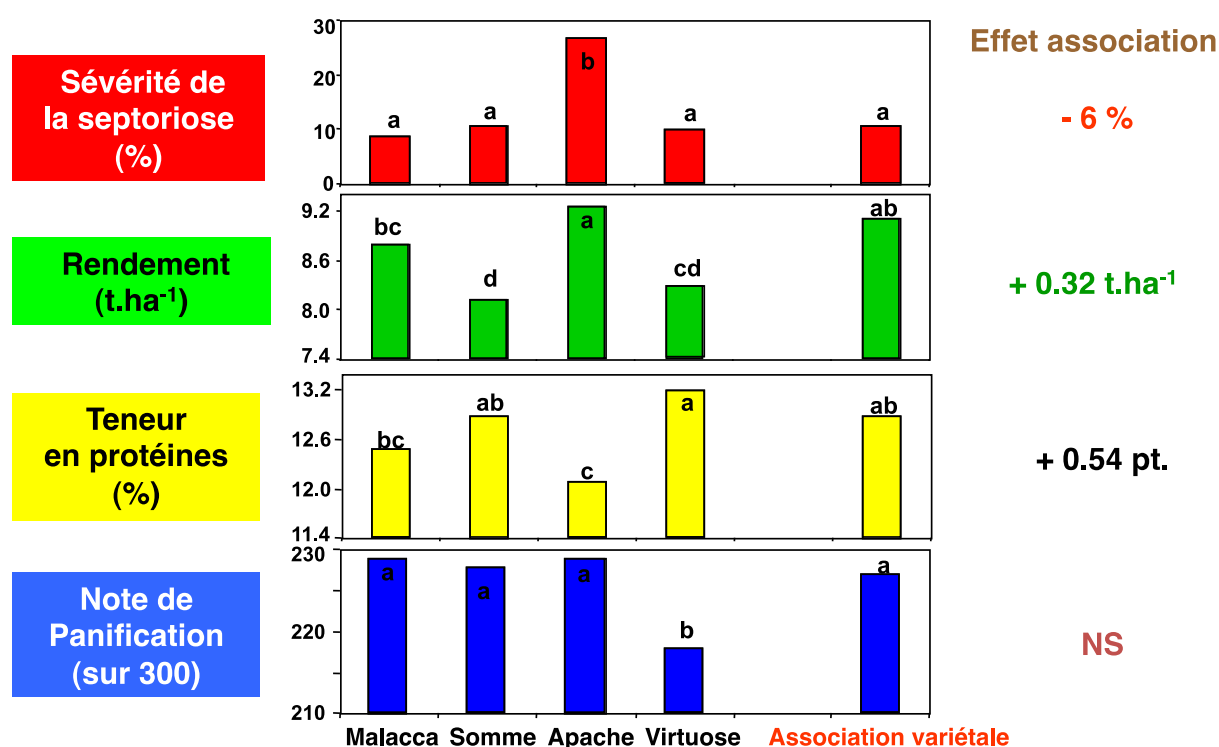


Figure 5. Effet des variétés de blé cultivées en peuplement purs et en associations sous conduite à bas niveaux d'intrants sur la sévérité de la septoriose, le rendement, la teneur en protéines et la note de panification. Résultats issus de deux années sur 19 parcelles et 190 ha (Belhadj Fraj, 2003).

Conclusion

Beaucoup de travaux de recherche ont été réalisés en agronomie sur le blé tendre d'hiver et sur la relation entre le rendement et la teneur en protéines des grains, en réponse à une demande forte des différents débouchés en matière de protéines (pour la panification, mais aussi l'amidonnerie et l'alimentation animale). Les résultats de ces études indiquent que le rendement et la qualité ne sont pas toujours antagonistes et que des

différences variétales peuvent être valorisées. Un ensemble de leviers techniques a également été identifié pour concilier rendement et teneur en protéines. Actuellement, ces résultats se sont traduits par des modifications sensibles des pratiques agricoles en France, comme l'augmentation des stratégies de fertilisation azotée fondées sur le fractionnement en trois apports. Plus récemment les pratiques d'inscription des variétés en France ont également évolué, avec l'octroi d'un bonus pour les variétés qui s'écartent de la rela-

tion antagonique entre le rendement et la teneur en protéines.

Pour les cultures oléagineuses en grandes cultures (colza, tournesol), les relations entre production quantitative et qualitative sont différentes (Champolivier *et al.*, 2011). D'une part, il est possible de concilier rendement et teneur en huile car ces critères évoluent dans le même sens. D'autre part, une fertilisation azotée excessive peut pénaliser la teneur en huile du colza ou du tournesol sans entraîner d'augmentation du rendement.

A terme, il serait intéressant de développer des travaux de recherche en agronomie sur la conception de conduites de blés à haute valeur nutritionnelle (à la fois riches en protéines, minéraux et micro-nutriments), en complément des travaux initiés sur le sujet en génétique et en sciences des procédés (sur l'itinéraire technologique des industries céréalières). De même, les relations entre quantités et qualités produites par les céréales pour des valorisations non alimentaires (chimie verte, biomasse pour la production d'énergie) posent de nouvelles questions. Ces valorisations peuvent en effet concerner la plante entière ou les pailles : peu de références sont aujourd'hui disponibles sur les quantités produites tandis que les critères de qualité sont en cours de construction pour certaines filières émergentes ou encore peu étudiés (comme le contenu en lignine des pailles par exemple).

Enfin, deux mouvements sont actuellement à l'œuvre : des marchés céréaliers caractérisés par des demandes croissantes en quantité et qualité, et les évolutions pressenties vers des modes de production tournés vers l'agroécologie, avec notamment le souhait d'incorporer la diversité végétale, du spatial au temporel (associations, mosaïques, cultures relais, rotations). Quelle dialectique créer entre ces deux mouvements ? Seront-ils redevables de deux segments de valorisation des céréales distincts ou complémentaires, comme évoqué par Abecassis et Bergez (2009), avec d'un côté, des marchés plus centrés sur les volumes (par exemple à l'export), et de l'autre des filières plus locales avec des demandes de qualité spécifique et des modes de production respectueux de l'environnement ?

Bibliographie

Abecassis, J., Bergez, J.E, Aizac, B., Charcosset, A., Dedryver, C.A., Grefeuille, V., Jacquet, F., Jez, C., Lessire, M., Rastouin, J.L., Rousset, M., 2011. *Les filières céréalières. Organisation et nouveaux défis*. INRA. Editions QUAE, 165 p.

Agreste, 2011. Enquêtes pratiques culturales 2006. Superficies en blé tendre selon le nombre d'apports d'azote minéral. www.agreste.agriculture.gouv.fr (consulté le 12/09/11).

Barbottin, A., Lecomte, C., Bouchard, C., Jeuffroy, M.H., 2005. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: genotypic and environmental effects. *Crop science*, 45, 1141-1150.

Bedoussac, L., Justes, E., 2010. The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth. *Plant and Soil*, doi 10.1007/s11104-009-0082-2.

Belhadj Fraj, M., 2003. *Évaluation de la stabilité et la faisabilité des associations variétales de blé tendre d'hiver à destination meunière en conditions agricoles*. Thèse de doctorat, ENSAR, Rennes 120 p.

Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., Ripoche, D., Zimmer, D., Sierra, J., Bertuzzi, P., Burger, P., Bussièrre, F., Cabidoche, Y.M., Cellier, P., Debaeke, P., Gaudillère J.P., Hénault, C., Maraux, F., Seguin, B., Sinoquet, H., 2003. An overview of the crop model STICS. *European journal of agronomy*, 18, 309-332.

Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.X., Huard, F., 2010. Why are wheat stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research*, 119, 201-212.

Casagrande, M., David, C., Valantin-Morison, M., Jeuffroy, M.H., 2009. Factors limiting the grain protein content of organic winter wheat in Southeastern France: a mixed-model approach. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 565-574.

Champeil, A., 2004. *Contribution à la compréhension des effets des systèmes de culture sur l'infection des cultures de blé tendre d'hiver par la fusariose et la contamination des grains par les mycotoxines associées*. Thèse, INA P-G, 132 p + annexes.

Champeil, A., Doré, T., Fourbet, J.F., 2004. *Fusarium head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by Fusarium in wheat grains*. *Plant Science*, 166, 1389-1415.

Champolivier, L., Debaeke, P., Thibierge, J., Dejoux, J.-F., Ledoux, S., Ludot, M., Berger, F., Casadebaig, P., Jouffret, P., Vogrincic, C., Lecomte, V., Merrien, A., Mestries, E., Thiard, J., Noël, M., Caumes, E., Edeline, T., Provot, M., 2011. Construire des stratégies de production adaptées aux débouchés à l'échelle du bassin de collecte. *Innovations Agronomiques*, 14, 39-57.

Charmet, G., Massood-Quaraishi, U., Ravel, C., Romeuf, I., Balfourier, F., Perretant, M.R., Joseph, J.L., Rakszegi, M.,

- Guillon, F., Sado, P.E., Bedo, Z., Saulnier, L., 2009. Genetics of dietary fibre in bread wheat. *Euphytica*, 170, 155-168.
- Cooper M., Hammer G.L., 1996. Synthesis of strategies for crop improvement. In: Cooper, M., Hammer, G.L. (Eds.), *Plant Adaptation and Crop Improvement*. CAB International, ICRISAT and IRRI, 591-623.
- David, C., Viaux, P., Meynard, J.M., 2004. Les enjeux de la production de blé tendre biologique en France. *Le Courrier de l'Environnement*, 51, 43-53.
- David, C., Jeuffroy, M.H., Henning, J., Meynard, J.M., 2005a. Yield variation in organic winter wheat: a diagnostic study in the Southeast of France. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 213-223.
- David, C., Jeuffroy, M.H., Laurent, F., Mangin, M., Meynard, J.M., 2005b. The assessment of a decision-making tool for managing nitrogen fertilization of organic winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 23, 225-242.
- Doré, T., Clermont-Dauphin, C., Crozat, Y., David, C., Jeuffroy, M.H., Loyce, C., Makowski, D., Malézieux, E., Meynard, J.M., Valantin-Morison, M., 2008. Methodological progress in regional agronomic diagnosis. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 151-161.
- Fan, M.S., Zhao, F.J., Fairweather-Tait, S.J., Poulton, P.R., Dunham, S.J., McGrath, S.P., 2008. Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of trace elements in medicine and biology*, 22, 315-324.
- Gay, F., Maraval, I., Roques, S., Gunata, Z., Boulanger, R., Audebert, A., Mestres, C., 2010. Effect of salinity on yield and 2-acetyl-1-pyrroline content in the grains of three fragrant rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in Camargue (France). *Field crops research*, 117, 145-160.
- Garvin, D.F., Welch, R.M., Finley, J.W., 2006. Historical shifts in the seed mineral content micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. *J. Sci. Food. Agric*, 86, 2213-2220.
- Godon, J.J., 1981. Le pain. *Pour la science*, 50.
- Hammer G.L, Jordan D, 2007. Modelling for innovation in design and construction of crop production systems. In: Farming Systems Design 2007, *Int. Symposium on Methodologies on Integrated Analysis on Farm Production Systems*, M. Donatelli, J. Hatfield, A. Rizzoli Eds., Catania (Italy), 10-12 September 2007, book 1 - Farm-regional scale design and improvement, 10-11.
- Jensen, E.S., 1996. Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant Soil*, 182, 25-38.
- Jeuffroy, M.H., Recous, S., 1999. Azodyn: a simple model simulating the date of Nitrogen deficiency. *European Journal of Agronomy*, 10, 129-144.
- Jeuffroy, M.H., Barré, C., Bouchard, C., Demotes-Mainard, S., Devienne-Barret, F., Girard, M.L., Recous, S., 2000a. Fonctionnement d'un peuplement de blé en conditions de nutrition azotée sub-optimale. In: *Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnementales*, R. Bonhomme and P. Maillard (Eds), INRA, Paris, Les Colloques n°93, 289-304.
- Jeuffroy, M.H., Girard, M.L., Barré, C., 2000b. Qualité du blé tendre : comprendre et prévoir la teneur en protéines des grains. *Perspectives agricoles*, 261, 24-31.
- Jeuffroy, M.H., Burger, P., Gauffreteau, A., Lecomte, C., Oury, F.X., Beaufumé, J.F., Philippe Lonnet, P., Margalé, E., Sénellart, P., Olivier, A., 2011. Méthodes pour sélectionner des variétés de blé tendre adaptées aux situations de disponibilité en azote limitante. In: *Synthèse des programmes de recherche FSOV*, Actes de la rencontre scientifique, sous presse.
- Keating, B.A., Carberry, P.S., Bindraban, P.S., Asseng, S., Meinke, H., Dixon, J., 2010. Eco-efficient agriculture: concepts, challenges, and opportunities. *Crop Science*, 50, 109-119.
- Kettlewell, P.S., Sothorn, R.B., Koukkari, W.L., 1999. UK wheat quality and economic value are dependent in the North Atlantic oscillation. *Journal of Cereal Science*, 29, 205-209.
- Le Gouis, J., D. Beghin, E. Heumez, and P. Pluchard. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen use efficiency in winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 12, 163-173.
- Le Bail, M., 1997. *Maîtrise de la qualité des céréales à l'échelle du bassin d'approvisionnement d'une entreprise de collecte-stockage. Approche agronomique*. Thèse, INA P-G, 236 p + annexes.
- Le Bail, M., Meynard, J.M., 2003. Yield and protein concentration of spring malting barley: the effects of cropping systems in the Paris Basin. *Agronomie*, 23, 13-27.
- Loyce, C., Meynard, J.M., Bouchard, C., Rolland, B., Lonnet, P., Bataillon, P., Bernicot, M.H., Bonnefoy, M., Charrier, X., Debote, B., Demarquet, T., Duperrier, B., Félix, I., Heddadj, D., Leblanc, O., Leleu, M., Mangin, P., Méausoone, M., Dous-sinault, G., 2012. Growing winter wheat cultivars under different management intensities in France: a multicriteria assessment based on economic, energetic and environmental indicators. *Field crops research*, 125, 162-178. doi:10.1016/j.fcr.2011.08.007.
- Marcuola, F., Mignolet, C., Schott, C., Mari, J.F., 2010. *Organisation spatiale des successions culturales en France entre 1992 et 2009*. Projet ANR POPY. Livrable. 20 pages + annexes.
- Martre, P., Jamieson, P.D., Semenov, M.A., Zyskowski, R.F., Porter, J.R., Triboi, E., 2006. Modelling protein content and composition in relation to crop nitrogen dynamics for wheat. *European Journal of Agronomy*, 25, 138-154.
- Mathure, S., Shaikh, A., Renuka, N., Wakte, K., Jawali, N., Thengane, R., Nadaf, A., 2011. Characterisation of aromatic rice (*Oryza sativa* L.) germplasm and correlation between their agronomic and quality traits. *Euphytica*, 179, 237-246.
- Meynard, J.M., Cerf, M., Guichard, L., Jeuffroy, M.H., Makowski, D., 2002. Nitrogen, Decision Support and Environmental Management. *Agronomie*, 22, 817-829.

Munier-Jolain N, Salon C, 2005. Are the carbon costs of seed production related to the quantitative and qualitative performances? An appraisal for legumes and other crops. *Plant, cell and environment*, 28, 1388-1395.

Murphy, K.M., Reeves, P.G., Jones, S.S., 2008. Relationship between yield and mineral nutrient concentrations in historical and modern spring wheat cultivars. *Euphytica*, 163, 381-390.

Nagarajan, S., Jagadish, S.V.K., Prasad, A.S.H., Thomar, A.K., Anand, A., Pal, M., Agarwal, P.K., 2010. Local climate affects growth, yield and grain quality of aromatic and non-aromatic rice in northwestern India. *Agriculture, ecosystems and environment*, 138, 274-281.

Newton, A.C., Johnson, S.N., Gregory, P.J., 2011. Implications of climate change for diseases, crop yields and food security. *Euphytica*, 179, 3-18.

Oury, FX., Bérard, P., Brancourt-Hulmel, M., Depatureaux, C., Doussinault, G., Galic, N., Giraud, A., Heumez, E., Lecomte, C., Pluchard, P., Rolland, B., Rousset, M., Trottet, M. 2003. Yield and grain protein concentration in bread wheat: a review and a study of multi-annual data from a French breeding program. *Journal of Genetic and Breeding*, 57, 59-68.

Rabaud, V., 2005. *L'ajustement de la fertilisation azotée en pointe dans les grandes exploitations. Gestion de l'azote sur le blé : une affaire de spécialistes*. Agreste primeur, 159, 4 p.

Smith, R.G., Menalled, F.D., Robertson, G.P., 2007. Temporal yield variability under conventional and alternative management systems. *Agronomy Journal*, 99, 1629-1634.

Taub, D.R., Miller, B., Allen, H., 2008. Effects of elevated CO₂ on the protein concentrations of food crops: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 14, 565-575.

Trottet, M., Doussinault, G., 2002. Analyse du progrès génétique chez le blé tendre au cours du XX^e siècle. *Le Sélectionneur Français*, 53.

Zhang, Y., Song, Q., Yan, J., Tang, J., Zhao, R., Zhang, Y., He, Z., Zou, C., Ortiz-Monasterio, I., 2010. Mineral nutrient concentrations in grains of Chinese wheat cultivars. *Euphytica*, 174, 303-313.

Nouvelles structurations et fonctionnement des bassins de production alimentaire

Analyse et conception des systèmes de production végétale à l'échelle des bassins d'approvisionnement agro-alimentaires

Analysis and design of crop production systems at the agro-food supply area scale

Marianne Le Bail * & Pierre Yves Le Gal**

*AgroParisTech, UMR 1048, 16 rue Claude Bernard 75231 cedex 05, France - lebaill@agroparistech.fr

**Cirad, UMR 0951, 73 Av. J-F. Breton, F-34398 Montpellier

Résumé

Comme pour les questions environnementales, la gestion des productions agricoles requiert l'analyse du fonctionnement d'un territoire, ici le bassin d'approvisionnement agro-alimentaire, pour le diagnostic et la conception de nouvelles organisations de la production adaptées aux évolutions des demandes et des ressources. On montre que la simple somme des comportements individuels des agriculteurs et des utilisateurs de leurs récoltes ne suffit pas à dégager des solutions durables. L'article illustre les outils et les méthodes de l'agronome pour l'analyse de ces systèmes d'approvisionnement dans leurs trois composantes complémentaires : les composantes physiques et agricoles des bassins d'approvisionnement ; les stratégies, objectifs et ressources des entreprises qui en constituent les acteurs ; les outils et dispositifs de coordination qui les organisent et contribuent à l'atteinte de leurs objectifs. Deux études de cas illustrent l'intérêt de ces démarches interdisciplinaires pour l'aide à la décision des acteurs privés ou publics.

Mots-clés : territoire, bassin d'approvisionnement agro-alimentaire, qualité, conception, scénario, modélisation.

Abstract

Both environmental and food issues require to address crop production management at the territory scale, here the supply area of agro-food chains, for the diagnosis and the design of new organizations adapted to the changes of food demand and environmental and socioeconomic resources. It is shown that simply summing farmers' and processors' individual behavior is not sufficient to design sustainable solutions. The article illustrates the concepts and methods used by agronomists for analyzing these supply systems

based on three complementary components: physical and agricultural components of the supply area; strategies, objectives and resources of the stakeholders (farmers and firms) interacting in the supply area; coordination tools and devices for achieving common objectives. Two case studies illustrate the relevance of these concepts and methods for understanding and supporting decision-making of private or public stakeholders in the case of the supply of sugarcane mill and the coexistence of genetically modified (GM) and non-GM production respectively.

Key words : territory, agro-food supply area, quality, conception, scenario, modeling.

Introduction

Classiquement, les agronomes s'appuient sur une définition des objectifs de production à l'échelle de l'exploitation agricole et sur leur déclinaison à la parcelle pour finaliser la conception de nouveaux systèmes de culture. L'objectif de cet article est de montrer pourquoi et comment l'analyse du fonctionnement des bassins d'approvisionnement des filières utilisatrices des récoltes des agriculteurs est utile au diagnostic et à la conception de nouveaux systèmes de production. En première analyse, nous désignons ici sous le terme de bassin d'approvisionnement d'une entité (usine, organisme de collecte, ville, etc.) le périmètre, éventuellement fluctuant dans le temps, dans lequel les agriculteurs qui approvisionnent l'entité, produisent la ou les cultures qui fait (font) l'objet de l'échange. On verra d'abord pour quelles questions de telles analyses de l'environnement des exploitations d'un territoire donné sont nécessaires avant de faire des propositions conceptuelles et méthodologiques pour mener à bien ces analyses, avant de présenter deux cas d'application et une discussion.

Pourquoi et pour quelles questions a-t-on besoin d'une analyse à l'échelle d'entités combinant les décisions et les choix techniques des agriculteurs et des utilisateurs des récoltes ?

L'analyse des bassins d'approvisionnement agro-alimentaires part du constat que la simple agrégation des comportements individuels des agriculteurs et des utilisateurs des récoltes dans ces territoires ne permet pas de comprendre certains processus et de résoudre certaines questions dans

lesquels ces deux types d'acteurs sont engagés. Par exemple, la recherche d'une augmentation globale de la production de sucre d'une sucrerie de canne confronte l'intérêt propre de chaque planteur de canne à sucre à livrer le maximum de sa production au pic de richesse de la canne, et celui de l'usine qui vise au contraire à étaler ses approvisionnements pour réduire ses investissements en équipement de transformation. Si l'objectif agronomique à la parcelle cherche à maximiser les couples {rendement en canne ; taux de sucre}, le passage au bassin d'approvisionnement amène à considérer des périodes de coupe en début et fin de campagne où la production de sucre sera sub-optimale. L'industriel peut chercher à valoriser la diversité de son bassin, tant en terme de conditions naturelles que de variabilité des exploitations, pour atténuer les conséquences de l'étalement de la campagne de coupe sur la production annuelle totale de sucre. Mais il doit dans tous les cas concevoir des outils qui lui permettront de coordonner les livraisons de ses fournisseurs sur l'espace du bassin et le temps de la campagne (Gaucher *et al.*, 2004 ; Le Gal *et al.*, 2008).

Autre exemple, la demande du marché en salade de types variés sur une large période de huit mois de l'année s'est accrue en Languedoc-Roussillon. Elle pourrait conduire les exploitations vers une spécialisation en salade sous la pression des investissements nécessaires en serres et en main d'œuvre permanente spécialisée. L'analyse du fonctionnement du bassin d'approvisionnement permet de comprendre pourquoi une diversité de types d'exploitation perdure au sein des organisations de producteurs. Il apparaît que les acteurs (opérateurs de première mise en marché, organisations de producteurs et agriculteurs) mettent en place des dispositifs répartissant les contraintes du marché (produire aux bornes de la saison de production quand l'offre est faible et la demande forte, des variétés plus ou moins sensibles aux maladies, en réduisant les traitements chimiques des sols, etc.) entre des exploitations dont les ressources et les risques vis-à-vis du marché et de la production sont en quelque sorte « complémentaires » (Navarrete *et al.*, 2006, Tordjman *et al.*, 2005).

La nécessité d'appréhender l'organisation territoriale entre les acteurs paraît évidente quand les

phénomènes biophysiques étudiés sont spatialisés, comme dans le cas des flux de gènes. Certaines pratiques doivent être coordonnées dans l'espace où circulent les pollens. Mais même dans ce cas, la tentation est grande d'ajouter des mesures à la parcelle sans considération de l'ensemble des liens matériels et immatériels entre acteurs. C'est le cas des propositions de légiférer sur la seule fixation d'une distance d'isolement standard, applicable par tous à la parcelle, pour ménager la coexistence entre cultures OGM et non OGM sur un même territoire. Trop faible elle ne suffirait pas à juguler certaines pollinisations croisées, trop forte elle aurait un effet d'entraînement qui finit par faire basculer le territoire dans le tout OGM ou le sans OGM (Demont *et al.*, 2008).

Dans ces différentes situations, la combinaison fut-elle optimisée, des objectifs, des ressources et des pratiques propres de chacun ne suffit pas à dégager des solutions durables, voire même débouche sur des antagonismes à l'échelle du bassin d'approvisionnement.

Les questions faisant interagir producteurs et industriels autour d'une production agricole amènent donc à chercher des solutions à un niveau d'organisation supérieur à celui de l'exploitation agricole. Comment représenter ces entités et comment les analyser pour conduire ces interventions ?

Comment représenter ces bassins d'approvisionnement pour conduire une analyse hiérarchisée des points qui posent problème aujourd'hui ou dans une perspective de changement ?

Passer du couple parcelle-exploitation au bassin d'approvisionnement d'unités agro-industrielles, offre un changement de focale débouchant sur trois points de vue précieux pour l'analyse.

Le premier amène à s'intéresser aux caractéristiques du milieu qui structurent cet espace, ainsi qu'à la répartition des cultures, voire des systèmes de culture en son sein, au-delà des limites des exploitations agricoles. L'analyse vise à identifier une répartition spatiale des quantités et qualités potentielles de la matière première agricole, signalant des différentiels, des spécificités distribuées

ou des risques. Les composantes physiques et techniques des parcelles fournissent ainsi un premier point de vue sur le bassin d'approvisionnement.

Pour l'agronome, ce premier point de vue est alimenté par des bases de données (sols, climat, occupation des sols et pratiques culturales - Mignolet *et al.*, 2007 ; Leenhardt *et al.*, 2010), des diagnostics agronomiques régionaux (identification de facteurs limitants et des ordres de grandeur de leurs effets - Doré *et al.*, 2008) et des modèles spatialisés de potentiels ou de risques (Angevin *et al.*, 2008 ; Cheeroo-Nayamuth *et al.*, 2000 ; Colbach *et al.*, 2005).

À l'exception peut-être de certains périmètres industriels intégrant production et transformation de matière première agricole (périmètres sucriers en Afrique de l'Ouest, bassin légumiers de Bondoufle en Russie, plantations pérennes industrielles d'Asie de Sud-Est par exemple), les bassins d'approvisionnement ne peuvent être considérés comme une seule « grande ferme » avec une logique centralisée. La répartition des cultures et des pratiques culturales est la résultante des logiques d'action d'un ensemble d'agriculteurs dotés d'une diversité d'objectifs et de ressources limitées et des logiques d'action d'acteurs économiques (transformateurs et collecteurs impliqués dans différentes filières) ou territoriaux (impliqués dans la gestion des ressources). Cet ensemble de stratégies, d'objectifs et de ressources des acteurs (agriculteurs, collecteurs, industriels) constitue un second point de vue sur le bassin d'approvisionnement.

En association avec l'économie ou les sciences de gestion ou de la cognition, l'agronomie alimente ce second point de vue par : (i) des bases de données (statistique agricole par exemple) (Laurent et Thinon, 2005 ; Mignolet *et al.*, 2007 ; Ploeg *et al.*, 2009) ; (ii) des analyses des décisions techniques et des typologies des exploitations (Aubry *et al.*, 1998, 2006 ; Capillon et Valceschini, 1998), (iii) des modèles de décision (Rossing *et al.*, 1997 ; Carberry *et al.*, 2002 ; Chatelin *et al.*, 2005 ; Navarrete et Le Bail, 2007) rendant compte de la diversité des décisions techniques des agriculteurs dans le territoire considéré, à travers la combinaison d'objectifs, de ressources (foncières, matérielles, humaines voire cognitives), et de signaux (éco-

nomiques, réglementaires, informationnels) envoyés par les acteurs avec lesquels ils sont en relation plus ou moins formalisées ; (iv) des études de cas ou des modèles d'entreprise permettant de rendre compte des logiques d'approvisionnement des collecteurs des récoltes (Audsley et Annetts, 2003 ; Higgins *et al.*, 2004 ; Coleno, 2008).

A ce stade, la représentation du bassin d'approvisionnement demeure encore pointilliste, basée sur les stratégies individuelles, certes influencées par des « facteurs externes », un « contexte » ou des « enjeux » locaux ou plus éloignés, voire même distribuées non aléatoirement dans le bassin⁸. Il y manque la trame qui lie les acteurs ensemble. Ces relations s'appuient sur des instruments plus ou moins formels élaborés dans le temps par les uns et les autres pour articuler les logiques individuelles vers la gestion des flux de produits récoltés. Cet ensemble d'outils et de dispositifs de coordination forme un troisième point de vue sur le bassin d'approvisionnement.

Les démarches de qualification des pratiques, les outils de contractualisation et leurs cahiers des charges plus ou moins adaptés à la diversité des exploitations, les chartes, les indicateurs du suivi des productions en quantité et en qualité, les modèles de prévision ou de planification des flux sont des objets mixtes à l'interface des sciences biotechniques et des sciences économiques et sociales à la conception desquels les agronomes peuvent contribuer (Le Bail et Makowski, 2003 ; Le Bail et Valceschini, 2004 ; Aubry *et al.*, 2005).

La combinaison de ces trois points de vue en un système local d'approvisionnement pour le diagnostic et la conception d'innovation techniques et organisationnelles (Le Bail, 2005 ; Doré *et al.*, 2006) permet d'éclairer la complexité de ces bassins d'approvisionnement et d'en donner une représentation adaptée et adaptable à de nombreuses situations. La figure 1 propose un panorama de méthodes combinées pour appréhender les différentes dimensions de ce système, en tirer des éléments de diagnostic, proposer de nouvelles organisations et les évaluer.

⁸ La « spatialisation » des typologies d'exploitation à cette échelle intermédiaire est peu pratiquée

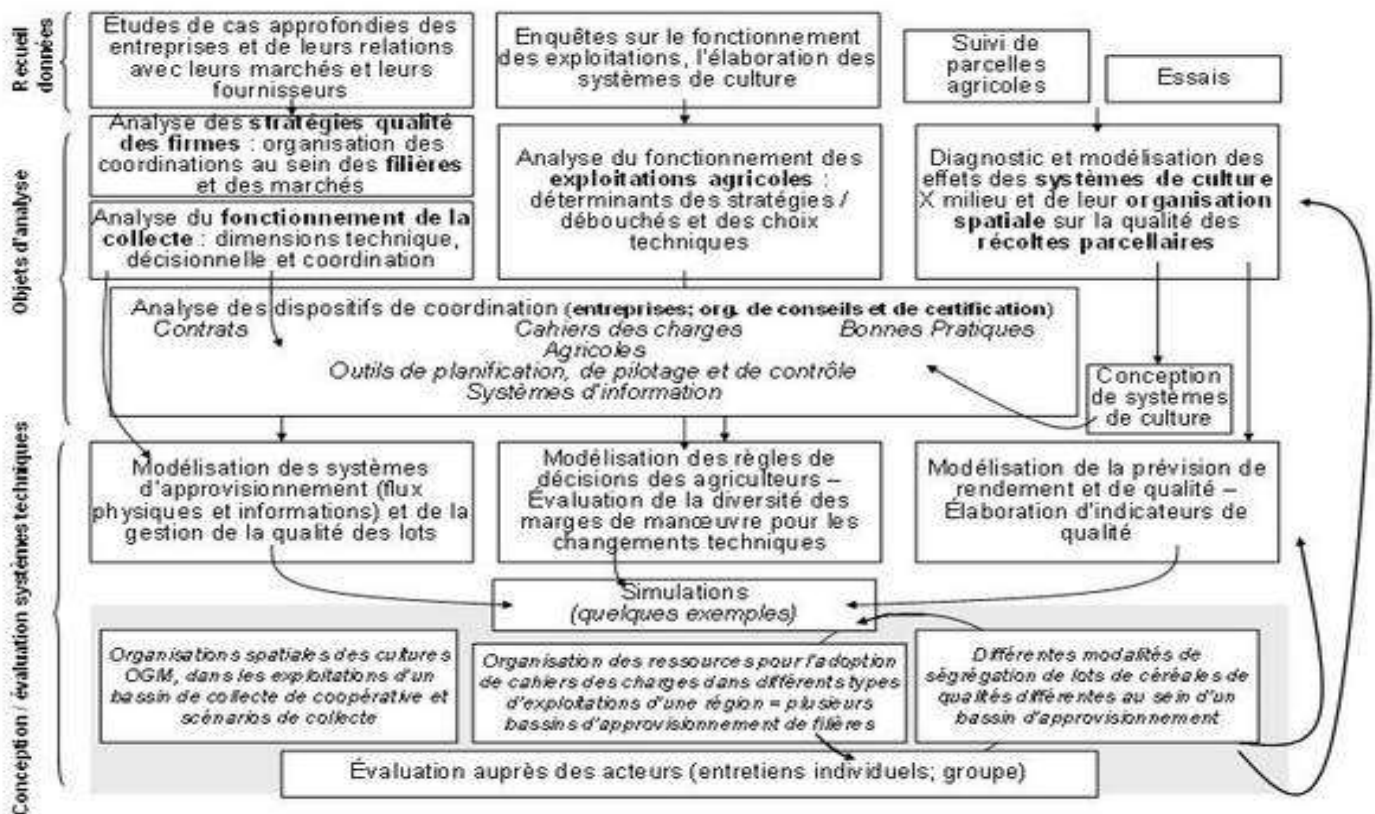


Figure 1. Analyser le système local d'approvisionnement en intégrant trois catégories d'objets et des collaborations interdisciplinaires

Les travaux évoqués dans ce diagramme embrassent rarement l'ensemble d'un tel schéma. Si les travaux sur la coexistence entre cultures OGM et non OGM ont bien abordé le diagnostic du fonctionnement des entreprises de collecte et celui des exploitations (Meynard et Le Bail, 2001, Méssean et al., 2006), le diagnostic à l'échelle des systèmes de culture de l'effet de l'introduction des OGM sur les performances a été peu développé en l'absence quasi générale des OGM sur le territoire. Dans ce cas les simulations se basent sur la modélisation des flux de gènes (cf infra). Les travaux sur la qualité des blés et des orges par contre ont bien intégré les phases d'analyse « entreprises » et « diagnostic régional des effets des systèmes de culture » avant de proposer de nouveaux systèmes de culture et des indicateurs de tri des lots dans le bassin mais avec une implication sans doute trop faible des acteurs dans la phase de conception (Le Bail et Meynard, 2003, Makowski et al., 2009). Dans le cas des travaux sur les systèmes maraîchers languedociens (Navarette et al., 2006, 2007) les trois phases d'analyses ont été mises en œuvre. Par contre si l'on a pu imaginer des solutions libérant des marges de manœuvre à l'échelle des bassins dans le cadre des systèmes existants, la conception de nouveaux systèmes de culture réduisant l'usage des pesticides et leur mise en pratique dans le territoire sont encore en cours (Collange et al., 2011). Dans l'exemple de la canne à sucre en Afrique du Sud (Le Gal et al., 2008) l'accent a été mis sur les dispositifs de coordination entre acteurs plus que sur les dimensions exploitations et parcelles. Cette intervention a inclus des articulations interdisciplinaires avec l'économie autour des systèmes de paiement de la canne (Lejars et al., 2010).

All the stages presented in the diagram are seldom accomplished in the research works described in this article. If the work on the coexistence between GMO and not GMO approached the diagnosis on grain companies and farms (Meynard et Le Bail, 2001, Méssean et al., 2006), the diagnosis of the effect of the introduction of GMO on the performances of cropping systems was faint in the nearly absence of the GMO on the territory. In this case simulations are based on the modeling of gene flows. Work on wheat and the barley quality on the other hand integrated well the phases of analysis of "firms" and "regional diagnosis of the effects of cropping systems" before proposing new cropping systems and indicators for segregating cereal batches in the supply area but with a too weak implication undoubtedly of the stakeholders in the phase of design (Le Bail et Meynard, 2003, Makowski et al., 2009).. In work on the Languedocian market-gardening systems (Navarette et al, 2006; 2007) the three phases of analyses was used. On the other hand the design of new cultivation systems reducing the use of the pesticides and their practical application in the territory are still in hand (Collange et al, 2011). In the example of sugar cane in South Africa (Le Gal et al., 2008) the emphasis was placed on the means of coordination between stakeholders more than on the farm and field scales. This work included interdisciplinary articulations with the economy around the systems of payment of cane (Lejars et al., 2010).

Deux exemples de mise en œuvre de cette grille d'analyse des bassins locaux d'approvisionnement

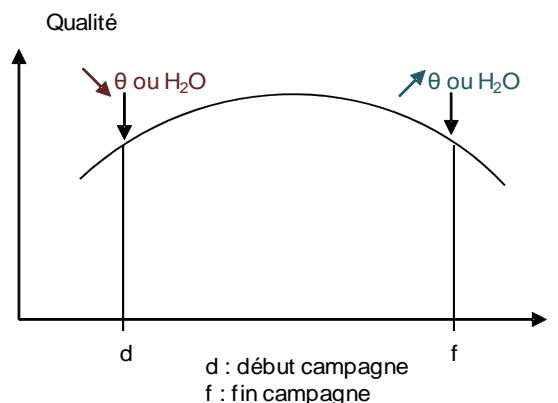
Deux exemples contrastés vont illustrer comment l'usage de ce type d'approche permet de répondre à des questions impliquant de nombreux agriculteurs et le ou les opérateurs auxquels ils vendent leurs récoltes.

Comment augmenter la production de sucre à l'échelle d'un bassin d'approvisionnement sucrier en Afrique du Sud en modifiant les règles d'attribution des droits à livrer individuels ?

Les travaux conduits à La Réunion puis en Afrique du Sud sur quelques bassins d'approvisionnement sucriers sont partis de l'hypothèse que les modalités de gestion de l'approvisionnement des sucreries, au cœur des relations entre industriel et producteurs, influençaient la production de sucre à l'échelle du bassin en lien avec les caractéristiques agro-physiologiques de la canne. Ces travaux ont inclus une phase de compréhension de ces modalités de gestion, puis une phase d'aide à la réflexion des acteurs en vue de nouveaux modes d'organisation permettant d'augmenter la production totale de sucre d'un bassin.

Comprendre le fonctionnement d'un bassin d'approvisionnement sucrier

La canne à sucre est une graminée à croissance continue, dont le cycle entre deux coupes est divisé en deux phases (Fauconnier, 1991) : une période de croissance où s'élabore le rendement en canne, et une période de maturation où la plante produit du saccharose. La production de sucre est stimulée par un stress hydrique combiné ou non à une baisse des températures. Les conditions climatiques influencent donc à la fois la durée du cycle entre deux coupes, en relation avec le type de variété cultivée, et le profil de la courbe de production du saccharose au cours du temps. Les sites où la pluviométrie et les températures sont contrastées durant l'année présentent des courbes en cloche, avec un pic plus ou moins marqué selon les années (Figure 2).



Θ = température de l'air ; H_2O = humidité du sol

Figure 2. Exemple schématique de courbe de qualité de la canne à sucre et de calage d'une campagne de récolte

Les industriels et les producteurs ont *a priori* intérêt à caler les livraisons autour du pic de richesse, afin de maximiser la quantité de sucre produite à l'échelle individuelle comme à celle du bassin d'approvisionnement. Cet objectif se heurte dans la pratique à plusieurs contraintes. D'abord la durée de la campagne de coupe résulte d'un compromis technico-économique entre les quantités de canne à transformer et les capacités de transformation, transport et récolte investies par les différents acteurs qui interviennent tout au long de la chaîne logistique. Ensuite l'industriel recherche une régularité de ses approvisionnements tout au long de la campagne, des sur-stockages ou un fonctionnement à sous-capacité augmentant ses coûts de production. Enfin, les pics de variation de la richesse en sucre ne coïncident pas nécessairement partout sur un bassin d'approvisionnement du fait de conditions climatiques contrastées.

Pour remplir son objectif de régularité des apports tout en tenant compte des contraintes de capacité le long de la chaîne, l'industriel met en place une procédure de planification de ses approvisionnements comprenant (i) une estimation des quantités à transformer pour l'année ; (ii) le choix d'une durée de campagne (volume total estimé de canne à broyer, divisé par la capacité hebdomadaire de broyage) et de dates de début et fin de la campagne ; (iii) une allocation de droits à livrer par producteur durant la campagne en fonction de règles préétablies (Gaucher, 2002). Les règles en cours au moment de l'intervention consistent à diviser la production estimée par producteur par

la durée de la campagne, définissant un droit à livrer hebdomadaire.

Ces outils de gestion des approvisionnements sont complétés par des systèmes de paiement de la canne qui visent plusieurs objectifs : (i) couvrir les coûts de production des producteurs et des industriels, (ii) partager la valeur totale produite par l'industrie sucrière sud-africaine entre producteurs et industriels, (iii) partager la part des producteurs entre eux, (iv) inciter les grandes exploitations à livrer de la canne de bonne qualité et ce (v) régulièrement tout au long de la saison, et (vi) ne pas pénaliser les petites exploitations qui livrent leurs cannes en peu de fois durant la saison.

Cette interdépendance verticale entre industriel et producteurs se combine avec une interdépendance horizontale entre les producteurs, dans la mesure où (i) les décisions prises ou les aléas rencontrés par une exploitation en matière de récolte ont des répercussions sur l'ensemble des fournisseurs d'un même bassin d'approvisionnement et (ii) la valeur totale créée par le bassin, dont dépendent les revenus de chacun, est liée aux efforts individuels pour améliorer la qualité des livraisons. Les décisions prises indépendamment par un producteur concernent alors essentiellement ses rythmes de replantation, la conduite de la fertilisation, l'irrigation et l'entretien de ses parcelles (désherbage, lutte contre les bio-agresseurs). Ses choix variétaux sont par contre conditionnés par son organisation de récolte s'il souhaite maximiser la qualité moyenne de ses livraisons, ce que l'encouragent à faire les systèmes de paiement mis en place.

Explorer de nouveaux modes d'organisation des droits à livrer

La question discutée avec l'industriel et les représentants des producteurs du bassin de Sezela en Afrique du Sud était la suivante : comment valoriser la diversité de courbes de qualité de la canne au sein du bassin, actuellement non exploitée par l'organisation des approvisionnements, pour augmenter la quantité de sucre produite sans investissement agricole ou industriel supplémentaire ? Pour explorer différentes alternatives d'organisation des flux de canne entre producteurs et sucrerie, un outil de simulation, dénommé Magi®, a été conçu (Lejars *et al.*, 2008). Il est fondé sur un modèle conceptuel reproduisant l'approvisionnement d'une sucrerie de canne à

partir de trois maillons : les unités de production (UP), les opérateurs intermédiaires (OI) et l'usine. Les UP sont définies comme des entités individuelles caractérisées par une quantité de canne, une courbe de qualité et une capacité de récolte. Ces UP peuvent varier en fonction des scénarios simulés : typologie d'exploitations, zones géographiques de qualité homogène, voire exploitations individuelles. Sur cette base le modèle calcule la production de sucre issue d'un mode d'organisation donné en commençant par la phase de planification et de pilotage des livraisons. Celle-ci fournit la répartition hebdomadaire des apports de canne, qui sont ensuite transformés en quantités de sucre en fonction de leur qualité et des pertes au cours de la transformation.

L'étude s'est déroulée en plusieurs étapes. Dans un premier temps trois zones homogènes du point de vue de la qualité de la canne ont été définies, à partir de variables topographiques (altitude), climatiques (pluviosité et température) et économiques (type d'exploitation). Chaque exploitation a été affectée à une zone et les courbes de qualité ont été reconstituées pour chaque zone et chaque campagne de 2000 à 2003. L'analyse de ces courbes a confirmé qu'une zone présentait des cannes plus riches en début de campagne. Sur la base de ce constat et après discussion avec l'industriel, trois scénarios faisant varier les règles d'allocation des droits à livrer définies pour chacune des zones ont été simulés à l'aide de Magi®. Le principe consiste à jouer sur le positionnement et la durée des périodes de livraison par zone, tout en conservant un droit à livrer hebdomadaire constant durant ces périodes et une quantité totale de canne livrée respectant la capacité maximale de broyage de l'usine. Chaque scénario a été simulé pour les années 2000 à 2003. Les résultats ont été comparés à un scénario de référence correspondant à la situation réelle du bassin d'approvisionnement pour chacune des années (tableau 1). Les gains obtenus varient, selon l'année, de 0,1 à 2,5 % de la production totale d'équivalent sucre, représentant jusqu'à 1 million d'euros.

Ces résultats ont été présentés pour discussion à un groupe de travail composé de représentants de l'industriel et des producteurs. Chacun a convenu des conséquences positives des alternatives

proposées sur la production de sucre, mais les producteurs ont soulevé deux points non étudiés, la réduction de la durée de campagne, et la base de comparaison utilisée dans le système de paiement de la canne en cours en Afrique du Sud (Le Gal et al., 2005). In fine les acteurs ont préféré conserver leur mode d'organisation uniforme des livraisons, du fait que les gains espérés d'une organisation plus complexe étaient jugés insuffisants et trop variables d'une année sur l'autre au regard des modifications à mettre en œuvre. Les évolutions ont surtout concerné l'organisation logistique au quotidien, un problème qui fut traité sur un autre bassin d'usine en combinant Magi® et un logiciel de simulation logistique pour évaluer les conséquences d'un passage de la récolte manuelle à la récolte mécanique de la canne (Le Gal et al., 2009).

Cette expérience montre comment la contribution des agronomes à des réflexions portant sur l'organisation des flux de matière première agricole à l'échelle du bassin d'approvisionnement permet de fournir des informations nouvelles aux acteurs, qu'ils peuvent mettre en débat au sein de leurs instances de négociation. Cette intervention a soulevé également des questionnements vis-à-vis des « agronomes parcelle », qu'ils portent sur l'utilisation de modèles de cultures développés sur la canne (Langellier et Martiné, 2007 ; Singels et al., 2005) ou sur des connaissances précises comme les effets potentiels d'infestations de bio-agresseurs (Way et Goebel, 2003).

	S1	S2	S3
2000	3187	6015	1150
2001	2421	5062	2407
2002	752	1021	363

Tableau 1. Gains simulés d'équivalent-sucre (tonnes) par scénario d'approvisionnement à Sezela sur trois années (2000-2002)

Les valeurs représentent les gains en tonnes d'équivalent-sucre calculés par scénario en comparaison avec la situation observée chaque année, caractérisée par des droits à livrer uniformes sur l'ensemble du bassin d'approvisionnement. S1, S2 et S3 se distinguent par des livraisons décalées de manière variable durant la campagne de coupe, entre une zone côtière et une zone de plateau, la première présentant des valeurs de qualité de la canne inférieures à celles de la seconde pendant la première moitié de la campagne (voir Le Gal et al., 2008 pour plus de détails)

The amounts represent the profits in tons of equivalent-sugar calculated by scenario in comparison with the situation observed each year (characterized by uniform rights to deliver on the whole of the supply basin). S1, S2 and S3 are characterized by variable ways to shift deliveries between supply areas: "coastal area" presenting lower values of quality of the cane than those of the "plateau area" during the first half of the crop campaign (see Le Gal et al., 2008 for more details).

Comment élaborer des scénarios de coexistence OGM - non OGM dans les territoires européens de production de maïs ?

La Commission Européenne a fixé en 2003 le principe général de la coexistence entre OGM et non OGM comme la nécessité pour les états de mettre en œuvre les moyens appropriés pour que les agriculteurs aient le choix de produire ou pas des OGM et pour que les consommateurs puissent aussi choisir entre les produits issus d'OGM et les produits conventionnels. Autrement dit les états sont invités à organiser la séparation entre les deux types de produits de sorte que la « présence fortuite » d'OGM dans les produits conventionnels ne dépasse pas le seuil de 0,9%.

Si l'on connaît assez bien les mesures qui peuvent être mises en œuvre à l'échelle de la parcelle pour différentes cultures aux dynamiques de fécondation variées (Beckie and Hall, 2008), la faisabilité de ces mesures et leur efficacité à l'échelle des territoires agricoles sont assez peu étudiées, la rareté des situations à observer en Europe ne facilitant pas le diagnostic des risques. Le projet européen SIGMEA a pour partie consisté à élaborer des scénarios à l'échelle régionale pour éclairer la décision publique en matière d'adaptation des règles nationales et soutenir le débat entre partenaires locaux des filières (Messéan et al., 2009).

Cette recherche a permis de combiner les trois dimensions distinguées ci-dessus pour caractériser ce qui fait système dans un bassin d'approvisionnement, de manière à dégager progressivement les facteurs clés physiques, techniques et organisationnels dont la combinaison joue sur les performances des territoires en matière de faisabilité de la coexistence. Ce travail a été particulièrement développé sur le colza et le maïs, productions sur lesquelles portent les développements suivants.

L'espace technique : fonctionnement des flux de gènes et diagnostic de la sensibilité comparée des territoires

A défaut d'observation de terrain, puisqu'en France très peu d'agriculteurs ont implanté des maïs OGM, l'élaboration de modèles spatialement explicites des flux de gènes entre différents points d'un paysage a servi de support au diagnostic comparé des risques de pollinisation croisée entre différents types de paysages (Angevin *et al.*, 2008). L'utilisation de ces modèles permet de classer des paysages régionaux (ordre de grandeur 20-30 km²) les uns par rapport aux autres en terme de niveau de risque de pollinisation croisée pour différents seuils de pureté (0,1%, 0,4%, et 0,9%) visés pour la moyenne des récoltes des parcelles de maïs conventionnel du bassin. Les différences entre régions dépendent des caractéristiques structurales des paysages (taille moyenne et forme des parcelles, caractéristiques du climat (vent en particulier) et des choix d'assolement (part de maïs, types variétaux et leur dynamique de floraison) (Le Bail *et al.*, 2010). Le risque augmente avec la part de maïs OGM testée mais certaines organisations paysagères permettent de minimiser la part des maïs conventionnels dépassant les seuils de pureté visés. Elles sont plus « résistantes » aux flux de gènes.

L'espace des stratégies et des décisions : fonctionnement des exploitations agricoles et des organismes de stockage

Si l'analyse des risques de mélange entre OGM et non OGM dus aux pollens (et au niveau de pureté des semences) est plutôt bien rendue par les modèles précédents, ils ont été complétés par l'analyse experte ou par enquête pour tenir compte des autres sources de mélanges liées aux pratiques des agriculteurs (au semis, à la récolte, et au stockage -Angevin *et al.*, 2002) ou aux pratiques des organismes collecteurs (transport, séchage et stockage - Meynard et Le Bail, 2001). Ces compléments amènent à caractériser des niveaux de risques et des modes de gestion attribuables aux caractéristiques des exploitations (Messéan *et al.*, 2006) et des appareils de collecte (Le Bail et Valceschini, 2004 ; Coleno *et al.*, 2009).

L'espace des coordinations : scénarios et jeux de rôles

Les deux premières étapes de la recherche permettent de repérer des risques liés au fonction-

nement biophysique du système et aux contraintes organisationnelles des différents types d'acteurs. Par contre, elles ne rendent pas compte de la manière dont ces acteurs s'organiseraient ensemble pour gérer la coexistence. Dans le cadre de SIGMEA, cette dernière analyse a été conduite via une méthode de jeu de rôles. En Alsace nous avons invité à ce jeu des agriculteurs, des responsables de coopératives ou de négoce, un entrepreneur de travaux agricoles et un conseiller agricole. En s'appuyant sur les travaux précédents, on a octroyé à ces différents acteurs des ressources (en parcelles, assolement, matériel de récolte, moyens de collecte, marchés) qu'ils ont mobilisées lors de trois étapes successives de jeu : avant semis, pour les choix d'assolement (et la part d'OGM), à la récolte (le rythme et l'ordre de récolte et le lieu de livraison) et à la collecte (la fabrication des lots et le choix des marchés visés) (Lécroart et Le Bail, 2007).

Cette démarche a permis d'identifier trois facteurs dont la gestion dans le collectif pèse fortement sur la capacité à contrôler les risques de flux de gènes et de mélanges entre OGM et non OGM, surtout quand la part d'OGM dans la SAU de la culture s'étend : l'information sur la cartographie des assolements (et particulièrement l'emplacement des maïs OGM); la coordination verticale et horizontale de l'organisation temporelle des cycles culturaux et des récoltes, et l'apprentissage sur un horizon temporel interannuel du niveau de risque des comportements, que les acteurs contrôlent de mieux en mieux (Le Bail *et al.*, 2009).

Cette approche nous a finalement permis de proposer des scénarios contrastés, combinant des niveaux de risques et des pratiques de gestion individuelles et collectives de ces risques, à la réflexion de partenaires régionaux ou impliqués dans la réflexion sur les réglementations nationales (Figure 3).

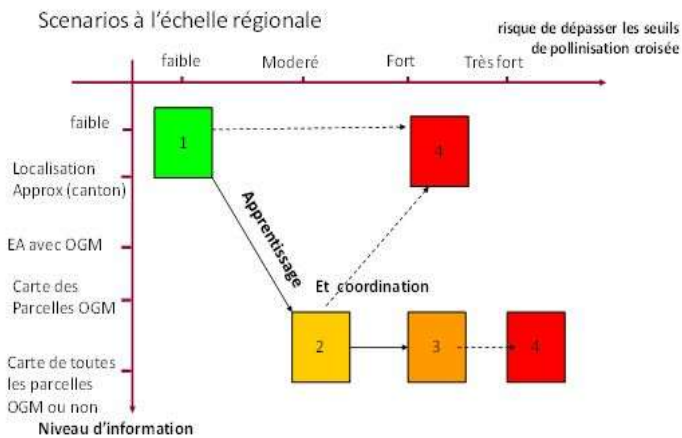


Figure 3. Scénarios de gestion de la coexistence maïs GM / maïs conventionnels en fonction du risque de pollinisation croisée, du niveau d'information, de coordination et d'apprentissage des acteurs (d'après Le Bail et al., 2009; Lécroart et Le Bail, 2007).

Le scénario 1 ne suppose pas de mesures particulières hormis de séparer les lots en provenance des parcelles semées dans les deux types de maïs et de s'assurer de la pureté des semences d'origine; le scénario 2 suppose des mesures post-récolte pour s'assurer du seuil de pureté de maïs conventionnel visé (écarter les petites parcelles ou les rangs les plus proches des parcelles OGM par exemple); le scénario 3 suppose des mesures préventives (prévoir des rangs de maïs non OGM autour d'une parcelle OGM, choisir les emplacements de parcelles conventionnelles et OGM les unes par rapport aux autres, décaler les floraisons, etc.); le scénario 4 ne permet plus la coexistence.

L'apprentissage permet progressivement de mieux identifier les situations à risques d'une année sur l'autre et d'adapter plus étroitement les mesures. La coordination entre acteurs est indispensable pour accroître l'efficacité des mesures préventives jusqu'au moment où les coûts de cette coordination ne sont plus supportables par les acteurs.

Scenario 1 does not imply particular measures except separating the batches coming from the fields sown in the two types of corn and making sure of the purity of the seeds sown; scenario 2 implies post-harvest measurements to make sure of the purity threshold of conventional corn (to draw aside the crops of small fields or the crops of rows closest to GMO fields for example); scenario 3 implies preventive measures (to anticipate non GMO corn rows around a GMO field, to choose the sites for conventional and GMO fields, to shift flowerings periods, etc); scenario 4 does not allow the coexistence anymore. The training gradually makes it possible to better identify the situations with cross pollination risks and to adapt measures more precisely. Coordination between stakeholders is essential to increase the effectiveness of the preventive measures up to when the costs of this coordination are not bearable by the actors anymore.

Quelles orientations pour la conception ou l'évaluation d'innovations ces approches permettent-elles? Quelles sont leurs limites?

Nous avons proposé un cadre de représentation d'un système local d'approvisionnement fondé sur trois niveaux emboîtés et des dispositifs intégrant une modélisation plus ou moins spatialisée des phénomènes, une représentation des règles de décision des agriculteurs et des modes de coordination entre acteurs, incluant éventuellement des modèles numérisés tels que Magi®. Ce cadre permet de discuter des marges de manœuvre que les acteurs peuvent trouver à l'échelle d'un bassin face aux questions que posent le fonctionnement des composantes physiques et agricoles des paysages et, au-delà, des leviers de maîtrise individuelle et collective mobilisable ou acceptable par chacun à l'aune de ses objectifs, ressources et compétences propres. Aborder les questions de production à l'échelle des bassins d'approvisionnement permet de :

- Mieux prendre en compte les interdépendances et prescriptions croisées entre acteurs au sein de ce territoire ;
- Identifier des leviers d'action à d'autres échelles que les exploitations agricoles ou les entreprises agro-industrielles, accroissant les marges de manœuvre en particulier par une meilleure gestion des ressources rares ;
- Élaborer des dispositifs de conception participative, comprenant à la fois des outils d'analyse et des outils d'aide à la réflexion prospective ;
- Dépasser les logiques propres des parties prenantes pour aller vers des formes d'actions collectives contribuant à résoudre les problèmes, en dégagant des voies d'augmentation de la valeur produite par un bassin d'approvisionnement et des modes de gestion économes des ressources de production ;
- Prendre en compte la diversité des exploitations sous un angle à la fois explicite (typologies) et positif (s'appuyer sur la diversité pour créer de la valeur) ;
- Mobiliser les connaissances agronomiques 'plante' et 'parcelle' à des échelles plus larges, tout en mesurant les déficits de connaissance liés à ces changements d'échelle.

Ce point de vue pose la question, à résoudre au cas par cas, de savoir où et par qui (i) sont formulés les objectifs du système intégrant l'ensemble des acteurs et (ii) choisies les solutions. Ce n'est pas toujours l'utilisateur des récoltes qui fixe l'ensemble des règles. Elles résultent de processus d'apprentissage mutuel et de négociation, conduits parfois au sein de collectifs explicites où sont représentées les parties prenantes et qui fixent les objectifs et décident des solutions, parfois dans des configurations plus informelles. Dans tous les cas, des tensions, des conflits et des rapports de pouvoir sont aussi en jeu. Cette question de la « gouvernance » des bassins d'approvisionnement est donc stratégique.

Elle l'est d'autant plus que le territoire concerné recoupe des territoires, théâtres d'autres activités : bassins d'approvisionnement d'autres filières, bassin de ruissellement érosif, zone de captage d'eau potable, interfaces ville-campagne. La superposition de ces analyses de « bassins » aux fonctions diverses (alimentaires, environnementales, énergétiques, etc.) serait un pas de plus vers une analyse nécessairement interdisciplinaire des conditions de développement durable des territoires. Cette montée du niveau de complexité ne doit cependant pas se faire au prix d'un déficit opérationnel. L'intégration toujours plus large de composantes du système territorial doit s'accompagner à nos yeux d'une capacité à fournir aux acteurs les éléments de réflexion et d'information prospective qui leur permettront d'agir en meilleure connaissance de cause.

Remerciements

Les auteurs remercient Jacques Caneill et Guy Trébuil pour leur relecture fine de cet article.

Bibliographie

Angevin, F., Colbach, N., Meynard, J. M., and Roturier, C., 2002. Analysis of necessary adjustments of farming practices. In "Scenarios for co-existence of genetically modified, conventional and organic crops in European agriculture" (IPTS, ed.), pp. 128. European Commission, Brussels.

Angevin, F., Klein, E. K., Choimet, C., Gauffreteau, A., Lavigne, C., Messean, A., and Meynard, J. M. 2008. Modelling impacts of cropping systems and climate on maize cross-pollination in agricultural landscapes: the MAPOD model. *European Journal of Agronomy* **28**, 471-484.

Aubry, C., Galan, M. B., and Maze, A., 2005. HACCP methodology and quality/environmental specifications for crop farms. Implications for the design of good agricultural practices guidelines. *Cahiers Agricultures* **14**, 313-322.

Aubry, C., Paillat, J. M., and Guerrin, F., 2006. A conceptual representation of animal waste management at the farm scale: the case of the Reunion Island. *Agricultural Systems* **88**, 294-315.

Aubry, C., Papy, F., and Capillon, A. 1998. Modelling decision-making processes for annual crop management. *Agricultural Systems* **56**, 45-65.

Audsley, E., and Annetts, J. E., 2003. Modelling the value of a rural biorefinery - Part I: The model description. *Agricultural Systems* **76**.

Beckie, H. J., and Hall, L. M., 2008. Simple to complex: Modelling crop pollen-mediated gene flow. *Plant Science* **175**, 615-628.

Capillon, A., and Valceschini, E., 1998. La coordination entre exploitations agricoles et entreprises agro-alimentaires : un exemple dans le secteur des légumes transformés. *Etud. Rech. Syst. Agraires* **31**, 259-275.

Carberry, P. S., Hochman, Z., McCown, R. L., Dalgliesh, N. P., Foale, M. A., Poulton, P. L., Hargreaves, J. N. G., Hargreaves, D. M. G., Cawthray, S., Hillcoat, N., and Robertson, M. J., 2002. The FARMSCAPE approach to decision support: farmers', advisers', researchers' monitoring, simulation, communication and performance evaluation. **74**.

Chatelin, M. H., Aubry, C., Poussin, J. C., Meynard, J. M., Masse, J., Verjux, N., Gate, P., and Bris, X. I. (2005). DeciBLE, a software package for wheat crop management simulation. *Agricultural Systems* **83**, 77-99.

Cheeroo-Nayamuth, F. C., Robertson, M. J., Wegener, M. K., and Nayamuth, A. R. H., 2000. Using a simulation model to assess potential and attainable sugar cane yield in Mauritius. *Field Crops Research* **66**.

Colbach, N., Fargue, A., Sausse, C., and Angevin, F., 2005. Evaluation and use of a spatio-temporal model of cropping system effects on gene escape from transgenic oilseed rape varieties: example of the GeneSys model applied to three co-existing herbicide tolerance transgenes. *European Journal of Agronomy* **22**, 417-440.

Coleno, F. C., 2008. Simulation and evaluation of GM and non-GM segregation management strategies among European grain merchants. *Journal of Food Engineering* **88**, 306-314.

Coleno, F. C., Angevin, F., and Lecroart, B., 2009. A model to evaluate the consequences of GM and non-GM segregation scenarios on GM crop placement in the landscape and cross-pollination risk management. *Agricultural Systems* **101**, 49-56.

Collange, B., Navarrete, M., Peyre, G., Mateille, T., and Tchamitchian, M., 2011. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. *Crop Protection* **30**, 1251-1262.

- Demont, M., Daems, W., Dillen, K., Mathijs, E., Sausse, C., and Tollens, E., 2008. Regulating coexistence in Europe: Beware of the domino-effect! *Ecological Economics* **64**, 683.
- Doré, T., Le Bail, M., Martin, P., Ney, B., and Roger Estrade, J., eds., 2006. "L'agronomie aujourd'hui." Quae - INA-PG, Paris.
- Dore, T., Clermont-Dauphin, C., Crozat, Y., David, C., Jeuffroy, M. H., Loyce, C., Makowski, D., Malezieux, E., Meynard, J. M., and Valantin-Morison, M., 2008. Methodological progress in on-farm regional agronomic diagnosis. A review. *Agronomy for sustainable development* **28**, 151-161.
- Fauconnier, R., 1991. La canne à sucre. Paris, Maisonneuve et Larose.
- Gaucher S., Le Gal P.-Y., Soler L.-G., 2004. Modelling supply chain management in the sugar industry. *Sugar Cane International*, 22(2) : 8-16.
- Gaucher, S., 2002. Organisation de filières et politiques d'approvisionnement. Analyse appliquée au cas des filières agro-alimentaires. Thèse en ingénierie et gestion. Paris, École des mines de Paris.
- Higgins, A., Antony, G., Sandell, G., Davies, I., Prestwidge, D., and Andrew, B., 2004. A framework for integrating a complex harvesting and transport system for sugar production. *Agricultural Systems* **82**, 99-115.
- Langellier, P., Martiné, J.F., 2007. Crop modelling assessment of the potential regional irrigated sugarcane production increase. *Sugar Cane Int* **25**, 8-12.
- Laurent, C., and Thinon, P., 2005. *Agricultures et territoires*, Lavoisier, Paris.
- Le Bail, M., 2005. Chapitre 12 : Gestion spatiale de la qualité des produits végétaux : approche agronomique. In : *Agricultures et territoires* (C. Laurent and P. Thinon, eds.). Hermès, Paris.
- Le Bail, M., and Makowski, D., 2004. A model based approach for optimizing segregation of soft wheat in country elevators. *European Journal of Agronomy* **21**, 171-180.
- Le Bail, M., and Valceschini, E., 2004. Efficacité et organisation de la séparation OGM/non OGM. *Economie et Société série "systèmes agroalimentaires"* **26**, 489-505.
- Le Bail, M., Lécroart, B., Gauffreteau, A., Angevin, F., and Messean, A., 2010. Effect of the structural variables of landscapes on the risks of spatial dissemination between GM and non-GM maize. *European Journal of Agronomy* **33**, 12-23.
- Le Bail, M., Lécroart, B., Rémy, B., and Sausse, C., 2009. Playing games to design GM/non GM coexistence scenarios. In "Farming Systems Design Methodologies for Integrated Analysis of Farm Production Systems August 23-26 2009 - ", pp. 287-288, Monterey, CA, USA.
- Le Bail, M., and Meynard, J.-M., 2003. Yield and protein concentration of spring malting barley: the effects of cropping systems in the Paris Basing (France). *Agronomie* **23**, 13-27.
- Le Gal P.-Y., Le Masson J., Bezuidenhout C.N., Lagrange L.F., 2009. Coupled modelling of sugarcane supply planning and logistics as a management tool. *Computers and Electronics in Agriculture*, **68**, 168-177.
- Le Gal P.-Y., Lyne P.W.L., Meyer E., Soler L.-G., 2008. Impact of sugarcane supply scheduling on mill sugar production: a South African case study. *Agricultural Systems*, 96(1-3) : 64-74.
- Le Gal P.-Y., Papaïconomou H., Meyer E., Lyne P., 2005. Combined impact of alternative relative cane payment systems and harvest scheduling on growers' revenues. *Proceedings South African Sugar Technologists Association* **79**, 416-427.
- Lécroart, B., and Le Bail, M., 2007. Final reports on the coherent scenarios for the management of coexistence and rescue scenarios - Asace Maize. In "SIGMEA : Sustainable Introduction of GM crops into European Agriculture - WP7 : Elaboration of scenarios ", Vol. D 7.4 & D7.5, pp. 5-49. SIGMEA - STREP program N° 501986.
- Leenhardt, D., Angevin, F., Biarnes, A., Colbach, N., and Mignolet, C., 2010. Describing and locating cropping systems on a regional scale. A review. *Agronomy for sustainable development* **30**, 131-138.
- Lejars C., Le Gal P.-Y., Auzoux S., 2008. A decision support approach for cane supply management within a sugar mill area. *Computers and Electronics in Agriculture*, **60**, 239-249.
- Lejars, C., Auzoux, S., Siegmund, B., Letourmy, P., 2010. Implementing sugarcane quality-based payment systems using a decision support system. *Computers and Electronics in Agriculture*, **70**, 225-233.
- Makowski, D., Le Bail, M., Barbottin, A., Jeuffroy, M.-H., Barrier, C., Bouchard, C., and Pasquier, C., 2009. Chapitre 3. Utilisation de modèles pour prédire la qualité du blé. In "Concevoir et construire la décision : Démarches en agriculture, agroalimentaire et espace rural" (B. H. Elisabeth de Turckheim, Antoine Messéan, coord., ed.). Quae - Inra, Paris.
- Messean, A., Angevin, F., Gómez-Barbero, M., Menrad, K., and Rodríguez-Cerezo, E., 2006. "New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture (Eur 22102 EN)," Rep. No. Eur 22102 EN.
- Messean, A., Squire, G. R., Perry, J. N., Angevin, F., Gomez, M., Townend, P., Sausse, C., Breckling, B., Langrell, S., Dzeroski, S., and Sweet, J., 2009. Sustainable introduction of GM crops into european agriculture: a summary report of the FP6 SIGMEA research project. *OCL* **16**, 37-51.
- Meynard, J.-M., and Le Bail, M., 2001. "Isolement des collectes et maîtrise des disséminations au champ." Programme de recherche "Pertinence économique et faisabilité d'une filière sans utilisation d'OGM" - INRA, INP, FNSEA, ACTA, Paris.
- Mignolet, C., Schott, C., and Benoît, M. (2007). Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin: Methods for agronomic approaches on a regional scale. *Science of The Total Environment* **375**, 13-32.
- Navarrete, M., and Le Bail, M., 2007. SALADPLAN: a model of the decision-making process in lettuce and endive cropping. *Agronomy for sustainable development* **27**, 209-221.

Navarrete, M., Le Bail, M., Papy, F., Bressoud, F., and Tordjman, S., 2006. Combining leeway on farm and supply basin scales to promote technical innovations in lettuce production. *Agronomy for sustainable development* **26**, 77-87.

Ploeg, J. D. v. d., Laurent, C., Blondeau, F., and Bonnafous, P., 2009. Farm diversity, classification schemes and multifunctionality. *Journal of Environmental Management* **90**, S124-S131.

Rossing, W. A. H., Meynard, J. M., and Ittersum, M. K. v., 1997. Model-based explorations to support development of sustainable farming systems: case studies from France and the Netherlands. *European Journal of Agronomy* **7**.

Singels, A., Donaldson, R.A., Smit, M.A., 2005. Improving biomass production and partitioning in sugarcane: theory and practice. *Field Crop Research* **92**, 291-303.

Tordjman, S., Navarrete, M., and F., P., 2005. Les formes de coordination technique entre une structure de première mise en marché et ses fournisseurs : le cas de la salade en Roussillon. *Cahiers Agricultures* **14**, 479-84.

Way, M.J., Goebel, F.R., 2003. Patterns of damage from *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae) in the South African sugar industry. *Proc S Afr Sug Technol Ass* **77**, 239-240.

Quelle utilisation de l'espace en zones rurales et péri-urbaines ?

Cultiver les milieux habités : quelle agronomie en zone urbaine ?

Farming and feeding the cities: which agronomy for urban agriculture ?

Christophe-Toussaint SOULARD*

Géographe INRA-SAD
UMR 0951 Innovation
2, place Viala
34060 Montpellier cedex 2
Tél. 33 (0)4 99 61 30 62 / Fax : 33 (0)4 67 54
58 43 / soulard@supagro.inra.fr

Christine AUBRY

Agronome INRA-SAD
UMR 1048 SADAPT
16, rue Claude Bernard
75231 Paris cedex 05
Tél. 33 (0)1 44 08 72 38 01 / Fax : 33 (0)1 44 08 16 57
/ christine.aubry@agroparistech.fr

*Auteur correspondant

Résumé

L'agriculture urbaine et l'alimentation des villes forment un champ de préoccupations foisonnant. Cet article examine les questions de recherche adressées à l'agronomie. Les exploitations agricoles périurbaines, les pratiques des agriculteurs, les organisations territoriales agri-urbaines, les circuits courts alimentaires et les produits résiduels organiques, sont pris comme exemples pour les éclairer. Cultiver les milieux habités est un enjeu de recherche et de formation des futurs agronomes.

Mots-clés : Agronomie ; système de production ; agriculture urbaine ; alimentation ; France.

Summary

Urban agriculture and food became a wide field of concern. This paper deals with the research questions about urban agriculture addressed to agronomy. Periurban farming systems, short food chains, use of organic urban waste products, farmers' practices, land planning, are taken as examples highlighting these questions. We concluded that farming and feeding the cities is a major stake for research and training of the future agronomists.

Keywords: Agronomy; farming system; urban agriculture; food; France.

L'agriculture urbaine : définition du champ d'étude

L'agriculture urbaine et périurbaine peut se définir par la double proximité qu'elle entretient avec la ville (Thinon & Torre, 2003) : la proximité géographique liée à une distance réduite ou à un accès rapide à la ville, et la proximité organisationnelle liée aux autres modes de connexion de l'agriculture avec l'environnement urbain comme les liens commerciaux aux marchés urbains, les doubles emplois agricoles et urbains, les services urbains assurés par l'agriculture, les citoyens qui exploitent des terres agricoles, l'appartenance territoriale à une collectivité urbaine, etc. Nous n'emploierons ici que le terme englobant d'agriculture urbaine qui désigne les formes d'agriculture coproduites par les villes, que celles-ci se situent à l'intérieur de la cité ou en périphérie urbaine (Moustier et Fall, 2004). Dans une acception proche, les anglo-saxons emploient le terme « urban agriculture » pour considérer les gradients de localisation sous l'angle des fonctions et de la disponibilité relative des ressources⁹ (Smith *et al.*, 1996 ; Drechsel *et al.*, 1999 ; Bryld, 2003 ; Mougeot, 2005).

Ainsi définie, cette agriculture urbaine forme aujourd'hui un champ de recherche et d'action foisonnant. Selon les régions du monde, ce champ a émergé à des époques différentes, en réponse à des enjeux multiples. Depuis les années 80, l'agriculture urbaine s'est fortement affirmée dans les pays du Sud de la planète comme un enjeu pour la sécurisation alimentaire de villes en forte expansion (van Veenhuizen, 2006 ; de Bon *et al.*, 2010 ; Dubbeling *et al.*, 2010). De nombreuses institutions de développement s'y sont intéressées (FAO, 2010), surtout dans les pays du Sud, mais de façon croissante dans les pays du nord, notamment sous l'angle des projets d'urbanisme et de paysages (Fleury & Moustier, 1999 ; Donadieu et Fleury, 2003 ; www.terresenville.org). En France, les conflits ville-agriculture sont apparus

9

Urban agriculture is "the growing of plants and the raising of animals for food and other uses within and around cities and towns, and related activities such as the production and delivery of inputs, and the processing and marketing of products. Urban Agriculture is located within or on the fringe of a city and comprises a variety of production systems, ranging from subsistence production and processing at household level to fully commercialized agriculture" (van Veenhuizen, 2006).

avec les politiques d'aménagement des grandes régions urbaines, dès les années 60 (Bonney, 2011). Cependant, la thématique de l'agriculture urbaine ne s'est vraiment affirmée que depuis une quinzaine d'années, en mobilisant de façon disparate des acteurs de l'agriculture, des milieux urbains et de la recherche (Sabatier *et al.*, 2007). Du côté des chercheurs, le champ d'étude qui s'est ouvert a été surtout exploré par les paysagistes, les géographes et les économistes (Bryant, 1995 ; Donadieu, 1998 ; Cavailhès, 2009, Bertrand, 2010). Parallèlement, les recherches urbaines sur la « ville durable » ont commencé à traiter explicitement de l'agriculture occupant les « espaces ouverts » des régions urbaines (Barles, 2002 ; Emelianoff, 2004 et 2008 ; Banzo *et al.*, 2010 ; Downey et Smith, 2011). Quelques agronomes précurseurs ont contribué à ces travaux au Cirad, à l'Inra et dans les écoles d'agronomie (Fleury, 2001 ; Aubry *et al.*, 2008, De Bon *et al.*, 2010).

Dans les années à venir, la poussée de l'urbanisation va se poursuivre et la rareté des terres agricoles va s'accroître (Véron, 2007 ; Paillard *et al.*, 2009). Dans ce contexte de pression foncière accrue, et face au défi alimentaire planétaire, le rôle de l'agriculture urbaine est interrogé du point de vue des fonctions qu'elle peut remplir, aujourd'hui et dans l'avenir, au Nord et au Sud (Zezza & Tasciotti, 2010 ; Esnouf *et al.*, 2011).

Quel peut être l'angle d'entrée de l'agronomie dans ces questions ? En quoi peut-elle aider à adapter ou à réinventer des agricultures et des paysages alimentaires en zones urbaines ?

Cet article a pour ambition d'instruire cette question en vue d'ouvrir un débat sur l'enjeu pour l'agronomie des recherches sur les agricultures en zones urbaines. Notre hypothèse est que l'agriculture urbaine offre à cette discipline des objets d'étude nouveaux, pouvant conduire à revisiter certains concepts de la discipline. Elle ouvre aussi de nouvelles perspectives interdisciplinaires avec les recherches urbaines. Mais avant d'aborder des exemples illustrant notre propos, nous chercherons d'abord à comprendre en quoi l'agronomie se trouve interpellée par le fait urbain aujourd'hui. Selon nous, deux mouvements concomitants conduisent à cette rencontre : l'élargissement des enjeux de l'agriculture urbaine d'une part, et la

dynamique interne à la science agronomique d'autre part. Ensuite, à partir d'exemples, nous présenterons quelques questions et résultats de recherche qui interpellent les agronomes. Nous concluons par une réflexion sur ce que « passer des milieux cultivés aux milieux habités » peut signifier pour l'agronomie.

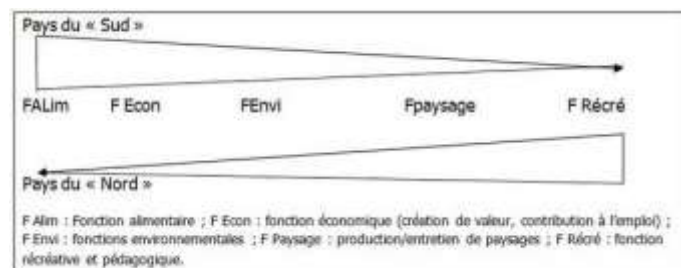
Agriculture urbaine, la recherche agronomique interpellée

Deux évolutions majeures peuvent nous permettre de comprendre pourquoi la recherche agronomique se trouve aujourd'hui interpellée. Il s'agit d'une part de la multifonctionnalité de l'agriculture urbaine, une réalité aux multiples facettes qui s'impose partout dans le monde. D'autre part, un autre phénomène s'impose de plus en plus : l'urbain et le périurbain sont des lieux d'émergence de nouvelles pratiques et modèles d'agriculture.

La multifonctionnalité de l'agriculture urbaine s'impose partout

L'agriculture urbaine peut remplir pour la ville plusieurs fonctions (Ba, 2007 ; Wegmuller et Duchemin, 2010), parmi lesquelles, et sans caractère d'exhaustivité, des fonctions alimentaires (autoconsommation, contribution à l'approvisionnement urbain), économiques (création de valeur, création d'emplois), environnementales (contention de risques comme les inondations, réduction d'ilôts de chaleur, zones de refuge en cas de cataclysmes), paysagères (poumons verts, parcs urbains) et sociales (récréatives, éducatives, etc.). On considère classiquement qu'entre pays « du Nord » - i.e. industrialisés, très urbanisés, au secteur primaire limité, avec très peu d'autoproduction vivrière au profit d'un approvisionnement alimentaire urbain largement organisé par la grande distribution -, et les pays « du Sud » - i.e. peu industrialisés, moins urbanisés, secteur primaire majoritaire, poids important de l'agriculture vivrière, peu de poids encore de la grande distribution dans l'approvisionnement urbain -, il y a des différences abyssales entre les formes et les fonctions de l'agriculture urbaine.

Mais cette vision schématique doit être critiquée car les dynamiques fonctionnelles évoluent. (encadré 1).



Encadré 1. Fonctions et dynamiques de l'agriculture urbaine

Il est clair qu'aujourd'hui, dans les pays du Sud, la part de l'agriculture de proximité dans l'approvisionnement alimentaire des villes est considérable voire dominante, pour les produits frais notamment, et toujours croissante (Dubbeling *et al.*, 2010), et qu'*a contrario* les fonctions récréatives ou paysagères sont peu considérées, et inversement pour les pays du Nord. Cependant, cette vision dichotomique est aujourd'hui largement mise à l'épreuve : au Nord, la reconquête de la fonction alimentaire de l'agriculture de proximité est en marche (Salomon-Cavin et Niwa, 2011 ; Aubry *et al.*, 2010), plus qualitativement que quantitativement, mais cependant avec des politiques publiques de plus en plus marquées pour l'accompagner (Barthassat *et al.*, 2011 ; Guiomar, 2011). A l'inverse, les fonctions récréatives et paysagères peuvent être prises en compte dans les schémas d'aménagement urbain de certaines villes du sud, conscientes que l'occupation agricole des sols est l'une des formes les moins chères pour créer et entretenir le vert dans la ville (Plan Vert d'Antananarivo, Ba et Moustier, 2010). Quant aux fonctions environnementales, elles prennent partout de l'ampleur, et se traduisent là aussi par des politiques publiques parfois incitatives comme le développement de l'agriculture biologique autour des captages d'eau alimentant les bassins urbains, la contribution à l'assainissement urbain par l'utilisation agricole de déchets urbains, ou l'acquisition foncière publique de terres agricoles mises à disposition d'agriculteurs avec cahiers des charges d'utilisation pour gérer des risques naturels, protéger la biodiversité, organiser la fréquentation des espaces agricoles.

De nouvelles formes d'agriculture surgissent de toute part

Conséquence de ces évolutions, au contact de l'urbain, l'agriculture tend à emprunter d'autres modèles de développement. En effet, si l'existence de l'agriculture urbaine est une réalité ancienne, inscrite dans l'histoire de la plupart des villes depuis leur origine, le développement de l'agriculture productiviste a entraîné une déconnection croissante entre le développement urbain et le développement agricole, avec une spécialisation régionale des productions et filières agricoles indépendamment des structurations urbaines. Ce phénomène continue à dominer dans les pays du Nord, mais également au Sud où se développent les bassins de productions destinées aux exportations. En conséquence, le profil des agricultures périurbaines reflète d'abord celui des régions de production concernées, la ville induisant quelques spécificités, repérables surtout à proximité immédiate des pôles urbains (Bryant *et al.*, 2003 ; Souillard & Thureau, 2009).

Toutefois, ce mouvement encore dominant connaît des contre-tendances. D'abord, la prise de conscience de l'environnement a conduit à un renouvellement du « contrat » entre l'agriculture et la société autour des idées de multifonctionnalité et de durabilité. Puis, la succession de crises globales de la dernière décennie, et tout particulièrement la crise alimentaire de 2008, a accentué la prise de conscience de la valeur nourricière des terres agricoles face à l'enjeu de souveraineté alimentaire¹⁰.

La remise en cause du « globalized agri-food system » (Morgan *et al.*, 2006) s'est accompagnée à l'échelle européenne du développement de systèmes agro-alimentaires dits « alternatifs » (Chiffolleau, 2009 ; Deverre et Lamine, 2010) qui revendiquent la proximité géographique et relationnelle avec les producteurs agricoles, comme dans les AMAP¹¹ (Lamine, 2008), héritières françaises, comme les CSA¹² le sont aux USA, des Tekei japonais apparus au début des années 60 (Parker, 2005). Ces mouvements alternatifs

¹⁰ La FAO a inscrit l'action « des aliments pour les villes » comme domaine prioritaire dans ses plans récents. Pour plus d'informations, voir FAO (2010) et rapport DUALINE, chapitre 6.

¹¹ AMAP : associations pour le maintien d'une agriculture paysanne.

¹² CSA : « community supported agriculture ».

d'agriculteurs (souvent bio) et de consommateurs partisans des circuits courts alimentaires (Dubuisson-Quellier, 2009), eux-mêmes en forte diversification (Aubry et Chiffolleau, 2009), furent alors relayés par des collectivités locales et acteurs publics de plus en plus nombreux, créant un engouement général pour des formes d'agriculture locales en prise avec les désirs des consommateurs (Maréchal, 2008).

Enfin, le développement durable s'est imposé partout comme principe majeur des politiques publiques qui promeuvent la ville durable (Emelianoff, 2004) et élargissent les périmètres d'aménagement pour prendre en compte les relations villes-campagnes et les territoires périurbains. Ces évolutions de l'action publique territorialisée impulsent – ou reprennent à leur compte – une multitude d'initiatives locales (agendas 21 locaux par exemple), développent des concepts d'aménagement intégrateurs (comme les agri-parcs ou les éco-quartiers), et favorisent une myriade de micro-projets en tous genres, autant d'approches nouvelles qui tentent d'intégrer l'agriculture et l'alimentation aux projets urbains.

En résumé, on retiendra de ces évolutions qu'elles font émerger une pluralité d'acteurs urbains et de réseaux agriculteurs-consommateurs qui s'érigent en porteurs de nouveaux projets agricoles pour répondre aux besoins urbains (Zasada, 2011). La conséquence est une demande croissante de systèmes agricoles correspondant aux attentes variées des citoyens.

Agronomie et agriculture urbaine, une rencontre qui débute

Mais en quoi l'agriculture urbaine interpelle-t-elle l'agronomie en tant que discipline scientifique ? Avant de donner des exemples concrets, précisons de quelle agronomie on parle ici. En effet, si la rencontre peut se faire aujourd'hui, c'est aussi parce que l'agronomie a vu son champ de recherche s'élargir.

Comme le suggérait un article de Deffontaines (1992), l'agronomie, science du champ, est aussi un lieu d'interdisciplinarité qui va de l'écophysiologie des plantes aux sciences humaines. Lors des dernières décennies, les agronomes ont vu leurs échelles d'analyse évoluer du champ cultivé aux exploitations agricoles et

aux liens entre techniques et territoires (Sebillotte, 2002), tout en conservant le système de culture comme objet d'analyse, d'évaluation et de conception (Doré *et al.*, 2006).

Les entretiens du Pradel en 2002 portaient précisément sur cet élargissement des agronomes aux « territoires » (Prévost, 2005). Cet élargissement a toutefois privilégié certaines entités de lieux liés à la sphère productive, comme les bassins d'approvisionnement en produits des opérateurs des filières agricoles (voir Le Bail et Le Gal dans ce numéro), ou les aires adéquates pour la gestion agri-environnementale du territoire (Papy, 1999). L'activité « agronomique » d'analyse, d'évaluation et de conception de systèmes agricoles périurbains est par contre plus fréquente dans les pays en développement, où elle s'inscrit toujours dans une approche pluridisciplinaire, par exemple avec des géographes et des économistes (Aubry *et al.*, 2008, 2010 ; de Bon *et al.*, 2010). En France, encore peu d'agronomes se sont intéressés au périurbain. Mais aujourd'hui, le nouveau défi alimentaire a changé la donne. En effet, lors de la récente prospective DUALINE, la nécessité de mieux étudier la contribution de l'agriculture urbaine à l'approvisionnement alimentaire des villes a été soulignée (Gaigné *et al.*, 2011).

Face à cet enjeu, il ne faut pas se limiter à l'agriculture présente mais il faut aussi inventer de nouvelles formes d'agriculture de proximité. Dans les pays du Nord, des courants de travaux émanant des « local food systems » et du « planning » développent le concept de « food planning » qui vise à intégrer les questions alimentaires de proximité aux politiques d'aménagement des régions métropolitaines (Morgan, 2009). D'autres mouvements de reconquête agricole de l'espace urbain se développent. Des architectes et urbanistes ont proposé de nouveaux concepts - « edible landscape » (Bhatt & Farah, 2010), « continuous productive urban landscape (CPUL) » et « permaculture » (Viljoen, 2009) - pour désigner des politiques de reconquête alimentaire. Selon ces approches, les agglomérations urbaines sont vues comme des « fermes » à l'intérieur desquelles différents espaces ou supports aptes à produire des denrées alimentaires sont aménagés et mis en production. Et les potagers collectifs urbains et

périurbains, longtemps vus comme seulement récréatifs, prennent de façon croissante, et fort variable selon les milieux, des fonctions alimentaires (PADES, 2005) qui en font une composante réelle de l'agriculture urbaine au Nord.

Ces évolutions qui se dessinent sont encore émergentes, mais elles suggèrent plusieurs thèmes de recherche futurs qui pourront concerner les agronomes.

Thèmes de recherche futurs intéressant l'agronomie

Un premier thème porte sur la forte diversification de l'agriculture urbaine y compris en pays industrialisés, avec la multifonctionnalité des exploitations, le développement et la diversification des circuits courts, et les formes innovantes d'agriculture en ville.

Un second thème porte sur l'explicitation des performances techniques des agricultures urbaines, y compris les plus innovantes comme les formes de jardins sur les toits (à visée alimentaire privée ou commerciale), les fermes verticales, etc.

Il faudrait aussi faire une analyse stricte des bilans environnementaux de ces formes innovantes d'agriculture, troisième thème, car il apparaît que, selon les filières et les organisations, l'impact environnemental de filières courtes n'est pas systématiquement meilleur, notamment en termes énergétiques, que ceux des filières longues qui ont longtemps cherché à optimiser les coûts logistiques (Petit *et al.*, 2009 ; Schlich *et al.*, 2006). De même, les systèmes encore peu développés sous nos latitudes de « fermes verticales », sensées apporter une réponse aux inquiétudes de sécurité et de sûreté alimentaire pour le siècle en cours (Despommiers, 2010) sont fortement questionnées quant à leurs bilans environnementaux.

Les répercussions des localisations des productions et des pratiques agricoles sur la qualité sanitaire des produits et sur l'adéquation aux attentes des consommateurs (variétés, substrats, conduites des fertilisations, lutte phytosanitaire, recours aux formes d'agriculture hors-sol et à des formes de commercialisation innovantes, supermarchés autoproduisant sur leurs toits par exemple), ouvrent aussi de

nombreux thèmes de recherche¹³. Dans les pays du Sud, où l'agriculture notamment maraîchère s'immisce dans nombre d'interstices urbains, les questions de l'utilisation d'eaux usées ou de risques de contamination par dépôts atmosphériques restent fortement posées (Armar-Klemesu et Maxwell, 1999). Dans les pays du Nord, il s'agit d'une thématique émergente, notamment pour les formes d'autoproduction alimentaire en développement dans les jardins collectifs urbains et périurbains (Douay *et al.*, 2008).

Toutes ces questions renouvellent et complexifient l'approche foncière et territoriale des « terres agricoles » pour leur protection ou leur mise en valeur. Car si les initiatives en faveur de l'agriculture urbaine se multiplient, on constate que dans le même temps l'artificialisation des terres agricoles se poursuit, et s'accélère même ces dernières années¹⁴. Or, les agronomes ont leur mot à dire sur la qualification des sols et des terres agricoles, qu'il faut désormais concevoir comme un patrimoine agronomique à conserver (Balestrat *et al.*, 2011). La création récente des commissions départementales de la consommation des espaces agricoles émanant de la loi de modernisation agricole de 2010, va générer de nouvelles demandes en matière d'observatoire des terres agricoles. Agronomes, spécialistes des sols, bio-climatologues et géographes devront coopérer pour construire ces observatoires et aider à la décision¹⁵.

En résumé, la figure 1 représente les principaux objets et processus à étudier par l'agronomie en zone urbaine et périurbaine.

¹³ Voir : www.urbanfarming.org

¹⁴ Une étude du ministère de l'agriculture fait état d'une accélération du processus d'artificialisation entre 2006 et 2009. 6 100 km² supplémentaires auraient été artificialisés, soit l'équivalent d'un département français en sept ans alors qu'il fallait dix ans pour atteindre une telle superficie auparavant (1992-2003). Source : <http://www.adcf.org/urbanisme/Creation-des-commissions-departementales-de-la-consommation-des-espaces-agricoles.-537.html>

¹⁵ De premières applications existent. Voir par ex. l'outil DÉMÉTER conçu par Le Gouée P. *et al.* (2010).

diversité au-delà des contextes locaux (Soulard & Thareau, 2009 ; Ba et Aubry, 2010).

En Afrique par exemple, la diversité des exploitations urbaines et périurbaines est forte et ces exploitations sont souvent mal connues, car elles ne sont pas toujours répertoriées comme telles. Dès lors, organiser cette diversité et ses conséquences éventuelles sur les systèmes de culture est une préoccupation des agronomes. Une des spécificités du contexte urbain étant l'éventail large d'activités possibles pour les ménages agricoles, des études ont montré qu'on pouvait proposer une méta-typologie de ces exploitations, qu'il s'agisse de contextes de pays du Sud (Antananarivo, Dakar) ou du Nord (Ile de France). Cette méta-typologie (Ba et Aubry, 2010) est fondée sur le croisement entre les systèmes d'activités du ménage et le système de production agricole, ainsi que sur la distinction entre catégories d'activités non agricoles. Elle permet de repérer le rôle de certains déterminants *a priori* de l'explicitation des systèmes de culture, comme celui de la distance géographique entre la ville et l'exploitation L'accent est ainsi mis sur une vision intégrative de l'exploitation agricole, qui ne peut pas être vue sous le seul angle du système de production agricole.

Le tableau 1 montre un tel exemple à Madagascar : dans deux villages situés à une distance très voisine de la capitale Antananarivo, mais avec des conditions d'accessibilité à cette ville différentes, la proportion des méta-types est très différente et leurs répercussions sur les choix de cultures et de successions de culture aussi.

Tableau 1. Répartition des types de systèmes d'activités agricoles dans deux villages périurbains à Madagascar (N'Diéonor et Aubry, 2004).

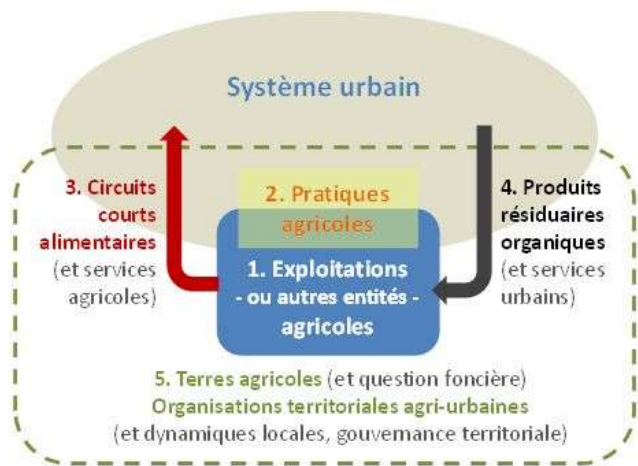


Figure 1. Objets et processus étudiés par l'agronomie en zone urbaine

Les objets et les processus concernés ne sont pas étudiés dans leur totalité, l'interdisciplinarité s'impose à chaque niveau (voir termes entre parenthèses), mais chacun pose des problèmes agronomiques spécifiques. C'est ce que nous allons maintenant illustrer par quelques exemples.

Adaptation des exploitations agricoles périurbaines

Une première question qui vient à l'esprit est celle des formes d'adaptation spécifiques des exploitations agricoles urbaines et périurbaines. Quelques travaux ont commencé à avancer sur cette question. Ils montrent que la proximité urbaine accentue la diversité agricole et rend l'activité agricole très interdépendante des autres activités des ménages souvent pluriactifs : ces travaux mettent en avant l'intérêt de construire des méta-typologies des exploitations périurbaines, permettant de qualifier leur

Exploitations dans les méta-types	Site 1	Systèmes de culture dominants	Site 2	Systèmes de culture dominants
Méta-type A	1	Légumes de cycle court (> 1 mois) : brèdes, haricots verts- 7 à 8 cycles/an (tomates et poireau que chez le « A »)	12	Tomate/Haricot Vert/chou ou poireau/bredes Tomates, chou, poireau : cycles longs (> 3 mois) Chez les 3 « C », cycles courts (HV,brèdes)
Méta-type B	3		5	
Méta-type C	16		3	
Total	20		20	

On note une forte domination des double-actifs (Méta-types B et surtout C) dans le site 1 où la ville est facilement accessible (route goudronnée, lignes de bus), avec des systèmes de culture maraîchers fondés sur des légumes feuilles à cycle très court, nécessitant peu de travail et peu d'intrants, facilement valorisables en ville, mais impliquant sur le plan technique une combinaison des familles botaniques lors des successions de culture pour éviter les problèmes sanitaires. Dans le territoire du site 2 où la ville est moins facilement accessible (piste impraticable en saison des pluies, pas de transport collectif), on trouve des méta-types où l'activité agricole et para-agricole domine largement (A) avec des systèmes de culture mêlant cultures à cycles longs (tomates, poireaux, chou) et à cycles courts (haricots, légumes verts) dans des successions complexes avec des règles assez strictes de précédent-suivant et de nombre de cycles successifs au cours d'une même année. Les systèmes de commercialisation sont aussi bien sûr affectés : vente directe dominante dans le site 1 (via les femmes vendant au marché plus ou moins formel), systèmes moins directs avec des collecteurs intermédiaires dans le site 2 (N'Diéor et Aubry, 2004).

Ces travaux montrent l'influence de la proximité urbaine sur la transition des systèmes de production et d'activités agricoles : le périurbain peut alors être considéré par les agronomes comme un lieu où s'expriment des formes « accentuées » des changements qui s'opèrent dans les exploitations agricoles.

Innovation dans les systèmes de culture en agriculture urbaine

Le développement des circuits courts alimentaires particulièrement marqué en proximité des villes est un bon exemple d'innovation dans les systèmes de culture dans les exploitations.

Par exemple, la diversification considérable du nombre de cultures chez les maraîchers périurbains en circuits courts - on dépasse souvent les 50 cultures différentes au cours de l'année -, les amène à des spécificités de conduite. La planification des successions de cultures est alors tellement complexe qu'elle ne se base plus que sur certaines « métarègles » de couples

précédent-suivant à éviter. Sur les opérations techniques, la règle commune est de limiter le plus possible le nombre d'opérations, de les différencier le moins possible entre cultures, mais de les regrouper dans le temps par groupes de cultures, voire pour toutes les cultures pratiquées. Ainsi, comme on l'a constaté dans une étude comparative en Ile-de-France et en Languedoc-Roussillon, même lorsqu'ils ne sont pas en agriculture biologique, les maraîchers en circuits courts, privilégient, la fertilisation organique « bloquée » sur les champs pour toutes les cultures à deux moments de l'année, plutôt que de réaliser des apports minéraux à des moments très variés selon les cultures compte tenu de leurs besoins nutritifs temporels différenciés. De même, on constate qu'ils limitent le plus possible les traitements phytosanitaires pour des raisons de simplification technique et aussi parce que certains produits n'existent tout simplement pas pour une partie des cultures peu fréquentes qu'ils pratiquent. Du coup des méthodes préventives ou curatives innovantes sont mises en œuvre, par exemple : présence de plantes compagnes de type souci, censées limiter les populations de certains insectes, observation et arrachage manuel de plantes malades, mélange d'espèces et de variétés sur une même planche et plus rarement recours à des lâchers d'auxiliaires.

Ces pratiques peuvent s'approcher ou s'inspirer de l'agriculture biologique voire biodynamique (ces maraîchers diversifiés s'auto-déclarent « proches du bio »), mais leur efficacité n'a pas, à notre connaissance, encore été évaluée au plan agronomique (Pourias, 2011; Demarque & Bressoud, 2010).

Usage des produits résiduels organiques

La proximité des villes offre aussi des atouts sur le plan de la conduite technique des systèmes, en particulier une diversité de produits résiduels organiques (PRO) qui font que les pratiques même de fertilisation peuvent être fortement déterminées par cette disponibilité en fertilisants.

Au Nord, les boues de station d'épuration sont de plus en plus compostées, les composts d'ordures ménagères et de déchets verts sont recyclés vers l'agriculture (tableau 2). Les fumiers de chevaux liés au développement des activités équestres

dans et autour des villes dans toute l'Europe sont utilisés par les maraîchers et les jardiniers amateurs.

Déchets urbains (France)	Production totale (millions de tonnes)	Part recyclée en agriculture (%)
Ordures ménagères	22	6% compostés 30 à 40% potentiels
Déchets verts	12	33% compostés
Boues STEP	0,9 (MS)	60% 10% compostés

Tableau 2. . Part des déchets urbains recyclée en agriculture (ADEME, 2007)

Or, tous ces produits ne sont pas dénués de risque de contamination car ils peuvent être chargés d'éléments toxiques qui s'accumulent dans les sols, les eaux, voire les produits agricoles. Des travaux sont menés par les agronomes pour évaluer l'intérêt agronomique et les risques associés à ces « PRO périurbains » en comparaison avec d'autres sources de fertilisants (Houot, 2009). Ces évaluations interrogent les agronomes en termes de méthodes et de modélisations adaptées¹⁶. Par ailleurs, l'histoire industrielle des zones urbaines se traduit par des risques spécifiques (comme dans le cas connu de MetalEurope à Lille) qui sont évalués et peuvent donner lieu à des formes diverses de réparation lorsqu'il s'agit de préserver ou de restaurer l'innocuité des sols vis-à-vis de productions horticoles, dans le cadre de l'agriculture professionnelle ou du jardinage (Douay et al., 2008).

Au Sud, où ces pratiques d'utilisation agricole de déchets urbains sont très courantes (Furedy et al., 1999; Hargreaves et al., 2008) et remplacent souvent partiellement ou totalement le recours aux engrais chimiques importés et chers, une

¹⁶ Par exemple, le modèle STICS actuel, fortement utilisé par les agronomes de l'INRA pour évaluer les conduites techniques en termes de rendements et d'impacts environnementaux, ne rend qu'imparfaitement compte du devenir des matières organiques : il est en cours d'adaptation dans le cadre du projet ANR ISARD (Intensification écologique des systèmes de production agricole et recyclage des déchets) pour permettre précisément de mieux évaluer l'impact de ces « PRO périurbains ».

question majeure est celle de l'innocuité des PRO ainsi utilisés, qu'ils soient solides ou fréquemment liquides (eaux usées récupérées et plus ou moins traitées). Un programme de recherche spécifique (Qualisann) a ainsi été mené à Madagascar pour analyser la productivité et les risques sanitaires liés en production de cresson intra-urbain dans les bas-fonds d'Antananarivo : 90% de la consommation urbaine de cresson provient de la ville elle-même alors que cette production est majoritairement obtenue à partir d'eaux très usées. On montre que le rendement du cresson est particulièrement élevé dans ces conditions mais que sa contamination fécale, bien que variable, peut être importante : les consommateurs urbains s'y sont adaptés depuis quelques années en consommant cuit ce produit traditionnellement servi cru (Dabat et al., 2010).

Il existe donc tout un champ de travaux à développer pour inventorier les PRO disponibles sur des territoires urbains, les caractériser d'un point de vue physico-chimique et écotoxicologique, analyser leur insertion possible dans les systèmes de culture en substitution totale ou partielle des engrais chimiques, et mettre au point des coordinations territoriales entre producteurs de PRO (ville, centres équestres ou autres élevages périurbains, stations d'épuration) et consommateurs de PRO que sont les agriculteurs du voisinage urbain.

Pratiques agricoles dans les environnements urbains

Une des spécificités des pratiques agricoles urbaines et périurbaines tient au partage de l'espace entre usages et activités : les pratiques doivent être ajustées à ce voisinage urbain. On note dans de nombreuses enquêtes que les agriculteurs sont amenés à modifier leurs pratiques culturelles, depuis la localisation des cultures jusqu'aux opérations culturales elles-mêmes (types d'engrais, nombres et dates d'apport).

Par exemple, une étude chez des céréaliers d'Ile-de-France montrait un raisonnement des dates d'apports d'engrais ou de produits phytosanitaires plus liés à ces contraintes urbaines qu'à la prise en compte des besoins agronomiques des cultures (pas le mercredi, pas le matin à cause des

embouteillages, etc.) et une réduction des apports cherchant explicitement à limiter les déplacements et pas à réduire quelque impact environnemental (Aubry, 2007). Une autre étude sur la circulation agricole en périphérie de Châlons-sur-Saône montre que les contraintes de circulation agricole peuvent conduire les agriculteurs à renoncer à certaines opérations culturales (simplification des itinéraires et des successions) ou à déléguer certains chantiers à des entreprises de travaux agricoles car les conditions de transport sont devenues un obstacle (Laurent, 2005). On constate d'ailleurs dans toutes les aires périurbaines que des entreprises de travaux agricoles se spécialisent dans l'exploitation de parcelles en attente d'urbanisation.

Il existerait alors des systèmes de culture périurbains, marqués par des itinéraires techniques adaptés à la précarité et à la spéculation foncières, au voisinage résidentiel, aux contraintes de la circulation routière, systèmes dont l'évaluation agronomique, environnementale, et même ici socio-territoriale, reste à faire. De tels systèmes sont à considérer aussi à l'aune des fonctions paysagères, culturelles et de loisirs qu'ils assurent, souvent indépendamment de la stratégie productive de l'agriculteur, comme nous le suggère Le Caro (2007) avec son concept « d'assolement récréatif » ou encore Banos (2011) à propos de l'ouverture au public des exploitations agricoles.

Cette diversité de systèmes de culture et d'usage des parcelles agricoles ne peut se comprendre indépendamment de l'environnement urbain, ce qui suppose que l'agronome considère alors le territoire à l'échelle du système urbain.

Organisations territoriales agri-urbaines

Les pratiques et les exploitations agricoles urbaines et périurbaines subissent des contraintes et/ou suscitent des attentes qui ne prennent sens qu'à l'échelle du territoire urbain et de son aménagement.

Par exemple, l'étalement urbain a une conséquence agricole encore peu étudiée par les agronomes : la création ou/et la relocalisation des sièges d'exploitation agricole à l'extérieur des villages devenus résidentiels. L'installation ou la

reprise des exploitations périurbaines par des jeunes agriculteurs pose des problèmes aigus d'accès au foncier et au logement. Or, les solutions à imaginer ne sont pas individuelles, elles impliquent une réorganisation des territoires bâtis et non bâtis, de nouveaux accords fonciers et de nouvelles formes de « contrats » entre agriculteurs, collectivités et habitants.

Dans l'Hérault par exemple, des hameaux agricoles sont expérimentés pour regrouper des hangars viticoles et des logements à la sortie du village. L'analyse de ces projets montre que ces regroupements modifient les pratiques des agriculteurs dans le sens positif d'une plus grande efficacité, mais aussi dans le sens négatif d'une réduction des pratiques d'ajustement au « bon voisinage » : diminution de l'attention aux bruits, des discussions sur les produits et des pratiques d'entraide entre agriculteurs et habitants (Soulard *et al.*, 2007). Ces aménagements agricoles changent en profondeur les relations sociales et politiques locales, et posent la question de la place de l'agronomie dans des démarches de politique locale de l'habitat (Nougarèdes, 2011).

Ces difficultés tiennent aussi à un manque d'attention portée par les aménageurs au devenir des terres agricoles trop souvent perçues comme une simple réserve foncière d'urbanisation. Or, cette vision consommatrice de terres continue à s'imposer alors même que les objectifs des politiques de la ville durable ont changé. Elle prédomine encore largement, faute d'une relative absence des acteurs agricoles, eux-mêmes pris dans des intérêts fonciers contradictoires (Perrin, 2009), mais aussi d'une faible présence des agronomes sur ce terrain. Un bon exemple pour s'en convaincre est l'expérience du Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT¹⁷) de Montpellier où la réalisation d'un diagnostic agricole par l'INRA et SupAgro (Jarrige *et al.*, 2006)¹⁸ a permis de faire émerger un changement de paradigme - les urbanistes ayant « inversé leur regard » sur l'armature agricole de l'agglomération¹⁹ - et de

¹⁷ SCOT : schéma de cohérence territoriale (document de planification à l'échelle de l'aire urbaine).

¹⁸ Voir aussi les travaux de l'UMR Métafort sur les démarches de diagnostic territorial (Lardon *et al.*, 2005) et sur la gouvernance des territoires périurbains (Lardon *et al.*, 2008).

¹⁹ Par analogie au concept d'armature urbaine qui désigne la structure de l'espace urbain.

créer une base d'observation cartographique des espaces agricoles et naturels pour cibler les zones à urbaniser ou à protéger et pour guider les interventions foncières publiques en limites d'urbanisation. (Jarrige et al., 2009).

Ces exemples montrent que des analyses agronomiques sont nécessaires pour intégrer l'agriculture aux choix d'aménagements. Cela suppose de s'engager résolument dans des démarches d'innovations territoriales à la recherche de nouvelles organisations des territoires qui soient fonctionnelles pour les agriculteurs, tout en organisant le partage de l'espace avec les habitants.

Des milieux cultivés aux milieux habités, quelle agronomie ?

L'agriculture urbaine interpelle l'agronomie sous un angle nouveau car le « champ agri-urbain » est à la fois un sol, une parcelle, et un lieu, qui sont convoités et mobilisés par des acteurs urbains qui veulent en faire usage ou qui en attendent des services ou fonctions. Entre milieu cultivé et milieu habité, la figure du champ agri-urbain est celle d'un objet d'étude hybride où l'agronome se confronte à l'aménageur, à l'élus urbain et au citoyen. Ces derniers attendent de ce champ agri-urbain qu'il procure des services co-produits par l'usage agricole, qu'ils soient alimentaire, paysagé, patrimonial, éducatif, etc. On doit donc, du côté de la recherche, qualifier et quantifier autant que faire se peut ces « services écosystémiques » (d'approvisionnement, de régulation, de soutien aux conditions biologiques favorables, culturels) au sens premier donné à ce terme par le « Millennium Ecosystem Assessment » (2005)²⁰. La tâche de l'agronome est de décrire, concevoir et évaluer des systèmes agricoles qui incorporent l'acte productif aux fonctions urbaines.

Développer ces recherches agronomiques de façon croisée entre « Nord » et « Sud » sur un phénomène en évolution aussi rapide répondrait au moins à un double enjeu : celui de la mise en synergie des efforts de recherche aujourd'hui trop parcellisés et celui, qui en découle, de la formation

initiale et continue à l'agronomie des territoires urbains.

Pour conclure, nous pensons que le défi alimentaire peut recréer ce lien organique et historique entre la production agricole et la production urbaine. Parce qu'il place l'acte productif au centre du débat entre l'agriculture souhaitée des villes et la fonction première attendue des agriculteurs, le défi alimentaire peut imposer une reconnection entre les agricultures et leurs villes.

Un tel défi ne pourra être relevé sans les agronomes.

Remerciements

Nous remercions Guy Trébuil pour son appui tout au long de la rédaction, ainsi que les deux relecteurs d'une version préliminaire de cet article.

Bibliographie

ADEME, 2007. Gestion des déchets organiques en France. Rapport ADEME, 22 p.

Amar-Klemesu, M., Maxwell D. 1999. Accra: Urban agriculture as an asset strategy, supplementing income and diets. *Growing Cities Growing Food, Urban Agriculture on the Policy Agenda: A Reader on Urban Agriculture*. Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung (DSE), Zentralstelle für Ernährung und Landwirtschaft. RUAF Foundation.

Aubry C., 2007. La gestion technique des exploitations agricoles composante de la théorie agronomique. Mémoire. Toulouse (FRA) : Institut National Polytechnique de Toulouse. 101 p.

Aubry C., Chiffolleau Y., 2009. Le développement des circuits courts et l'agriculture péri-urbaine : histoire, évolution en cours et questions actuelles. *Innovations Agronomiques*, 5 : 53-67.

Aubry C., Dabat M.-H., Mawois M., 2010. Fonction Alimentaire de l'agriculture urbaine au Nord et au Sud: Permanence et renouvellement des questions de recherche. *Actes de la conférence Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food - ISDA 2010*, Montpellier : France (2010) - <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00521221/en/>

Aubry C., Ramamonjisoa J., Dabat M.-H., Rakotoarisoa J., Rakotondraibe J., Rabeharisoa L., 2008. L'agriculture à Antananarivo (Madagascar) : une approche interdisciplinaire. *Natures Sciences Sociétés*, 16 : 23-35.

Ba A., 2007. Les fonctions reconnues à l'agriculture intra et périurbaine dans le contexte dakarais : caractérisation et diagnostic de durabilité de cette agriculture en vue de son intégration dans le projet urbain de Dakar (Sénégal). Thèse

²⁰ Millennium Ecosystem Assessment, 2005 (<http://www.maweb.org/>).

- de doctorat, Agroparistech (Paris) and Université Cheik Anta Diop (Dakar), 269 p.
- Ba A., Aubry C., 2010. Diversité et durabilité de l'agriculture urbaine : une nécessaire adaptation des concepts ? *Actes de la conférence [Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food - ISDA 2010, Montpellier : France \(2010\)](#)* - <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00521127/fr/>
- Ba, A., Moustier, P. 2010. The role and future of local agriculture for the residents of Dakar. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 5 : 913-936.
- Balestrat M., Barbe E., Chéry JP., Tonneau JP., 2011. Une démarche novatrice en faveur de la reconnaissance du patrimoine agronomique des sols : le cas de l'agriculture périurbaine en zone languedocienne. *Norois*, 221.
- Banos V., 2011. L'ouverture au public des exploitations agricoles en Dordogne : processus de publicisation ou diffusion des normes urbaines ? *Norois*, 218 (à paraître).
- Banzo M., Couderchet L., Valette E. 2010. Les nouvelles périphéries urbaines : formes, logiques et modèles de la ville contemporaine. Rennes : PUR, p. 101-115. Barles S., 2002. Le métabolisme urbain et la question écologique. *Annales de la recherche urbaine*, 92 : 143-150.
- Barthassat M., Beuchat S., Deriaz G., 2011. Agriculture, ville et paysage : enjeux du projet d'agglomération franco-valdo genevois. *Urbia*, 12 : 56-67.
- Bertrand N., Dir., 2010. *L'agriculture dans la ville éclatée*. Université de Montréal, Montréal, 183 p.
- Bhatt V., Farah L.M. 2010. Urban design for food-security: thinking globally design locally. *Acta Hort.* (ISHS) 881:79-84 http://www.actahort.org/books/881/881_6.htm
- Bonnefoy S., 2011. La politisation de la question agricole périurbaine en France : points de repère. *Urbia*, 12 : 11-20.
- Bryant C.R., 1995. The role of local actors in transforming the urban fringe. *Journal of Rural Studies*, 11(3) : 255-267.
- Bryant C., Desroches S., Clément C., 2003. Rapport de recherche sur la comparaison des systèmes agricoles périurbains et non périurbains. Ministère de l'environnement du Québec. Université de Montréal, 24 mars 2003, 84 p.
- Bryld, E., 2003. Potentials, problems, and policy implications for urban agriculture in developing countries. *Agriculture and Human Values*, 20 : 79-86.
- Cavilhès J., 2009. Analyse économique de la périurbanisation des villes. *Innovations agronomiques*, 5 : 1-12.
- Chiffolleau, Y., 2009. From politics to co-operation: the dynamics of embeddedness in alternative food supply chains. *Sociologia Ruralis*, 49 (3) : 218-235.
- Dabat M.H, Ramanarivo R., Ravoniarisoa FE., Ramahaimandibisoa, Aubry C., 2010. Distance to the city and Performance of Food Chains in Antananarivo, Madagascar. *Urban agriculture Magazine*, 24 septembre 2010, www.ruaf.org
- De Bon, H., Parrot, L., Moustier, P., 2010. Sustainable urban agriculture in developing countries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30 (1) : 21-32.
- Deffontaines J.P., 1992. L'agronomie : discipline et interdiscipline. Jollivet M., (Dir.), *Sciences de la Nature, sciences de la société : les passeurs de frontières*. CNRS Editions, Paris. 55-68.
- Demarque, F., Bressoud, F., 2010. Maraîchage diversifié et circuits courts. Quelles conséquences sur la production ? *Serres et Plein Champ*, 66 (251) : 5-6.
- Despommiers D., 2010. *The Vertical Farm. Feeding the world in the 21st Century*. Thomas Dunes Books, St Martin Press.
- Deverre C, Lamine C, 2010. Les systèmes agro-alimentaires alternatifs. Une revue des travaux anglophones en sciences sociales. *Économie Rurale*, 317 : 57-73.
- Donadieu P., 1998. *Campagnes urbaines*. Actes Sud, Arles/Versailles.
- Donadieu P., Fleury F., 2003. La construction contemporaine de la ville-campagne en Europe. *Revue de Géographie Alpine*, 1(4).
- Doré T., Le Bail M, Martin P, Ney N, Roger-Estrade J, 2006. *L'agronomie aujourd'hui*. Éditions Quae, collection Synthèses, 365 p.
- Douay F., Roussel H., Pruvot C., Loriette A. and Fourrier H. 2008. Assessment of a remediation technique using the replacement of contaminated soils in kitchen gardens nearby a former lead smelter in Northern France. *Science of the Total Environment*, 401 : 29-388.
- Downey D.J., Smith D.A., 2011. Metropolitan reconfiguration and contemporary zones of transition: conceptualizing border communities in postsuburban California. *Journal of Urban Affairs*, 33 (1) : 21-44.
- Drechsel, P., Quansah, C., Penning de Vries, F., 1999. Urban and periurban agriculture in West Africa: Characteristics, Challenges and need for action. Smith, O.B. (Ed), *Urban agriculture in West Africa: Contributing to food security and Urban Sanitation*, CRDI, CTA, Ottawa (Canada). 19-40
- Dubbeling M, de Zeeuw H, van Venhuizen, R. 2010. *Cities, poverty and Food : Multistakeholder Policy and Planning in Urban Agriculture*. Practical Action Publishing, Ruaf Fondation-IDRC, Rugby, 178 p.
- Dubuisson-Quellier, S., 2009. *La consommation engagée*. Paris, Les Presses de Sciences Po.
- Emelianoff C., 2004, Les villes européennes face au développement durable : floraison d'initiatives sur fond de désengagement politique, *Les cahiers du Prodes*, no.8, <http://www.developpement.durable.sciences-po.fr/publications/cahier8.pdf>
- Emelianoff C., 2008. La ville durable : vers un modèle d'action conjointe, responsabilité et environnement. *Annales des Mines*, 52 : 68-71.
- Esnouf C., Russel M., Bricas N., (Coord.), 2011. *Pour une alimentation durable- Réflexion stratégique du ALIne*. Éditions

- Quae, collection Matière à débattre et décider. Inra-Cirad (France), 286 p.
- FAO, 2010. *Food for the cities*. Sur le site : <http://www.fao.org/fcit/en/>
- Fleury A., 2001. L'agronomie face aux nouveaux enjeux de l'agriculture : formes et fonctions de l'agriculture périurbaine. *C.R. Acad. Agric.* 87 (4) : 129-138.
- Fleury, A., Moustier, P., 1999. L'agriculture urbaine, infrastructure de la ville durable. *Cahiers Agricultures*, 8: 25-30.
- Furedy C., Maclaren V., Whitney J., 1999. Reuse of waste for food production in Asian Cities: Health and economic perspectives. *Sustainable Urban Food Systems*, 23-34.
- Gagné, C., Capt, D., Faguer, E., Frappier, L., Hilal, M., Hovelaque, V., Le Cotty, T., Parrot, L., Schmitt, B., Soulard, C.T., 2011. Urbanisation et durabilité des systèmes alimentaires. Esnouf, C., Russel, M., Bricas, N. (Coord.), *Pour une alimentation durable- Réflexion stratégique du ALIne*. Éditions Quae, collection Matière à débattre et décider. 123-142.
- Guimar X., 2011. Les collectivités locales à la recherche d'une agriculture de proximité. *POUR*, 209-210, no. sur Réformes des collectivités et gouvernance territoriale.
- Hargreaves J.C., Adl M.S, Warman P.R., 2008. A review of the use of compost municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123 : 1-14.
- Houot, S., 2009. Compostage et valorisation par l'agriculture des déchets urbains. *Innovations Agronomiques*, 5 : 69-81.
- Jarrige F., Thinon P., Delay C., Montfraix P., 2009. L'agriculture s'invite dans le projet urbain. Le schéma de cohérence territoriale de Montpellier Agglomération. *Innovations Agronomiques*, 5 : 41-51.
- Jarrige, F. ; Thinon, P. ; Nougaredes, B., 2006. La prise en compte de l'agriculture dans les nouveaux projets de territoires urbains : Exemple d'une recherche en partenariat avec la Communauté d'Agglomération de Montpellier. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, 3 : 393-414.
- Lamine C., 2008. *Les AMAP: un nouveau pacte entre producteurs et consommateurs ?* Éditions Yves Michel, 163 p.
- Lardon S., Chia E., Rey-Valette H., 2008. Introduction : Dispositifs et outils de gouvernance territoriale », *Norois*, 209 (4). URL : <http://norois.revues.org/2602> ; DOI : 10.4000/norois.2602
- Lardon S., Piveteau V., Lelli L., 2005. Le diagnostic des territoires, *Géocarrefour*, 80 (2). URL : <http://geocarrefour.revues.org/979>
- Laurent G., 2005. Étude des circulations agricoles dans les exploitations agricoles périurbaines de Châlon-sur-Saône. Programme Urbatech de l'INRA-SAD – Mémoire d'ingénieur agronome de l'INA Paris-Grignon, 55 p.
- Le Caro Y., 2007. *Loisirs en espace agricole : un espace partagé*. Rennes : PUR.
- Le Gouée P., Marie M., Cantat O., Bensaïd A., 2010. *DÉMÉTER : une démarche originale pour maîtriser la consommation du foncier agricole liée à l'étalement urbain*. Montpellier : France (2010) - <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00545717/fr/>
- Maréchal G., 2008. *Les circuits courts alimentaires : Bien manger dans les territoires*. Educagri Éditions.
- Morgan K., Dir., 2009. Feeding the city. The challenge of the urban food planning. *International Planning Studies* (special issue), 14 (4) : 341-348.
- Morgan, K., Marsden, T., Murdoch, J., 2006. Networks, Conventions and Regions: theorizing «Worlds of Food. *Place, Power and Provenance in the Food chain*. Oxford University Press, 7-25.
- Mougeot, L.J.A., 2005. Agropolis: The Social, Political and Environmental Dimensions of Urban Agriculture. IDRC, Earthscan, London, 286 p.
- Moustier P., Fall A.S., 2004. Les dynamiques de l'agriculture urbaine : caractérisation et évaluation". Smith O.B., Moustier P., Mougeot L.J.A., Fall A. S., (Éds.), *Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone. Enjeux, concepts et méthodes*, Cirad, CRDI, Paris, Ottawa, 23-37.
- N'Diènor M., Aubry C. 2004. Diversité et flexibilité des systèmes de production maraîchers dans l'agglomération d'Antananarivo (Madagascar) : atouts et contraintes de la proximité urbaine ; *Cahiers Agricultures*, 13 : 50-57.
- Nougaredes B., 2011. Quelles solutions spatiales pour intégrer l'agriculture dans la ville durable ? Le cas des hameaux agricoles dans l'Hérault. *Norois*, 221 : 345-356.
- PADES. 2005. Les jardins familiaux : un outil de développement social urbain. http://www.padesautoproduction.net/jardins_famil_outil.html.
- Paillard S., Treyer S., Dorin B., (Coords.), 2009. *Agrimonde. Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*. Éditions Quae. 295 p.
- Papy F., 1999. Agriculture et organisation du territoire par les exploitations agricoles : enjeux, concepts et questions de recherche. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 85 : 233-244.
- Parker, G., 2005. Sustainable Food ? Teikei, co-operatives and food citizenship in Japan and in the UK. Working Paper, *Real Estate and Planning*, 11/05.
- Perrin C., 2009. *Construire les campagnes méditerranéennes. Usages, aménagement et valorisations du foncier agricole périurbain en Provence et en Toscane (1950-2010)*. Thèse en géographie de l'Université d'Aix-en-Provence, 750 p.
- Petit, C. ; Rémy, E. ; Aubry, C., 2009. Trafic routier et distances de sécurité : Le dilemme de l'agriculture en Ile-de-France. *VertigO*, 9 (1) : 1-11.
- Pourias J. 2011. Jardins collectifs parisiens : pratiques, fonctions et risques. Mémoire de Master 2 « Environnement, Territoires, Sociétés », AgroParisTech/Museum, 83 p + annexes.

- Prévost P. (Éd.), 2005. *Agronomes et territoires : Deuxième édition des entretiens du Pradel*. Actes du colloque du 13 septembre 2002, L'Harmattan, Paris.
- Sabatier B., Soulard C.T., Jarrige F., Laurens L., Nougarèdes B., 2007. L'agriculture périurbaine aujourd'hui : un champ de recherche multidimensionnel, Colloque international : les agricultures périurbaines, un enjeu pour la ville. Vers des projets de territoire, Nanterre, 10-12/10/2007, 10 p.
- Salomon Cavin J., Niwa N., 2011. Introduction. Agriculture urbaine en Suisse : au-delà des paradoxes. *Urbia*, 12 : 1-10.
- Schlich E., Biegler I., Hardtert B., Luz M., Schröder S., Schroeber J., Winnebeck S., 2006. La consommation d'énergie finale de différents produits alimentaires : un essai de comparaison. *Courrier de l'Environnement*, Inra, 53 : 111-120.
- Sebillotte M., 2002. Agronomes et territoires. Les trois métiers des agronomes. *Agronomes et territoires : Deuxième édition des entretiens du Pradel*. Actes du colloque du 13 septembre 2002, Prévost P. (Éd.), L'Harmattan, Paris : 285-317.
- Smith, J., Ratta, A., Nasr, J., 1996. Urban Agriculture: Food, Jobs and Sustainable Cities. New York, UNDP, Chapter 8. 197-209.
- Soulard C., Delfosse C., Nougarèdes B., Lafage C. 2007. Le bâti agricole périurbain. Projets d'aménagement et besoins spatiaux des agriculteurs. Madeline P., Moriceau J.-M. (Éds.), *Bâtir dans les campagnes. Les enjeux de la construction de la protohistoire au XXIème siècle*, Bibliothèque du pôle rural, Caen. 15-32.
- Soulard C.T., Thareau, B., 2009. Les exploitations agricoles périurbaines : spécificités et logiques de développement. *Innovations Agronomiques*, 5 : 27-40.
- Thinon P., Torre A., 2003. Distance géographique et relations fonctionnelles : réflexions sur un cadre d'analyse de la diversité des agricultures urbaines, Colloque de l'ASRDLF, XXXIXème , Concentration et ségrégation, dynamiques et inscriptions territoriales, Lyon, France, 1,2,3 septembre 2003.
- Van Veenhuizen R. (Dir.), 2006. *Cities farming for the future*, RUAF, Leusden, IRDC, Ottawa.
- Véron J., 2007, La moitié de la population mondiale vit en ville. *Population & Sociétés*, 435 : 1-4.
- Viljoen A., Eds., 2009 (2005). *CPULS : continuous productive urban landscapes. Designing agriculture for sustainable cities*. Elsevier Ltd / Architectural Press, Oxford (UK).
- Wegmuller F., Duchemin E., 2010. Multifonctionnalité de l'agriculture urbaine à Montréal : étude des discours au sein du programme des jardins communautaires ». *Vertigo*, 10 (2). URL : <http://vertigo.revues.org/10445> ; DOI : 10.4000/vertigo.10445.
- Zasada I., 2011. Multifunctional peri-urban agriculture. A review of societal demands and the provision of goods and services by farming. *Land Use Policy*, 28 (4) : 639-648. doi:10.1016/j.landusepol.2011.01.008.
- Zeza A., Tasciotti L., 2010. Urban agriculture, poverty and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries. *Food policy*, 35 : 265-273.

Défi alimentaire, politiques agricoles, environnement

Politiques et dynamique des systèmes de production : Comment concilier défi alimentaire, compétitivité et environnement ?

Policies and dynamics of production systems

: How to reconcile the food challenge, competitiveness and the environment ?

Vincent CHATELLIER (*) et Pierre DUPRAZ (**)(***)

(*) INRA LERECO, rue de la Géraudière, BP 71627, F-44316 Nantes, vincent.chatellier@nantes.inra.fr

(**) INRA, UMR1302 SMART, F-35000 Rennes, France, pierre.dupraz@rennes.inra.fr

(***) AGROCAMPUS OUEST, UMR1302 SMART, F-35000 Rennes, France

Résumé

Cet article discute l'influence des politiques publiques sur la dynamique des systèmes de production agricole. Il rappelle, tout d'abord, que les politiques commerciales définies dans le cadre de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) interfèrent avec l'indépendance alimentaire des pays, notamment ceux en développement. En considérant plusieurs productions (céréales, lait, viandes bovine et porcine), il traite de la place de l'agriculture de l'Union européenne dans le monde et des évolutions pressenties à l'horizon 2020. Une analyse des politiques environnementales communautaire et française est ensuite menée en insistant notamment sur le rôle du prix de l'énergie, de la Politique Agricole Commune (PAC) et des normes environnementales. Ce triple défi, de la compétitivité, de la production alimentaire et de l'environnement invite, enfin, à une réflexion interdisciplinaire sur les instruments de soutien souhaitables pour la future PAC. Dans un contexte caractérisé par une forte volatilité des prix et une montée en puissance des attentes environnementales, il devient nécessaire de procéder à une redistribution et à un meilleur ciblage des aides directes.

Mots clés. Politique agricole commune ; systèmes de production ; compétitivité ; environnement ; Union européenne.

Abstract

The article discusses the influence of public policies on agricultural production systems dynamics. It recalls that trade policies defined within the framework of the World Trade Organization (WTO) interfere with food independence, particularly in developing countries. By considering several

products (cereals, milk, beef, pork), it deals with the role of European agriculture at the global level and its development toward 2020. An environmental policy analysis of the European and French agricultures is presented with an emphasis on the role of energy prices, the Common Agricultural Policy (CAP) and environmental standards. The final part deals with an interdisciplinary reflection on desirable support instruments to be included in the future CAP to be able to meet the triple challenge of competitiveness, food production and environmental integrity. In a context characterized by high price volatility and rising environmental expectations, it becomes necessary to redistribute and better target direct aids.

Keywords. Public policies; production systems; competitiveness; environment; European Union.

Introduction

En ce début de millénaire, l'agriculture européenne entre dans une nouvelle phase de son histoire. La croissance attendue de la population mondiale et la modification des régimes alimentaires (plus de protéines animales) interrogent en effet le rôle futur que l'Union européenne (UE) devra jouer demain dans la production alimentaire et les échanges internationaux. La rareté croissante des ressources naturelles (pétrole, gaz, eau, etc.), le réchauffement climatique et les atteintes portées à l'environnement (pollution des eaux, dégradation des sols, perte de biodiversité) sont autant de facteurs qui doivent inciter les agriculteurs, avec l'appui des pouvoirs publics et des consommateurs, à réorienter progressivement leurs systèmes productifs. Le développement d'une agriculture capable de concilier simultanément le défi alimentaire, la compétitivité économique et l'environnement est devenu nécessaire. Les propositions législatives de la Commission européenne sur la Politique agricole commune (PAC) post-2013 (Commission européenne, 2011) cherchent à intégrer ces dimensions. Cette ambition exige de s'inscrire dans une démarche à long terme, car les transitions seront nécessairement lentes (durée des cycles de production, poids des investissements passés, apprentissage collectif de nouvelles techniques, etc.). Elle suppose aussi des innovations scientifiques, une implication partagée des différents acteurs et l'adoption de politiques, commerciales, agricoles et environnementales mieux adaptées aux nouveaux objectifs assignés.

En partant du rôle des politiques publiques dans la réorientation de l'agriculture, une réflexion organisée en trois parties est proposée. La première discute le lien entre la libéralisation des marchés agricoles impulsée par les politiques commerciales de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), la place de l'agriculture européenne dans le monde et la question sensible de l'indépendance alimentaire. En s'appuyant sur une analyse critique des politiques environnementales (directives, normes, mesures agro-environnementales), la deuxième partie insiste sur le rôle du prix de l'énergie sur l'évolution structurelle et technique de l'agriculture et sur la nécessité d'un meilleur recyclage de l'azote, tenant compte de la diversité des territoires. La troisième précise en quoi une réorientation des instruments de soutien de la PAC est nécessaire pour permettre à l'agriculture européenne de concilier plus efficacement les objectifs de compétitivité et d'environnement

L'agriculture européenne face à la libéralisation des marchés

L'UE est devenue la première zone exportatrice et importatrice de biens agroalimentaires au monde. Avec 23% des importations mondiales de produits agroalimentaires (commerce intra-communautaire exclu), l'UE occupe le premier rang des importateurs devant l'ALENA (zone regroupant Canada, États-Unis et Mexique, 14%), le Japon (10%) et la Chine (7%). Les importations européennes augmentent au fil des années en volume et en valeur et l'UE est déficitaire pour plusieurs produits : viande ovine, viande bovine, volailles, maïs grain, soja et produits tropicaux.

Parallèlement à la fixation de prix garantis à un niveau élevé par rapport aux prix mondiaux, les agriculteurs européens étaient jusqu'en 1995, protégés de la concurrence internationale par l'application d'un mécanisme de prélèvements variables aux importations. Selon cette préférence communautaire, les produits agricoles et alimentaires importés étaient taxés pour préserver la compétitivité des productions agricoles intérieures (à l'exception notable des oléagineux pour lesquels les prélèvements étaient historiquement nuls). L'Accord agricole du cycle de l'Uruguay (AACU) de 1994 a constitué, sur ce plan, une rupture majeure. En application du principe

de la tarification, une multitude de mesures non tarifaires sont transformées en droits de douane consolidés, lesquels sont de surcroît soumis à des engagements de réductions. De plus, les États membres de l'OMC sont depuis lors tenus d'offrir, pour chaque catégorie de produit, un « accès courant » équivalent à 5% de la consommation intérieure (accès au marché européen à droits de douanes faibles). L'AACU a également suscité une baisse drastique des restitutions aux exportations, lesquelles sont passées, dans l'UE, de près de 10 milliards d'euros en 1990 à moins d'un milliard d'euros en 2010. Ces aides permettaient aux entreprises agroalimentaires européennes d'exporter sur le marché mondial des produits agricoles souvent en surplus et pour lesquels elles n'étaient pas compétitives. Dans certains pays en développement, notamment africains, cela a parfois provoqué une concurrence déloyale au détriment de l'essor des productions agricoles locales. Quinze années après la signature de l'AACU, les marchés agricoles européens sont donc devenus plus ouverts et aussi plus sensibles à la volatilité des prix internationaux. Sans présager du résultat final des négociations en cours, il semble vraisemblable que les aides aux exportations deviendront interdites et que les droits de douane résiduels baisseront selon une formule dite « étagée » : la baisse des droits d'un produit sera d'autant plus intense que sa protection initiale était élevée.

La croissance démographique mondiale s'opérera essentiellement en Asie et en Afrique. Étant donné les écarts de disponibilités foncières, les organismes internationaux de prévision (FAO, OCDE, FAPRI²¹, Commission européenne, etc.) prévoient le développement des exportations de plusieurs zones économiques (UE, ALENA et Mercosur) vers d'autres zones (Asie principalement), en fonction des avantages comparatifs. Le commerce international est donc nécessaire pour la sécurité alimentaire mondiale et plutôt porteur pour l'agriculture européenne. Cela ne signifie en aucune manière que les pays importateurs nets de biens alimentaires, notamment les Pays les Moins Avancés (PMA, nombreux en Afrique), doivent avoir pour seule stratégie de favoriser leurs importations au

²¹ FAPRI (Food and Agricultural Policy Research Institute) est un programme de recherche, et par extension un modèle mondial des échanges agricoles, conduit par les universités de l'Iowa et du Missouri sur financement fédéral des États-Unis d'Amérique.

détriment du développement de leurs productions agricoles domestiques. Un tel pari laisse peser le risque de graves pénuries dans l'hypothèse où les pays fournisseurs adopteraient, à l'avenir, une stratégie commerciale différente ou seraient victimes d'un choc climatique ou sanitaire. Cela est encore plus vrai si les flux d'importations dépendent d'un nombre limité de fournisseurs, concentrés géographiquement.

Dans ce contexte, il semble indispensable que les négociations de l'OMC intègrent davantage cette dimension de l'indépendance alimentaire (Pisani et Chatellier, 2010). Dans ce sens, il convient surtout de permettre aux pays en développement importateurs nets de produits agricoles de développer leur agriculture à l'abri d'une concurrence internationale souvent déstabilisatrice par l'application de droits de douane adaptés. La déstabilisation est d'autant plus à craindre que ces pays sont fragilisés par une faible productivité des facteurs de production (dont la terre) et qu'ils n'ont que trop rarement les ressources financières pour investir dans des technologies modernes.

D'après les prévisions établies à horizon 2020 par les services de la Direction Générale de l'Agriculture et du Développement Rural (DGAGRI) de la Commission européenne (pour en savoir plus sur leurs hypothèses de calcul, cf. Commission européenne, 2010), les échanges représenteront toujours, en 2020, une part assez limitée de l'offre européenne. Cette situation masque cependant l'existence de flux intra-communautaires conséquents. En prenant pour exemple quatre productions agricoles (céréales, lait, viandes bovine et porcine), il est possible de discuter de la place de l'UE dans l'univers concurrentiel mondial et des effets de la libéralisation des marchés.

Dans le secteur des céréales, les prévisions faites par les organismes internationaux (FAO-OCDE, 2010 ; FAPRI, 2010) laissent entendre que la demande mondiale de blé et de riz sera supérieure de 15% en 2020 par rapport à la situation de 2010 (et de 20% pour les céréales secondaires). L'offre communautaire de céréales, en hausse de 10% sur la période, représentera alors 12% de la production mondiale (20% pour le blé). L'évolution de l'offre européenne dépendra surtout de l'évolution des rendements, des rapports de prix entre les productions végétales et animales, du

degré d'intensification des surfaces fourragères et du recul plus ou moins intense de la superficie agricole. D'après ces prévisions, la balance commerciale de l'UE en céréales devrait demeurer positive (11 millions de tonnes) en 2020 ; la filière de l'éthanol valoriserait 7% des céréales utilisées au plan intérieur ; les importations resteraient faibles aux alentours de 3% de l'offre. Ces prévisions soulignent également que les concurrents ne devraient que très faiblement accentuer leur pression commerciale sur l'UE du fait de la hausse de la demande alimentaire mondiale (surtout dans les pays en développement) et de l'essor de la filière des agrocarburants (notamment aux États-Unis où ceux-ci mobilisent déjà près de 35% de la production nationale de maïs grain). Par ailleurs, une éventuelle future baisse des droits de douane serait peu problématique pour les producteurs européens de céréales : la baisse des prix garantis intervenue au fil des réformes de la PAC a en effet permis de rapprocher le prix européen du prix international.

Dans le secteur bovin laitier, la demande mondiale sera également soutenue d'ici à 2020 : +30% pour le lait entier en poudre, +20% pour les fromages et +10% pour le lait écrémé en poudre. Par anticipation de la suppression des quotas laitiers en 2015 et grâce à l'instauration du découplage, nombreux sont les pays européens (Allemagne, Danemark, Irlande et Pays-Bas) qui se préparent à produire davantage de lait. En 2020, les importations de produits laitiers devraient rester marginales au prorata de l'offre intérieure (moins de 2%) pour plusieurs raisons : certains produits laitiers sont périssables et se transportent difficilement ; le savoir-faire technologique des industriels européens est important ; l'Australie connaît des difficultés pour développer sa production (conditions climatiques) ; la hausse de la demande asiatique capte l'essor de la production de la Nouvelle-Zélande ; l'augmentation du prix international des produits laitiers conforte la compétitivité relative de l'UE ; les consommateurs européens sont attachés, dans une certaine mesure, aux produits locaux. Les exportations, qui représentent aujourd'hui un peu moins de 10% de la production intérieure, devraient se maintenir ou légèrement progresser (fromages).

Pour la viande bovine, la consommation mondiale poursuivra sa tendance haussière : +15% d'ici à

2020. En raison d'un écart de prix encore important avec les pays compétiteurs (dont ceux du Mercosur), l'UE est, dans ce secteur, plus sensible à la question de l'évolution des droits de douane. Selon la Commission européenne, la production communautaire de viande bovine baisserait de 6% d'ici à 2020 pour représenter 12% de la production mondiale. Ce recul tient surtout à l'augmentation du rendement laitier par vache qui entraîne, à production laitière constante, une baisse du cheptel de vaches laitières, et à la stabilité du cheptel de vaches allaitantes (proche des références plafonnées de droits à primes). Les importations européennes de viande bovine, assez stables sur la décennie 2000 à 2010, devraient désormais augmenter pour atteindre 8% de la consommation intérieure en 2020. L'avenir du secteur allaitant, qui joue un rôle territorial et environnemental déterminant dans plusieurs bassins de production très spécialisés, relevant parfois de zones dites défavorisées, n'est pas tracé ; outre les règles commerciales multilatérales, il dépend aussi des points suivants : i) le consentement à payer des consommateurs européens pour ce type de produit (viande bovine issue du secteur allaitant), dans un contexte marqué par une tension sur le budget des ménages et de prix relatifs plus favorables aux autres viandes ; ii) la capacité de ce secteur à demeurer compétitif dans un contexte où une pression concurrentielle s'exerce sur le foncier agricole ; iii) la volonté des pouvoirs publics de favoriser, par l'octroi ciblé de soutiens directs, une production où les gains de productivité sont faibles et la rentabilité du capital modeste ; iv) de l'application à l'agriculture de politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre qui toucherait fortement l'élevage bovin qui conjugue émissions de méthane entérique et, pour la production de son alimentation, de dioxyde de carbone par la consommation de surfaces forestières et de dioxyde d'azote par l'usage d'engrais minéraux.

Dans le secteur porcin, les enjeux portent plus sur des aspects économiques et environnementaux que d'occupation du territoire. La production porcine européenne, fortement concentrée, représente 20% de l'offre mondiale. Stable en France depuis une dizaine d'années, elle se développe encore dans les pays du nord de l'UE (surtout en Allemagne). La production européenne devrait

progresser de l'ordre de 6% d'ici à 2020 pour satisfaire une demande intérieure croissante et des possibilités accentuées d'exportations : 5% de l'offre intérieure en 2020, alors que les importations devraient rester pratiquement nulles. L'avenir de ce secteur, qui est peu lié à la PAC, est conditionné par l'évolution du prix des productions végétales, les performances techniques des élevages, et la capacité de transmission des outils de production (rentabilité du capital). La compétitivité de la filière porcine est basée sur une concentration géographique de la production et de la transformation s'accompagnant de problèmes locaux de pollution parfois aigus. Dans certaines zones, elle est vulnérable à l'accroissement des réglementations environnementales.

Les politiques environnementales en agriculture

Alors que la demande mondiale de biens agricoles augmente, l'agriculture est placée de manière croissante au cœur des enjeux environnementaux. À l'échelle européenne, ces évolutions se traduisent au niveau des exploitations par des signaux contradictoires, annonçant cependant une rupture avec l'orientation du développement agricole des dernières décennies. Ce dernier était caractérisé par une énergie bon marché et un accès peu contraignant donc peu coûteux au milieu naturel pour la fourniture de ressources en eau et comme exutoire des pollutions d'origine agricole. Cela a permis une hausse considérable de la productivité des facteurs terre et travail.

Les politiques environnementales ont d'abord été motivées par des nuisances de proximité affectant le bien-être des riverains d'activités polluantes. L'absence de marchés pour réguler ces nuisances a amené les économistes à qualifier ces nuisances d'effets externes au marché, ou externalités. Ainsi, la motivation première des politiques environnementales est-elle d'internaliser ces externalités. Il s'agit de contraindre les pollueurs à prendre en compte dans leurs décisions le coût des dommages causés aux autres. Au 20^{ème} siècle, la prise de conscience du caractère fini et imparfaitement renouvelable des ressources naturelles à l'échelle planétaire implique une remise en cause beaucoup plus profonde des systèmes de production, de consommation et de régulation des externali-

tés. Ces questions sont par nature transfrontalières et font l'objet d'accords internationaux comme le protocole de Kyoto sur le climat ou la convention sur la biodiversité. Ces accords internationaux doivent être traduits en politiques par les États, seuls à même d'imposer taxes, réglementations, incitations ou marchés de droits à polluer pour mettre en œuvre ces accords.

Une agriculture énergivore

L'augmentation de la productivité s'est effectuée par une spécialisation des exploitations et des régions, corrélative de la dissociation fonctionnelle et géographique des productions animales et végétales. Depuis 1970, on est passé d'une situation où le secteur agricole français était dominé par les exploitations mixtes à une situation où les exploitations spécialisées, animales et végétales, fournissent l'essentiel des productions. L'augmentation du prix du facteur travail et la baisse du prix relatif de l'énergie ont été décisives vis-à-vis de cette orientation structurelle et des formes du progrès technique. Cela s'est manifesté au travers d'un abaissement des coûts de transport, d'un essor de la mécanisation et d'un développement de la production d'engrais minéraux de synthèse.

La concentration géographique des productions, de l'élevage en particulier, a joué un rôle majeur dans l'acuité des nuisances environnementales locales. Dans l'organisation technique et économique des filières hors-sol, les avantages de la concentration géographique dominant largement sur l'effet dispersif de la réglementation environnementale (Larue *et al.*, 2009). Du fait de la dissociation des productions végétales et animales, la principale source d'azote des cultures est fournie par les engrais minéraux, tandis que les protéines de l'alimentation animale sont issues, dans une large mesure, des importations d'oléoprotéagineux. En conséquence, une grande partie des effluents des élevages les plus concentrés ne sont pas valorisés comme fertilisant.

Pour les cultures, l'intensité de l'usage des intrants potentiellement polluants (engrais et pesticides) dépend principalement des rapports de prix entre les cultures, les intrants, le travail et le matériel (Carpentier et Salanié, 1999). Si la demande d'engrais réagit fortement au prix des productions

végétales, elle réagit peu au prix des engrais eux-mêmes. Autrement dit, les agriculteurs épandent trop d'engrais par rapport à la quantité qui maximiserait leur profit, la dernière unité n'apportant aucun supplément de production (Carpentier, 1995 ; Dupraz, 1996). Sans remettre en cause la rationalité des cultivateurs, cela s'explique par la substitution entre la quantité d'engrais et la quantité de travail. En effet, si le fractionnement des apports d'engrais est plus coûteux en travail que le supplément d'engrais à apporter pour atteindre le rendement optimal en l'absence de fractionnement, cette dernière solution sera retenue. Le même raisonnement prévaut pour l'alimentation animale : un prix élevé des céréales par rapport aux tourteaux peut aboutir à une ration trop riche en protéine (mais moins chère), engendrant une concentration azotée accrue des effluents d'élevage. Enfin, les pratiques culturales réduisant l'usage des produits phytosanitaires entraînent également un surcroît de travail. A cet égard, il est important de souligner la synergie entre fertilisation et protection phytosanitaire, chacune accroissant la productivité de l'autre.

Face à la poursuite de l'augmentation du prix de l'énergie, le bilan énergétique des systèmes en concurrence sera de plus en plus décisif (Dupraz *et al.*, 2010). Par exemple, les techniques culturales simplifiées qui économisent simultanément de l'énergie et du travail seront favorisées. De même, les élevages laitiers intensifs, qui utilisent beaucoup plus d'énergie par litre de lait, seront défavorisés par rapport aux systèmes plus extensifs optimisant le pâturage. On ne peut pas prédire pour autant une déconcentration géographique des productions puisque des économies de taille sont aussi réalisées dans les procédés de dépollution comme le traitement des effluents d'élevage. A cet égard, le recyclage de l'azote organique en fertilisant doit être privilégié par rapport à une transformation en azote gazeux.

Les directives environnementales et leur application

Dès les années 1970, le droit européen s'est soucié des pollutions d'origine agricole, en édictant des normes de bonne qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau potable (teneurs en nitrates et en pesticides). Il a cependant fallu at-

tendre les années 1990 pour que le secteur agricole soit directement concerné avec la directive 91/414/CEE relative à l'autorisation de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et la directive 91/676/CEE du 12 décembre 1991 dite directive nitrates. La plupart de ces directives ont été intégrées dans la directive cadre sur l'eau (2000/60/CE) qui fait obligation aux États membres d'atteindre en 2015 un bon état chimique et écologique de leurs masses d'eau superficielles, et un bon état chimique des masses d'eau souterraines.

Concernant les pesticides, la taxe sur les achats est un instrument adapté car le lien entre les achats et les risques de pollution est considéré comme étroit. La modulation de la taxe en fonction de l'hétérogénéité géographique des dommages est cependant plus difficile à mettre en œuvre techniquement et politiquement, puisqu'elle suppose de rompre avec l'égalité de traitement des agriculteurs d'un même pays. Cela explique peut-être pourquoi seul le Danemark, pays relativement homogène, applique un taux de taxe non négligeable, soit 54% en valeur depuis 1999 pour les insecticides et 33% sur les autres produits. Comme beaucoup d'autres pays, le Danemark propose également des aides à la conversion à l'agriculture biologique et intégrée. Les résultats danois montrent que la taxe rend plus incitatif l'ensemble du dispositif, non sans conséquence sur la sole et la production céréalière (Aubertot *et al.*, 2005).

Une taxe sur les engrais minéraux et les animaux serait justifiée, dans le cadre d'une contribution énergie climat généralisée, pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (dioxyde d'azote et méthane) dont la localisation est indépendante de celle de leurs dommages. Les diverses expériences de taxes sur les engrais se sont cependant avérées inadaptées pour réduire la pollution de l'eau, en raison de la variabilité géographique des causalités entre fertilisation, productivité des engrais et dommages de la pollution. La redevance pollution appliquée en France aux élevages est elle-même peu corrélée à la pollution de l'eau, étant découplée du chargement depuis 2006. Elle est de plus redondante avec la réglementation. Pour la qualité de l'eau, les politiques constatées en Europe utilisent donc davantage la réglementation que la taxe. Ainsi, des références de cou-

verture des sols et de fertilisation sont imposées et modulées selon la sensibilité des milieux : zones vulnérables aux nitrates, zones d'excédents structurels et zones d'actions complémentaires, etc.

Le dispositif français est caractérisé par un empilement de réglementations et de plans d'accompagnement qui peine à trouver un compromis efficace entre le respect des directives européennes, le maintien d'une production compétitive et l'urgence environnementale dans certaines zones. En France, l'application de la réglementation sur les nitrates est défailante et a donné lieu à une procédure d'infraction ouverte par la Commission européenne ; dans six autres pays, en revanche, des dérogations ont été accordées par rapport au seuil préalablement défini (170 unités d'azote organique par hectare) par les autorités communautaires sur la base de preuves montrant que leurs objectifs environnementaux resteraient atteints. Les instruments volontaires comme les mesures agri-environnementales ou les aides à l'investissement vont souvent à l'encontre du principe pollueur payeur. Réserver de telles aides aux zones les plus polluées et aux exploitations les plus polluantes leur donne un avantage compétitif artificiel qui rend les ajustements ultérieurs d'autant plus coûteux.

Les exemples étrangers montrent que le tâtonnement dans le choix des politiques environnementales n'est pas une exception française. À la lumière de la situation danoise, le respect de la réglementation n'empêche pas les ajustements structurels, ni la compétitivité, pour peu que cette réglementation soit efficace au plan environnemental et donc stabilisée.

L'intégration des priorités environnementales dans la PAC

L'UE a progressivement accru la place des questions environnementales dans les objectifs de la PAC. Sans être la seule justification de la PAC, la fourniture de biens publics semble devoir prendre une place accrue dans ses objectifs et ses mécanismes d'intervention futurs. Avec un budget annuel d'environ 53 milliards d'euros, la PAC se révèle être la politique la plus importante ayant une influence sur la gestion des terres agricoles. Cette politique possède par conséquent une grande

capacité à orienter le niveau de fourniture des services environnementaux produits par l'agriculture.

Le trait majeur des réformes de la PAC depuis la réforme Mc Sharry de 1992 est l'abandon progressif du soutien des prix agricoles. En retirant cette distorsion positive des prix européens vis-à-vis des prix mondiaux, les réformes successives ont réduit l'incitation à l'utilisation intensive d'intrants polluants. Le découplage des aides directes du premier pilier vis-à-vis du choix des cultures retire les incitations contradictoires entre le premier et le second pilier de la PAC dont relèvent notamment les aides agri-environnementales. Bureau et Mahé (2008) soulignent cependant que les réformes successives de la PAC n'ont eu que des effets limités sur l'état de l'environnement. La réduction des pressions sur le milieu (baisse de l'usage des pesticides entre 1999 et 2004 et des engrais azotés jusqu'au début des années 2000 en France) serait bien due à la baisse des prix des productions agricoles. Cependant le couplage entre paiements compensatoires et surfaces, qui renchérit le facteur terre, maintient une incitation à lui substituer d'autres facteurs, engrais et pesticides notamment.

L'efficacité environnementale des mesures agro-environnementales s'est révélée peu convaincante en France et en Europe (Barbut, 2009; Baschet, 2009; Dupraz et Pech, 2007; Dupraz *et al.*, 2009; Kleijn et Sutherland, 2003; Finn *et al.*, 2009; Primdahl *et al.*, 2010). En augmentation, leur budget relatif reste faible au regard des autres aides, de l'ordre de 10% des paiements directs. En pratique, les programmes établis par les États membres se caractérisent par une prévalence de l'objectif de réduction des pollutions diffuses et un poids significatif des objectifs non-environnementaux, comme le soutien à certaines filières régionales (Desjeux *et al.*, 2011). En France, ces mesures ont fait progresser l'enregistrement des pratiques de fertilisation et de protection des cultures, sans avoir d'effets significatifs sur les applications d'engrais ou de pesticides; le même constat concerne les mesures herbagères qui auraient principalement conduit à une réallocation des prairies extensives entre bénéficiaires et non bénéficiaires, sans avoir d'effet agrégé significatif. La conversion à l'agriculture biologique, les bandes enherbées ainsi que les cultures pièges à

nitrate ont significativement progressé grâce aux MAE, mais pour des surfaces limitées et sans d'ailleurs s'accompagner d'une réduction significative de la fertilisation dans le dernier cas (Chabé-Ferret et Subervie, 2009).

L'instauration de la conditionnalité des aides directes du premier pilier pourrait, du fait des budgets engagés, être considérée comme une politique environnementale de bien plus grande ampleur. Les faibles taux d'inspection (1%), la faiblesse des sanctions voire leur manque d'application et la redondance avec certaines législations obligatoires érodent néanmoins son caractère incitatif (Bonnieux et Dupraz, 2006; Cour des comptes européenne, 2008). Seule l'introduction des bandes enherbées sur 3% de la surface en céréales et oléo-protéagineux constitue un changement de pratique visible. Par ailleurs, l'introduction de la conditionnalité n'a pas montré de preuves évidentes d'une plus grande protection de l'environnement. Elle promet cependant l'expérimentation de meilleures pratiques dont les effets peuvent être décalés dans le temps.

Les réformes successives de la PAC ont donc été dans le sens d'un moindre usage des intrants polluants et d'un soutien accru des surfaces herbagères. Toutes choses égales par ailleurs, ces réformes ont eu un effet statistiquement négatif sur la demande de travail, notamment dans les exploitations de grandes cultures. Il semble que les aides découplées, qui contribuent au revenu des exploitations indépendamment de la production, découragent l'effort productif, même à prix constants. Si les aides du second pilier ont joué inversement, celles-ci sont insuffisantes pour renverser la tendance (Dupraz *et al.*, 2010). Ces effets sont aujourd'hui contrecarrés par l'effet contraire de prix des grains tendanciellement en hausse. Par ailleurs, les mesures environnementales ont, du moins jusqu'à ce jour, aggravé le fardeau administratif des autorités et des agriculteurs, en s'appuyant sur des procédures davantage basées sur la vérification d'obligation de moyens que sur les résultats.

La PAC post-2013 et ses enjeux clés pour les systèmes productifs

La Commission européenne a fait connaître, le 12 octobre 2011, ses propositions législatives relativement à l'avenir de la PAC pour la période post-2013 (Commission européenne, 2011). Compte tenu des incertitudes qui pèsent sur le futur budget de l'UE pour la période 2014-2020, des débats engagés entre le Parlement et le Conseil sur ces propositions et des importantes latitudes laissées aux États membres dans l'application des dispositifs (subsidiarité), il convient de rester prudent face à toutes interprétations hâtives. Dans l'attente des décisions finales (et des précisions sur les options nationales), les mesures proposées vont, nous semble-t-il, globalement dans la direction indiquée par le sous-titre de cet article.

L'enjeu principal de la future réforme de la PAC est de procéder à une réorientation et à un meilleur ciblage des aides directes du premier pilier sur les biens publics non marchands fournis par les agriculteurs. Les mesures envisagées au titre de la régulation des marchés (abandon des quotas laitiers en 2015, maintien de filets de sécurité à un niveau de prix bas, constitution d'une réserve de fonds pour la gestion des crises, etc.) s'inscrivent, quant à elles, dans une certaine continuité des réformes précédentes, à savoir qu'elles manifestent un désengagement progressif des pouvoirs publics dans l'orientation des productions. Pour permettre aux exploitations de mieux concilier compétitivité et environnement, la réorientation des aides découplées est nécessaire car ces dernières souffrent de trois insuffisances : i) elles sont allouées aux agriculteurs indépendamment des prix de vente de leurs productions (alors que ceux-ci connaissent une volatilité de plus en plus grande) ; ii) elles ne sont pas proportionnelles aux effets environnementaux (Desjeux *et al.*, 2011) ; iii) elles sont attribuées, du moins en France, sur la base d'une référence historique 2000-2002 (Piet *et al.*, 2006), iv) elles renchérissent d'autant plus le prix de la terre qu'elles sont découplées maintenant ainsi une incitation à l'intensification et un coût artificiellement élevé de transmission des exploitations. Cela signifie que le montant des aides est, dans une exploitation agricole donnée, plus lié aux choix stratégiques passés qu'aux projets d'avenir.

Le découplage des aides directes du premier pilier, qui donne plus de liberté aux agriculteurs dans le choix des productions agricoles (OCDE, 2000 ; Melendez-Ortiz *et al.*, 2009), n'est pas remis en cause par les propositions législatives. Si le mode d'octroi des aides directes influe sur la dynamique des systèmes productifs, les substitutions entre productions agricoles au sein d'une même exploitation ne sont pas toujours faciles à mettre en œuvre. Elles continueront à dépendre d'un ensemble de facteurs imbriqués (Lelyon *et al.*, 2011), dont les conditions du milieu (relief et climat), les contraintes agronomiques (rotations des cultures), la durée des cycles de production, les choix technologiques passés (bâtiments et équipements), les normes environnementales, la présence ou non à proximité de filières d'aval solides, etc. Trois exemples permettent d'illustrer la difficulté de statuer sur les potentiels effets environnementaux bénéfiques du découplage :

i) Un producteur de lait qui a développé une activité d'engraissement de jeunes bovins peut, grâce au découplage de la prime aux bovins mâles, arrêter cette production en conservant le bénéfice des primes dédiées. Ce choix, qui dépend surtout de la rentabilité hors prime de cette production et des rapports de prix, offre donc de nouvelles latitudes pour affecter les surfaces fourragères ainsi libérées. Les options retenues pour l'affectation de ces surfaces peuvent induire des effets environnementaux assez contrastés : extensification de l'activité laitière (production de lait identique sur un territoire plus conséquent) ; essor de la production laitière (surtout dans la perspective d'un abandon des quotas laitiers) ; développement des surfaces de céréales.

ii) Dans les zones défavorisées où les alternatives à la production allaitante sont faibles, le découplage des aides est susceptible de conduire, du moins pour les exploitations où les coûts fixes sont faibles, à un abandon de la production de vaches allaitantes, quitte à ce que les éleveurs maintiennent un entretien minimal des terres par d'autres alternatives (ce pour respecter le principe de la conditionnalité). Le maintien, au choix des États membres, d'un couplage de cette prime (option rendue possible par les propositions législatives) se justifie donc pour des questions territoriales et environnementales (Chatellier et Guyomard, 2008).

iii) Une exploitation d'élevage ayant des surfaces importantes de maïs fourrage peut, grâce au découplage, réduire la sole dédiée à cette culture au bénéfice des surfaces en herbe (tout en conservant le bénéfice des primes dues au titre du maïs).

Outre la mise en œuvre d'une uniformisation du montant des aides directes par hectare au sein d'un même pays ou d'une même région, la future réforme sera surtout caractérisée par l'adoption d'un processus dit de « verdissement » des aides directes. Celui-ci s'inscrit d'une certaine manière dans la logique qui a prévalu en France suite à l'adoption des mesures issues du bilan de santé de la PAC. En 2008, le Ministre Michel Barnier en charge de l'agriculture a, en effet, décidé de prélever 15% des aides directes du premier pilier de la PAC (avec un prélèvement proportionnellement plus intense sur le secteur végétal) pour les réaffecter vers des cibles jugées pertinentes et/ou stratégiques, telles que les superficies de prairies, le secteur des ovins, l'agriculture biologique, les exploitations laitières de montagne, les cultures de protéagineux, de légumes de plein champ et de blé dur. Outre les effets redistributifs induits sur le revenu des différentes catégories d'exploitations (Chatellier et Guyomard, 2011), cette réorientation a aussi permis aux pouvoirs publics de réaffirmer leur attachement à certaines formes d'agriculture (Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2009).

Dans les propositions législatives d'octobre 2011, la Commission européenne suggère que 30% des aides du premier pilier soient réservées aux agriculteurs qui respecteront trois engagements environnementaux : maintien des superficies de prairies permanentes ; diversification des assolements (présence de trois cultures minimales dans les exploitations ayant plus de trois hectares de grandes cultures) ; affectation de 7% des sols (hors prairies permanentes) à des surfaces d'intérêt écologique (bandes tampon le long des cours d'eau, haies, jachères, etc.). L'impact de ces mesures dépendra, du moins en France, de leur plus ou moins grande redondance ou complémentarité avec les bonnes conditions agricoles et environnementales déjà imposées par la conditionnalité. Outre le verdissement, l'octroi d'aides spécifiques aux zones soumises à des contraintes naturelles (jusqu'à 5% des fonds du premier pilier) peut également avoir un impact bénéfique pour

l'environnement ; ces fonds correspondent cependant plus à un soutien complémentaire du revenu qu'à une incitation à un changement de pratiques agricoles.

D'une manière générale, nous considérons que plus de fonds de la PAC devraient être déployés en faveur des agriculteurs qui s'engagent dans un projet parfois temporairement risqué à court terme au plan économique, mais opportun à long terme. De même, plus de fonds devraient être alloués pour favoriser la diffusion de modèles techniques performants sur les plans économique et environnemental, pour former les agriculteurs et pour innover. Un transfert significatif de fonds doit également être envisagé au bénéfice de nouveaux instruments susceptibles d'atténuer les impacts négatifs de la volatilité des prix (assurances-revenus, fonds mutualisés). Cette dernière constitue, en effet, souvent un frein à la prise de risque des agriculteurs et aux innovations, qu'elles soient techniques ou environnementales.

Conclusion

La distribution actuelle des aides directes de la PAC entre systèmes de production est assez déconnectée de la valeur sociale des contributions à l'environnement ou aux autres biens publics de ces systèmes (Mollard *et al.*, 2003). En particulier, le secteur des grandes cultures reçoit, surtout dans une période de prix élevés pour les productions végétales, des montants de paiements directs importants relativement à la contribution de ce secteur à l'environnement ou aux emplois (ce malgré les corrections récentes apportées lors du bilan de santé de la PAC). L'une des justifications des aides allouées aux exploitations de grandes cultures, sous réserve qu'elles soient totalement découplées et effectivement conditionnées par le maintien d'une bonne condition agronomique des terres, peut être le maintien d'une capacité productive permettant de faire face à une demande alimentaire croissante à long terme, et contribuant donc à la sécurité alimentaire mondiale. Cet argument est parfois discuté car il suppose que les sommes dépensées n'aient pas d'emplois plus efficaces en Europe ou ailleurs pour assurer cette sécurité alimentaire.

Dans un bassin de production donné, la dynamique des systèmes productifs agricoles dépen-

dra, pour une part importante, de l'évolution des rapports de prix entre les productions agricoles (productions végétales versus productions animales), de la capacité de valorisation commerciale des productions agricoles développées (avec un rôle de plus en plus structurant des firmes agro-alimentaires dans la localisation de l'offre) et des contraintes environnementales locales (au travers de normes de plus en plus restrictives qui seront imposées aux agriculteurs par la société). L'instauration du découplage total des aides directes, l'abandon des quotas laitiers et le recul des outils d'intervention sont autant de ruptures dans les politiques de soutien qui soulignent combien les pouvoirs publics n'entendent plus être désormais les acteurs clés de la régulation des marchés agricoles. Les agriculteurs auront donc de plus en plus la possibilité de choisir, eux-mêmes, les productions agricoles à mettre en œuvre dans leurs exploitations. Ils le feront sur la base de calculs économiques dépendant de relations contractuelles de plus en plus précises avec les entreprises d'aval. Dans un contexte de volatilité des prix persistante, la maximisation du profit à court terme pourra parfois conduire à des aberrations agronomiques et environnementales pour bénéficier de marchés temporairement porteurs. En outre, les agriculteurs seront de plus en plus influencés dans leurs choix techniques par les exigences relatives aux conditions d'exercice du métier (astreintes au travail, pénibilité des tâches) et par la capacité d'adaptation des systèmes adoptés à un potentiel choc climatique (sécheresse, gel, pluviométrie excessive, etc.).

Ces évolutions interrogent sur les équilibres optimaux à trouver et à encourager. D'un côté une spécialisation renforcée des systèmes productifs peut conduire, dans certains cas, à une meilleure maîtrise des résultats techniques et de l'efficacité économique. De l'autre, une diversification accentuée des activités peut améliorer l'autonomie énergétique et économique du système : alimentation des animaux à partir des productions végétales issues de l'exploitation, valorisation des déjections animales sur les sols, etc. Cette réflexion est d'autant plus complexe à mener qu'elle concerne simultanément plusieurs disciplines (sciences de gestion, zootechnie, agronomie, etc.) et que la question du champ de son application est posée : faut-il établir ce raisonnement à

l'échelle d'une exploitation, d'une petite région agricole ou d'un territoire plus vaste ? Si la future réforme de la PAC devrait offrir encore plus de liberté aux agriculteurs dans leurs choix productifs, elle doit aussi être l'occasion de soutenir les systèmes agricoles innovants. Tout en reconnaissant l'utilité du principe de la subsidiarité, elle doit aussi permettre une meilleure adaptation des instruments de soutien aux contraintes environnementales et agronomiques locales.

Bibliographie

Aubertot J.N., J.M. Barbier, A. Carpentier, J.J. Gril, L. Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini, M. Voltz (éditeurs), 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Expertise scientifique collective INRA et CEMAGREF, 64 p.

Barbut L., 2009. L'évaluation ex post du PDRN : un regard instructif sur le passé pour améliorer l'avenir, *Notes et études socio-économiques*, n° 33, 7-39.

Baschet J.F., 2009. Le soutien à l'agroenvironnement en France sur la période 2000-2006, *Notes et études socio-économiques*, n° 33, 41-66.

Bonnieux F. et Dupraz P., 2006. Conditionnalité environnementale : une efficacité économique limitée par la diversité de l'agriculture. In « Conservation de la biodiversité et politique agricole commune de l'UE », La Documentation française, Paris, 215-230.

Bureau J.C. et L.P. Mahé, 2008. CAP reform beyond 2013: An idea for a longer view. Rapport « Notre Europe », n° 64, 112 p.

Carpentier A., 1995. La gestion du risque phytosanitaire par les agriculteurs dans les systèmes de production intensive : une approche économétrique. Thèse de doctorat de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, 434 p.

Carpentier A. et Salanié F., 1999. Engrais et pesticides : effets incitatifs des instruments économiques. Les entretiens de Ségur : pollutions locales de l'air et de l'eau : quelles implications économiques ?, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Paris, 14 p.

Chabé-Ferret S., Subervie J., 2009. Estimation des effets propres des mesures agro-environnementales sur les pratiques des agriculteurs. Rapport, CEMAGREF, 222 p.

Chatellier V., Guyomard H., 2011. Le bilan de santé de la PAC et le rééquilibrage des soutiens à l'agriculture française. *Economie Rurale*, n°323, 4-20.

Chatellier V., Guyomard H., 2008. Le bilan de santé de la PAC, le découplage et l'élevage en zones difficiles. *INRA Sciences sociales*, n°6, 8 p.

Commission européenne, 2010. Prospects for agricultural markets and income in the EU 2010-2020. Report of DGAGRI, 76 p.

- Commission européenne, 2011. Réforme de la PAC : explication des principaux éléments, Mémo/11/685, 7 p.
- Cour des Comptes Européenne, 2008. La conditionnalité est-elle une politique efficace ? Rapport spécial n° 8, 90 p.
- Desjeux Y., Dupraz, P., Thomas A., 2011. Les biens publics en agriculture, une voie vers l'écologisation de la PAC. Colloque National Unité Ecodéveloppement, 16-18 mars, 16 p.
- Dupraz P., Latruffe L., Mann S., 2010. Trends in family labour, hired labour and contract work on French and Swiss crop farms: the role of agricultural policies. European Association of Agricultural Economists (EAAE) seminar, 15-16 April, 15 p.
- Dupraz P., Latouche K, Turpin N., 2009. Threshold effect and coordination of agri-environmental efforts. *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 52 (5), pp. 613-630.
- Dupraz P. et Pech M., 2007. Effets des mesures agri-environnementales. *INRA Sciences Sociales*, n°2-3, 6 p.
- Dupraz P., 1996. La gestion des inputs quasi-publics en agriculture : le cas des exploitations porcines et céréalières. Thèse de doctorat de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, 325 p.
- FAO-OCDE, 2010. Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2010-2019. Rapport, 96 p.
- FAPRI, 2010. US and world agricultural outlook, 401 p.
- Finn J.A., Bartolini F., Bourke D., Kurz I. and Viaggi D., 2009. Ex post environmental evaluation of agri-environmental schemes using experts' judgments and multicriteria analysis. *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 52 (5), 717-737.
- Kleijn D., Sutherland W.J., 2003. How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity ? *Journal of Applied Ecology*, vol 40, 947-969.
- Larue S., Gaigné C., Abildtrup J., Le Gallo J., Latruff L., Schmitt, B., 2009. Economies d'agglomération et coûts de la concentration : dynamiques de localisation des systèmes d'élevage intensifs. Colloque de l'Académie d'Agriculture de France, pp 49-62.
- Lelyon B., Chatellier V., Daniel K., 2011. Decoupling and prices: determinant of dairy farmers' choices? *Review of Agricultural and Environmental Studies*, 92 (1), 47-68.
- Melendez-Ortiz R., Bellmann C., Hepburn J., 2009. Agriculture subsidies in the WTO green box, Cambridge Press University, 626 p.
- Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2009. Objectifs terres 2020 : pour un nouveau modèle agricole français. Paris, 216 p.
- Mollard, A.; Chatellier, V.; Codron, J.M.; Dupraz, P. et Jaquet, F. (2003). L'agriculture contre l'environnement ? Diagnostic, solutions et perspectives. *Annales des Mines*, n°30; 37-59.
- OCDE, 2000. Le découplage : un vue d'ensemble du concept. Rapport, 34 p.
- Piet L., Courleux F., Guyomard H., 2006. Les DPU : application en France et premiers éléments d'analyse économique. *Notes et études économiques*, n°25, 45-78.
- Pisani E., Chatellier V., 2010. La faim dans le monde, le commerce et les politiques agricoles. *Revue Française d'Economie*, vol 25 (1), pp 3-77.
- Primdahl J., Vesterager J.P., Finn J.A., Vlahos G., Kristensen L. and Vejre H., 2010. Current use of impact models for agri-environment schemes and potential for improvements of policy design and assessment. *Journal of Environmental Management*, vol 91 (6), 1245-1254.

Les territoires d'alimentation des villes : empreinte alimentaire et bassin d'approvisionnement, deux concepts de l'agronomie des territoires

Territories to feed the cities: food print and feeding basin, two concepts of landscape agronomy

Marc BENOIT*, Petros CHATZIMPIROS**
et Vincent THIEU***

* SAD, UR ASTER ; 662, avenue Louis Buffet, 88500 Mirecourt ; benoit@mirecourt.inra.fr (auteur correspondant)

** Université Paris Est-Marne la Vallée, département génie urbain, 5 boulevard Descartes, Champs-sur-Marne, 77454 Marne-la-Vallée Cedex2 ; petros.chatzimpiros@univ-mlv.fr

***European Commission, Joint Research Center, Institute for Environment and Sustainability, Rural, Water and Ecosystem Resources, Via Fermi, TP 460 21027 Ispra (VA), Italie ; vincent.thieu@jrc.ec.europa.eu

Résumé

Les agronomes qui abordent les enjeux de compatibilité entre production, alimentation et préservation des ressources naturelles doivent modifier leur paradigme d'approche, et soutenir les recherches et solutions conçues et mises en œuvre en privilégiant les territoires, comme objet de travail. Ces territoires sont vus comme des espaces à enjeux et gérés. L'article applique le concept de bassin de consommation à l'agglomération parisienne en mobilisant deux outils de l'agronome : le diagnostic, pour évaluer les dynamiques passées des systèmes agraires et le pronostic, pour proposer des devenir possibles sous forme de scénarios.

La première partie présente un diagnostic centré sur le concept d'empreinte alimentaire appliqué au cas de l'alimentation carnée de l'agglomération parisienne. La seconde partie illustre une construction et évaluation de scénarios où la production du bassin de la Seine est mobilisée pour alimenter sa population en modifiant les régimes alimentaires et les systèmes de production. En se basant sur deux exemples de travaux appliqués à

un territoire commun, celui du bassin de la Seine, l'objectif est d'une part de parvenir à une représentation des dynamiques territoriales qui se sont établies et notamment l'augmentation de l'empreinte alimentaire des parisiens, et

d'autre part de pouvoir mettre en perspective les évolutions possibles et les enjeux associés à l'échelle de ce bassin de consommation majeur.

Mots-clés

Empreinte alimentaire, scénarios, flux biogéochimiques, agronomie des territoires, bassin de la Seine.

Abstract

To evaluate the compatibility between production, feeding and natural resources preservation, agronomists have to sustain research and design processes at large land scale. These territories, analyzed as land managed by local communities, are diverse: food shed, watershed, biodiversity reserves. Based on the case of Paris metropolis, we use two tools of the agronomist to assess such compatibility: the diagnosis to evaluate the past dynamics of agrarian systems, and the prognosis to build diverse scenarios.

The first part deals with a diagnosis of the food print of Paris city in the case of meat consumption. The second one proposes a scenario to feed Paris population through a modification of both its food regimes and of the production systems in the Seine basin. The effects of new cropping systems on nitrogen contamination of ground and surface water in the Seine watershed are assessed. Two scenarios are compared: a 'business as usual' (FA) one and a 'radical' one based on widespread adoption of organic agriculture (ABG) practices.

The aim of this article based on two doctoral research theses is twofold : to show how agronomy is mobilized to display past agrarian dynamics on one hand, and to build scenarios used to assess the territorial food print of a large metropolis on the other hand. Through this analysis, we propose to develop an in-depth reflection on what amount of land is needed to support a large population depending on its food regime. Based on the case of the Seine basin food needs, meat consumption and water quality (contamination by nitrates), the authors propose a workable concept in agronomy: the city feeding print.

Keywords

City hinterland, food print, scenarios, food system planning, landscape agronomy, Seine basin.

Introduction

Les réglementations internationales impactent et orientent les dynamiques des systèmes agraires, créant ainsi des flux de productions agricoles qui tendent à se mondialiser. Depuis la création du marché commun, et d'une Politique Agricole Commune (PAC) dont une nouvelle réforme est attendue pour 2013, l'Europe a considérablement modifié la nature de ses échanges avec le reste du monde. Exprimés en flux d'azote, ces échanges traduisent une dépendance « azotée » croissante de l'Europe depuis plus d'un demi-siècle. En effet, même si l'Europe a

été, durant une courte période (1985 à 2005) un exportateur net de céréales, les importations massives de fourrages (aliments du bétail sous forme notamment de protéagineux dont principalement du soja) constituent un poids largement

supérieur dans la balance des échanges agricoles internationaux, induisant une dépendance toujours croissante en aliments du bétail. Les fonctionnements des systèmes agraires européens accroissent leurs dépendances en azote importé.

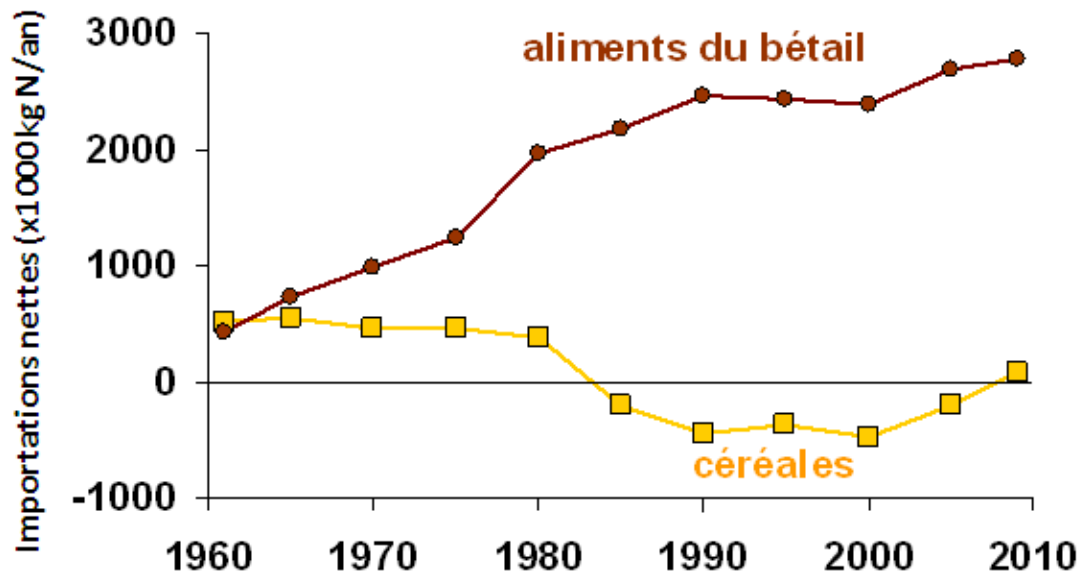


Figure 1. Evolution de la balance azotée de l'Europe en milliers de tonnes N/an (source : Billen et al., 2011 ; source FAOstat).

D'autre part, au sein du territoire européen, les dynamiques territoriales qui interrogent l'agronome sont principalement de deux types :

- Les territoires agricoles sont porteurs d'enjeux de production, créant des interactions entre zones de production et de consommation, tant pour des raisons de recherche d'autonomie alimentaire à l'échelle des pays, que pour des logiques de fonctionnement de bassins de production.

- Les territoires agricoles sont aussi porteurs d'enjeux environnementaux, et ce de façon de plus en plus généralisée. Ces enjeux peuvent être locaux dans le cas de zones de protection de l'environnement (bassins d'alimentation en eau, réserves de biodiversité), ou globaux (adaptation au changement climatique). Ce lien avéré entre l'organisation spatiale de l'occupation du sol dans les paysages agricoles et des enjeux environnementaux locaux a été récemment traité par les agronomes à propos de la gestion quantitative des eaux (Leenhardt et al., 2004), du maintien de la biodiversité (Joannon et al., 2008 ; Moonen et Bàrberi, 2008), de la réduction du ruissellement érosif (Joannon et al., 2006), ou du maintien de la qualité des eaux (Benoît et Papy, 1998 ; Mignolet et al., 2007).

Il n'en reste pas moins qu'au-delà de déterminants internationaux ou régionaux (contexte pédoclimatique, économique, politiques agroenvironnementales, etc.) l'organisation spatiale des territoires agricoles résulte en grande partie des décisions des agriculteurs au sein de leurs exploitations agricoles (Benoît, 1990 ; Le Ber et Benoît, 1998 ; Joannon et al., 2008 ; Thenail et al., 2009, Schaller et al., 2012). L'intégration de ces décisions crée des réorganisations territoriales dont nous pouvons saisir les régularités spatiales sur de grands territoires (Mignolet et al., 2004, Mignolet et al., 2007, Lazrak et al., 2011).

Ainsi, nous proposons de relier, les territoires, les activités de production agricoles et les pressions sur les ressources naturelles. Nous développerons successivement deux points de vue d'agronomes travaillant sur de grands territoires : (i) les choix nutritionnels induisent une empreinte alimentaire sur certains territoires, dont l'évolution au cours du temps traduit celle de ces choix, (ii) cette répartition des productions agricoles à finalité alimentaire induit des pressions environnementales, étudiées ici sous forme des flux azotés. Cette réflexion permet de mettre en valeur deux thèses récentes : l'une évalue l'empreinte environnemen-

tale de la consommation de viande et de lait de Paris (Chatzimpiros, 2011), la seconde construit des scénarios de systèmes agraires en évaluant leurs impacts sur les flux azotés dans le bassin de la Seine (Thieu, 2009). Les deux points de vue sur les territoires agricoles développés dans ces thèses se relient par la répartition spatiale des systèmes de culture : il s'agit de comprendre son évolution due aux choix alimentaires et d'en évaluer les conséquences environnementales directes ou putatives en construisant des scénarios de cette répartition.

L’empreinte des choix alimentaires de Paris, le cas des viandes

La problématique majeure développée par Chatzimpiros (2011) porte sur les relations villes – territoires d’approvisionnement, thème que nous pouvons insérer dans les travaux d’agronomie des territoires. Nous étudions ici, le cas de l’approvisionnement en viande de Paris en caractérisant les territoires mobilisés, sur une portée historique de deux siècles. La longue durée nous semble un enjeu majeur pour les agronomes car elle permet d’extraire des motifs bien caractérisables des dynamiques des systèmes agraires (Billen *et al.*, 2009a).

Le concept d’empreinte alimentaire

L’empreinte alimentaire est un concept récent permettant d’évaluer les territoires impactés par des choix alimentaires et l’ampleur de cet impact. Son intérêt est de territorialiser les choix alimentaires en localisant les systèmes de culture mobilisés pour produire un aliment. Nous étudierons ici l’Empreinte Spatiale de la Consommation d’un Aliment (ESCA).

Ainsi, l’empreinte spatiale de la consommation de viande est la somme des surfaces mobilisées pour alimenter les animaux. Chaque aliment est une composante de cette empreinte, dont l’étendue et la localisation sont fonction des niveaux de production par hectare et des lieux de production des fourrages et concentrés. Cette empreinte spatiale est donc la somme des surfaces des systèmes de culture mobilisés pour produire la viande consommée. Lorsque les aliments ne sont pas produits au sein du territoire des exploitations

d’élevage, nous prenons en compte les surfaces des aliments importés dans chaque exploitation. Ainsi, l’empreinte d’un aliment permet d’accéder au territoire mobilisé pour le produire, où qu’il soit situé sur la planète Terre. De cette manière, nous construisons un indicateur des surfaces mobilisées par divers systèmes agraires pour une demande alimentaire donnée, dans notre exemple celle de viandes bovine, ovine et porcine par l’agglomération parisienne (Chatzimpiros, 2011).

Dans toute production animale, nous pouvons distinguer deux composantes dans l’empreinte spatiale : le territoire de l’exploitation et les territoires qui comblent ses déficits fourragers en palliant ainsi à son manque d’autonomie fourragère. L’analyse de ces deux composantes, interne et d’importation dans l’exploitation d’élevage, nous donne pour les productions de viande l’évolution des surfaces mobilisées pour l’approvisionnement des consommateurs. Comme le souligne Chatzimpiros (2011), nous disposons d’un indicateur agronomique qui évalue la dépendance des systèmes d’élevage, en intégrant deux dimensions des techniques agricoles, une dimension socio-politique et une dimension biogéochimique : sociopolitique d’une part car connaître la géographie de l’alimentation des animaux destinés à l’approvisionnement urbain revient à mettre en évidence l’appropriation des ressources naturelles, proches ou lointaines, par les citoyens et à réfléchir les politiques d’approvisionnement dans un cadre de solidarité intra-générationnelle ; biogéochimique d’autre part car l’importation des fourrages, qu’il s’agisse de flux intra-régionaux, interrégionaux ou internationaux, est synonyme d’importation de nutriments, entre autres l’azote qui, en tant qu’élément biogène, influence le potentiel de production primaire des environnements anthropiques et naturels aux lieux de destination.

Les consommations de viande de Paris

Les consommations totales annuelles par habitant sont quasi constantes depuis le début du XIX^{ème} siècle, mais les types de viande changent en passant d’une domination de viande bovine à une prééminence de la viande porcine (Figure 2). La diminution de la viande bovine est marquée à partir de 1970, et continue à s’accroître (Chatzimpiros, 2011). La compensation via l’augmentation de

consommation de viande porcine modifie considérablement les systèmes de production et les

territoires mobilisés pour élaborer ces viandes consommées par l'agglomération parisienne.

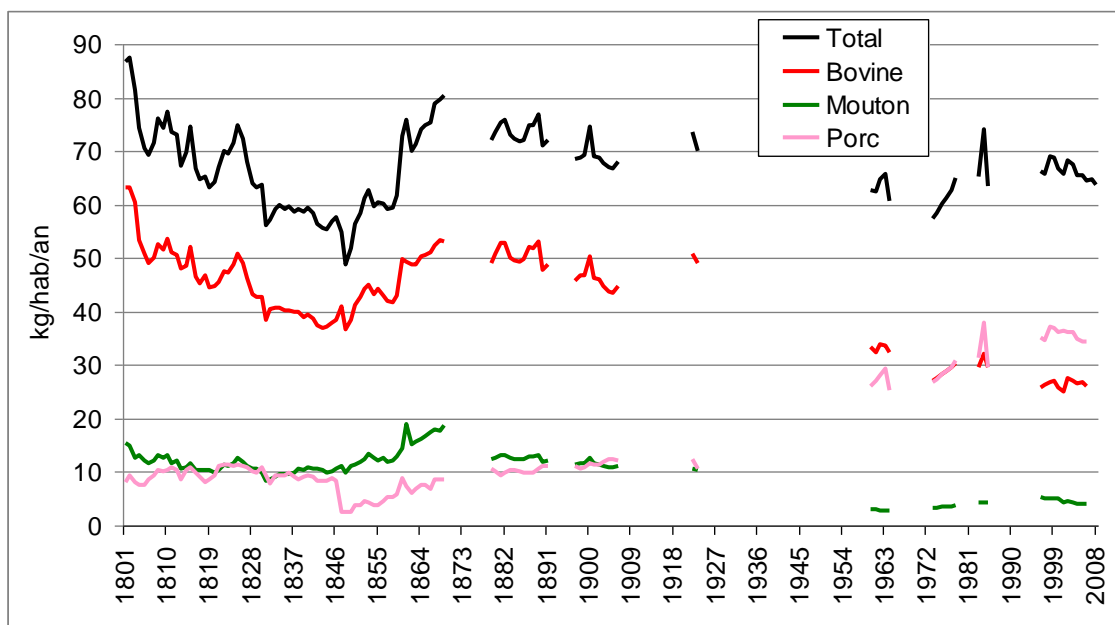


Figure 2. Évolution de la consommation de viande (bovine, ovine et porcine) de l'agglomération parisienne en kg par habitant et par an, de 1801 à 2008.

Seule l'augmentation de la population modifie considérablement les importations de viande de

l'agglomération parisienne, comme indiqué sur la figure 3.

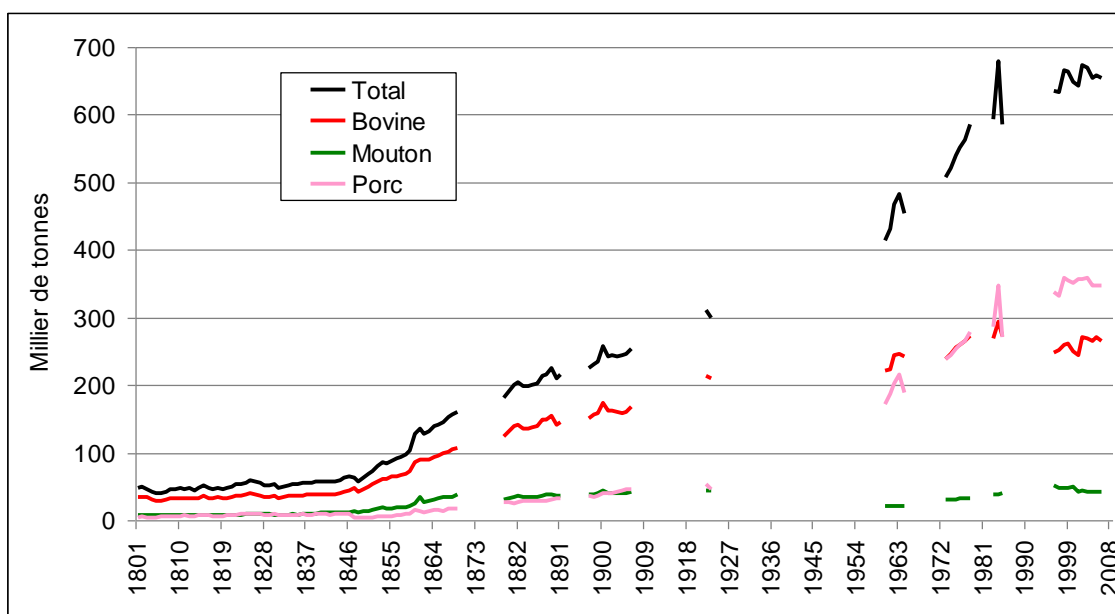


Figure 3. Importations totales de viande bovine, ovine et porcine de l'agglomération parisienne entre 1801 et 2008, en milliers de tonnes (Chatzimpiros, 2011).

Les dynamiques spatiales des ESCA liées aux consommations de viande à Paris

Les cartes des figures 4 et 5 montrent deux périodes contrastées : le début du XIX^{ème} siècle avec

une empreinte localisée essentiellement aux auroles nord, sud et ouest de Paris, puis au cours du XX^{ème} siècle, un basculement vers des territoires beaucoup plus vastes : grand ouest français, Europe et Amérique du sud (Chatzimpiros, 2011).

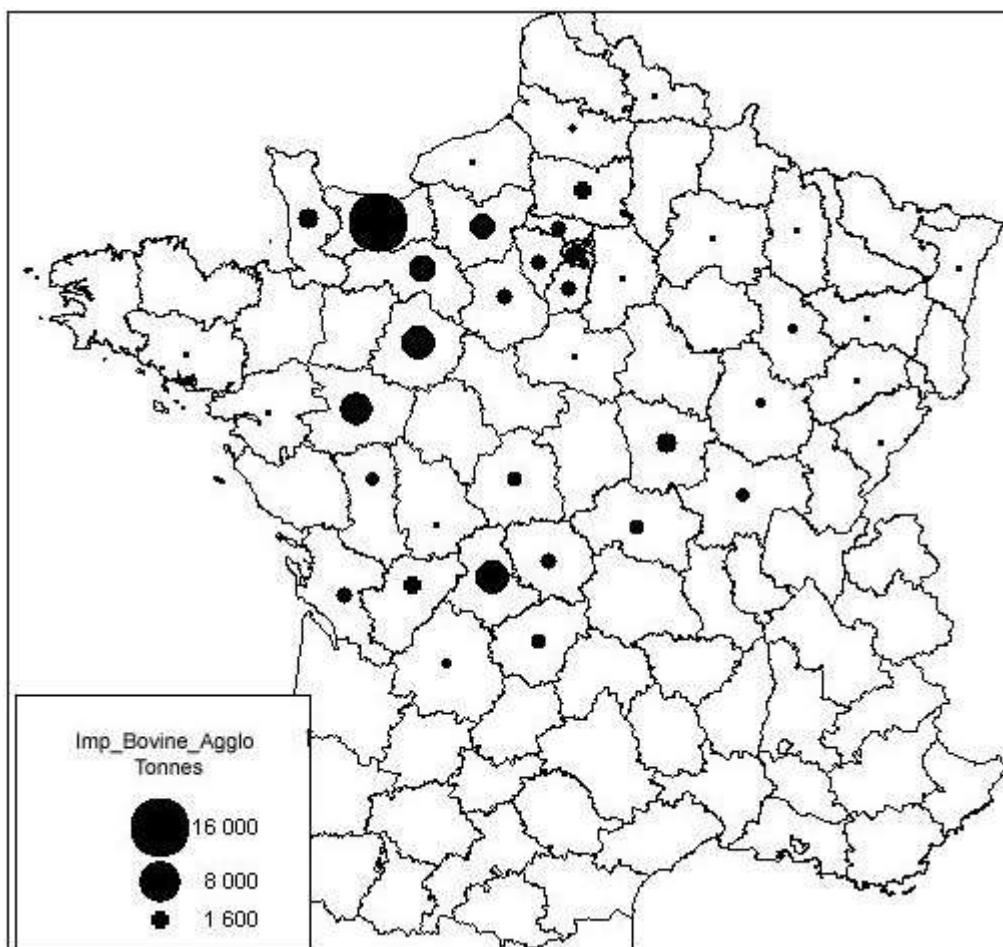


Figure 4. Importations pour l’approvisionnement de Paris en viande bovine par lieu de provenance en 1812, en tonnes de carcasse par département (Chatzimpiros, 2011).

La dimension territoriale de ce changement dans l’alimentation carnée est structurante du fonctionnement du bassin d’alimentation. En effet, les bovins mobilisaient, et continuent de mobiliser des territoires proches de Paris. Les tendances récentes ouvrent ce territoire d’approvisionnement aux territoires agricoles d’Amérique pour l’approvisionnement en soja alimentant des troupeaux laitiers qui produisent l’essentiel des consommations de viande bovine. La viande porcine

est maintenant très dépendante de la production de soja d’Amérique, contrairement aux productions de porcins au XIX^{ème} siècle et début du XX^{ème} siècle forts consommateurs de sous-produits de l’élevage laitier, le « petit lait », de déchets de l’alimentation humaine, ou encore de légumineuses fourragères fixatrices d’azote via une conduite d’élevage autonome au sein de nombreuses petites exploitations.

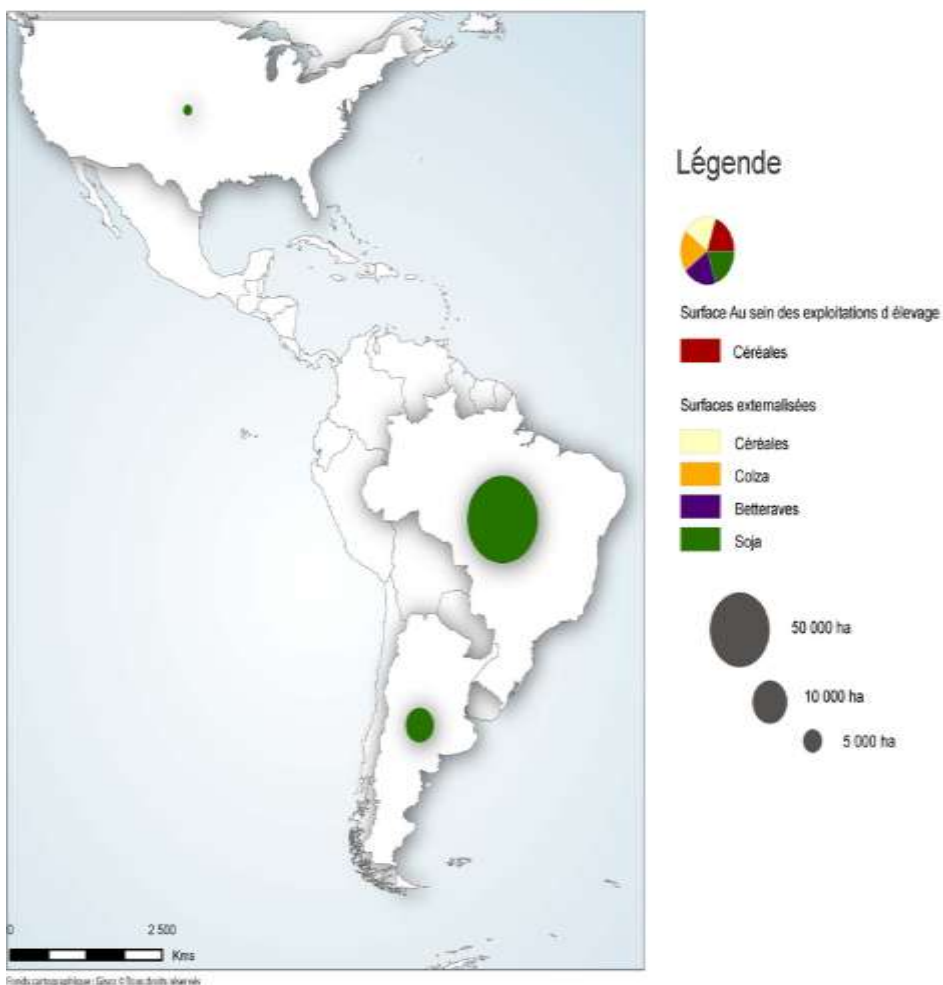
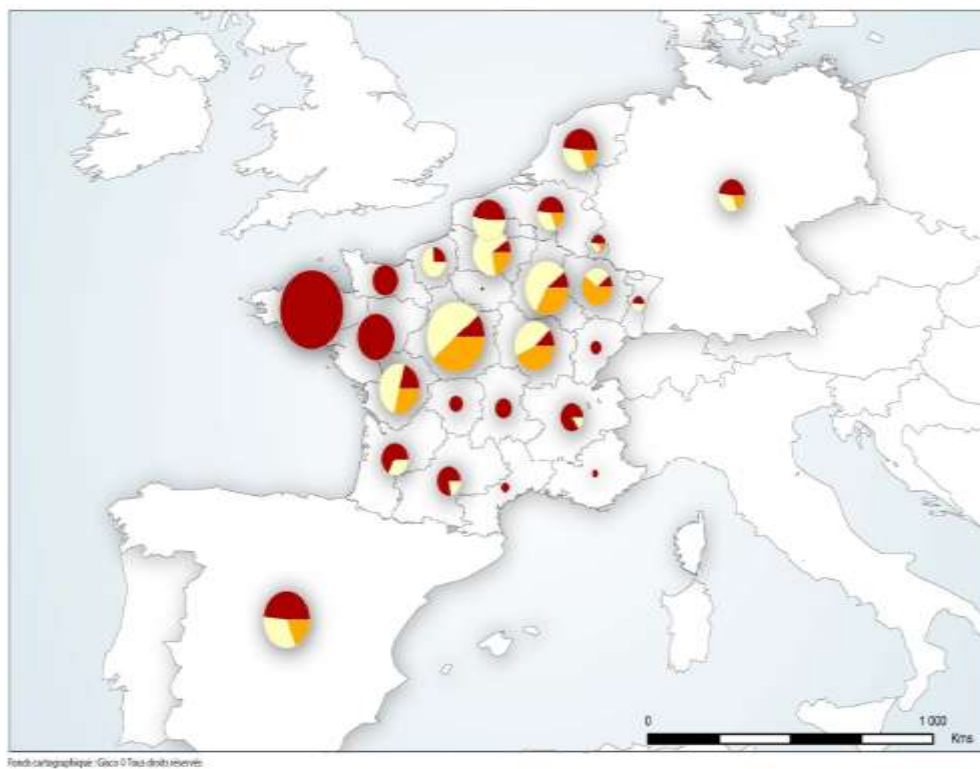


Figure 5. Empreinte spatiale (en ha) de l’approvisionnement parisien en viande au début XXI^{ème} siècle, par type et origine géographique du fourrage utilisé (Chatzimpiros, 2011)²².

²² En mobilisant les informations des statistiques (consommation, et RGA), des services des douanes (importations) et de la DGAL (panels de consommation), nous pouvons tracer l’origine des viandes consommées et les provenances des aliments utilisés.

Une extension considérable de l'ESCA dans le cas des viandes consommées par l'agglomération parisienne

Trois facteurs expliquent ces changements majeurs dans l'ESCA dans le cas des viandes consommées par l'agglomération parisienne : (i) l'augmentation de la consommation de l'agglomération due à l'augmentation de sa population, (ii) un basculement de consommation de viandes bovines engraisées à l'herbe au bénéfice de viandes porcines essentiellement nourries en grains (céréales, soja et colza), (iii) une globalisation des approvisionnements en aliments pour animaux avec une part grandissante du commerce transatlantique mondialisant l'empreinte de Paris pour la consommation de ces viandes.

Via la relocalisation progressive des systèmes de culture, les empreintes alimentaires induisent, une nouvelle géographie des pressions exercées sur plusieurs ressources naturelles à la fois et qui sont à l'origine d'impacts environnementaux dont l'ampleur par ressource est fonction de la structure des systèmes d'élevage. Par exemple, deux tiers du triplement de la production bovine du grand ouest français au cours du XIX^{ème} siècle s'est accompli par le doublement des terres occupées par l'élevage, tandis que le quadruplement de la production au cours du XX^{ème} siècle n'a pratiquement pas mobilisé de nouvelles terres mais a été accompagné d'une forte intensification des prélèvements d'eau et l'ouverture du cycle biogéochimique de l'azote (Chatzimpiros et Barles, 2010). Actuellement, les pertes d'azote au sein des systèmes d'élevage approvisionnant Paris en viande bovine et de porc s'élèvent à cinq fois la quantité d'azote importé en ville sous forme des viandes et sont spatialement éclatées entre les exploitations d'élevage et les territoires qui en comblent les déficits fourragers, à raison de 75 % et 25 % pour la production de viande bovine et 35 % et 65 % pour la production de viande porcine (Chatzimpiros et Barles, 2012). Ces résultats soulignent à la fois l'ampleur des rejets indirects d'azote d'un habitant de Paris et les écarts en termes de géographie des rejets entre les deux types d'élevage.

Dans la partie suivante nous étudions l'état actuel et l'évolution possible de ces flux d'azote dans le territoire du bassin de la Seine au moyen de deux scénarios. Ces pressions impactent les ressources

en eau, aliment stratégique. Ainsi, les stratégies alimentaires, les empreintes alimentaires et les impacts sur les ressources en eau sont liés.

Scénarios possibles du système agricole du bassin parisien sous la pression de deux choix alimentaires contrastés

Le choix de récits de scénarios

L'exercice de prospective induit de choisir un récit (Sebillotte et al., 2003). Pour construire une vision agronomique d'un scénario, nous proposons d'en définir trois étapes :

- a - Son récit, soit les enchaînements de faits techniques qu'il organise,
- b - L'impact potentiel, soit l'évaluation des effets du scénario,
- c - Les conditions qui déterminent son existence.

Nous construisons deux scénarios contrastés du bassin de la Seine, l'un proche du fonctionnement actuel, l'autre reposant sur une hypothèse de rupture forte : la généralisation de l'agriculture biologique. L'ambition est d'évaluer l'impact de ces scénarios contrastés sur la pression azotée dans un grand territoire, prolongeant ainsi des travaux déjà réalisés aux échelles parcellaires (Drinkwater et al., 1998 ; Koersaeth et al., 2000).

Le scénario Fonctionnement Actuel (FA)

a - L'empreinte alimentaire de la consommation parisienne de viande dépasse le bassin parisien. Pour le bassin parisien, les cycles biogéochimiques sont très ouverts avec une introduction massive d'azote d'origine industriel, des pertes importantes vers les ressources en eau, et des exportations végétales importantes. L'enjeu est double, l'augmentation de la biomasse, en grande partie exportée, d'une part, et, pour l'élevage, la maximisation de l'énergie produite d'autre part, les compléments azotés sous forme de tourteaux d'oléo-protéagineux étant massivement importés. Chaque habitant consomme environ 70 kg de viande par an, et une importante proportion des productions végétales est exportée. Cette exportation est la part non consommée par les habitants de ce bassin.

b - Ce scénario est évalué sur les pertes d'azote qu'il engendre vers les ressources en eau, sur la production agricole, et sur les exportations possibles.

c - Ce scénario est très lié à la possibilité de disposer de fortes quantités d'engrais minéraux, donc d'énergie, et sur le recours aux importations en oléo-protéagineux essentiellement sud-américains.

Le scénario Agriculture Biologique Généralisée (ABG)

a - Les cycles biogéochimiques sont moins ouverts, la fixation symbiotique de l'azote est au cœur du « moteur de production », les aliments consommés proviennent uniquement du bassin versant (à l'exception de la viande et des produits laitiers), les pertes azotées sont réduites, ainsi que les exportations. En accord avec les critères d'agriculture biologique, les apports d'engrais azotés sont nuls, et les engrais organiques issus de l'élevage sont valorisés. Ainsi, les activités d'élevage se développent légèrement, par rapport au scénario FA. L'alimentation du cheptel dans un contexte de large excédent de la production céréalière, permet d'inclure une hypothèse supplémentaire d'autonomie de l'alimentation animale en supprimant les importations d'oléo-protéagineux.

b - Ce scénario est évalué sur la production et les surplus agricoles, ainsi que sur la contamination nitrique des milieux aquatiques depuis les rivières jusqu'aux zones côtières.

c - Ce scénario est très lié à la capacité à consommer en priorité les aliments produits. Bien que très théorique, cet exercice prospectif montre l'intérêt de reconsidérer l'importance de la viande dans les régimes alimentaires et une des conditions de faisabilité est l'évolution des régimes alimentaires des habitants en réduisant de 50 % leur consommation de viande. Un autre facteur non négligeable est l'équilibre économique des échanges agricoles, avec une diminution significative des exportations céréalières de 65% pour ce scénario.

Pourquoi élaborer un scénario de rupture?

Un tel scénario s'appuie sur les avancées scientifiques les plus récentes, qui ont démontré que seule une modification profonde des systèmes de production agricole permettrait d'atteindre les objectifs de qualité des eaux de surface portés par la Directive cadre européenne, tant pour la con-

tamination en nitrate des eaux souterraines (Ledoux et al. 2007), de surface (Thieu, 2009), que pour les eaux côtières, en particulier les blooms d'algues vertes (Lancelot et al., 2011). De plus, en construisant un tel scénario basé sur la généralisation de l'agriculture biologique à l'échelle d'un des principaux bassins européens de population humaine, nous voulons tester sa capacité à concilier :

- La demande en aliments et les besoins de la population du bassin de la Seine,
- Un bon fonctionnement écologique des écosystèmes aquatiques,
- Une émission faible et équilibrée de flux de nutriments vers les zones côtières.

Quels sont les effets du scénario Agriculture Biologique Généralisée ?

Le premier effet du scénario ABG est qu'il permet un meilleur équilibre entre la production et les besoins de la consommation. Le territoire de ce bassin qui contient une des aires urbaines les plus peuplées de la planète (915 habitants au kilomètre carré en Île-de-France en 1999), peut largement produire via l'agriculture biologique les protéines nécessaires aux consommations humaines et animales, laissant même un surplus exportable de plus de 1600-1800 kg N/km²/an. Cette capacité exportatrice dépasse le tiers des quantités exportées dans le scénario FA.

La diminution de moitié de la consommation de viande par habitant est nécessaire pour éviter une dépendance trop marquée par rapport aux importations de viande et de lait. En effet, en maintenant le niveau de consommation actuel de 70 kg de viande par habitant et par an, le scénario ABG couvre 52 % des besoins en viande et lait du bassin de la Seine, contre seulement 37% dans le cas du scénario FA dont la capacité exportatrice est donc toute relative ! Afin de réduire les importations de viande et de produits laitiers à long terme, le scénario ABG est efficace s'il est adjoint d'un régime alimentaire diminuant de moitié les apports en protéines animales.

Les résultats du scénario ABG concernant les fonctionnements écologiques sont clairs : à long terme, les pertes en nitrates diminuent considérablement, et ceci plus que dans tous les scénarios de mitigations testés (Cultures Intermédiaires Pièges À Nitrates - CIPAN, Mesures Agro-Environnementales Territorialisées de réduction de fertilisation azotée - MAET; Thieu et al., 2010). Il

permet d'abaisser la concentration en nitrates par litre d'eau de la plupart des rivières du bassin de la Seine (75000 km²) sous le niveau de 10 mg/l qui est souvent considéré comme une limite au bon état écologique des eaux de surface (Camargo et Alonso, 2006).

Discussion de ces scénarios

Ces scénarios sont évalués seulement sur le territoire du bassin de la Seine devenu l'ESCA de l'agglomération parisienne dans le scénario ABG. Ainsi, les impacts environnementaux, par exemple sur les ressources en eau, n'ont pas été pris en compte dans le scénario FA quand ils concernaient les territoires situés hors du bassin de la Seine mobilisés pour alimenter Paris. Or, comme nous l'avons illustré dans la première partie de cet article (figure 5), plus de la moitié des surfaces mobilisées pour élaborer les viandes consommées dans l'agglomération parisienne sont hors du bassin de la Seine, dont un tiers en Amérique latine. Ainsi, nous sommes loin d'un bassin parisien qui nourrit ses habitants, du moins en viandes.

Cette modification profonde de l'agriculture moderne par généralisation de l'agriculture biologique n'est pas atteignable à court terme, car l'agriculture biologique ne concernait, en 2006, que 3,9 % des surfaces en Europe (de 2% en France à plus de 11 % en Autriche ; Bonny, 2006). Cependant, en mobilisant les exigences du Grenelle de l'environnement qui vise 20 % de la surface agricole française en agriculture biologique en 2020, et la capacité innovante des agriculteurs du bassin parisien, une augmentation conséquente des surfaces en agriculture biologique n'est qu'une question de volonté collective qui impacte aussi fortement les exportations agricoles du bassin. Ceci d'autant plus que les consommateurs ont fait évoluer leurs pratiques induisant une augmentation annuelle de leurs achats en produits agricoles biologiques de 10 à 15 % (Bonny, 2006). L'autosuffisance alimentaire de l'agglomération parisienne est en jeu via une augmentation nécessaire et ample des cultures biologiques au sein du bassin parisien, et le scénario ABG présenté ci-dessus permet d'instruire pour le bassin de la Seine la question « l'agriculture biologique peut-elle nourrir le monde ? » posée par Badgley et Perfecto en 2007.

Conclusion

En étudiant le cas de l'approvisionnement en viande et en lait de Paris sur une portée historique de deux siècles, ce cas vise à enrichir le regard sur les relations villes - territoires d'approvisionnement : comment expliquer la dégradation de l'empreinte de l'approvisionnement alimentaire d'une ville ? En tant qu'agronome, nous voyons se construire un enjeu de taille qui incite à un effort de recherche : l'urbanisation marquée de la planète et les impacts croissants des consommations urbaines sur l'évolution des systèmes agraires. Le choix de la ville de Paris, historiquement anticipatrice dans ces tendances et disposant d'un corpus d'informations dense, est particulièrement pertinent pour lier consommations urbaines et productions agricoles via l'information d'un indicateur de synthèse de ces relations tel que l'ESCA.

De façon complémentaire, l'analyse de la pression azotée subie par le bassin de la Seine instruit une dimension de cette empreinte alimentaire. Cette pression azotée actuelle des systèmes agraires du bassin peut être comparée à un scénario innovant : un bassin de la Seine produisant pour ses habitants, consommateurs de produits biologiques et diminuant de moitié leur consommation de viande. Ainsi, la pression azotée de ce scénario permet d'obtenir une concentration en nitrate inférieure à 10 mg/l dans quasiment tous les cours d'eau du bassin de la Seine (Thieu *et al.*, 2011).

Un résultat méthodologique majeur des deux thèses mobilisées dans cet exercice est de fournir un regard critique sur la traduction d'un corpus d'informations statistiques très hétérogènes en deux indicateurs synthétiques : l'empreinte alimentaire d'une ville sur ses systèmes agraires d'approvisionnement, et la pression azotée sur les hydro-systèmes de ces systèmes agraires. En liant ces deux apports, les agronomes disposent de concepts intégrateurs pour évaluer les relations villes-territoires d'approvisionnement, et les systèmes agraires ainsi induits par les pratiques alimentaires urbaines à leurs impacts sur les hydro-systèmes.

La construction et l'évaluation de scénarios complète la lecture rétrospective d'évolution d'un territoire, en fournissant des ordres de grandeur susceptibles d'aider les acteurs à mieux maîtriser les conséquences de leurs actes (Ledoux *et al.*, 2007).

Ainsi, le scénario ABG permet de proposer une image de l'avenir du bassin de la Seine où la compatibilité entre production alimentaire et protection des ressources en eau est possible (Thieu et al., 2011).

Bibliographie

- Badgley, C., et Perfecto, I. 2007. Can organic agriculture feed the world? *Renewable Agriculture and Food Systems* 22, 80-86.
- Benoît M., et Papy F. 1998. La place de l'agronomie dans la problématique environnementale. In : Vilotte O. Barrès D., Dossier de l'Environnement de l'INRA n° 17 "Sciences de la société et environnement à l'INRA, matériaux pour un débat" : 53-62.
- Benoît M. 1990. La gestion territoriale de l'activité agricole dans un village lorrain. *Mappemonde*, 90/4 : 15-17.
- Billen G., Barles S., Garnier J., Rouillard J., Benoît P. 2009a. The food-print of Paris: Long term reconstruction of the nitrogen flows imported into the city from its rural hinterland, *Regional Environmental Change*, 9 (1) : 13-24.
- Billen, G., Thieu, V., Garnier, J., and Silvestre, M. 2009 b. Modelling the N cascade in regional watersheds: The case study of the Seine, Somme and Scheldt rivers. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133, 234-246.
- Billen, G., Garnier, J., Thieu, V., Passy, P., Rioussset, P., Silvestre, M., They, S., Vilain, G., Billy, C. 2011. La Cascade de l'azote dans le bassin de la Seine. Fascicule 15 de la collection du programme PIREN-SEINE, (eds) Agence de l'eau Seine Normandie.
- Bonny, S. 2006. L'agriculture biologique en Europe : situation et perspectives. Notre Europe (www.notre-europe.eu/fileadmin/IMG/pdf/Bonny_Agribio.pdf).
- Camargo, J., et Alonso, Á. 2006. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International* 32, 831-849.
- Chatzimpiros, P. et Barles, S. 2010. Nitrogen, land and water inputs in changing cattle farming systems. A historical comparison for France, 19th-21st centuries, *Science of the Total Environment*, 408(20), 4644-4653.
- Chatzimpiros, P. 2011. *Les empreintes environnementales de l'approvisionnement alimentaire : Paris, ses viandes et lait, XIXe- XXIe siècles*. Université de Paris-Est. 364 pages.
- Chatzimpiros, P. et Barles, S. 2012. Nitrogen food-print: N use and N cascade from livestock systems in relation to beef, pig and milk supply to Paris, *Biogeoscience discussion*, doi:10.5194/bgd-9-1971-2012.
- Drinkwater, L. E., Wagoner, P., et Sarrantonio, M. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 396, 262-265.
- Joannon A, Souchère V, Martin P, et Papy F. 2006. Reducing runoff by managing crop location at the catchment level, considering agronomic constraints at farm level. *Land Deg Develop* 17(5) : 467-478.
- Joannon A, Bro E, Thenail C, et Baudry J. 2008. Crop patterns and habitat preferences of the grey partridge farmland bird. *Agron Sustain Dev* 28 : 379-387.
- Korsaeth, A., and Eltun, R. 2000. Nitrogen mass balances in conventional, integrated and ecological cropping systems and the relationship between balance calculations and nitrogen runoff in an 8-year field experiment in Norway. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79, 199-214.
- Lancelot C, Thieu V, Polard A, Garnier J, Billen G, Hecq W, Gypens N. 2011. [Cost assessment and ecological effectiveness of nutrient reduction options for mitigating Phaeocystis colony blooms in the Southern North Sea: An integrated modeling approach](#), *Science of the Total Environment*, 409(11) : 2179-2191.
- Lazrak EG, Mari JF, et Benoît M. 2011. Landscape regularity modelling for environmental challenges in agriculture. *Landscape Ecol* 25 : 169-183.
- Ledoux, E., Gomez, E., Monget, J. M., Viavattene, C., Viennot, P., Ducharme, A., Benoit, M., Mignolet, C., Schott, C., et Mary, B. 2007. Agriculture and groundwater nitrate contamination in the Seine basin. The STICS-MODCOU modelling chain. *Science of the Total Environment* 375, 33-47.
- Le Ber F, et Benoît M. 1998. Modelling the spatial organization of land use in a farming territory. Example of a village in the Plateau Lorrain. *Agronomie* 18(2) : 103-115.
- Leenhardt D., Trouvat J.L., Gonzales G., Perarnaud V., Prats S., et Bergez J.E. 2004. Estimating irrigation demand for water management on a regional scale: I. ADEAUMIS, a simulation platform based on bio-decisional modelling and spatial information, *Agric. Water Manage.* 68(3), 207-232.
- Mignolet C., Schott C., et Benoît M. 2004. Spatial dynamics of agricultural practices on a basin territory : a retrospective study to implement models simulating nitrate flow. The case of the Seine basin, *Agron.* 24(4), 219-236.
- Mignolet, C., Schott, C., et Benoît, M. 2007. Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin : Methods for agronomic approaches on a regional scale. *Science of the Total Environment* 375, 13-32.
- Moonen A.C., et Bàrberi P. (2008) Functional biodiversity : An agroecosystem approach. *Agriculture. Ecosyst. Environ.* 127,7-21.
- Schaller N. Lazrak G., Martin P., Mari J.-F., Aubry C., et Benoît M. 2012. Combining farmers' decision rules and landscape stochastic regularities for landscape modelling. *Landscape Ecology*. (sous presse).
- Sebillotte, M. et al., 2003. *Prospective : Eau et Milieu aquatique*. INRA-Cemagref. 267 pages.
- Thenail C, Joannon A, Capitaine M, Souchère V, Mignolet C, Schermann N, Di Pietro F, Pons Y, Gauchere C, Viaud V, et Baudry J. 2009. The contribution of crop-rotation organiza-

tion in farms to crop-mosaic patterning at local landscape scales. *Agriculture Ecosyst Environ* 131:207-219.

Thieu V. 2009. Modélisation spatialisée des flux de nutriments (N, P, SI) des bassins de la Seine, de la Somme et de l'Escaut : impact sur l'eutrophisation de la Manche et de la Mer du Nord. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie. 207 pages.

Thieu V., Billen G., Garnier J., et Benoît M. 2011. Nitrogen cycling in a hypothetical scenario of generalised organic agriculture in the Seine, Somme and Scheldt watersheds. *Regional Environmental Change*, 11:359-370.

Thieu, V., Garnier, J., et Billen, G. 2010. Assessing the effect of nutrient mitigation measures in the watersheds of the Southern Bight of the North Sea. *Science of the Total Environment*, 408:1245-1255.

Défi alimentaire et agronomie : points de vue et débats

Synthèse des débats des 6^{èmes} Entretiens du Pradel

Nota : la totalité des échanges durant ces Entretiens du Pradel peut être visionnée sur le site de l'Afa ; le texte ci-dessous n'en est qu'une courte synthèse proposée par les organisateurs n'engageant pas les intervenants bien qu'essayant d'être la plus fidèle possible à l'esprit des débats.

Session introductive : enjeux alimentaires, quels défis pour l'agronomie ?

Parmi les exercices de prospective sur la production alimentaire, certains reposent encore surtout sur les statistiques agricoles internationales. Or, en Afrique par exemple, les systèmes antérieurs s'appuyant sur des inspections régionales de l'agriculture menées avec beaucoup d'agronomes ont disparu et la qualité des statistiques agricoles s'en ressent fortement : comment inverser cette tendance et mieux tenir compte des productions locales, comme par exemple les racines et tubercules, dans la façon dont les politiques de chaque pays traitent de leurs agricultures ? Cela dit, reconnaissant cette faiblesse d'une démarche purement quantitative, d'importants exercices de prospective alimentaire récents ne reposent justement pas sur une démarche statistique. C'est le cas par exemple du récent « *Foresight Project on Global Food and Farming Futures* » du bureau pour la science du gouvernement anglais (voir les résultats des treize rapports de synthèse publiés en janvier 2011 à l'adresse :

<http://www.bis.gov.uk/Foresight>).

D. Barling ayant insisté sur ce point dans son exposé, le débat a abordé la question des modalités d'une meilleure construction des standards en matière d'alimentation durable et d'agriculture à haute valeur environnementale (HVE) afin qu'ils tiennent davantage compte de la diversité des situations et associent étroitement les savoirs des agronomes, d'autres professionnels et de l'administration ; l'élaboration du standard PEFC par les forestiers étant cité en exemple. D. Barling mentionna notamment le cas d'expériences conduites avec des ONG dans lesquelles les critères de durabilité retenus étaient sélectionnés parmi ceux existant déjà dans la société concernée.

Les échanges soulignèrent le lien étroit qui existe entre des progrès de l'agriculture en matière de protection de l'environnement et une meilleure rémunération de ses produits. Mais comment améliorer cette rémunération si la part des achats alimentaires dans le budget des ménages ne cesse d'être comprimé, y compris dans les pays en développement ? Les AMAP et le commerce de proximité contribuent cependant à une meilleure compréhension entre les acteurs de la production et de la consommation alimentaire. À plus long terme, le dialogue avec les consommateurs pourrait aussi être amélioré si la formation de base en biologie et à la « chose agricole » était réhabilitée dans le cadre scolaire. Réciproquement, il demeure essentiel de comprendre les raisons des choix alimentaires des consommateurs, car il n'existe pas de « consommateur modèle ». Pour cela il faut dialoguer, faire du « *choice editing* » (voir l'explication de cette notion dans l'article de D. Barling ci-dessus) avec les transformateurs et les consommateurs, et tenter d'aller vers des changements structurels plus radicaux permettant de meilleurs choix en matière d'alimentation. Une réelle mobilisation et un engagement social déterminé sont nécessaires pour y parvenir.

In fine, si la notion de système alimentaire peut être un cadre très utile pour répondre à la question du lien entre agronomie et défi alimentaire, les agronomes sont encore peu familiers d'une telle démarche globale. En pratique, sur le terrain, ils se retrouvent souvent en position d'intermédiaires entre des acteurs plus directement actifs de tels systèmes (pouvoirs publics, agriculteurs et autres agents économiques). Il

reste donc à mieux définir ce qu'est un système alimentaire, sans doute au cas par cas, selon la question posée, que l'on se place du point de vue du consommateur ou de l'agriculteur, et que l'on se réfère à des acteurs ou à un territoire : quelles en sont les limites dans un monde où les échanges (notamment internationaux) de produits alimentaires sont en expansion? Faut-il inclure la production dans la notion de système alimentaire? Ne doit-on pas réfléchir distinctement les systèmes de production et les systèmes alimentaires, ainsi que les connections entre eux?

Session 2 : rendement et qualité sont-ils conciliables ?

Le thème de la segmentation des usages et du marché de la farine de blé est un point important qui a animé une partie du débat lors de cette session. Avec une filière nationale très orientée vers les besoins de la panification française (80 % des blés cultivés sont de type « meuniers »), les opérateurs recherchent une base commune à tous les débouchés, même pour l'exportation, en se positionnant, en termes de qualité, sur le haut de l'échelle, la production pouvant si nécessaire être valorisée pour des usages moins exigeants. Une certaine segmentation est possible sur des productions spécialisées : blés améliorants pour les biscuitiers, variétés spécifiques allotées permettant des assemblages adaptés aux besoins d'une filière ce qui suppose qu'elles soient stockées séparément à la livraison ou chez l'agriculteur selon les termes du contrat passé avec l'organisme de collecte. Une segmentation encore plus poussée semble difficilement envisageable à cause d'un coût trop élevé.

La « vocation exportatrice » de la filière blé française a également été abordée dans la perspective d'une augmentation des échanges internationaux prévue par les analyses prospectives portant sur la demande mondiale. En particulier, les débouchés offerts par les marchés des pays d'Afrique du Nord représentent un véritable enjeu pour la céréaliculture française, mais ils impliquent un taux de protéines du grain élevé et des qualités de protéines particulières. Il est important pour l'agronome de savoir si une telle évolution de la

demande peut conduire à l'émergence d'un nouveau segment sur le marché.

Plutôt que le dilemme du choix entre une stratégie de spécialité (mais de telles filières pourraient demeurer marginales) et l'autre basée sur la production massive de « *commodities* », certains prônent les techniques de différenciation retardée. Pour bénéficier à la fois des marchés de masse et de spécialité, ils conduisent à un produit de qualité « polyvalente » le plus longtemps possible le long de la chaîne de transformation et différenciable au dernier moment selon les besoins spécifiques du client et l'usage visé. La recherche agronomique est-elle capable d'accompagner une telle stratégie de différenciation retardée? Et si oui, où et dans quelles conditions? D'autres intervenants s'élèvent contre la différenciation retardée qui fournit un produit standard allant à l'encontre du besoin de diversification accrue pour nourrir la planète dans les prochaines décennies. Le constat est établi que pour pouvoir définir une stratégie de recherche appropriée, il est nécessaire de mieux connaître le fonctionnement et les stratégies économiques adoptées dans les filières, aujourd'hui et dans l'avenir, surtout si une évolution autre qu'une concentration plus poussée des opérateurs est possible.

En termes de valorisation du produit, les céréales ont certains atouts, notamment la fabrication de glucides complexes qui facilitent leur digestion, ainsi qu'une proportion plus importante de sucres lents. Les grains sont aussi une source importante de magnésium sans modification de la composition naturelle. La teneur en éléments minéraux du son est élevée (c'est important pour les pays qui le consomment comme l'Inde), tandis qu'un effort est fait sur la teneur en zinc (en sélection végétale et par la fertilisation minérale) car une meilleure couverture des besoins humains est un élément de santé publique. La production d'aliments par le blé n'est pas possible au champ (refus sociétal d'aller vers les OGM) mais seulement au cours de la transformation du produit en aval de la production.

Les échanges abordèrent aussi la question de la prise en compte par les agronomes des récents apports de la biologie et de la microbiologie dans leurs modèles agronomiques afin de représenter

la construction de la qualité selon le nutriment qui va être valorisé sur le marché. Pour les observations et mesures en parcelles expérimentales et au champ, la métrologie a beaucoup évolué et peut être mieux mobilisée que par le passé. Mais des difficultés demeurent pour passer de l'échelle du peuplement à celle de la plante puis à la biochimie du grain. Il est intéressant d'identifier rapidement les critères pour lesquels il existe une forte interaction du génotype avec l'environnement et la conduite de culture, comme dans le cas de la teneur en protéines, car ils peuvent conduire à des collaborations fructueuses entre généticiens, sélectionneurs et agronomes.

C'est notamment le cas dans un contexte important de réduire les « fuites d'azote » vers la ressource en eau ainsi qu'une réduction de moitié des produits phytosanitaires utilisés d'ici 2018. Quelle est la marge de manœuvre pour maintenir des rendements élevés et la qualité du grain tout en appliquant moins d'intrants ? Sachant que le savoir-faire des transformateurs (meuniers et boulangers) permet une certaine flexibilité sur le taux de protéines acceptable. Le cas a été cité d'un réseau de parcelles, suivi sur 80 sites depuis 2003, dans lequel la réduction de 50% de l'usage des produits phytosanitaires s'est traduite par une faible baisse des rendements et de la teneur en protéines du grain. Cependant, l'augmentation incontournable du nombre de critères d'évaluation des itinéraires techniques et des systèmes de culture rend la démarche classique d'optimisation inadaptée au nouveau contexte et impose de faire des compromis dans les choix techniques et de négocier les conditions d'accès aux marchés avec les opérateurs de « la raffinerie du végétal » en aval de la production. Par rapport à un modèle d'envergure mondiale largement piloté par la grande distribution, qui demande aux industriels de retarder la différenciation par des produits intermédiaires fractionnés, tout autre modèle alternatif, plus territorialisé et prenant plus en compte les jeux d'acteurs locaux, devra être raisonné selon une toute autre approche économique et se montrer inventif pour trouver un bon équilibre territorial. D'autres aspects importants touchant aux assolements, à l'évolution des rotations, etc. (tout juste mentionnés durant ce débat) soulignent aussi la nécessité de croiser les logiques territoriales avec celles des filières.

Session 3 : nouvelles structurations et fonctionnement des bassins de production alimentaire

Au-delà de la notion utile de bassin d'approvisionnement pour décrire et réfléchir à l'amélioration des relations techniques, informationnelles et commerciales entre les agriculteurs et des industriels ou des citoyens, la discussion s'est engagée sur la possibilité de mieux rémunérer les agriculteurs au moyen du paiement pour les services écosystémiques rendus par les exploitations agricoles en sus des produits alimentant les filières. Agronomes et économistes pouvant travailler ensemble afin de distinguer et de quantifier précisément les services écosystémiques attribuables aux exploitations et ceux qui relèvent de l'organisation au niveau d'un bassin (de captage par exemple) ou d'un territoire (qui lui prend en charge plus de fonctions d'un bassin que la production alimentaire seule). L'organisation spatiale et donc collective de la production pouvant jouer un rôle important, la prise en compte de tels services au niveau d'un bassin devra s'effectuer par le dialogue entre les acteurs de la production, des entreprises industrielles, ainsi que ceux travaillant sur les enjeux environnementaux.

Mais un bassin de production et son organisation induisent une certaine spécialisation des systèmes de production qui peut être pour partie à l'origine de problèmes environnementaux évoqués (comme dans le cas de l'usage des produits phytosanitaires par exemple). Il serait donc intéressant de réfléchir aux modalités d'arbitrage entre différents niveaux de spécialisation afin d'éviter les excès constatés sur certains territoires, l'agrandissement de la taille du bassin pouvant en être une. Des politiques incitatives peuvent aussi assurer de façon indirecte la reconnaissance des tels services et leur distribution spatiale, au niveau de l'UE ou comme cela se fait dans certains pays voisins, comme dans le cas du développement rural des zones défavorisées. Mais quelle est la capacité de changement et d'adaptation des bassins de production existants ? Et sur quel pas de temps ? Il est important pour les agronomes de mettre au point et en œuvre des méthodes de diagnostic de la capacité d'un système à changer et à quelles échéances.

Face à l'ampleur des enjeux décrits dans la séance introductive, les connaissances produites à des échelles comme le champ cultivé ou le bassin d'approvisionnement ne sauraient suffire. Elles sont certes très utiles pour résoudre localement de manière intelligente des questions d'acteurs et mettre en lumière des processus locaux ainsi que le caractère collectif de la production agricole. Mais il n'est pas certain que mises bout à bout, elles permettent de répondre de façon systémique et globale aux différentes facettes de l'enjeu du défi alimentaire décrites dans la conférence introductive. Pour cela, plus qu'une évolution, n'est-ce pas une véritable révolution agronomique qu'il s'agit de penser, entre agronomes et autres acteurs du défi à relever, et en tenant bien compte des jeux de pouvoir qui sont à l'œuvre ?

Session 4 : quelle utilisation de l'espace en zones rurales et péri-urbaines ?

À propos de la gestion des espaces agricoles avec les collectivités, la question du « maillage agricole minimum » fut posée afin de déterminer par type de territoire le seuil en-dessous duquel l'agriculture risque de disparaître. Une méthode d'analyse fonctionnelle des espaces agricoles développée par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île-de-France (IAU-RIF, <http://www.iau-idf.fr/>) est accessible sur Internet. Cette méthode repose sur le repérage des zones agricoles les plus menacées pour discuter leur devenir avec les élus à partir de divers critères (taille, qualité des sols, surface minimum d'installation, etc.). Des expériences régionales furent aussi citées. Ainsi certaines villes constituent des « noyaux » de 500 hectares mis en place pour permettre aux agriculteurs de travailler ensemble. Tandis que dans les zones agricoles protégées (ZAP) d'Île-de-France le fonctionnement du système agricole de grande culture avec irrigation est réfléchi avec les agriculteurs afin qu'aucun d'entre eux ne se retrouve isolé. Dans le cas de la vive compétition entre agriculture et eau sur les bassins d'alimentation de captage, la construction de vrais projets d'agriculture biologique fut suggérée afin de stimuler le changement de pratiques.

L'importance de la proximité avec la ville peut être parfois exagérée car il faut prendre en compte la mobilité des citadins (notamment en fin de semaine) ainsi que le réseau social d'accueil à destination qui joue un rôle important. Si environ 30 % de la superficie des zones urbaines est dédiée à la mobilité dans les pays européens, ce chiffre tombe à moins de 5 % dans les pays tropicaux en développement où l'on assiste à une forte concurrence sur le foncier entre agriculture périurbaine et la construction d'infrastructures pour la mobilité. En revanche, dans les pays de l'OCDE, il est possible de jouer avec cette mobilité en développant des agricultures différentes (« de conservation » par exemple) dans les zones de loisirs, touristiques, et fréquentées par les citadins en fin de semaine où les relations en circuit court sont plus fortes. L'agriculteur peut y participer à la fois à une organisation de circuit long et la compléter par une vente en circuit court. Les démarches s'inspirant de la gestion des systèmes complexes peuvent aider à raisonner de façon globale l'évolution de tels systèmes alimentaires à la croisée de différents réseaux économiques, de contraintes environnementales et d'une demande en produits alimentaires diversifiée.

L'urbanisation croissante interpelle aussi les agronomes sur la question du recyclage des déchets organiques des villes et des industries en vue de leur usage pour la fertilisation (notamment phosphorée) des terres. Ici encore, les multiples facettes à prendre en compte (acceptabilité sociale du réemploi de produits résiduels et sécurité sanitaire, coûts énergétiques de la collecte, du traitement et de la distribution des composts et boues, compatibilité avec des agricultures périurbaines « bio » ou intégrée, participation des citadins à l'amélioration de la qualité de la collecte des eaux usées et des déchets, etc.) impose le dialogue entre les collectivités urbaines et les différents types d'agriculteurs de leur voisinage. Il est aussi de plus en plus souvent nécessaire pour le raisonnement d'autres pratiques en milieu périurbain, comme la protection phytosanitaire ou le déplacement des engins agricoles.

En matière d'observatoire des sols, peu d'indicateurs sont encore renseignés, cartographiés, et interprétés au niveau national sur des thèmes d'intérêt majeur comme l'évolution de la

composante chimique du potentiel de production, la biodiversité, les relations avec les systèmes de culture ou des pratiques particulières comme le non labour par exemple, ou encore le risque différencié de concentration des métaux lourds des différentes cultures possibles sur sols pollués. L'évolution des réserves utiles des sols sous l'influence de certaines pratiques, dont l'amélioration peut aider à limiter le recours à l'irrigation, demeure également mal connue. L'ADEME s'intéresse toutefois à cette question depuis un an dans le cadre de l'adaptation de certaines régions au changement climatique et de l'analyse de l'impact de certaines politiques menées.

Session 5: défi alimentaire, politiques agricoles et environnement

Cette session visait à repérer les « sentiers de convergence » permettant de réconcilier le défi alimentaire avec la politique agricole et l'environnement, qui ne sont pas contradictoire *a priori*, afin qu'ensuite les agronomes puissent les baliser en concevant et expérimentant des itinéraires techniques, systèmes de culture et de production, ainsi que des organisations territoriales adaptées. Ce travail devrait être entrepris dans le cadre de dispositifs pluri-partenaires et pluridisciplinaires fonctionnant en réseaux et sur la longue durée (malgré la difficulté qu'ont certains acteurs à s'engager sur le long terme) afin d'évaluer les évolutions chemin faisant (car certains auteurs prédisent l'avènement de phénomènes irréversibles à relativement court terme).

Mais il s'agit tout d'abord de bien hiérarchiser les défis à relever, ainsi que les formes d'agriculture qui permettent d'y répondre, et cela doit être effectué de manière interdisciplinaire. Ce travail peut être conduit de façon distribuée à l'échelle régionale. Quand il travaille à cette échelle ou à celle du territoire, l'agronome peut mieux faire apparaître les degrés de liberté et marges de manœuvre qui existent par rapport aux questions environnementales et de la production de services environnementaux par l'agriculture. C'est le cas par exemple à propos des flux d'azote selon le type d'organisation spatiale des exploitations agricoles plutôt orientées vers l'élevage ou en

grandes cultures, ou encore à propos de la localisation des systèmes de culture des différents types d'exploitations selon le degré de vulnérabilité de telle ou telle zone de la petite région agricole par rapport au drainage, à la pollution, etc. Cette échelle de travail permet aussi d'inventer et de tester de nouveaux systèmes pouvant s'ajouter au nombre encore trop limité d'options disponibles (polyculture élevage « sobre » ou agriculture biologique, etc.) permettant de limiter les apports extérieurs sans augmenter les flux d'azote, de phosphore et de gaz à effet de serre. Dans certains domaines, comme la limitation de l'usage des produits phytosanitaires par exemple, une démarche au niveau territorial semble indispensable pour faire évoluer les pratiques des agriculteurs. Mais il n'est pas exclu que certaines mesures de politique agricole (comme la fin des quotas laitiers par exemple) accentuent la spécialisation régionale par endroits. C'est encore à cette échelle que l'on peut réfléchir à des politiques agricoles qui permettraient de réaliser une 3^{ème} génération de « remembrement vertueux » positionnant la gestion du foncier et des aménagements au cœur du problème (systèmes épurateurs en zones fragiles, etc.).

Il est apparu essentiel de construire une représentation commune des questions environnementales entre agronomes et économistes. Dépassant la question de l'intensification, elle est nécessaire pour permettre le chiffrage, sur des bases co-construites, des performances, notamment environnementales, des systèmes de production à évaluer sur un temps suffisamment long afin de pouvoir quantifier les changements observés et les interpréter. Face à un accès difficile aux données statistiques agricoles désagrégées, les outils communs aux agronomes et économistes restent à construire pour qu'ils puissent mieux communiquer. Ils sont notamment nécessaires afin d'identifier les outils de politiques agricole (taxes diverses, MAE ambitieuses en soutien de revenu aux pratiques à « externalités » positives et leurs conditions d'attribution, aides contra cycliques, degré d'ouverture des frontières, etc.) permettant de stimuler les changements vertueux de pratiques agricoles face aux évolutions des contextes économique (volatilité des prix notamment), énergétique et climatique. Des modèles bioéconomiques sont à construire, notamment sur la

question de la taxation. Mais la simple adaptation suffira-t-elle, ou s'agit-il plutôt de reconcevoir plus radicalement de nouveaux systèmes ? Puisque le temps presse, le besoin de meilleures interactions entre agronomes et acteurs ayant innové sur le temps long a été souligné.

Notes de lecture

Afterres 2050 - Scénario d'utilisation des terres agricoles et forestières pour satisfaire les besoins en alimentation, en énergie, en matériaux, et réduire les gaz à effet de serre. Version du 29/09/2011

Thierry DORÉ

Président de l'Afa
Professeur d'agronomie
Département SIAFEE à AgroParisTech

L'Association Solagro a publié à l'automne dernier les premiers résultats de ses travaux relatifs au scénario Afterres 2050. Il s'agit d'un exercice prospectif sur l'utilisation des terres en France, dans la perspective de satisfaire différents besoins alimentaires et non alimentaires, tout en tenant compte de contraintes environnementales et avec un objectif prioritaire de réduction de l'émission de gaz à effet de serre (GES). Comme tel, il s'agit d'un excellent support pour réfléchir concrètement au(x) système(s) alimentaire(s). Cette note n'a pas pour objet d'analyser la manière dont le travail été mené ni d'en discuter les résultats : en l'état actuel les informations disponibles sur certaines hypothèses prises (notamment sur les systèmes de production, les pertes alimentaires, les affectations de GES à tel ou tel secteur, les technologies permettant d'obtenir de l'énergie à partir des prairies), ou encore sur le fonctionnement du modèle MoSUT permettant de parvenir aux résultats chiffrés, n'autorisent pas de telles analyses, qui ne pourront être menées qu'ultérieurement. En revanche la présentation du scénario telle qu'elle est déjà disponible permet de discuter, du point de vue de l'agronomie, de la manière de poser le problème, et des questions que le type de résultats obtenus engendre.

Un premier intérêt de la démarche est de poser la question en des termes multicritères. Ainsi, l'environnement n'est-il pas un sous-produit des systèmes alimentaires, mais bien un objectif, chiffré, en particulier en ce qui concerne la diminution des émissions de gaz à effet de serre (GES). Ce parti pris pose la question de la hiérarchie des critères retenus comme objectifs. En l'occurrence, l'ambition (non atteinte *in fine* dans le scénario présenté) de division par quatre des émissions de GES est posée comme une priorité : c'est la seule ambition environnementale chiffrée apparemment prise en compte à la même hauteur que les besoins alimentaires et énergétiques. Il importe de bien distinguer ce qui relève d'objectifs chiffrés *a priori*, et ce qui a trait à un examen *a posteriori* par lequel on vérifie qu'une amélioration sur des critères objectifs ne se traduit pas par des dégradations sur d'autres critères environnementaux. Si cette analyse est exacte, elle révèle une sorte de hiérarchie de fait dans les questions environnementales, au sein de laquelle la lutte contre les changements climatiques est au sommet, qui est évidemment discutable ; d'aucuns mettraient facilement comme priorité le bon état des masses d'eau, ou la préservation de la biodiversité. Mais chiffrer des objectifs environnementaux dans une démarche prospective d'une part, et expliciter une hiérarchie d'autre part sont suffisamment rares pour mériter d'être ici salués. On peut cependant regretter que l'éventualité de possibles contradictions entre différents objectifs environnementaux ne soit pas explicitée, d'autant que l'on dispose d'un cas d'école avec l'élevage bovin extensif, qui est relativement plus producteur de GES que l'élevage intensif, alors qu'il présente d'autres intérêts environnementaux très clairs (prévention des pollutions, maintien de la biodiversité). Au passage, dans le registre de l'approche multicritère, on appréciera également le choix de ne pas opposer d'emblée la production alimentaire et la production non alimentaire, considérant que la combinaison des deux est possible, voire souhaitable (comme elle l'a été pendant longtemps dans la plupart des systèmes de production de la planète).

L'entrée consistant d'une part à travailler à une échelle « méso » (c'est-à-dire ni à l'échelle de la planète, ni à l'échelle d'un petit territoire), d'autre part à considérer les objectifs de production

comme premiers et non résultant d'optimisations économiques est également très intéressante, en ce qu'elle contient d'implicite et d'explicite. Implicitement, l'étude semble assumer (sans en donner les raisons, qui peuvent être multiples, dans le texte actuellement disponible) une volonté d'assurer la satisfaction de besoins sur une aire géographique donnée à partir d'abord de la production issue de cette même aire. C'est une alternative très intéressante aux modélisations prospectives reposant sur des modèles d'équilibre général à l'échelle planétaire, qui font des hypothèses majeures et très simplistes sur le comportement des acteurs. Explicitement, l'étude fait l'hypothèse que l'entité géographique considérée (ici le territoire français) n'est pas autarcique, et que des échanges sont nécessaires, pas seulement parce que certaines denrées ne peuvent être produites sur le territoire national, mais aussi parce qu'une certaine « vocation exportatrice » demeure pour la France, pour satisfaire des besoins dans d'autres pays structurellement déficitaires. Il s'agit d'une reconnaissance de fait de la difficulté à atteindre un éventuel objectif politique d'une autosuffisance alimentaire pour certains États, compréhensible si on considère que rien ne garantit évidemment d'emblée que les frontières issues des histoires des pays coïncident naturellement avec une certaine cohérence agronomique et alimentaire. Ces choix interrogent en retour de manière très importante sur le « grain » géographique auquel de telles études doivent être menées, et sur la façon dont les échanges entre l'entité considérée et ses partenaires est pensée et régie. La France est-elle le bon niveau de raisonnement ? L'Europe et le Bassin méditerranéen ne constituent-ils pas une alternative intéressante, comme les résultats présentés le suggèrent fortement ? En remontant d'un cran, n'y a-t-il pas un vrai travail de recherche à conduire sur les échelles auxquelles ces analyses prospectives doivent être menées, permettant d'identifier les ensembles géographiques et les modalités d'échange entre ensembles permettant de satisfaire les besoins alimentaires et non-alimentaires tout en minimisant les impacts environnementaux locaux et globaux – bref sur les systèmes alimentaires à redessiner ? À ce titre, l'étude Afterres 2050 semble avoir d'abord la vertu, à l'instar d'autres études prospectives sur l'alimentation,

de tracer une voie, non d'être en mesure d'apporter des réponses définitives.

En l'état actuel des documents rendus publics, qui ne montrent qu'un scénario, il est impossible de réaliser une analyse critique des résultats chiffrés obtenus. En revanche la nature de ces résultats stimule la réflexion agronomique. Quelques sorties majeures du travail sont les suivantes sur le scénario présenté, fondé notamment sur une modification importante du régime alimentaire de la population française : en 2050 les systèmes sont à 50% en Agriculture Biologique et à 50% en agriculture intégrée ; l'agroforesterie est développée sur 10% de la SAU, les cultures associées 20% et la longueur de haies est doublée ; la part de l'élevage a considérablement diminué, et l'élevage de ruminants sur prairies y occupe une place relative plus importante ; les sols sont couverts en permanence ; plusieurs millions d'hectares sont « libérés » de la production alimentaire. Sur le plan agronomique, cela induit toute une série de questions, listées mais non hiérarchisées ici.

La première est celle des références disponibles pour faire tourner le modèle, question qui se pose pour tout exercice de prospective, de manière cruciale : on ne peut se contenter ni de prendre ses désirs pour des réalités, ni de « faire confiance aux agronomes » (ce qui est flatteur mais un peu court) pour inventer des systèmes ayant telle ou telle performance. Les références utilisées dans Afterres 2050 ne sont pas ici publiques, mais quoi qu'il en soit on peut faire l'hypothèse qu'il nous est absolument nécessaire de produire des références complémentaires pour améliorer les évaluations réalisées - que l'on pense par exemple aux débats sur les niveaux de production atteignables en Agriculture Biologique, ou au peu de références existant sur l'agroforesterie.

Parallèlement se pose la question de l'évaluation des modes d'usage des terres retenus. Certains critères d'évaluation sont d'emblée pris en compte puisqu'ils font partie des objectifs initiaux (productions alimentaires et non alimentaires, diminution des émissions de GES). D'autres critères environnementaux sont qualitativement intégrés par certains choix, comme le souhait de ne pas retourner de prairie pour des raisons écologiques (on retrouve une procédure similaire sur

le plan social et sanitaire, à travers notamment le choix de privilégier certains régimes alimentaires). Mais une véritable évaluation multicritère large manque à l'heure actuelle. Chacun sait que les agroécosystèmes sont complexes, et qu'un choix technique a des conséquences multiples. Il est ainsi nécessaire d'évaluer les résultats des scénarios de la plus large des manières possible, y compris sur ces critères qualitatifs supposés *a priori* vertueux et intégrés dans le raisonnement. Toutes les évaluations ne sont pas possibles (qui sait évaluer les conséquences de 10% d'agroforesterie sur la biodiversité ?), mais celles qui le sont doivent être menées - par exemple, l'évaluation de la couverture permanente des sols sur la recharge des nappes et la qualité de l'eau drainante, ou celle du déploiement de la méthanisation sur les retours de matière organique au sol.

Le document commenté précise qu'il s'agit de « *se donner les moyens de baliser les chemins du possible vers une agriculture viable et désirable* ». On ne peut nier qu'il y contribue, en nourrissant le débat comme évoqué plus haut. Néanmoins, la référence au « chemin » est certainement exagérée. En effet, et c'est là une limite évidente de l'exercice tel qu'il est présenté, le chemin n'est pas visible. On identifie un futur possible, mais la question qui se pose à tous n'est-elle pas justement celle des chemins pour atteindre ces objectifs ? Il s'agit ici de chemins politiques, sociaux et économiques bien sûr (qui doivent prendre en considération l'impact sur l'emploi rural, la viabilité économique des exploitations agricoles et des filières, les modes de soutien à l'agriculture qu'il est nécessaire de mettre en place, etc.), mais aussi de chemins agronomiques. Aux échelles de la parcelle, de l'exploitation et du territoire, comment passe-t-on des états et processus actuels aux états et processus désirés ? Avec quels accompagnements techniques et quels apprentissages des agriculteurs ? L'identification de ces chemins et leur balisage effectif reste presque entièrement à construire.

Enfin, face à de telles études, les agronomes ne peuvent que poser la question de la prise en compte de la variabilité des territoires, et de la cohérence des scénarios en leur sein. Compte tenu des échelles de travail (qu'il ne s'agit pas ici de remettre en cause), comment est-on capable de

tenir compte des différences de potentialités liées aux sols et aux climats, des différences de structures d'exploitation, des différences de fragilité des milieux ? Quelle est la sensibilité des résultats obtenus à une prise en compte de ces variabilités ? Quelles sont les conséquences de choix macroscopiques appliqués de manière unilatérale sur 30 millions d'hectares ?

In fine, on aura compris que ce type d'étude, si elle est prise comme un point de départ pour la réflexion et non comme une vérité ultime, est une source de réflexion tout à fait bienvenue, notamment pour les agronomes. On attend maintenant avec impatience et gourmandise une version plus détaillée d'Afterres 2050, qui nous permettra cette fois-ci de discuter aussi les résultats et les hypothèses sur lesquelles ils sont fondés, ceci non pas sur un seul scénario mais sur plusieurs, ce que permet la démarche.

Pour télécharger le dossier Afterres

http://www.solagro.org/site/im_user/0290_5_afterres2050_web.pdf



Pour une alimentation durable - Réflexion stratégique duALLne

2011. Éditions Quae, collection Matière à débattre et décider, 286p.

Guy TRÉBUIL

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

Les résultats de l'expertise Cirad-Inra sur la « Durabilité de l'Alimentation face à de Nouveaux Enjeux » (duALLne), qui a mobilisé 125 experts de différents secteurs professionnels entre novembre 2009 et juin 2011, sont publiés dans cet ouvrage. Ce dernier fournit un éclairage bienvenu de l'état des connaissances (et des très nombreuses lacunes) sur un vaste sujet²³ d'importance croissante dans le futur proche face à la montée d'une « catastrophe de santé publique » planétaire liée à l'augmentation des maladies non transmissibles liées à l'alimentation, dont la « globésité » n'est que l'aspect le plus voyant. Contrairement à d'autres exercices similaires récents, la démarche adoptée est très largement qualitative et tient compte de la diversité des systèmes alimentaires (SA) en évolution constante, ainsi que des inégalités de situation sur la planète. Ces résultats sont destinés à orienter les recherches des deux organismes, mais visent aussi à mobiliser largement l'opinion publique pour une alimentation plus durable des générations futures.

Les chapitres successifs balayent les facettes suivantes du sujet : les nouveaux

enjeux pour les SA et leur diversité face à la montée de l'incertitude et des contraintes, consommation et consommateurs, impact carbone et qualité nutritionnelle des régimes alimentaires en France, organisation industrielle, urbanisation et durabilité des SA, pertes et gaspillages (estimés à 30-50% dans les pays développés), commerce international, volatilité des prix et standards durables. Les deux derniers chapitres proposent une synthèse de la réflexion prospective sur l'alimentation durable, ainsi qu'un panorama critique des méthodes d'évaluation multicritères de SA complexes (notamment les analyses de cycle de vie - ACV - intégrant les dimensions sociales). Cependant, elles demeurent souvent difficilement utilisables par manque de données fiables sur les nombreuses dimensions du sujet à prendre en compte à différentes échelles spatiales et de temps. Chaque chapitre se termine par une liste de questions clés adressées à la recherche. La composition de l'ouvrage en chapitres autonomes conduit leurs divers auteurs à revenir à plusieurs reprises sur des sujets incontournables de manière quelque peu répétitive, ce qui nuit au plaisir de la lecture de ce long texte. Néanmoins, il s'agit d'un important exercice de réflexion, synthétisant les enseignements d'une impressionnante bibliographie, utile aux agronomes intéressés par le lien entre leurs activités, les SA et l'alimentation durable.

Partant du constat de non-durabilité des SA de type occidental en termes de consommation de ressources, d'impacts sur les écosystèmes et d'effets sur la santé, l'ouvrage entreprend d'analyser les évolutions, transitions ou ruptures pouvant permettre d'améliorer la situation actuelle. Cette courte note s'attache surtout à pointer les thèmes traités intéressant les agronomes, en donnant parfois un point de vue disciplinaire sur la façon de les aborder.

De manière assez surprenante, le périmètre de l'ouvrage « couvre les SA de la sortie de ferme jusqu'à la consommation et l'élimination des déchets » (p.13). Il n'analyse donc pas l'évolution des pratiques culturales et des systèmes de production agricole pour une meilleure compatibilité avec les exigences environnementales (évolution de la consommation d'énergie fossile par exemple) et celles d'une alimentation durable à

²³ Selon la définition de la FAO proposée en 2010, l'alimentation durable « protège la biodiversité et les écosystèmes, est acceptable culturellement, accessible, économiquement loyale et réaliste, sûre, nutritionnellement adéquate et bonne pour la santé et optimise l'usage des ressources naturelles et humaines »

long terme. Ainsi l'amélioration de la qualité nutritionnelle des aliments au moyen des pratiques agricoles influant sur leur composition (diversification des espèces cultivées, bio-fortification des aliments de base, etc.) n'est pas abordée (voir l'article de J. Abecassis dans ce numéro). Or il est important d'avoir des éléments de réponse aux questions suivantes : quelles sont les marges de progrès accessibles à l'heure actuelle en fonction des différents types produits (voir aussi Loyce & Jeuffroy dans ce numéro) ? Avec quels impacts sur l'état nutritionnel des mangeurs et sur la rémunération des producteurs ? Choix étonnant puisque le chapitre quatre sur les SA montre clairement l'importance de la production agricole sur leur fonctionnement, à commencer par la détermination à la sortie du champ des caractéristiques des matières premières fournies aux maillons en aval, ou encore le pas de temps (saisonnier ou annuel) qu'impose leur production (voir Le Bail & Le Gal dans ce numéro). L'évolution de la production agricole influencera aussi le devenir des SA par divers autres processus comme le recours à de nouvelles espèces cultivées, de nouveaux cultivars plus tolérants aux stress ou améliorant la qualité du produit, de nouvelles pratiques et modes de production conférant une identité distincte au produit, la production de nouveaux produits (valorisation de la lignocellulose notamment), etc. (voir aussi Doré *et al.* dans ce numéro). La plupart de ces mécanismes élargissant la variété de l'offre de matières premières à destination des itinéraires techniques de l'aval de la production et du consommateur.

Les auteurs considèrent ces SA en interaction avec les systèmes énergétiques et chimiques au niveau du biome régional dans les écosystèmes. Cette vision originale permet de dépasser l'opposition commune entre bioénergie et alimentation et de poser la question de l'allocation des ressources (terres et biomasse). La diversité de ces SA et leur coévolution par interactions, recombinaisons et hybridations sont abordées au moyen d'une démarche socio-économique. Une attention particulière est portée à la question de l'agencement spatial des SA à propos de l'urbanisation croissante et des effets de la localisation des activités des filières agroalimentaires sur les bilans environnementaux, face au coût social et environnemental du transport alimentaire

qui atteint des niveaux exorbitants dans les pays industrialisés. Il serait intéressant de disposer de cas analysant comment des innovations locales ayant permis des progrès réels dans ce domaine pourraient devenir la norme à plus vaste échelle en définissant leur domaine d'extrapolation d'un point de vue technologique aussi bien que social.

Suite à la crise de 2008-2009 (qui aurait augmenté de quelques 100 millions le nombre de personnes sous-alimentées), il apparaît nécessaire de s'interroger sur les modes (et inégalités) de consommation et non plus seulement sur les moyens d'augmenter les disponibilités. Et ce dans un monde instable et incertain où l'accroissement de la fréquence et de la gravité des accidents climatiques pourrait augmenter l'instabilité de la production et des prix des denrées agricoles, si les systèmes de production ne peuvent s'adapter et devenir plus résilients afin de conserver les niveaux de rendements moyens atteints tout en améliorant leur stabilité. L'adaptation sera aussi requise face à l'instabilité croissante des prix de l'énergie d'origine fossile afin d'améliorer la sobriété des systèmes de production et diversifier leurs sources énergétiques, tout comme pour faire face aux risques de crises sanitaires accrues par la circulation croissante des marchandises à l'échelle internationale.

Les inquiétudes croissantes des consommateurs du fait de l'allongement et de la distanciation spatiale et temporelle des filières s'accompagnent de la perte de connaissances sur les conditions de production et de transformation des aliments du modèle agroindustriel tertiarisé dominant. Les agronomes peuvent jouer un rôle important dans une reconnexion des consommateurs (et autres acteurs collectifs parties prenantes des SA locaux : écoles, collectivités, etc.) avec les agriculteurs. Par exemple en faisant circuler une information validée pouvant influencer les tendances de la consommation et nourrir le développement de SA alternatifs plus économes et distribués face aux renchérissements de l'énergie fossile, des coûts de transport et de la chaîne du froid. En améliorant le renouvellement des ressources territoriales, de tels systèmes pourraient assurer une meilleure rémunération des producteurs et une diversification renouvelée de l'offre de matières premières agricoles à laquelle l'industrie agro-

alimentaire s'adapterait. Pour cela les agronomes sont attendus pour contribuer à l'établissement de références régionales et objectiver les caractéristiques permettant de différencier les produits et d'établir standards et labels. L'évaluation de la durabilité agro-environnementale et économique de ces systèmes (notamment la dynamique de la productivité du travail et de ses effets sur l'emploi) fournirait des résultats et nouvelles connaissances à partager largement afin de faire évoluer les systèmes existants.

L'évolution des modes de consommation alimentaire sur des longues périodes fait apparaître des tendances similaires à travers le monde au cours de la « transition nutritionnelle » ainsi que des déterminants économiques communs. Cette transition est en cours, de façon accélérée, dans les pays en développement où notamment la consommation moyenne de calories d'origine animale croît avec le niveau de revenu et l'urbanisation, en augmentant la pression sur les ressources agricoles et les émissions de gaz à effet de serre. Cependant la question des inégalités sociales inter et intra-pays reste majeure. Les agronomes peuvent contribuer à infléchir ces macro-tendances observées pour tendre vers des SA plus durables. Par exemple en concevant et évaluant des recombinaisons d'assolements et de rotations permises par la diminution de la consommation des calories animales recommandée dans les pays industrialisés en fonction des spécialisations régionales héritées. Dans les pays émergents et en développement, de telles alternatives techniques devront être adaptées à la diversité des régimes alimentaires, de manière éthique et socialement équitable, en particulier dans les pays émergents où le réflexe d'« occidentalisation » rapide des systèmes de production et de consommation demeure un puissant déterminant des changements de comportements alimentaires et des problèmes environnementaux qui y sont souvent associés.

Une étude spécifique, claire et concise et particulièrement intéressante (chapitre 3) traite de la relation entre la qualité nutritionnelle des régimes alimentaires et leur impact carbone. Ses résultats originaux se rapportent à la qualité nutritionnelle de la consommation individuelle de 73 aliments courants (dont l'impact environnemental a été évalué par ACV) chez 1918 personnes par rapport

aux recommandations en nutriments. Une grande variabilité de l'impact carbone de l'alimentation journalière moyenne des adultes français est observée (moyenne d'environ 4000 g eqCO₂/j), la plus forte contribution provenant des viandes. L'étude montre une faible influence de la qualité nutritionnelle de régimes adéquats sur l'impact carbone, la quantité ingérée jouant un rôle plus important que la structuration de la ration, tandis que les régimes nutritionnellement adéquats reposent sur des aliments majeurs à faible impact carbone. Une baisse de cet impact devrait donc être recherchée au moyen des réductions des quantités consommées, de l'impact carbone des familles d'aliments, ou par substitution d'aliments à fort ratio impact carbone/calorie par d'autres au ratio plus faible. Mais bien des lacunes restent à combler à propos des interactions entre besoins nutritionnels à couvrir et exigences environnementales à respecter avant de pouvoir guider les décideurs dans leurs arbitrages et définir les conditions acceptables de leur mise en œuvre dans la population.

L'élevage produisant 80% des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole et la surconsommation de viandes étant à l'origine de problèmes majeurs de santé publique, un retour vers une alimentation constituée surtout de produits d'origine végétale aurait un impact favorable à la fois sur l'environnement, les consommateurs et les comptes publics. Une faiblesse (reconnue par les auteurs) de cette étude concerne l'absence de prise en compte dans l'ACV de la variabilité des milieux et des modes de production des différents aliments analysés, ainsi que la variation des stocks de carbone au champ et dans les végétaux (notamment pérennes), ces facteurs pouvant faire varier significativement l'estimation des émissions de GES. Bien entendu, les autres impacts environnementaux (sol, eau, biodiversité, etc.) devraient aussi être pris en compte pour une évaluation plus complète. Si de plus robustes bases de données sur les ACV des produits agricoles demeurent nécessaires, la délimitation du pourtour de l'unité fonctionnelle à évaluer doit aussi être adaptée.

Un long chapitre sur les effets de l'urbanisation aborde de manière très générale la question de la localisation de la production et de ses effets environnementaux (voir aussi Soulard & Aubry dans ce

numéro). Le lecteur aurait aimé disposer de résultats analysant les effets de différents types d'urbanisation (concentrée en grandes métropoles versus tissu urbain diffus sur le territoire notamment) sur leurs SA. Il est aussi dommage que rien ne soit dit sur le modèle japonais pourtant riche d'enseignements (agriculture urbaine, ruralisation du périurbain, transformation minimale des produits, maillage de la distribution rapprochée, recul disponible sur le système *teikei* de circuits courts locaux, ainsi que sur les effets du vieillissement de la population, etc.), tandis que l'exemple de l'Île-de-France tout juste ébauché sera utilement complété par la lecture de l'article de Benoit et *al.* dans ce numéro.

Alors que leur ampleur commence à être mieux estimée, les pertes et gaspillages sont abordés dans l'optique de mieux les connaître, de les réduire et de les valoriser, car la division par deux de leurs volumes entre la récolte et la poubelle du consommateur permettrait d'économiser quelques 25 à 30% de la production agricole mondiale actuelle destinée à l'alimentation humaine en économisant des précieuses ressources, notamment en eau, tout en réduisant les émissions de GES. Si dans les pays des Suds les pertes ont surtout lieu à la récolte et dans les toutes premières opérations suivantes, le choix du matériel végétal cultivé, le calage des cycles culturaux, ainsi que l'amélioration des pratiques à la récolte et des technologies de stockage hermétique à la ferme peut les réduire très significativement (dans le cas du riz ces pertes peuvent varier de 1 à 15%). Dans les pays du Nord, les pertes et les gaspillages sont respectivement majoritaires aux niveaux des ménages et de l'industrie, ainsi que de la distribution et de la restauration. Le chapitre du livre propose une remise au goût du jour des « systèmes intégrés » traditionnels asiatiques recyclant la matière organique, mais cette option me semble avoir peu d'avenir tant les conditions de production et les besoins sociaux ont changé ces dernières décennies, y compris là où ils ont disparu. Leur transfert dans les pays du Nord est-il réaliste, surtout si le coût du travail est pris en compte, et ne serait-il pas plus judicieux d'analyser les initiatives prises ces dernières années par certains agriculteurs du Nord qui me paraissent mieux adaptées à leur contexte ?

En matière de prix agricoles, sans évacuer la menace, les auteurs ne confirment pas à ce stade l'entrée dans une ère de volatilité accrue obligeant les systèmes de production à faire preuve de profondes adaptations. Tandis qu'à propos des normes de qualité imposées par le commerce international, l'étude souligne le manque de recul dont on dispose pour estimer leurs effets réels d'entraînement, pervers ou sur l'évolution des pratiques agricoles et la gouvernance des marchés (notamment par des forums multi-acteurs).

Si l'ouvrage énumère de très (trop ?) nombreuses questions, souvent non hiérarchisées, et apporte finalement peu de réponses définitives, il dresse un très utile état des lieux ainsi qu'un impressionnant agenda de recherche pour le futur. Le besoin d'une politique intégrée de l'alimentation durable réconciliant les volets agricoles, environnementaux, énergétique et de santé publique, jusqu'ici trop juxtaposés, est clairement démontré. Mais s'il contribue efficacement à (d)énoncer l'urgence d'agir pour améliorer la situation présente et identifie certaines « bonnes pratiques » à développer, ce livre pointe peu d'opportunités d'innovations inhibées surgissant des crises récentes et pouvant aider l'agriculture à mieux réaliser son fort potentiel pour l'amélioration du statut nutritionnel des populations.



« Food Policy : Integrating Health, Environment & Society »

D. Barling, T. Lang et M. Caraher

2009. Oxford University Press, Royaume Uni, 313p.

Guy TRÉBUIL

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

Cet ouvrage de synthèse propose une vision intégrée des politiques alimentaires susceptible de stimuler les agronomes intéressés par un regard oblique explorant les liens existant entre la production des aliments, la santé, l'environnement et des questions de société au premier rang desquelles figure celle des inégalités sociales. Les auteurs sont enseignants-chercheurs en sciences sociales et travaillent ensemble sur le sujet depuis une quinzaine d'années au Centre pour la politique alimentaire à la City University de Londres. Leur ouvrage se donne pour objectif de définir ce qu'est la politique alimentaire dans le monde complexe actuel et ce à quoi elle sert. Ils proposent aussi une démarche d'évaluation des politiques menées dans ce domaine et analysent leurs directions du niveau local à l'international, en identifiant gagnants et perdants.

Avec un focus sur l'intérêt public et les organisations de la société civile dans les pays occidentaux riches, ils proposent aussi un « cadre moderne » reposant sur le concept de « santé publique écologique » afin de juger de la qualité des processus de définition de politiques dans ce domaine.

Le livre fournit également une réflexion sur des actions d'amélioration de politiques alimentaires, en documentant échecs et succès tirés

d'expériences au Royaume Uni, vu comme un « hotspot » fascinant et éclairant sur les dangers en la matière, ainsi que dans d'autres pays. Le concept de « santé publique écologique » est central dans cet ouvrage et est utilisé pour reformuler la signification de la santé en plaçant l'alimentation au point d'intersection entre les relations humaines, sociales et culturelles d'une part, et matérielles, biologiques et environnementales planétaires d'autre part. Cette approche est très exigeante et l'ouvrage souligne la nécessaire amélioration de l'intégration des connaissances entre disciplines et secteurs politiques, à la robustesse et niveaux d'influence variables, pour être en mesure de l'appliquer.

Alors qu'une coïncidence complexe de sous-, mal- et surconsommation alimentaire expose au grand jour relations de pouvoir et inégalités fondamentales au sein des sociétés comme entre elles, les auteurs jugent qu'il est urgent de sortir du « système minier » non durable expérimenté ces dernières décennies. Sur la base de leur production académique et de leurs expériences personnelles, ils considèrent donc qu'aujourd'hui « la politique alimentaire doit embrasser le triple challenge de la santé, de l'environnement et de la justice sociale, ou n'est rien [...] Concevoir, résoudre et gérer ce triple fardeau est le sujet de ce livre ». Sujet sensible s'il en est, non dénué de violence en cas de reconfigurations radicales ; mais selon ces auteurs, en revanche, toute évolution à la marge ne conduirait qu'à une situation malcommode.

Le livre est structuré autour d'un certain nombre de problèmes incontournables de politique alimentaire : gouvernance, filières, nutrition et santé, environnement, comportements et culture, justice sociale et pauvreté. Leur analyse permet aux auteurs d'explorer dix questions transversales clés. À commencer par la nécessaire redéfinition du terme « politique alimentaire » face à la considérable complexité créée par les « nouveaux fondamentaux » à prendre en compte pour penser correctement la production, la transformation, la distribution et la consommation de nourriture. Les incertitudes croissantes et l'évolution rapide des situations rendent nécessaire une mise en débat continue du contenu de ce domaine.

À propos de la complexité de l'interface santé – environnement – société, les auteurs avancent que l'impact environnemental de la production alimentaire amènera à redessiner les capacités productives des terres avec des conséquences sur la demande sociale. En retour, les demandes sociales de sociétés dominées par des cultures urbaines, appelées à être de plus en plus dominantes, imposeront des stress considérables sur les capacités de production alimentaire, notamment en matière de travail.

Pouvoir et conflits d'intérêt jouent un rôle important dans ce domaine, car la politique alimentaire est un « espace contesté » qui pour être correctement pensé doit reconnaître les asymétries de pouvoir. Les auteurs voient ainsi la fabrication sociale des politiques alimentaires comme un constant « jonglage » entre des intérêts et perspectives en compétition, défendues par des acteurs sectoriels dont l'influence respective pour le contrôle du système alimentaire évolue de manière incertaine au fil du temps.

Le livre montre la nécessité d'une gouvernance alimentaire multi-niveau et multisectorielle opérant à cinq échelles : locale, régionale, nationale, supranationale et globale. Si les dernières décennies ont vu les Etats perdre de leurs marges de manœuvre avec la montée d'organisations multilatérales (PAC et OMC notamment), le statut des organisations locales, qui tendent à faire de plus en plus entendre leurs voix au Nord comme au Sud, doit être débattu en rapport avec le processus démocratique et la responsabilisation à propos du choix et du fonctionnement des systèmes alimentaires.

En matière d'efficacité et d'intégration des politiques environnementales et de santé menées par le passé, les auteurs soulignent que les « approches douces » (au moyen de l'éducation et de la labellisation des produits notamment) n'ont pas permis d'atteindre les objectifs fixés et ne sauraient suffire face à l'urgence d'agir. Mais en temps de crise, il est généralement plus facile d'intégrer et de coordonner les politiques sectorielles concernées pour atteindre une cohérence rationnelle qui devra être évaluée sur la base de critères de durabilité plus clairs que ceux utilisés par le passé.

Le problème de l'intérêt public est au cœur de toute politique alimentaire. Alors que par le passé il était considéré que c'était l'affaire des gouvernements, de nos jours des entreprises géantes établissent de fait leurs propres politiques, qui sont tout aussi (sinon plus) influentes. L'intérêt public se définit donc maintenant en tenant compte des interactions qui existent entre l'Etat, les filières d'approvisionnement et la société civile. Les auteurs soulèvent des questions passionnantes à ce stade : le « choix du consommateur » en est-il vraiment un quand on analyse finement la façon dont sont déterminés le style, le coût et le mode de production de la grande diversité de produits alimentaires mis en vente ? Et le « pouvoir des consommateurs » (« *value-for-money* ») n'est-il pas plus rhétorique que réel ? Correspond-il vraiment à l'intérêt public d'une démocratie citoyenne demandant des « *values-for-money* » défendues par des sociétés civiles de plus en plus actives sur le sujet ?

Tout le long de la chaîne alimentaire, l'allocation des ressources crée des tensions entre les responsabilités individuelles et collectives en matière d'environnement, de santé et d'inégalités sociales. Où placer le curseur afin de mieux les allouer ? Sur la réforme des marchés ou sur l'encouragement du consommateur individuel à faire des « choix sages » dans les supermarchés ? Les auteurs considèrent que la crise alimentaire des dernières années est en partie due à l'inadaptation des institutions (notamment internationales : FMI, BIRD, agences de l'ONU, etc.) héritées du siècle dernier pour affronter la nouvelle complexité de manière cohérente. Comment par exemple traduire les aspects environnementaux de la production alimentaire (que certains consommateurs peuvent ignorer) dans le prix des produits ? C'est le genre de question concrète et troublante qui porte en elle des risques pour les producteurs, transformateurs et distributeurs connaissant la volatilité des consommateurs et le fonctionnement finement réglé des filières d'approvisionnement des pays développés. À l'opposé, d'autres acteurs prônent encore la croissance des volumes produits « à tout prix », considérant la durabilité comme un luxe à tenir en respect. Face à de telles questions et choix lourds,

les politiques alimentaires sont mêmes scrutées à travers un filtre moral.

La question de la réduction de l'écart entre preuve, politique et pratique se pose souvent en matière d'alimentation et est problématique dans le monde tel qu'il est. Des politiques sont mises en place sur la base de preuves partielles, sinon biaisées, et sont influencées par des considérations philosophiques, des contingences, conflits d'intérêts, voire des aspects très pratiques, sans pouvoir attendre la production de meilleures données (dans le cas des crises sanitaires par exemple). Les auteurs proposent un cadre pour la «conception idéale» d'une politique alimentaire... sans cacher qu'ils ne sauraient dire avec quelle fréquence il pourra être mise en œuvre.

Le risque sanitaire et environnemental est devenu une préoccupation croissante en matière de politique alimentaire, mettant les scientifiques et technologues mal à l'aise entre la fourniture de vérités et le cadrage et le contrôle des réalités en fonction des attentes, tolérances et niveaux d'exposition des populations. Les auteurs constatent que si le risque de maladie dégénérative lié à un mauvais régime alimentaire est bien supérieur à celui d'une maladie provoquée par un pathogène apporté par les aliments, à qui revient-il de dire au consommateur qu'il a tort de s'inquiéter ? Et à nouveau, les institutions récemment créées pour gérer ces risques le sont selon une architecture fragmentée ne facilitant pas l'adaptation cohérente du comportement des consommateurs en fonction des différents types de risques encourus : si d'un côté manger certains poissons est excellent pour leurs acides gras oméga-3 polyinsaturés, de l'autre côté les captures chutent et les stocks océaniques sont souvent menacés. Aujourd'hui, un cadre institutionnel intégré ainsi qu'un contrôle politique responsable, approprié à la complexité des politiques alimentaires contemporaines, doivent souvent résoudre la quadrature du cercle en augmentant la production d'une part, tout en abaissant les impacts de ce secteur aux niveaux sanitaire, environnementaux, et des inégalités sociales.

Un argument central du livre fait écho à une conclusion majeure de l'expertise Cirad-Inra récente sur la « Durabilité de l'Alimentation face à de

Nouveaux Enjeux » (duALIne, voir la note de lecture ci-dessus dans ce numéro) : après la récente crise des prix agricoles de 2008-2009, prendre en compte les modes et inégalités de consommation est devenu incontournable, car considérer seulement les moyens d'augmenter les disponibilités ne suffit plus. Les auteurs prennent le cas de la « ruée » vers les agrocarburants de la dernière décennie pour illustrer comment une action résolue dans un seul secteur (énergétique ici) peut avoir des conséquences catastrophiques ailleurs dans le système complexe et fortement mondialisé qu'est l'alimentation.

Puisque ce n'est pas encore le cas, le livre entreprend de définir comment une politique multisectorielle serait en mesure de créer les synergies conduisant à un système alimentaire plus satisfaisant, et les critères à utiliser pour juger un système alimentaire décent en découlent. Une démarche interdisciplinaire s'impose donc pour tenir compte des perspectives multiples à prendre en compte, et pour ce faire les auteurs soulignent le besoin d'une meilleure intégration des connaissances disponibles. Bien que considérant la diversité des tensions s'exerçant sur le système alimentaire mondial actuel, le livre porte surtout sur les pays développés vus comme le moteur de son manque de durabilité, comme l'atteste la description des jeux de pouvoir dans le déroulement des négociations agricoles internationales. Ou encore l'analyse du triomphe des intérêts ayant empêché de tirer à temps les leçons de la crise énergétique de 1973 afin de déverrouiller un système alimentaire non durable fondé sur une énergie fossile disponible en quantité finie.

Au total, les auteurs voient des raisons d'adopter un « optimisme limité » pour le futur. La combinaison de la volatilité des prix, de celui du pétrole et de l'énergie, de la tension sur l'eau, de la démographie, du changement du climat, les inégalités rampantes et l'augmentation des coûts en soins de santé (pour ceux qui y ont accès) font ainsi, selon eux, jouer « la tectonique des plaques de l'approvisionnement en nourriture », notamment sous la pression croissante des questions posées par les organisations de la société civile autour du globe.

Sommaire

p.7// Avant-propos

T. Doré (Président de l'Afa) et O. Réchauchère (Rédacteur en chef)

p.9// Édito

G. TRÉBUIL (Cirad, vice-président de l'Afa, coordonnateur du numéro)

p.13// Enjeux alimentaires : quels défis pour l'agronomie ?

p.15- *The challenges facing contemporary food systems : policy and governance pathways to sustainable production and consumption* - D. BARLING (City University, Londres)

p.27- *La place de l'exercice Agrimonde dans la multiplication récente des perspectives agricoles et alimentaires mondiales* - S. TREYER (Iddri)

p.37- *Comment l'évolution des systèmes alimentaires interroge-t-elle l'agronomie ?* - T. DORÉ (AgroParisTech), E. MALÉZIEUX (Cirad, Persyst) et G. TRÉBUIL (Cirad, ES)

p.49// Rendement et qualité sont-ils conciliables ?

p.51- *La filière blé : entre évolutions technologiques et sociétales*

J. ABECASSIS (Inra, Umr late)

p.59- *Conception et conduite de systèmes de culture céréalières conciliant rendement et qualité*

C. LOYCE (AgroParisTech, Umr Agronomie), M.H. JEUFFROY (Inra, Umr Agronomie)

P.73// Nouvelles structurations et fonctionnement des bassins de production alimentaire

p.75- *Analyse et conception de systèmes de production végétale à l'échelle des bassins d'approvisionnement agro-alimentaires*

M. LE BAIL (AgroParisTech) et P.Y. LE GAL (Cirad, Umr Innovation)

p.87// Quelle utilisation de l'espace en zones rurales et péri-urbaines ?

p.89- *Cultiver les milieux habités. Quelle agronomie en zone urbaine ?*

C. SOULARD (Inra-Sad) et C. AUBRY (Inra-Sad)

p.103// Défi alimentaire, politiques agricoles, environnement

p.105- *Politique et dynamique des systèmes de production : comment concilier défi alimentaire, compétitivité et environnement ?*

V. CHATELLIER (Inra, Lereco) et P. DUPRAZ (Inra, Smart & Agrocampus Ouest)

p.117- *Les territoires d'alimentation des villes : empreinte alimentaire et territoire d'approvisionnement, deux concepts de l'agronomie des territoires*

p.131// Restitution des débats lors des Entretiens du Pradel

p.137// Notes de lecture

p.139- *Afterres 2050 - Scénario d'utilisation des terres agricoles et forestières pour satisfaire les besoins en alimentation, en énergie, en matériaux, et réduire les gaz*, de SOLAGRO (T. Doré)

p.143- *Pour une alimentation durable : réflexion stratégique duALine* de C. Esnouf, M. Russel & N. Bricas (G. Trébuil)

p.147- *Food Policy* de T. Lang, D. Barling & Carragher (G. Trébuil)

