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

Thierry Doré, Eric Malézieux, Guy Trébuil

▶ **To cite this version:**

Thierry Doré, Eric Malézieux, Guy Trébuil. Comment l'évolution des systèmes alimentaires interroge-t-elle l'agronomie ? . Agronomie, Environnement & Sociétés, 2011, Défi alimentaire et agronomie, 1 (2), pp.37-48. hal-01359832

HAL Id: hal-01359832

https://agroparistech.hal.science/hal-01359832

Submitted on 5 Sep 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

www.agronomie.asso.fr
Décembre 2011
volume n°1 / numéro n°2

Agronomie
environnement & sociétés

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.

La revue de l'association française d'agronomie

Association Française Agronomie

Agronomie, Environnement & Sociétés

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

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

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

ISSN 1775-4240

Contenu sous licence *Creative commons*

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

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

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

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

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

Secrétaire de rédaction
Philippe PREVOST

Assistantes éditoriales
Sophie DOUHAIRIE et Danielle LANQUETUIT

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

Périodicité
Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

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

Soutien à la revue

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

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

À propos de l'Afa

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

Lisez et faites lire AE&S !

Sommaire

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 prospectives 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 Iate)
p.59- Conception et conduite de systèmes de culture céréaliers 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 duALIne de C. Esnouf, M. Russel & N. Bricas (G. Trébuil)
p.147- Food Policy de T. Lang, D. Barling & Carragher (G. Trébuil)

Enjeux alimentaires : quels défis pour l'agronomie ?

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

Thierry Doré[1,2,*], Eric Malézieux[3], Guy Trébuil[4]

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

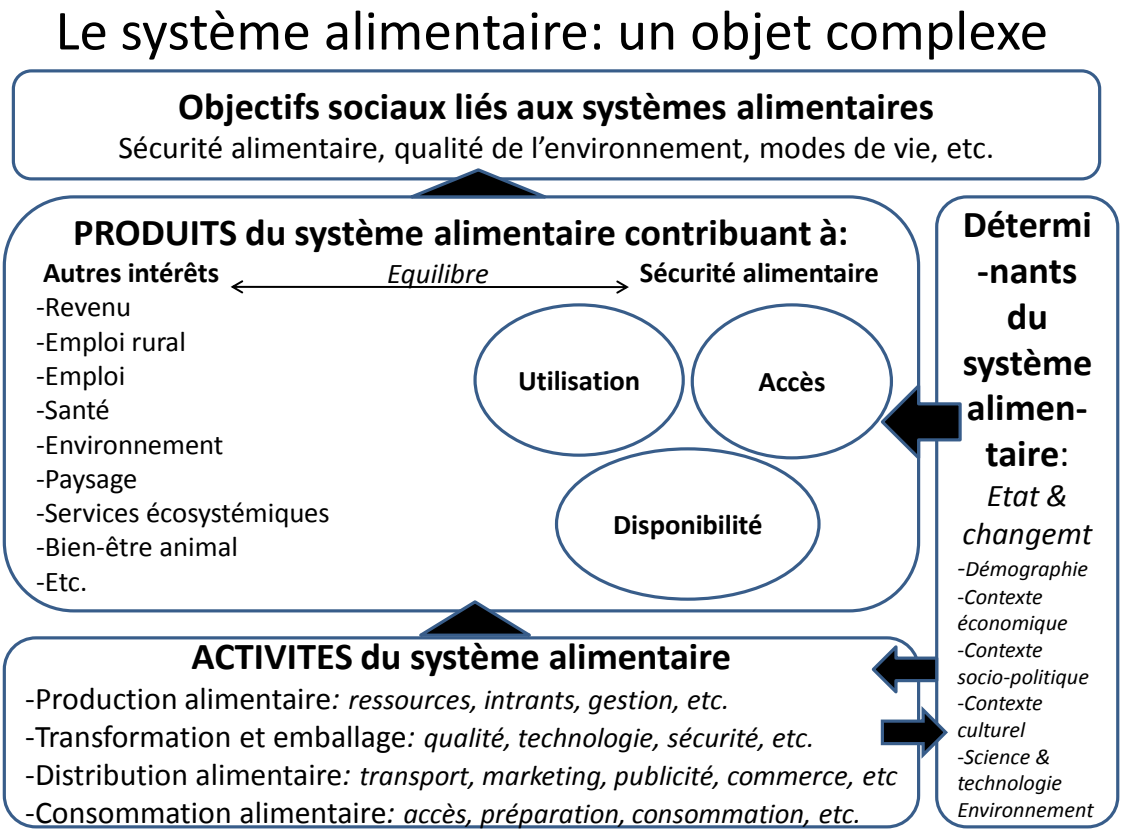

Figure 1. Les composants d'un système et leurs interactions

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'« autosubsistance » au modèle « agro-industriel tertiarisé ») 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.

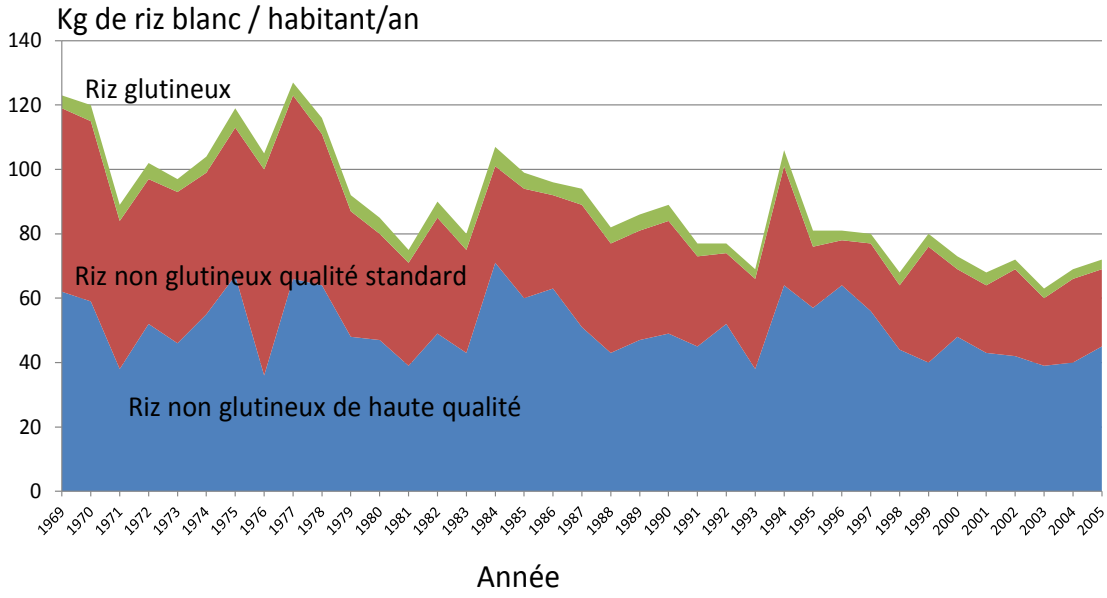

Figure 2. Évolution de la quantité et de la qualité du riz consommé par les habitants du Japon de 1969 à 2005 (Source : Takahiro Sato, communication personnelle).

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 tendance 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 appuierons 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 assemblent 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 efficience 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 efficients 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 culturale 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 tertiarisé, 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 Ghersi, 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 distribution, 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, cancérogène 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).

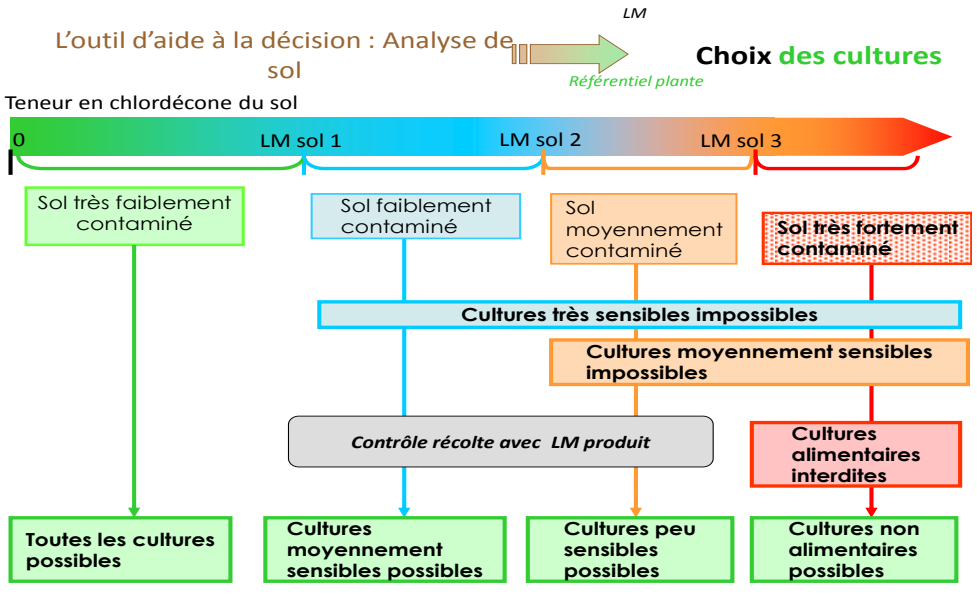

Figure 3. Outil d'aide à la décision pour la production alimentaire sur sols pollués par la chlordécone aux Antilles (d'après M. Lesueur-Jannoyer, non publié).

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 résonnance 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., Gajaseni 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/lbi006.

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.