

# 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.

# 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 : douhairs@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 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 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 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 coordinateurs 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 an-

nées 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)<sup>1</sup>.

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

---

<sup>1</sup> 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<sup>e</sup> 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.

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 te-

nant 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 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 hypo-

thèses 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 agri-



coles 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'experts<sup>2</sup>. 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 complète sur un certain nombre de variables spécifiquement agricoles le scénario « Orchestration mondiale » (« Global Orchestration », GO) du « Millenium 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 prudence 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 asso-

<sup>2</sup> Bernard Bachelier, Danielle Barret, Pierre-Marie Bosc, Jean-Pierre Butault, Jean-Christophe Debar, Marie de Lattre-Gasquet, Gérard Gherzi, Francis Delpuech, Fabrice Dreyfus, Michel Griffon, Christian Hoste, Denis Lacroix, Jacques Loyat, Michel Petit et Jean-Louis Rastoin.

ciant 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 expériences 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 tendancieux. 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<sup>ème</sup> 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 prospectives 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 radi-

cale de la dépendance des systèmes de production aux ressources rares et d'une inflexion forte des tendances des modèles de consommation<sup>3</sup>.

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

Bruinsma, 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

<sup>3</sup> 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.

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.

Esnouf, C., Russell, N., Bricas, N. (coord.), 2011. *Pour une alimentation durable. Réflexion stratégique duALIne*. 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 16<sup>th</sup>, 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*, 3<sup>rd</sup> 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>.

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](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](http://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.