

LES
DOSSIERS
DE L'
ENVIRON
NEMENT
DE L'INRA

33

**Rio + 20 : comment rechercher
un développement durable ?**

MISSION D'ANTICIPATION RECHERCHE/SOCIÉTÉ

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

147 rue de l'Université, 75338 Paris cedex 07

Rio + 20 : comment rechercher un développement durable ?

Rio, Johannesburg, puis de nouveau Rio : ce sont trois étapes et trois *Dossiers de l'environnement de l'INRA*.

En 1992, un premier dossier rassemble 6 articles parus dans le *Courrier de la Cellule Environnement* et dans *Sauve qui peut !** Lutte biologique, diversité végétale, produire autrement, écosystèmes forestiers : le développement durable dans la recherche s'invente par petites touches.

2002 : Johannesburg. La MES produit un dossier en anglais** et en français***. Il rassemble 18 articles parus dans le *Courrier de l'environnement de l'INRA*. Le développement durable y est décrit comme s'imposant à la recherche au même titre que la production de connaissances, et comme une dimension fondamentale du progrès auquel prétend contribuer la recherche scientifique. L'INRA, qui a intégré structurellement les enjeux de l'environnement, se prépare à faire de même pour le développement durable.

2012 : Rio + 20. La MaR/S, héritière de la MES, réalise un dossier en deux langues. Il réunit 16 contributions dont certaines inédites, relevant de disciplines très diverses.

Le défi du développement durable désormais intégré dans les objectifs de l'INRA, se dévoile progressivement dans toute sa complexité : il s'agit autant de savoir « quoi chercher » que « comment chercher », « comment innover », « comment mettre en œuvre ». Un avenir durable dépend de l'évolution de systèmes humains et naturels et se prête peu aux simplifications. En agronomie, le penser « global » pour l'agir « local » se conçoit plus que jamais dans la complexité pour pouvoir répondre aux défis de la pauvreté et de la sécurité alimentaire.

*Legrand P. dir., 1992. Rio. *Dossiers de la cellule environnement*, n°3, 64 p.

**Legrand P., Fraval A., Laurent C., 2002. Johannesburg. INRA faced with Sustainable Development: Landmarks for the Johannesburg Conference. *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, n°22, 212 p.

***Legrand P., Fraval A., Laurent C., 2004. Johannesburg. L'INRA face au développement durable. *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, n°27, 218 p.

juin 2012

Les pistes de réflexion de ce dossier ont été discutées et choisies par un groupe réunissant :

Pierre Guy, ancien directeur de recherche INRA et président de Charentes Poitou Nature ,
Bénédicte Herbinet, INRA, Mission Partenariats, actuellement directrice de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité,

Bernard Hubert, INRA, président d'Agropolis international,

Patrick Legrand, vice président de la Commission nationale du débat public,

Jean-François Soussana, directeur scientifique Environnement de l'INRA.

Annie Soyeux, inspecteur vétérinaire,

Eric Vindimian, directeur régional IRSTEA Languedoc,

Et animé par : Jean-Luc Pujol, MaR/S et Danielle Barres, MaR/S

Coordination : Jean-Luc Pujol

Réalisation : Anne Judas

Remerciements à Danielle Barrès pour sa relecture attentive

Dessins de Robert Rouso

ISBN : 2-7380-1299-X

ISSN : 1257-4627

INRA MAR/S

147, rue de l'Université

75338 Paris cedex 07 France

Tél. : 01 42 75 92 47 ; fax : 01 42 75 95 08 ;

courriel : lecourrier@paris.inra.fr

www.inra.fr/dpenv

Ce dossier est diffusé par les éditions Quae.

Il est envoyé sur demande, accompagnée d'un chèque de 26 € + 5 € de port pour la France métropolitaine (pour les Dom-Tom et l'étranger : tarifs accessibles sur www.quae.com ou contacter le service clients)

demande et chèque adressés à : Éditions Quae

c/o INRA, RD 10, 78026 Versailles cedex, France

tel : 33 (0)1 30 83 34 06 ; fax : 33 (0)1 30 83 34 49

courriel : serviceclients@quae.fr

**DOSSIERS
DE
L'ENVIRONNEMENT**

33

**Rio + 20 :
comment rechercher
un développement
durable ?**

Sommaire

Éditorial	3
<i>Marion Guillou</i>	
Vingt ans après Rio : vers de meilleures questions à la recherche ?	7
<i>Mission d'Anticipation Recherche/Société</i>	
I. PROLÉGOMÈNES	
Rio + 20 : un retour sur l'Histoire	13
<i>Bettina Laville</i>	
Développement durable : anatomie d'une notion	19
<i>Dominique Pestre</i>	
Théories de l'action collective et biens communs	31
<i>Jacques Weber</i>	
De la conférence de Rio au Grenelle de l'environnement : l'ouverture du droit français à la participation du public	37
<i>Eliasz Legrand-Coignard</i>	
Les politiques publiques des sciences de l'environnement et des technologies à l'épreuve du développement durable	47
<i>Eric Vindimian</i>	
II. DURE RÉALITÉ	
Changement climatique et sécurité alimentaire : un test crucial pour l'humanité ?	63
<i>Jean-François Soussana</i>	
Pertes et gaspillage alimentaires. Un gisement déterminant, complexe et multiple pour la durabilité	73
<i>Barbara Redlingshöfer, Annie Soyeux</i>	
III. L'AGRONOMIE EN MARCHÉ	
Une troisième frontière agricole à explorer ?	91
<i>Bernard Hubert</i>	
Réinventer les systèmes agricoles : quelle agronomie pour un développement durable ?	103
<i>Jean-Marc Meynard</i>	
La croissance démographique, frein ou opportunité pour une intensification agricole durable en Afrique subsaharienne ? Transition agricole et résilience des sociétés rurales	113
<i>Philippe Jouve</i>	
Dynamiques agricoles et croissance démographique au Burundi : l'agro-écologie avant la lettre	123
<i>Hubert Cochet</i>	
Aux origines de la biodiversité : les ressources génétiques	137
<i>Pierre-Henri Gouyon</i>	
Cultiver la biodiversité	145
<i>François Papy, Isabelle Goldringer</i>	
IV. FLUX DE CONNAISSANCES ENTRE NORD ET SUD	
L'« effet mâle » : une technique agro-écologique de maîtrise de la reproduction et une plateforme d'échanges scientifiques entre la Tunisie, le Mexique et la France	155
<i>Philippe Chemineau, Gley Khaldi, Narjess Lassoued, José Alberto Delgadillo-Sanchez, Yves Cognié, Jacques Thimonier, Pascal Poindron, Benoît Malpoux</i>	
Le développement de l'élevage au Maroc : succès relatifs et dépendance alimentaire	165
<i>Mohamed Taher Sraïri</i>	

Éditorial

Marion Guillou

Présidente directrice générale de l'INRA

En 1992, la Conférence de Rio a mis en exergue la notion de développement durable. Dépassant le cadre initial limité à la préservation de l'environnement et à la consommation raisonnable de ressources, elle y a incorporé également le progrès économique et la justice sociale. C'est cet ensemble qui est peu à peu devenu un nouveau cadre de réflexion, de recherche et d'action. Au même moment, par l'appel d'Heidelberg, de nombreux scientifiques rappelaient la nécessité des approches scientifiques dans l'analyse et la résolution des problèmes qui se posent à l'humanité.

Mais, parmi les retombées directes de Rio, on peut remarquer les rôles particuliers des trois conventions internationales signées à cette occasion dans le domaine de l'environnement : sur le climat, la biodiversité et la désertification.

Interdisciplinarité au service du climat, de la biodiversité et des sols

C'est celle sur le changement climatique qui est certainement la plus importante par ses conséquences, pour l'organisation de la recherche au-delà même de son sujet. Peut-être est-ce parce que le GIEC existait déjà. Réunissant toutes les disciplines, toutes les nationalités, s'attaquant aux interactions climat/écosystèmes/sociétés humaines, sans occulter les incertitudes, une vraie communauté scientifique est née, qui ne se contente pas des résultats de ses recherches mais en tire la synthèse sur un mode collectif et va jusqu'à faire des recommandations aux décideurs. Et ce mode de fonctionnement est maintenant devenu pour beaucoup une forme de référence.

Ce sont ces méthodes qui inspirent désormais les acteurs de la deuxième convention sur la biodiversité, puisque c'est pour cette année 2012 qu'est envisagée la création de l'IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). Cela ne signifie pas, bien sûr, que rien n'a été fait dans ce domaine, loin de là, mais un besoin de coordination internationale et d'approche systémique apparaît nécessaire pour qu'un vrai pas en avant soit fait. Si la biodiversité en tant que telle est évidemment un sujet majeur de recherche à l'INRA qui a su sur cette période accroître son niveau d'intégration de l'environnement dans ses objets de recherche, son utilisation durable est devenue un objectif important : ceci passe par sa connaissance dans toutes ses dimensions : spécifique, génétique, *etc.* Le cadre économique, juridique et collectif d'utilisation de la biodiversité est aussi devenu un sujet étudié.

Enfin, la troisième convention qui concerne la désertification est la moins avancée, ou en tout cas, la moins visible au niveau international. Les études menées sur les organismes du sol pour en cerner les fonctions, ou des cartographies de grande ampleur sur les dégradations et leurs causes ont remis au premier plan les sciences du sol.

Les domaines concernés par cette dernière convention pourraient connaître un regain de visibilité avec la montée en puissance des inquiétudes sur la question de la sécurité alimentaire. Après le sommet de la FAO de 1996, après les Objectifs du millénaire pour le développement (OMD), adoptés en 2000, dont l'objectif principal est réduire l'extrême pauvreté et la faim, ce thème de la sécurité alimentaire a refait irruption sur la scène internationale en 2008 avec les « émeutes de la faim », et reste depuis au premier plan des préoccupations internationales. Et il sera, à n'en pas douter, présent lors de la Conférence de Rio de 2012.

Quels que soient les scénarios envisagés, nourrir l'humanité de façon durable est en effet un défi majeur pour les sociétés et pour la recherche agronomique internationale, et donc, pour l'INRA.

Des approches systémiques pour l'action

Pour identifier les éléments clefs et les alternatives, différents instituts dans le monde ont réalisé des analyses prospectives. Pour l'INRA et le CIRAD, cela a été Agrimonde (encadré 1). D'autres études d'envergure internationale, dont l'IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development), le rapport sur la pauvreté rurale de l'IFAD (International Fund for Agricultural Development) ou plus récemment le rapport de la Royal Society, ont pointé les prises de décision concertées qui s'imposent entre les différents secteurs de politiques qui, bien trop souvent, étudient les questions séparément, et les actions reposant sur des fondements solides qui sont requises.

Les demandes adressées à l'agriculture peuvent varier fortement (de +40 à +70 % de la production actuelle) selon les hypothèses d'évolution des systèmes et des consommations alimentaires, et selon la réduction effective des pertes et gaspillages (aujourd'hui un quart à un tiers de la production, perdue surtout au champ pour les uns, au stade de la consommation pour les autres). La population augmentera, l'alimentation changera avec les niveaux de vie, le changement climatique sera présent, les ressources en terres et eau seront rares, exposant le système alimentaire à de nouvelles pressions d'ordres économique et politique.

Encadré 1. Agrimonde

La prospective Agrimonde a été réalisée entre 2006 et 2008 par le CIRAD et l'INRA qui ont construit deux scénarios contrastés pour les systèmes alimentaires mondiaux à l'horizon 2050. Le premier, Agrimonde GO, est tendanciel et privilégie la croissance tandis que le second, Agrimonde 1, est un scénario de rupture qui envisage un monde caractérisé en 2050 par des agricultures et des alimentations durables.

En résumé, entre 2000 et 2050, les surfaces de terres cultivées augmentent beaucoup plus vite dans AG1, le changement des régimes alimentaires représentant certainement la rupture la plus radicale envisagée. Dans AGO, les gains de rendements sont le moteur de la croissance de la production alimentaire et limitent l'extension des terres à cultiver.

Parmi les facteurs considérés, les impacts anticipés du changement climatique sur la disponibilité des terres et sur les rendements ont été déterminants pour établir les potentiels futurs de production. Les niveaux de production alimentaire mondiale supposés pour 2050 dans chaque scénario satisfont les niveaux supposés de consommation.

Le projet poursuivait trois objectifs : 1) anticiper les questions clés auxquelles la recherche devra répondre dans les décennies à venir ; 2) stimuler les débats sur les questions de sécurité alimentaire en France ; et 3) promouvoir l'implication d'experts français dans les débats à l'échelle internationale. Ses enseignements peuvent se résumer ainsi :

- l'évolution de la demande alimentaire et le niveau des pertes et gaspillages seront des déterminants essentiels ;
- les échanges entre les grandes régions du monde seront plus que jamais nécessaires pour compenser les déficits structurels ou conjoncturels (liés au climat) de production agricole ;
- il faut investir dès maintenant dans l'agriculture des pays en voie de développement mais aussi dans la formation, la recherche, l'innovation et la logistique pour favoriser des systèmes de production et de consommation durables.

Source : Paillard S., Treyer S., Dorin B., coord., 2010. *Agrimonde. Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*. Éditions Quæ, 296 p.

Le monde de la recherche est ainsi attendu sur de nombreux fronts.

Bien entendu, la poursuite des investigations sur les technologies les plus efficaces dans les domaines de la production et de la préservation des ressources sur tous les continents est essentielle. Et savoir mobiliser ces moyens (ces résultats) au service de tous est indispensable, tant l'innovation ne vaut que si les populations sont en situation de l'exploiter durablement : les approches simplistes ou partielles sont porteuses de non durabilités graves.

L'innovation technologique seule ne suffira pas à relever le défi, car le continuum agriculture, environnement, alimentation constitue un système complexe qu'il faut bien connaître et comprendre avant de savoir où et comment agir. C'est donc aussi à des problèmes d'approches et de méthodes que la recherche agronomique doit faire face : nous devons élargir nos thématiques, associer de

plus en plus de disciplines autour de ces thématiques, renforcer les interfaces entre la science et la société – des professionnels aux différentes parties prenantes – renforcer les coopérations internationales car c'est à ce niveau que se fera de plus en plus la programmation de la recherche sur ces grandes questions.

Une implication active de la recherche agronomique vers le système alimentaire

D'ores et déjà l'INRA est fortement impliqué dans ce mouvement... Par exemple une alliance internationale de recherche sur l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre en agriculture a été initiée lors du sommet de Copenhague en 2009. L'INRA a également participé au lancement d'un programme international sur l'amélioration du blé et à une autre alliance de recherche, sur la sécurité alimentaire mondiale (encadré 2). Enfin, l'INRA consacre l'un de ses méta-programmes à l'adaptation de l'agriculture et de la forêt au changement climatique. Ce ne sont néanmoins que des éléments très particuliers de l'engagement de l'INRA sur ces questions. Chaque jour nous pouvons mesurer un peu plus l'étendue des connaissances qui nous manquent dans le domaine du vivant et des interactions avec la biosphère et la planète mais aussi du fonctionnement des sociétés et des communautés. En 2011, c'est une commission d'experts internationaux qui a été constituée sous l'égide du CGIAR (Groupe consultatif sur la recherche agricole internationale) pour réfléchir sur l'agriculture durable et le changement climatique. Ses conclusions sont sans ambiguïté :

« Dans le système alimentaire mondialement interconnecté qui est le nôtre, le *statu quo* ne nous apportera ni sécurité alimentaire, ni durabilité environnementale. Entre le changement climatique, la croissance démographique et l'insoutenabilité de notre consommation des ressources, plusieurs menaces convergentes imposent de plus en plus et de façon constante à l'humanité et aux gouvernements mondiaux un changement des modes de production, de distribution et de consommation de la nourriture. » La recherche est interpellée.

Le présent dossier a pour objectif de présenter des analyses d'origines diverses sur les questions qui seront débattues à Rio.

Encadré 2. L'initiative de programmation conjointe JPI-FACCE

L'Initiative de programmation conjointe « Agriculture, sécurité alimentaire et changement climatique » (JPI-FACCE) consiste, pour vingt pays pour la plupart européens*, à coordonner leurs programmes nationaux de recherche autour des grands défis pour fournir une alimentation de qualité et en quantité suffisante grâce à une agriculture durable. Approuvée en octobre 2010 par le Conseil européen, elle est animée par la France (INRA) et le Royaume-Uni (BBSRC). Les États membres et associés travaillent désormais, ensemble, autour d'une même vision et d'un même plan stratégique de recherche, en évitant les doublons, en comblant les manques et en créant une masse critique.

La première action porte sur la modélisation des impacts du changement climatique et la réduction des incertitudes face aux divers scénarios de changement climatique. Elle est menée par le biais du réseau établi entre les groupes de recherche sélectionnés parmi les pays membres du JPI, pour favoriser les coopérations transnationales, les collaborations et la communication, optimiser les résultats de recherche en facilitant le partage d'information. Elle mobilise 15 millions d'euros d'apport pour faire plus et mieux ensemble sur ces questions de recherche, prioritaires pour l'avenir.

Source : <http://www.faccejpi.com/>

* Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Irlande, Israël, Italie, Norvège, Pays-Bas, Pologne, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Turquie.

Vingt ans après Rio : vers de meilleures questions à la recherche ?

Mission d'Anticipation Recherche/Société

lecourrier@paris.inra.fr

Après 1992 (Sommet de Rio et dossier numéro 6 de la Cellule Environnement de l'INRA), après 2002 (Sommet de Johannesburg et dossiers 22 et 27¹ de la Mission Environnement Société de l'INRA), en 2012, à l'occasion du Sommet dit « Rio + 20 », la Mission d'Anticipation Recherche/Société et développement durable de l'INRA vous propose un nouveau dossier dont l'épine dorsale est l'évolution des apports de la recherche et de l'innovation en général, pour l'agriculture et l'alimentation en particulier.

Une « mise en perspective historique » en début du dossier nous rappelle que l'approche du « développement durable » évolue en intégrant les nouveaux rapports de force à l'échelle de la planète. En outre, si les « vieux » pays reconnaissent très progressivement et prudemment les nouvelles contributions de la société civile, celle-ci s'invite bien différemment ailleurs. Sur le terrain, les communautés sont aujourd'hui revenues au centre des analyses. S'y apprennent de nouvelles approches de la gestion écologique des territoires et de leur développement.

Or depuis le premier sommet de Rio, une grande part du monde a continué à bénéficier de la plus extraordinaire explosion de prospérité qu'a connue l'humanité. Les avancées scientifiques et techniques, et un modèle énergétique particulier y sont pour beaucoup. Nous n'avons guère encore souffert des inconvénients concomitants (peut-on encore les qualifier ainsi d'inconvénients?) mais ils sont maintenant bien là. Nous ne pouvons plus nous satisfaire de la rengaine hypocrite selon laquelle les progrès techniques et scientifiques quels qu'ils soient, régleront seuls les problèmes qui s'accumulent pour nos petits-enfants. Divers éléments ont changé les perspectives et en particulier des hypothèses sur l'évolution de la planète sont devenues certitudes sur le fond dont il faut analyser les conséquences. C'est dans cette perspective que le dossier rappelle divers enjeux auxquels les sociétés ont à faire face.

En 2002 via 18 articles parus dans le Courrier de l'environnement de l'INRA la ME&S envisageait le développement durable comme dimension nouvelle du progrès. Elle attirait l'attention sur l'autisme possible du monde de la recherche devant ce qui s'imposait ainsi à lui, nouvellement, tout en lui échappant. Un inventaire des points de friction, d'interrogation, entre le gros de la recherche par disciplines et les questions du développement durable montrait que nulle question n'échappait à ces nouvelles attentes. Depuis, on a aussi pu s'interroger sur les raisons pour lesquelles certaines questions et phénomènes ont été injustement oubliés par les décennies de croissance et de progrès sans complexe. La communauté des scientifiques et des décideurs, a pu grâce au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)², s'accorder sur un socle de constats et enjeux de l'évolution climatique, tant pour la lutte que pour l'adaptation. La communauté scientifique

1. Legrand P., Fraval A., Laurent C., 2002. Johannesburg. INRA faced with Sustainable Development: Landmarks for the Johannesburg Conference. *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, n°22, Paris, 206 p. et Legrand P., Fraval A., Laurent C., 2004. Johannesburg. L'INRA face au développement durable. *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, n°27, Paris, 218 p.

2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

internationale tente de s'organiser de la même façon pour la biodiversité³. Le développement agricole a aussi fait l'objet de processus intergouvernementaux⁴ pluridisciplinaires, pluridimensionnels et pluri temporels, avec une gouvernance analogue au GIEC ou à l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA)⁵. Ainsi s'est faite l'évaluation internationale⁶ des connaissances, des sciences et des technologies agricoles pour le développement qui a fourni quelques conclusions fortes en 2008. C'est toute une façon d'articuler le progrès scientifique aux enjeux planétaires qui est en évolution.

Depuis 1992, les voies de l'innovation agronomique sont fortement discutées, et pas seulement dans les pays occidentaux. L'exemple des OGM – que nous ne reprenons pas dans le dossier - est édifiant : au-delà des questions sur les risques ou les opportunités qu'ils apportent, ce sont les modèles d'agriculture qu'ils suscitent, qui sont discutés, jusqu'au plus profonds des mécanismes économiques et politiques des tissus agricoles et ruraux. Au-delà même de ce qu'ils sont, biologiquement et physiquement, ils arrivent le plus souvent, comme de nombreuses autres innovations, dans une logique de simplification, alors même que c'est toute la complexité des agrosystèmes qui est à reprendre en compte.

La juxtaposition des technologies les plus abouties apparaît insuffisante devant les enjeux. Une approche scientifique qui, pour rapprocher au mieux l'observation du modèle théorique, segmente les facteurs, isole les performances, réduit la variabilité reste à la peine pour approcher la grande diversité du monde réel. Dans de telles conditions on obtient bien la vache la plus performante, le système d'irrigation le plus évolué, la variété à plus haut rendement, les pratiques de la plus haute précision, qui sont sans commune mesure avec ce qui était disponible il y a 20 ans. Alors pourquoi avec autant de « meilleures techniques disponibles » sur les étagères, la résolution des problèmes continue-t-elle à apparaître incertaine ? Les incertitudes, inhérentes à l'approche scientifique, sont devenues dans bien des domaines au moins aussi importantes que les connaissances avérées : doute légitime, elles sont aussi exploitées dans les controverses⁷. Elles sont aussi causes de bifurcations dans la marche en avant de l'humanité, voire recèlent des irréversibilités importantes. Le monde de la recherche agronomique dans toute sa diversité s'est retrouvé questionné entre les avancées importantes sur la maîtrise du vivant, et l'émergence de limites, de handicaps, voire même sur les voies de progrès empruntées et les possibilités de les modifier. Ces changements sont au cœur du volet sur l'agronomie en marche du dossier.

La nature même des recherches et connaissances nécessaires, des sources de connaissance et des voies de développement évolue. Par exemple, si la recherche génétique sur telle ou telle céréale semble toujours une nécessité, c'est en réponse à des attentes plus larges que la seule augmentation de la performance quantitative. La révolution verte des années 60 s'est fondée sur les performances de rendements de nouvelles variétés, en s'inspirant des modèles de développement agricole des pays du Nord, et a pu faire croire que l'intensification pouvait sauver les écosystèmes. On en est moins sûr, et la nécessité de fonctionnements écologiques se réinvite au sein même des espaces de production, d'autant que les écosystèmes eux-mêmes rendent des services immenses à l'humanité⁸...

La dernière partie du dossier rassemble quelques exemples sur le sens des flux de connaissances nécessaires, qui ne sont pas toujours dans le sens « nord sud ». Elle accompagne en filigrane le fait

3. L'IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem services) est une plate-forme inter-gouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques

4. Cofinancé par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture (UNESCO), la Banque Mondiale et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

5. Le millennium Ecosystem Assessment est un programme de travail international ayant réuni plusieurs centaines d'experts de 2001 à 2005 pour établir un état de l'art des connaissances sur les écosystèmes et les services qu'ils rendent.

6. EICSTAD, en anglais IAASTD « International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development ».

7. Des lobbies « marchands de doutes » s'y sont activés, allant jusqu'à mettre en difficulté les dispositifs mêmes de la validation scientifique dans des buts pas toujours bien avouables.

8. Travaux du MEA, travaux de Pavan Sukdhev : The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Rapport TEEB

que la géographie du monde aujourd'hui n'est plus celle de 1992, sur le plan économique, politique bien évidemment ; mais sur le plan des connaissances aussi.

Ce dossier n'aborde pas toutes les questions soulevées à Rio. Pour celles qu'il n'aborde pas, le chantier est immense. Pour celles qu'il évoque, il permet de voir que des avancées, certes inégales, existent, certaines révélant d'ailleurs de nouveaux problèmes dont la résolution ne passe pas exclusivement par la seule mobilisation des technologies les plus pointues, mais tout de même par de vraies questions à la recherche. Doivent être développées des connaissances nouvelles sur tous types de systèmes, avec les outils de recherche les plus évolués, les bons acteurs, au service de bonnes questions : en tout état de cause, les solutions les plus réductrices, dans leur mode d'élaboration et d'application, ne sont plus de mise !

I. Prolégomènes

Rio + 20 : un retour sur l'Histoire

Bettina Laville

Présidente-fondatrice du Comité 21

Le comité 21 est une association à but non lucratif née en 1995 pour faire vivre en France l'Agenda 21, programme d'actions pour le XXI^e siècle, ratifié au Sommet de la Terre de Rio par près de 170 chefs d'État et de gouvernement. Il a organisé, le 4 juillet 2011 au Palais Brongniart, un forum sur les enjeux des différentes échéances nationales et internationales concernant le développement durable en 2011 et la préparation du sommet de la terre de Rio de 2012 « Rio + 20 », vingt ans après le Sommet de la terre de 1992, considéré comme le début de la généralisation des démarches de développement durable. Bettina Laville, présidente-fondatrice du Comité 21, présidente du Comité de prospective, est revenue à cette occasion sur l'historique de ce sommet, puisqu'elle avait été à l'époque la coordinatrice auprès du Premier Ministre des positions françaises. Nous reproduisons son discours.

Bonjour,

Vous m'avez demandé, dans le cadre de cette table ronde, de parler de l'histoire de la Conférence de Rio. J'étais effectivement, dans le cadre de mes fonctions à Matignon, coordinatrice des positions françaises pour Rio en 1992. Je pense que vous connaissez tous, à des degrés divers, ce qui est lié, historiquement, à Rio ; je souhaite donc moins revenir sur l'histoire elle-même, mais plutôt sur une histoire « éclairée », si je puis me permettre ce qualificatif, mais aussi sur les nuances entre « Rio 1992 » et « Rio 2012 », que l'on dénomme désormais communément « Rio+20 ».

La Conférence de Rio – appelée aussi « Sommet Planète Terre » ou « Sommet de la Terre » – est une conférence des Nations unies qui a été préparée durant les trois années qui ont précédé sa tenue. Mais il faut d'abord rappeler que deux autres grands rendez-vous ont posé les bases de cette rencontre de 1992.

Le premier est la Conférence des Nations unies sur l'environnement qui s'est tenue à Stockholm, en 1972. Vous remarquerez que l'on ne dit pas – ce n'est pas anodin – « Stockholm+40 », alors que l'on dit « Rio+20 ». En effet, si Stockholm a été la conférence originelle qui a mis les problèmes d'environnement sur la table de la négociation internationale, cela s'est passé dans une configuration très différente de celle de Rio, vingt ans plus tard : d'abord parce que c'était une conférence très européenne ; ensuite parce que la mobilisation autour de Stockholm n'a pas eu de commune mesure avec celle de Rio. Stockholm était une conférence d'experts éclairés, alors que Rio a été une conférence véritablement mondiale avec toutes les parties concernées, parties que l'on dénommera ensuite « parties prenantes » (même si, à Rio, elles ne l'étaient pas encore). C'est à Stockholm que la décision a été prise de mettre en place un programme spécifique pour l'environnement et qu'a été ainsi fondé le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). On pourrait donc dire que nous sommes à « Stockholm+40 » tout comme nous sommes à « Rio+20 » puisque qu'en juin 2012, à Rio, nous aurons en débat la mise en place d'une Organisation mondiale de l'environnement (OME) dont le PNUE, d'une manière ou d'une autre, même si on ne sait pas exactement sous quelle forme, sera le pivot ou en tout cas un pilier tout à fait important.

Le second grand rendez-vous qui a posé les bases de la Conférence de Rio de 1992 est évidemment le rapport Brundtland¹, qui a mis à l'ordre du jour des négociations internationales la notion de « développement durable » et qui, finalement, a fait décliner ensemble les problèmes d'environnement et les problèmes de développement. La Conférence de Rio a été une conférence pour l'environnement ET le développement. Ces deux notions ont été toutes deux extrêmement importantes et aussi essentielles l'une que l'autre, alors que six mois avant la tenue de la conférence, nous étions au bord de la rupture. Les 4-5 mois avant Copenhague m'ont d'ailleurs beaucoup fait penser aux 4-5 mois qui ont précédé Rio. Mais on doit constater qu'à Rio les dirigeants ont été plus réactifs et qu'il s'est passé des choses un peu plus positives qu'à Copenhague.

Finalement, il y avait deux grands sujets sur la table des négociations à Rio, en 1992 : le sujet de fond qu'était la protection de l'environnement, mais également la revendication de l'équité dans le développement. C'est le principe 4 de la Déclaration de Rio qui le résume le mieux : « Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément. »

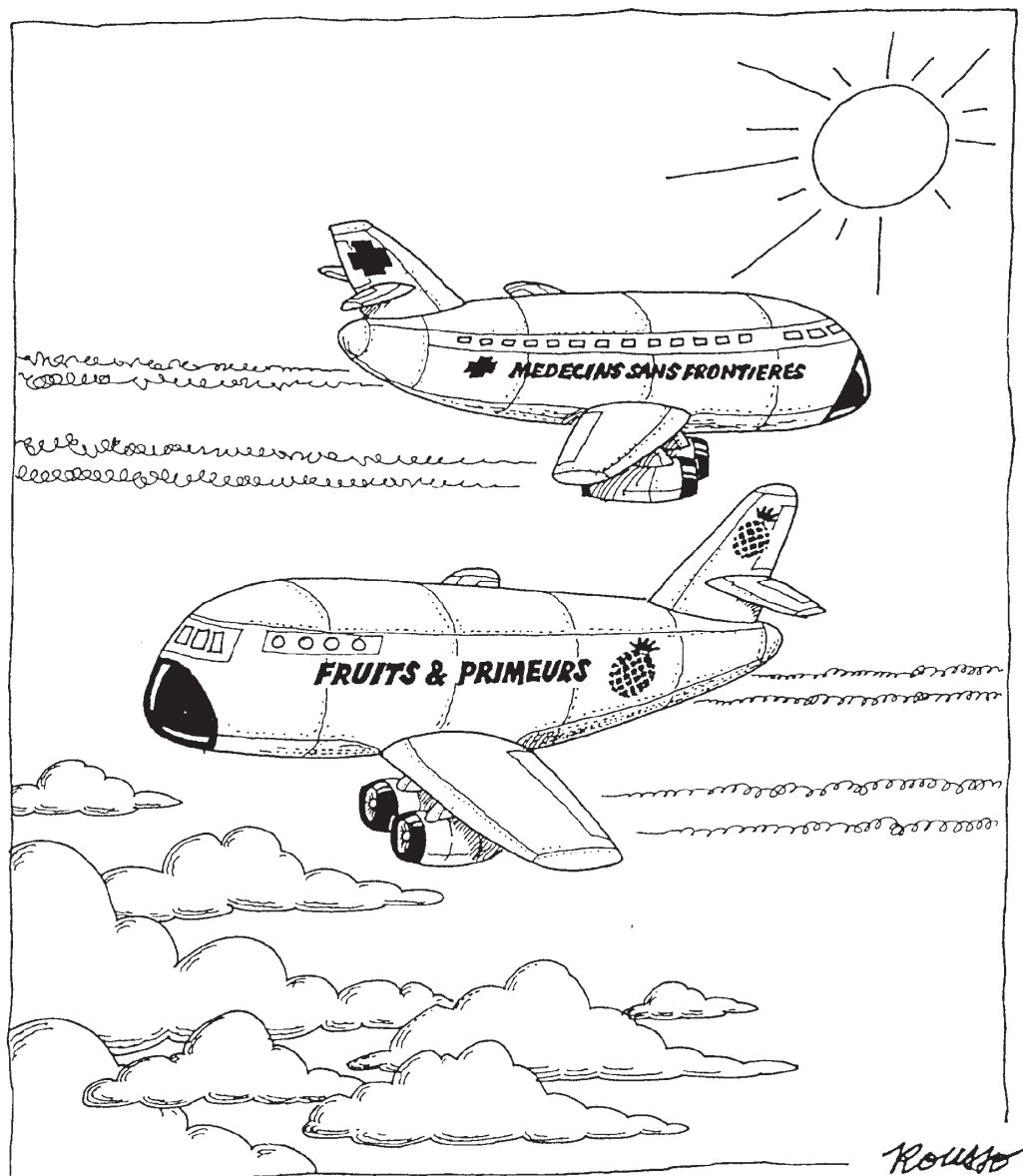
Durant les trois années préparatoires qui ont précédé la tenue de la Conférence de Rio, les pays du Sud ont insisté de plus en plus fortement pour que la priorité soit donnée aux questions de développement avant les questions d'environnement, ce que l'on peut considérer comme une épreuve pour les environnementalistes, puisque la déclaration de Rio a été du coup totalement amoindrie sur le plan environnemental et que l'idée d'une grande Charte de la Terre n'a finalement pas été concrétisée par un Traité international, même si de nombreuses « petites » Chartes de la Terre ont vu le jour, soutenues par Maurice Strong, à l'époque Secrétaire général de la Conférence de Rio. Les milieux environnementaux avaient l'ambition d'instituer un « droit à l'environnement », mais cette notion a été complètement balayée par les pays du Sud qui ont rappelé leur « droit au développement » et insisté sur le fait qu'à partir du moment où il y aurait une judiciarisation internationale de l'environnement, cela impliquerait contentieux international et donc sanction internationale. Les pays du Sud n'entendaient pas être sanctionnés en raison de leur « mauvais » comportement environnemental après que les pays du Nord, « colonisateurs », aient pillé leurs ressources. Ce sujet a fait l'objet de vives tensions et a été au cœur des discussions jusqu'en septembre-octobre 1991.

Pourtant, malgré ces tensions, la Conférence de Rio a été couronnée de succès. On le doit à plusieurs raisons, en particulier au fait qu'elle était « portée » par des hommes tout à fait remarquables. Je pense notamment à Jean Ripert, négociateur de la convention sur les changements climatiques, qui avait été directeur général aux Nations unies et connaissait l'ensemble des chefs de délégations, et qui a pu « tricoter » un texte très « balancé ». Il faut lui rendre hommage parce que c'était un homme extraordinairement déterminé. On pourrait citer aussi Yves Martin, décédé en décembre 2010, qui avait convaincu Jean Ripert sur le plan scientifique et qui a mis tout son talent au service de cette convention.

Je voudrais faire une parenthèse tout à fait personnelle et qui n'engage que moi : il ne faut surtout pas croire que dans les conventions environnementales ce sont les experts qui doivent négocier ; les exemples ne manquent pas pour démontrer que cela conduit souvent à un échec. Les experts doivent éclairer, les diplomates négocier. Pour mener à bien ces sujets, il faut – aussi – des « professionnels » de la négociation que sont les « diplomates ». Je suis absolument convaincue de cela, la diplomatie est un métier. Je pense d'ailleurs que le résultat très mitigé de la conférence de Copenhague tient notamment au fait que les experts ont pris la main dans de nombreux pays, y compris en France et aux États-Unis. Les experts ne sont pas toujours satisfaits du résultat obtenu par les diplomates, mais, pour le dire vite, avec les diplomates, il y a des résultats, avec les experts des controverses, au sens de Las Casas.

On peut aussi attribuer une partie du succès de la Conférence de 1992 au fait que l'on a laissé de côté les problèmes « lourds », ce qui a aussi permis de négocier beaucoup plus facilement, en particulier la Convention sur la diversité biologique. Ces problèmes lourds qui concernaient en principal

1. Publié en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations unies, le rapport *Notre avenir à tous*, dit « Rapport Brundtland », a été ainsi nommé du nom de la présidente norvégienne de la Commission, Madame Brundtland..



Dessin de Robert Rousso paru dans le *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°20.

le partage des bénéfices issus du commerce des semences ont commencé à être approchés à Nagoya (2010).

Sur les questions climatiques, on a décidé d'endiguer le réchauffement, mais sans calendrier ni hiérarchie des moyens et c'est à partir de Kyoto (1997) que l'on a commencé d'avancer.

Évidemment, il n'y a pas eu que des succès dans le cadre de cette rencontre internationale. Je voudrais, à ce propos, revenir quelques instants sur la Convention sur la biodiversité qui était entendue à la fois comme l'affirmation de la défense de la nature et de la biodiversité. A partir du moment où les pays du Nord et l'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources (UICN) ont accepté le fait que chaque nation soit responsable de la conservation de sa propre biodiversité, il n'y a plus eu de problèmes, parce qu'il n'y avait plus de souveraineté internationale sur la biodiversité. Mais on peut le regretter, parce que ce choix « national » a conduit à ce que toute

l'œuvre de l'UNESCO, qui avait fondé la dimension mondiale du patrimoine en matière naturelle et en matière culturelle, a été mise à mal par la Convention sur la biodiversité. On peut donc considérer cela comme un échec, car Rio a été la première conférence mondiale qui a entériné l'impossibilité de l'universalisme, d'où d'ailleurs certaines des difficultés qui ont suivi. Cet espoir, cette utopie selon lesquels tous les pays pourraient admettre de respecter des biens communs à toute la planète n'ont pas survécu à la préparation de Rio. Un droit s'est construit, arrêtons de dire que c'est celui des biens communs, qui reste très théorique.

Mais la Conférence de Rio, comme je le disais, a été aussi porteuse de nombreux succès dont on peut se féliciter. C'est la première fois que l'on a véritablement mobilisé toute la communauté mondiale sur des enjeux vitaux de vie, de survie, de conservation des équilibres de la planète. On peut également mettre au crédit de la Conférence de Rio le traitement de la désertification, phénomène déjà très présent à l'époque. Si la convention n'était pas totalement prête en 1992, tout le monde savait que cela avancerait dans la mesure où certains pays, dont la France notamment, avaient « séduit » l'ensemble des pays africains en leur promettant une convention sur la désertification qui a été signée à l'UNESCO, un an plus tard – c'est l'un des derniers actes du président François Mitterrand. Cette convention « fonctionne » assez bien aujourd'hui malgré des moyens insuffisants, et même si le désert avance toujours...

On ne peut d'ailleurs que déplorer que, malgré les traités et conventions, le réchauffement climatique perdure, la biodiversité diminue et la désertification augmente. C'est un état de fait qui me paraît particulièrement important au regard des vingt années qui viennent de s'écouler. L'humanité, consciente des changements que son mode de fonctionnement produit – quarante ans (!) de négociations le prouvent –, court toujours après la résolution de problèmes qui empirent, sans être capable de les maîtriser.

Je voudrais compléter mon propos par quelques remarques.

La première, c'est que les ONG qui avaient, dans tous les pays, et particulièrement au Brésil, préparé la Convention de Rio, se sont trouvées tiraillées entre une vision personnelle universaliste, supranationale, et le constat que le seul moyen de respecter les pays du Sud était de faire accepter dans ce sommet l'idée de « nation souveraine ». Avec Brice Lalonde, dont j'étais à l'époque le directeur de cabinet, nous avons eu l'idée d'inviter toutes les ONG à la cité de la Villette, à Paris. Le président Mitterrand a tenu, à cette occasion, un discours que je qualifierais de « second discours de Cancun »². Il s'est beaucoup engagé, a dit les quelques mots-clés attendus sur la souveraineté des nations et le Plan environnement ; il a réaffirmé la promesse de ce fameux 0,7% du PNB que tous les pays riches étaient censés consacrer au développement... ce qui, vingt ans plus tard, nous le constatons, est une promesse bien utopique puisque ce chiffre n'a jamais été atteint sauf par les pays scandinaves et une année seulement par la France (et à condition de comptabiliser nos crédits aux DOM-TOM). C'est à partir de cette manifestation à la Villette que la négociation a repris et que l'on a obtenu à nouveau le soutien des ONG, qui ont accepté cette contradiction entre un universalisme souhaitable et une souveraineté nationale nécessaire.

Je voudrais faire une seconde remarque sur Rio, qui concerne la construction de l'Agenda 21, car c'est un travail extrêmement important mais qui a été assez occulté dans la négociation de l'époque, complètement focalisée sur les traités. Pourtant, tout ce qui s'est négocié, qui a été extraordinairement long (près de deux ans et demi), a aussi fait l'Agenda 21, qui est en quelque sorte un agenda mondial. Si la planète était l'Emile de Rousseau, l'Agenda 21 serait l'éducation d'Emile, c'est-à-dire un support d'apprentissage qui nous permet de savoir comment faire pour avoir une planète humaine la meilleure possible dans tous les domaines. L'Agenda 21 est le seul texte au monde qui embrasse absolument tous les secteurs où l'humanité peut, d'une part, collaborer avec toutes ses composantes et, d'autre part, peser ou plutôt, en l'occurrence, moins peser sur la nature. L'Agenda 21 reste donc d'une extraordinaire actualité.

2. En référence au discours prononcé par le président François Mitterrand devant le monument de la Révolution à Mexico, le 20 octobre 1981, discours dit « de Cancun ».

Autre observation, c'est que ces conventions issues de la Conférence de Rio 1992 ont été ratifiées et fonctionnent, même si, depuis quatre ans, nous sommes dans un grand état d'aporie. C'est en soi absolument extraordinaire étant donné la nouveauté du thème, tant dans son contenu que sur le plan diplomatique à l'époque. On va sûrement se lamenter de la paralysie – toujours actuelle – de ces cinq dernières années, alors que par rapport à l'âge de la diplomatie mondiale, c'est un temps extraordinairement court au vu de l'importance des enjeux.

J'ai écrit un jour dans un article que c'était la première fois que l'on avait une « diplomatie scientifique internationale », une osmose entre le métier de diplomate, que j'évoquais tout à l'heure, et des scientifiques. C'est la première fois que l'on a pu s'appuyer sur ce type de partenariat où la diplomatie s'appuie sur le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), lequel s'adresse directement aux responsables politiques³. Ce sont des méthodes de partenariat et de négociation tout à fait nouvelles, à la réserve près que j'évoquais tout à l'heure : la nécessité de conjuguer efficacement l'action diplomatique et l'expertise.

Je pense que le grand échec, ce n'est pas Copenhague, mais Johannesburg parce que Johannesburg – je l'ai dit à l'époque, ce qui m'a valu de nombreuses critiques – a été un sommet de recul, un sommet qui a scindé l'environnement et le développement que l'on avait eu tant de mal à réunir à Rio, en décrétant que le secteur privé pouvait prendre en charge les progrès environnementaux grâce aux technologies vertes, tandis que les financements publics issus du sommet du millénaire s'attacheraient au problème de la pauvreté. Le problème est que l'on ne peut pas tout faire en s'appuyant uniquement sur les technologies vertes ; il faut aussi un peu d'action publique. Par ailleurs, vous le savez, les objectifs du millénaire⁴ ne sont absolument pas atteints aujourd'hui. La mauvaise séquence est donc le sommet de Johannesburg, même si Copenhague reste, quelque part, lui aussi, un échec parce que c'est un sommet qui a été mal préparé, trop médiatisé, avec trop d'attentes et donc des insatisfactions au final. On a failli connaître cette même situation à Rio, parce que Maurice Strong avait mis sur la table des ambitions chiffrées astronomiques que l'on n'a bien évidemment pas atteintes.

Je pense aussi, quand on regarde ces vingt années passées, qu'il faudrait arrêter de promettre aux pays pauvres des sommes que l'on n'a absolument pas la capacité de leur donner – même quand on les leur promet. Je considère qu'il y a, de ce point de vue, un progrès avec l'élaboration d'un Fonds vert (fonds destiné à soutenir les projets des pays pauvres confrontés au changement climatique), initiative qui me paraît être un peu plus réaliste, même si la crise économique occidentale ralentit le processus.

A quelques mois de « Rio+20 », on peut affirmer que cette rencontre sera très différente de « Rio 1992 » parce que nous sommes dans un univers géopolitique complètement transformé. « Rio 1992 » était une petite fenêtre de la fin de ce XXe siècle quand même particulièrement mouvementé, y compris en Europe, notamment avec la chute du mur de Berlin. Il a d'ailleurs fallu à cette occasion intégrer toute la partie de l'Europe centrale et de l'Est dans les négociations internationales en tant que nouveaux États, mais comme tout cela n'était pas totalement inscrit dans les faits et que ceux-ci étaient à peine naissants et n'avaient pas de réelle voix diplomatique, ils n'étaient pas en capacité d'exercer une quelconque opposition au sein de l'Europe.

Deuxièmement, si les ONG étaient considérées à l'époque comme des « aiguillons », elles n'étaient pas encore des parties prenantes. Elles ont cependant joué un rôle tout à fait important mais parallèle à Rio – d'ailleurs toutes les parties à Rio agissaient de façon parallèle. Ce qui était essentiel, c'était le sommet des chefs d'État, car ce mélange, ce melting-pot entre tous les acteurs, les collectivités locales, les ONG, les entreprises, ne s'était pas encore fait.

Troisièmement, les collectivités locales sont devenues et seront des composantes tout à fait importantes de ce prochain sommet à Rio. Elles s'organisent d'ailleurs désormais à chaque sommet,

3. Voir les préambules des rapports du GIEC : note pour les responsables.

4. Objectifs définis à l'occasion de l'Assemblée générale des Nations unies en septembre 2010. La résolution déclinant l'ensemble des objectifs fixés est accessible via le document Internet : <http://www.un.org/french/millenaire/ares552f.pdf>

déroulent une négociation qui leur est propre – on le voit sur le climat – travaillent à la fois à l'intérieur de leurs organisations internationales propres, mais également entre elles, sur l'évolution de l'environnement et sur le soutien au développement. Ce qui n'était pas le cas à Rio, en 1992. Les collectivités locales et de nombreux élus étaient présents à l'époque, mais ces responsables locaux étaient là en tant que personnalités, non comme un ensemble de négociation. C'est un changement total aujourd'hui. Les entreprises, elles, étaient, ou bien « contre » et venaient pour voir, ou bien très engagées mais assez isolées, et avaient à Rio des stratégies d'évitement sur le plan économique plutôt que des stratégies « prenantes », pour utiliser le mot désormais en usage. Là aussi, c'est absolument le contraire aujourd'hui. Je rencontre des entreprises qui se posent des questions sur leurs stratégies par rapport à Rio+20 et, surtout, le reporting a complètement changé et s'est largement développé. Les entreprises sont devenues, elles aussi, des acteurs décisifs.

Enfin, si « Rio 1992 » a prôné le fameux adage « Penser global, agir local », lancé par René Dubos lors du premier sommet sur l'environnement en 1972, je pense que Rio a été un mouvement du global au local. L'Agenda 21 a demandé aux collectivités et à toutes les communautés de décliner un certain nombre de thèmes. Il se passe énormément de choses aujourd'hui au niveau du terrain et des communautés. Les entreprises, les ONG, les collectivités, les citoyens se sont appropriés à des degrés divers les risques liés au changement climatique, à la perte de biodiversité, *etc.* et commencent à agir. S'il y a donc un succès à souhaiter à « Rio+20 », c'est que ce soit vraiment l'avènement du local au global. C'est le niveau local qui peut aujourd'hui reconstruire cette communauté internationale qui peine à émerger à partir des seuls États. L'un des échecs importants à Rio, en 1992, réside dans le fait que nous ne sommes pas arrivés à rapprocher l'environnement et le développement – qui étaient les enjeux affichés de cette Conférence de Rio – du Conseil de Sécurité, ou au moins de les confier au Conseil économique et social de l'ONU. L'idée était présente, mais n'a pu aboutir. On a juste réussi à faire élire par le Conseil économique et social les représentants d'un organe ad hoc, la Commission de développement durable de l'ONU, et bien qu'elle se soit vu confier le suivi du Plan d'application de Johannesburg, l'on constate l'échec de sa dernière session.

Comme nous sommes au Comité 21, je voudrais terminer par une citation de Serge Antoine, premier président du Comité 21, qui reste extraordinairement actuelle. Serge Antoine était à l'époque à l'ONU pour préparer le sommet de Rio. Je dirais qu'il n'était plus le « Monsieur Stockholm français » comme il l'avait été, mais qu'il était le Brice Lalonde de l'époque :

« La politique du développement durable peut s'affiner. Elle se fait en marchant, un peu comme l'homme invisible qui devient visible quand on lui pose des bandelettes. Il faut prendre conscience du fait qu'il s'agit là d'une véritable révolution culturelle, d'une révolution dans les comportements, surtout politiques, à laquelle nos habituels schémas d'analyse sont étrangers. Je ne développerai pas ici tout ce qui est nécessaire pour que le développement durable soit pris en compte. Disons simplement qu'il faut éviter de prolonger la simple approche environnementale et qu'il est nécessaire de s'alimenter de manière systématique aux sources de l'économie, de la culture, du social en même temps que de l'écologie, que l'allongement en prospective est indispensable, qu'il faut transformer tout le monde en « acteurs » et si possible monter des opérations multi acteurs, qu'il faut jouer du volontariat et que les indicateurs de mesure du suivi sont indispensables. Je n'en dirai pas beaucoup plus : le mouvement est en route depuis deux ou trois ans dans les entreprises, les collectivités locales, elles démarrent en France, il est encourageant de voir les différents secteurs s'y mettre peu à peu. »⁵ Il avait tout compris, tout dit, tout perçu, et puisque j'étais un peu chargée de l'histoire dans le cadre de cette table ronde, je voudrais lui rendre hommage car il symbolise le chemin de Stockholm à Rio, soit le relais des pionniers aux acteurs. Et nous voilà aujourd'hui nous-mêmes à passer le relais de « Rio 1992 » à « Rio+20 », étape cruciale, car, à force de dire que demain sera trop tard, c'est vraiment tard, vous savez ■

5. Serge Antoine, in Revue *Urbanisme*. Villes-Sociétés-Cultures, 336, mai-juin 2004.

Développement durable : anatomie d'une notion¹

Dominique Pestre

Historien des sciences, EHESS, Centre Alexandre Koyré, MNHN

pestre.dominique@gmail.com

Le développement durable, tel qu'il est défini, raconté ou mis en œuvre depuis deux décennies et demi, n'est pas une chose ou une pratique univoque dont nous pourrions simplement dire la vérité². Il ne constitue pas une évidence, un avenir dont les valeurs et les institutions seraient partagées, une nécessité commune que chacun s'empresserait de mettre en œuvre. Il s'agit plutôt, si l'on regarde les choses dans leur diversité et de façon pragmatique, d'un syntagme aux usages très divers, d'un ensemble de convictions, de pratiques et d'institutions chargées de sens variables, mais encore d'un enjeu économique et d'une bataille politique entre projets de société. Ce que je me propose de faire dans ce texte est de passer en revue de façon un peu systématique quelques-uns de ces sens, tels qu'ils se déploient concrètement aujourd'hui, afin de comprendre les enjeux de la situation qui est la nôtre.

Un idéal de société et de vie en commun

Le développement durable est d'abord, historiquement, un projet de société, un choix pour la vie en commun sur terre, un idéal donné pour guider l'action collective. Cet idéal, si je résume ce qui est bien connu et en constitue le fond commun depuis le rapport Brundtland, repose sur trois principes³. Il s'agit d'abord d'un idéal de justice sociale pour les populations de la planète, d'un idéal pour aujourd'hui et pour les générations futures. Il s'agit ensuite d'un idéal de précaution et de justice environnementale à intégrer aux projets de développement sociaux et économiques, à articuler à eux. Il s'agit enfin d'un idéal politique, d'un idéal de concertation ouvert et de participation de tous à la décision et aux choix. La raison qui fonde cette dernière proposition est que le débat socialement ouvert permet de mobiliser des types de savoirs, d'expériences et de vécus multiples, d'ainsi mieux anticiper les problèmes et leur grande complexité, et d'inventer les solutions les plus appropriées. En ce sens, le développement durable relève du registre de la « bonne gouvernance » collectivement construite – même si certains acteurs, institutionnels et économiques, lorsqu'ils s'en saisissent, tentent de la faire advenir autrement⁴.

Cet idéal de développement durable présuppose donc des valeurs, une certaine appréciation de ce qu'est la vie bonne en société et pour la Terre. Il présuppose une analyse des solutions possibles, par les sciences bien sûr, mais aussi par la mobilisation d'autres formes de savoir et d'autres cadrages

1. Ce texte a tout d'abord été publié dans la revue *Natures, sciences, sociétés*, 19, 1, 31-39 © *Natures, sciences, sociétés*, 2011.

2. Zaccarà (2002), Vivien (2005), Aubertin et Vivien (2010), Larrère et Larrère (1997). Voir aussi les revues *Eco-Rêve* n°38 (2012) et *Quaderni* n°76 (2011).

3. World Commission on Environment and Development (1987).

4. Une première manière de s'en rendre compte est de mettre en regard le rapport Brundtland et l'Agenda 21 accepté à Rio. Ce dernier déploie en effet une forme libérale de gestion de la durabilité, il est écrit dans le nouvel idiome du « néo-libéralisme » et il accorde aux marchés un rôle de régulateur central – ce qui diffère très substantiellement de l'image que donne le rapport le rapport Brundtland.

des problèmes ; mais encore des échelles d'action multiples – de la prévention globale (du réchauffement climatique par exemple) à l'adaptation locale. Il suppose une concertation entre ces diverses formes de savoir et de jugement, et la définition de règles, d'objectifs et de priorités communes. Il suppose un échange raisonnable, un débat constructif et de bonne foi, une volonté de dialogue partagé dont les conclusions doivent être intégrées à nos modes de développement économique et social. Il suppose la conception d'un ensemble de mesures à prendre et de réformes à mettre en œuvre – notamment l'énoncé de règles et de principes pour l'action publique, pour l'action sociale et environnementale, et pour l'organisation des marchés. Il suppose finalement des moyens de juger des réalisations effectives, par des dispositifs et indicateurs divers – des bilans comptables d'un nouveau type (« des comptabilités vertes ») par exemple.

L'origine de cet idéal se trouve dans les débats des années 1960 sur l'environnement et le nucléaire, il est à trouver dans la conférence de Stockholm de 1971 et dans toutes celles qui lui ont fait suite – jusqu'au rapport Brundtland et la conférence de Rio, qui accréditent et rendent universel le vocable de développement durable lui-même.

Si je devais résumer d'une expression la nature du développement durable comme projet politique, ce qu'il incarne comme valeurs, volontés et principes chez ses promoteurs initiaux, je dirais que « développement durable » est le nom donné à un projet de nature fondamentalement « social-démocrate-écologiste » – expression que j'entends comme un idéal type, comme un idéal qui ne réfère à aucune social-démocratie concrète et historiquement située. Je choisis cette expression car le développement durable des origines promeut une société qui considère nécessaire de se penser pour se bien développer ; qui promeut, à côté de la consommation et de l'action de marchés bien cadrés, une appréhension raisonnée et collective des problèmes (dont le protocole de Kyoto est un exemple) ; qui promeut des valeurs d'anticipation et de redéfinition de la « qualité » que doivent avoir les produits mais qui croit à la capacité de l'esprit humain et du dialogue pour comprendre et améliorer la vie ; qui est mue par un idéal de justice sociale et de protection de l'environnement qui se veut prudent et redistributif – et ces caractères me semblent adéquats à des philosophies sociales-démocrates qui seraient devenues écologistes.

Dit autrement, ce projet de société se situe dans une lignée keynésienne étendue à l'environnement considéré comme un nouveau partenaire, c'est-à-dire qui croit à la possibilité, même si c'est de façon partielle et non sans problème, de fixer des objectifs de bien commun et de les réaliser, qui croit, contrairement à ce que dit Hayek, que les marchés ne peuvent être laissés à eux-mêmes, qu'il convient de les cadrer et les définir par des règles favorables à la durabilité, qu'il convient de les compléter par des actions de type régalien – parce que les marchés conduisent régulièrement à des effets environnementaux négatifs et à la désagrégation du social. En bref, elle est sociale-démocrate-écologiste en ce qu'elle croit nécessaire de penser la vie commune et d'en délibérer, qu'elle croit utile de l'appréhender aussi (ou d'abord) par la pensée collective, par la raison et l'échange.

Un idéal aux prises avec d'autres logiques

La situation à laquelle ce projet de développement fait face est que les sociétés dans lesquelles il s'inscrit ne sont pas réglées par le principe unique qu'il met en avant, mais par des principes, des intérêts et des modes d'action contradictoires et nombreux. Nos sociétés sont en effet à la fois des sociétés libérales d'un point de vue politique et économique, des sociétés ancrées très largement dans des nations et la défense de leurs intérêts, et des sociétés, du moins dans un certain nombre de pays, à systèmes politiques représentatifs qui disent se gouverner par des débats et des choix. Ce sont des sociétés d'individus dont les droits à l'autonomie sont définis et protégés, des sociétés de marchés reposant sur des entrepreneurs en concurrence et qui cherchent à maximiser leurs gains, des sociétés politiquement organisées dans le cadre d'États-nations reposant sur des gouvernements élus – voire des ensembles « globaux » régis par des accords et des organismes internationaux. Ces logiques ne peuvent malheureusement aller sans tension, nos sociétés ne constituent pas des

ensembles intégrés – et cette variété intrinsèque n'est pas un accident : elle est ce qui fonde, selon Benjamin Constant (1819), « la liberté des Modernes⁵ ».

Pour rester simple, j'évoquerai deux niveaux de tension entre ces réalités complexes et le projet social-démocrate-écologiste qu'est principalement le développement durable. La première est entre les logiques de concurrence et de compétition pour la survie et la suprématie, et celles de l'élaboration de solutions collectives entre personnes de bonne foi. Elle est entre logiques de marchés et de consommation, logiques d'entrepreneurs libres d'innover, de produire et de vendre, logiques d'États qui défendent leur souveraineté, les privilèges de leurs mandants et ceux de leurs industries garantes d'emplois – et qui donc reposent sur la défense de leurs intérêts donnés comme premiers – et les logiques de choix collectifs, l'idée de collaboration, voire d'entraide, comme vecteurs d'efficacité⁶. On peut certes rêver d'un monde où ces deux logiques pourraient être réconciliées, d'un monde où une sorte d'harmonie des Lumières prévaudrait, mais les résistances à ces formes de cadrage sont redevenues très puissantes, et ce point ne peut être ignoré.

La seconde tension relève des différences de temporalité entre ces deux univers. Le premier a une logique d'action à court terme – tandis que la seconde vise des temporalités longues. Ce qui importe pour la première est le retour rapide sur investissement ici et maintenant, la protection des intérêts bien compris des États, des individus et des entrepreneurs – et ses critères d'évaluation ne sont pas de l'ordre d'un bien commun abstrait, mais des avantages particuliers qui peuvent être obtenus pour soi, ici et maintenant. Dans le cas des activités marchandes, les produits nouveaux se répandent via des marchés suivant des temporalités que le producteur a intérêt à réduire. Ces offres transforment le monde indépendamment de tout débat préliminaire – même s'il n'est pas impossible de formater les marchés pour qu'ils intègrent certaines exigences – et les effets globaux éventuellement négatifs sur l'environnement, la santé publique ou les modes de vie n'apparaissent qu'à travers les usages, et donc avec le temps⁷. Les collectifs humains-environnementaux atteints par ces déploiements techniques sont donc placés en position réactive et d'après-coup, et il leur faut du temps pour en saisir les conséquences et s'adapter. Certes, il existe des possibilités d'anticipation, mais l'action qui conteste les états de fait *a posteriori* ne peut se déployer vraiment que lorsque les effets sont là, dans un second temps. Et comme les avantages et inconvénients de ces nouveautés sont loin d'être jugés de la même façon par tout un chacun – notamment parce que ces jugements dépendent étroitement tant d'intérêts bien compris que d'anticipations généreuses –, cette asymétrie temporelle est un handicap pour la précaution⁸.

Je prendrai un exemple pour illustrer cette double tension, celui des projets de géo-ingénierie du système Terre qui visent à réduire le réchauffement climatique⁹. Pour l'heure, ces propositions de modification artificielle du climat ou d'« ensemencement » des océans n'en sont qu'au stade des études. Ils font pourtant l'objet de nombreux colloques et rapports – l'un des plus importants étant celui produit par la Royal Society en 2009¹⁰. Dans ce texte, le discours est double. Ne pouvant ignorer les conséquences catastrophiques des essais de géo-ingénierie météorologique des années 1970, qui ont produit inondations et désastres agricoles aux États-Unis, le rapport dit combien il faut être prudent lorsqu'on touche à des phénomènes de cet ampleur et que nous connaissons fort mal. D'autre part, toutefois, il les donne comme des solutions réalistes qu'il faut étudier, qu'il faut se préparer à mettre en œuvre. Même si des expérimentations (pour certaines déjà engagées) sont réalisées, les effets ne pourront être perçus que plus tard, lorsque les choses seront mises en œuvre en grand. Il se peut, notamment, qu'elles produisent des effets très différenciés selon les zones géographiques par exemple, qu'elles confrontent certaines régions et populations du globe à des altérations graves de leurs équilibres environnementaux. Plus important, si ces actions sont autorisées dans le cadre de marchés, ce qui est activement défendu et est dans la droite ligne des évolutions des

5. Constant (1819). Pour un cadrage parallèle, Fitoussi (2004), pour une réflexion plus large, Derrida (1994).

6. Habermas (1984, 1987).

7. Pestre (2007).

8. Pour une analyse historique qui démontre ceci à la perfection, Fressoz (2012).

9. Pour ce paragraphe et le suivant, Kwa et Van Hemert (2011). Voir aussi <http://climateresponsefund.org>

10. Royal Society (2009).

trois dernières décennies, c'est-à-dire si des entreprises sont autorisées à les mener afin d'obtenir des actifs sur les marchés du carbone, actifs qu'elles pourront vendre à ceux qui ont besoin de quotas, on peut raisonnablement penser que ces entreprises auront intérêt à agir vivement pour obtenir, en compensation de leurs investissements, un grand nombre de droits à polluer. Dans ce cas, les effets potentiellement négatifs risquent d'être démultipliés – au nom d'un développement durable permis par la réduction des gaz à effets de serre.

La notion de développement durable est donc un oxymore, un oxymore utile pour dire l'importance de tenir ensemble questions sociales, questions de développement et questions environnementales, mais un oxymore tout de même puisqu'il masque ou ignore la complexité des situations et la variété possible des mises en oeuvre. Il est utile car il pointe des problèmes essentiels en ces temps de crises climatiques et de diversité biologique, car il donne des objectifs à l'action (via des tableaux de bord ou des données statistiques), car il peut inciter industriels et politiques à se réappropriier ces valeurs – car l'espace public peut le prendre à bras le corps, l'« imposer » comme norme et peser, même en situation défavorable. Symétriquement toutefois, il n'est pas de traduction univoque de ce que le développement durable suggère, il n'est pas de solution simple et dénuée d'effets pervers¹¹.

Une expression largement reprise dans l'espace public

Le développement durable est toutefois plus qu'une nouvelle conception du développement devant faire face à des réalités et des modes de régulation qui agissent contre ou indépendamment d'elle. L'expression, car il s'agit bien aussi d'une expression circulant largement dans l'espace public, est aussi devenue, dans les dernières années, un « slogan » au sens très variable mais constamment repris, un lieu commun fonctionnant comme une norme englobante, un leitmotiv plastique dont chacun se revendique mais qu'il interprète librement¹². Dans l'espace médiatique, le terme de « développement durable » est devenu le nouveau sens donné au progrès responsable et heureux que nous devrions tous embrasser, il participe de la « novlangue » qui s'est progressivement constituée au cours des dernières décennies et qui inclut ces expressions et énoncés de principe que nous avons déjà rencontrés : « la bonne gouvernance », « la transparence », « les engagements volontaires », « les partenariats public-privé », « les *stakeholders* et la participation », « la *soft law* », etc. Le développement durable participe de la nouvelle idéologie du XXI^e siècle, comme dit Zaccarà, laquelle emplit les ondes des radios et les journaux, a sa place à l'école et sur le web, se donne comme un principe du Bien, certes vague et souple, mais que personne ne peut contester sans risque de délégitimation rapide¹³.

Il n'y a donc pas lieu d'être surpris par le fait que, aux côtés des pionnières que furent les ONG environnementales et l'ONU (grâce à son Programme pour l'Environnement créé en 1972 suite à la conférence de Stockholm), les grandes institutions du « consensus de Washington » (et l'OCDE bien sûr) s'y soient ralliées et en aient fait l'un de leurs mots d'ordre. De même, nombre d'entreprises et de politiques affirment, depuis une décennie ou deux, que le développement durable est leur priorité, qu'il guide leur action – puisqu'électeurs et consommateurs en semblent de chauds partisans, en Europe du moins, et que sa mise en œuvre offre aux industriels la possibilité de créer de nouveaux marchés ou de miner, par l'édiction de nouvelles normes « durables », les positions de force de leurs concurrents. Le World Business Council for Sustainable Development – « a CEO-led organization of forward-thinking companies that galvanizes the global business community to create a sustainable future¹⁴ » est ainsi créé en 1995 tandis que, le 31 janvier 1999 à Davos, Kofi Annan lance le Global Compact à destination du monde des affaires, et que le sommet de Johannesburg en 2002 met au centre de ses recommandations, pour réussir le tournant durable, les « initiatives de type II », c'est-à-dire les PPP, les Partenariats Privé Public.

11. L'idée que « développement durable » est un oxymore utile est bien documentée dans *La Revue Durable* (2002) et dans Gallardo (2008). Voir aussi Stengers (1999).

12. Lors du sommet de Johannesburg, la firme BMW vantait ses voitures, dans la publicité, comme « durables ».

13. Zaccarà (2002 et 2009).

14. La citation, dont j'ai gardé la saveur en ne la traduisant pas, est tirée de <http://www.wbcsd.org>

Ces partenariats – mais plus globalement toute mise en marché de la nature ou des dégâts que nous lui infligeons – reposent sur trois principes¹⁵. Le premier est le devoir de définir une métrique, une norme simplifiée et si possible unique permettant de régler l'action et le commerce, et d'évaluer, in fine, les effets induits. Autour du changement climatique par exemple, il s'agit des émissions de carbone. Pour la biodiversité, le travail des experts consiste à attribuer des valeurs (des prix) aux « services » que rendent les écosystèmes – ce qui permet la constitution du marché des « services éco-systémiques »¹⁶. Il s'agit ensuite de préciser, de définir les droits de propriété. Autour des ressources génétiques par exemple, promues lors de la Conférence de Rio, des droits ont ainsi été définis pour les populations indigènes détentrices de savoirs, droits que les entreprises prenant des brevets à partir des indications données par ces populations avaient à prendre en compte¹⁷. Le troisième principe est celui de la compensation. Cette compensation a deux dimensions : elle est une compensation sur les marchés – on peut échanger des droits à polluer, acheter des droits économisés par d'autres, *etc.* – mais elle est aussi une compensation postulée valide pour la nature : ce qui est détruit ici peut être compensé par ce qui est créé (ou économisé) ailleurs. Si cela peut avoir éventuellement un sens pour la métrique carbone (les circulations atmosphériques répartissent le CO₂), ce principe paraît beaucoup plus douteux pour la défense de la biodiversité.

A chacun des trois niveaux, les problèmes sont en effet considérables. Toute métrique est une simplification, évidemment, et elle ne peut donc pas ne pas avoir d'effets négatifs. Comme le dit très bien Virginie Maris, si l'on ne raisonne qu'en termes d'absorption de carbone, par exemple, et que l'on plante des forêts d'eucalyptus (parce qu'elles sont très productives en biomasse) on modifie les équilibres locaux, on tend à éroder localement les sols, à bouleverser le cycle de l'eau et ... à créer des problèmes condamnables du point de vue d'un développement écologiquement durable pour la région. L'idée qu'il est possible de détruire ici à condition de recréer là-bas est en fait aussi illusoire que dangereuse.

Dans le contexte de foi totale dans l'« efficacité » des marchés, les entreprises et leurs associations se sont placées (et ont été placées par les États et les grandes organisations internationales) au cœur des actions à entreprendre. Pour un management « durable » des entreprises, pour l'audit de leurs bilans et la mesure des résultats globaux, toute une série de dispositifs et de mécanismes comptables ont été inventés – des guidelines, des manières d'enregistrer les données, des règles de bonne conduite, des mesures d'empreinte écologique – et le phénomène touche les labels bios comme les entreprises de l'acier ou du ciment. Tous affirment que l'environnement est un bien à chérir, et tous s'engagent publiquement sur des chartes ou des programmes – les fameuses chartes de responsabilité sociale et environnementale des entreprises ou le Grenelle de l'environnement en France, qui visent à promouvoir cet oxymore qu'est le développement durable¹⁸.

Dans toutes ces actions, la sincérité et les bonnes intentions le disputent au désir d'être publiquement irréprochable. Un indice extrême en est donné par la manière dont les sociétés de conseil aux entreprises et aux grands partis politiques américains en parlent depuis les premières années 1990. Leur conseil – assez clairement cynique, il est vrai – est qu'il faut tenir compte et répondre positivement, dans les discours du moins, aux souhaits de populations qui se révèlent favorable au développement durable, qui sont à la fois green and participative. Il convient donc, répètent-elles à leurs clients, qu'ils affirment haut et fort leur désir de sauver la planète, qu'ils mettent eux-mêmes en œuvre, de façon visible, des actions allant dans ce sens, et qu'ils installent, de façon tout aussi volontaire, des politiques « participatives » – le bonus étant qu'ils seront ainsi en mesure de mieux contrôler des évolutions parfois imprévisibles. Puisque la confiance automatique dans la science instituée semble aussi s'estomper, ces rapports conseillent aussi, notamment à ceux qui risquent d'être le plus affectés par ces changements, comme les pétroliers ou le Parti républicain, de jouer de cette défiance pour refuser les conclusions des scientifiques lorsqu'elles menacent leurs intérêts.

15. Ces deux paragraphes sont dérivés de Maris (2012).

16. Ranganathan *et al.* (2008). Sur l'évaluation monétaire de la « nature » lors des grandes pollutions marines dues au pétrole, voir le remarquable article de Fourcade (2011).

17. Boisvert (2005), Aubertin *et al.* (2007).

18. Daccache (2011).

Ils leur suggèrent de ne pas hésiter à demander de nouvelles études et concertations avec toutes les « parties prenantes » – mesure dilatoire classique – si les conclusions ne vont pas dans la direction qu’ils souhaitent¹⁹.

Un idéal qui a des vertus d'entraînement

Le développement durable n’est toutefois pas qu’un projet de société social-démocrate-écologiste, un slogan devenu une norme souple du bien dire dans l’espace public, ou un ensemble de pratiques neuves pour les entreprises et les marchés. Il est aussi un ensemble d’institutions et de pratiques légales plus ou moins cohérentes et qui ont été progressivement mises en place au fil des ans.

Ces institutionnalisations sont variées de nature, elles ont des origines multiples et elles produisent des effets qu’il convient de regarder de près. Ces dispositifs et pratiques ont leur source originelle dans les actions militantes des associations et autres ONG développées depuis les années 1950 et 1960, et dans l’impact qu’elles ont eu sur l’espace public – il s’agit là du phénomène le plus ancien et qui reste essentiel et actif aujourd’hui. Certaines de ces institutions et pratiques ont leur origine plus directe dans les milieux savants et leurs études – mais les deux mondes ne sont pas étanches, nous le savons, puisque c’est bien la rencontre des scientifiques et des associations qui a d’abord fait advenir cette évidence d’une durabilité à inventer. Le GIEC en constitue un cas d’école, mais c’est aussi le cas avec la protection de la biodiversité ou l’élaboration des notions de savoirs et de peuples indigènes dans les années 1980 et qui découlent de la rencontre de naturalistes de terrain, d’ONG environnementalistes et développementalistes et de représentants des populations locales²⁰.

Un certain nombre de ces réalisations ont pris forme via les institutions onusiennes, nous l’avons dit. La Commission européenne fut toutefois, elle aussi, un acteur important, tant pour la promotion de la participation comme norme politique que pour les questions environnementales²¹. Les raisons de son engagement sont variées, même s’il est clair que le déficit de légitimité dont elle souffre – elle n’est pas élue – n’est pas sans importance dans sa volonté de se faire la promotrice par excellence de la « démocratie participative » et de l’environnement. C’est ce même déficit de légitimité qui fait qu’elle a pu être le fer de lance des politiques libérales en Europe, avec l’aval tacite des États qui avaient les coudées moins franches – précisément parce que leurs dirigeants étaient redevables devant leurs mandants. En d’autres termes, certaines de ses raisons sont directement politiques (imposer la culture libérale et ses modes de gouvernement) et d’autres sont liées aux champs de compétences et modes d’action spécifiques qui sont les siens (notamment en matière de régulation sanitaire ou environnementale). Sur ce dernier point, on peut reprendre les thèses de Majone qui définit les politiques suivies par la Commission européenne comme celles d’un État « régulateur », et non plus souverain, d’un État sans grands moyens budgétaires et qui agit via l’édiction de normes portant sur la « qualité » des produits et des processus de production, d’une institution dont le but est d’accroître la place des régulations par les marchés au détriment des formes plus classiques de la régulation par le politique représentatif – d’une institution qui vise à reconfigurer les marchés et les « mieux » normer en termes économiques et environnementaux²². On doit enfin mentionner les institutions qui se sont ralliées plus tard – l’État français et son administration, par exemple – et qui ont mis en place leurs propres règles et pratiques – et leurs propres effets d’annonce.

Le bilan qu’on peut tirer de cette institutionnalisation en termes environnementaux est complexe. Il est limité mais non négligeable – un paradoxe que je souhaite développer. En termes d’impacts « réels », le résultat est souvent faible. Pour le changement climatique, par exemple, les résultats concrets sont réduits, notamment si l’on prend en compte, pour le Nord, les gains dus aux délocalisations industrielles (et qui donc polluent ailleurs), et même si, pour certains pays comme

19. Pestre (2008).

20. Boisvert (2005), Merson (2000).

21. Elle est officiellement instituée comme règle de bonne gouvernance par le Livre Blanc de la Commission des Communautés Européennes de 2001, texte préparé depuis le milieu des années 1990 par des chercheurs en sciences sociales.

22. Majone (1995), Barry (2001).

l'Allemagne, ils ne sont pas nuls (mais il y a eu l'intégration de l'ex-Allemagne de l'Est et la réduction drastique des pollutions engendrées par ses industries anciennes, qui ont été fermées). Le dernier sommet de Copenhague est un autre indice des difficultés rencontrées – comme l'est la préservation de la biodiversité : des réalisations indéniables ici et là, dans le contrôle de l'eau, par exemple, ou autour de l'Agenda 21, où les réalisations locales sont parfois positives, mais les tendances de fond ne sont pas nécessairement inversées de façon radicale. C'est d'ailleurs le bilan très officiel que tire le rapport commandé par le secrétaire général de l'ONU pour le vingtième anniversaire de la conférence de Rio et remis le 30 janvier 2012. Formé à l'image de la Commission Brundtland, le High-Level Panel on Global Sustainability regroupe un grand nombre de ministres – et inclut d'ailleurs Mme Brundtland elle-même. Les conclusions de ce comité sont inquiétantes et je n'en donnerai que deux exemples. Selon ce groupe, les émissions annuelles de carbone ont augmenté de 38% au niveau mondial entre 1990 et 2009, et 85% des stocks de poissons sont aujourd'hui sur-exploités²³.

Les raisons de ces effets limités sont connues. Sans revenir sur les problèmes propres aux cadrages marchands, on peut d'abord dire que, dans la mesure où l'obligation disparaît – il s'agit le plus souvent de « politiques d'incitation » – et que des compensations financières sont possibles pour ceux qui ne se conforment pas aux règles, les résultats ne sont pas toujours au rendez-vous. Il convient aussi d'ajouter que, comme dans la lutte pour la parité entre les sexes en politique, la bataille pour la *sustainability* environnementale et sociale est sans fin. Elle est, dans ce dernier cas, contre l'évidence que la politique est une affaire d'hommes ; elle est, en matière d'environnement, contre la logique des habitudes, les logiques de consommation et de production à bas coûts. Comme l'a écrit autrefois Dasgupta, les acteurs économiques (et beaucoup d'autres) préfèrent que les ressources environnementales restent gratuites et, sans l'édiction de règles contraignantes que seuls des acteurs du type étatique peuvent prendre, il est peu de raisons de les économiser²⁴. Des retours en arrière ne peuvent donc pas ne pas surgir régulièrement sur la ligne d'horizon – ce que la mise en décrets des conclusions du Grenelle de l'Environnement, par exemple, a montré.

L'impact est toutefois essentiel dans un autre registre – parce que les normes et valeurs que portent ces institutions modèlent et contraignent, via l'espace public, les individus, les entreprises, les États, le social. En matière de parité politique, pour prolonger mon analogie, le changement de catégorie et de cadrage des questions – le passage de l'égalité à la parité – a certes rendu invisibles des problèmes antérieurement bien identifiés – par exemple les connotations sociales de l'égalité. Mais, ce faisant, il a permis l'émergence d'un terrain commun, la possibilité d'un dialogue entre femmes de droite et femmes de gauche au Parlement, et donc l'apparition de solutions nouvelles qui ont été inscrites dans la loi²⁵.

De même, le vocabulaire du développement durable et les formes d'action mises en œuvre par les institutions qui le promeuvent ne sont pas sans conséquences. Ces manières de régler le monde – la répétition de la nécessité d'un développement durable d'une part, les conventions du type Aarhus ou Carthagène de l'autre – produisent des effets au quotidien. Ces institutions réactivent constamment l'actualité des questions dont elles ont la charge dans l'espace public, elles contribuent à ce qu'on ne puisse plus les « invisibiliser », les ignorer trop facilement. Elles sont aussi l'occasion de recours légaux ou administratifs, toujours possibles de la part des contestataires, elles sont des ressources pour des actions publiques – et des tribunaux statuent.

Grâce à cette institutionalisation, l'inadmissible et le devoir de la preuve changent souvent de camp. Lorsqu'il est publiquement reconnu que le développement se doit d'être durable, par exemple, c'est à ceux accusés de ne pas respecter ce principe de justifier leurs actions ou leur non-action – et c'est en cela que « développement durable » est un oxymore efficace. Certes, les réalisations concrètes peuvent profondément différer des mots, c'est évident, mais devoir dire sa préoccupation et répéter ses engagements n'est pas sans effet, via l'espace public, sur les consciences et les normes – et sur les pratiques des acteurs. Certes encore, pour reprendre un exemple déjà évoqué, la représentation

23. Sur le site des Nations Unies, <http://www.un.org/wcm/content/site/climatechange/pages/gsp>

24. Dasgupta (2000).

25. Lépinard (2007).

de la relation humains/environnement en termes de « services écologiques » (ou écosystémiques) est hautement problématique en termes philosophiques, politiques et environnementaux, mais elle contribue à maintenir la question écologiste sous les feux des projecteurs, et ce pour tous les acteurs²⁶.

Ces institutions ont donc l'avantage d'être l'incarnation d'un champ de contraintes qui pèse sur le politique, l'univers industriel et la vie sociale – même si tout est cadré d'une façon souple, que certaines solutions sont porteuses de conséquences douteuses, et que les échappatoires sont en pratique nombreuses. Et même la non-obligation, le caractère volontaire des engagements qu'on prend, si caractéristique de la nouvelle gouvernance, a un côté positif. Elle impose un devoir de négocier, elle fait qu'il n'est plus aisé d'agir sans signe de bonne volonté et de concertation – et cela offre aux plus convaincus la possibilité de toujours poser la question de la *sustainability*.

Un idéal dangereux qui est à abandonner

Le développement durable peut enfin être décrit d'une dernière façon : pour beaucoup il est une cible à détruire, une manière de penser le monde qui, si elle ne peut être frontalement attaquée du fait de son aura attractive et affective pour les populations, doit être minée de l'intérieur, refusée autant que faire se peut puisqu'elle constitue une mauvaise politique. Pour illustrer ces positions, je vais donner les arguments qu'on pouvait trouver sur les sites des think tanks conservateurs américains à propos du protocole de Kyoto au lendemain de la conférence de Copenhague de décembre 2009. En vrac – en m'appuyant surtout sur les textes de deux fondations, Heritage et Enterprise –, voici les énoncés qu'on trouve et que je me permets de commenter²⁷.

(1) Selon les dernières données, le réchauffement a faibli durant la dernière décennie ; de toute façon, les analyses scientifiques sur le climat n'ont pas toujours une excellente qualité et elles se manifestent par un manque de transparence – une ligne de discours qui a pris une nouvelle ampleur depuis novembre 2009 et qui consiste à attaquer la solidité des énoncés du GIEC, à montrer que sa science n'est pas waterproof. Cette tactique est classique – les études sur les sciences ont montré qu'on peut toujours affaiblir la solidité d'un argumentaire en visant les caractères particuliers de ses simplifications, qui sont inévitables – et elle est actuellement utilisée contre le GIEC par ceux qui ne veulent pas des contraintes qui découleraient de ses constats ou qui jugent, c'est le cas d'un nombre non négligeable de scientifiques, que ces constats sont devenus une nouvelle doxa qu'il est du devoir des nouveaux « Galilée » de reprendre de façon plus critique.

(2) Second argument : le protocole de Kyoto, tel qu'il existe, est un échec, et il ne conduit pas aux réductions escomptées d'émissions de carbone ; les textes pointent le cas du Canada, voire du Japon, qui font moins bien que les États-Unis – bien que ceux-ci ne soient pas parties au protocole et qu'ils laissent les marchés agir sans réduire la croissance. La ligne d'argument est ici que les engagements volontaires n'engagent que ceux qui y croient et qu'un peu moins de naïveté est un bien commun qu'il serait sage de répandre.

(3) La troisième ligne critique vise ce qui est au cœur, ce qui fonde toute approche sociale-démocrate, pour reprendre mon vocabulaire initial, à savoir son engagement pour un partage, son engagement pour une cité de justice civique et qui pense l'équité. L'argument prend plusieurs formes, notamment le refus de considérer les responsabilités passées – une ligne d'argument qui a pris ses formes contemporaines avec les think tanks conservateurs dans les États-Unis des années 1990 et durant l'ère Bush. Transversalement aux idéaux des défenseurs du protocole de Kyoto, ils réaffirment des principes de *Realpolitik* durs – le fait que nous sommes toujours en guerre, ne serait-ce qu'en guerre économique. Cette idéologie de la guerre nécessaire, de la guerre juste et de la guerre préventive (car il ne s'agit pas que de guerre économique) a pris valeur de dogme dans les années 2000-2008. Elle reste aujourd'hui très présente, et ses implications quant au fait que nous

26. Ranganathan *et al.* (2008).

27. The Heritage Foundation, <http://www.heritage.org> ; American Enterprise Institute for Public Policy Research, <http://www.aei.org/home>.



Dessin de Robert Rousso paru dans *le Courrier de l'environnement de l'INRA* n°44.

n'avons pas à faire repentance se retrouve sous des formes atténuées, en France, dans les discours du président Sarkozy. Les États-Unis n'ont donc pas à jouer les victimes, le Nord n'a pas à payer « d'éco-réparations » – contrairement à ce que demandent les « activistes ». La conclusion est que la Chine ou l'Inde n'ont pas à être traitées de façon différente des États-Unis, qu'elles doivent donc payer, comme les autres, au prorata de leurs émissions actuelles.

(4) Le quatrième argument repose sur une évaluation (implicite mais idéologiquement efficace) des aides au développement et des effets pervers qu'ils ont parfois (souvent ? toujours ?) produit dans le passé. Payer pour le développement des autres ne constitue pas une politique de développement satisfaisante, et les marchés libérés d'entraves sont beaucoup plus efficaces – comme le prouve le développement de nombre de pays du Sud depuis la libéralisation des années 1980. Le Nord n'a d'ailleurs pas à transférer ses technologies sans contreparties, notamment pour les pays en plein développement, comme la Chine. Ces transferts doivent être laissés à l'initiative des acteurs économiques et des marchés – à moins de renoncer aux droits les plus élémentaires (la propriété, par exemple) ou de choisir de se suicider !

(5) Autre argument : le coût des accords de type Kyoto est trop élevé pour l'économie (américaine). Quoi qu'il en soit, le gain en température qu'ils permettent reste marginal par rapport à ces coûts, et d'autres solutions, notamment techniques, vont apparaître. La ligne de pensée est ici que, après la période doctrinaire et d'agitation militante, après la phase d'activisme des écologistes radicaux et irresponsables, mais aussi après l'ère des belles âmes du développement durable coordonné et partageur, nous entrons enfin dans l'ère plus raisonnable des technologies vertes qui vont changer radicalement la donne. Et ici les marchés restent les meilleurs outils dont nous disposons. C'est que, de toute façon – et ce principe ne peut évidemment être contesté – c'est aux marchés de résoudre la question climatique, comme il résout toutes les autres. Si la question environnementale est réelle, des correctifs s'y feront jour, et au meilleur coût.

(6) Sixième type d'argument, qui porte sur ce que sont les relations internationales, sur ce qui fonde la géopolitique « réelle », sur ce qu'est la nature des relations que les États entretiennent. Le point est double. Il porte sur la place centrale des États, sur le fait qu'ils constituent la base souveraine de toute régulation et que l'équilibre des forces entre pays est le cœur des relations internationales. Il porte ensuite sur le fait qu'aucune instance « supérieure » ne peut s'immiscer entre eux, que le multilatéralisme est un danger, un mythe, une naïveté politique. Les accords multilatéraux, surtout s'ils sont contraignants, sont une atteinte à la souveraineté – des États-Unis – et ne constituent pas des solutions viables. De plus, bien sûr, il n'est aucune raison de faire confiance aux Nations Unies pour administrer des fonds – et encore moins des fonds qui proviendraient des contribuables américains. D'ailleurs, les Nations Unies ont maintes fois prouvé combien elles étaient vulnérables aux détournements et aux pires tyrans.

Ces raisons de Realpolitik sont au cœur de l'échec du sommet de Copenhague – et elles renvoient à la seconde transformation majeure des deux dernières décennies, au côté de celle qui a cherché à instaurer une gouvernance et un développement durables négociés et partagés. À savoir : le retour à un libéralisme économique militant couplé à une révolution conservatrice défendant l'inévitabilité du conflit des civilisations.

La philosophie du néolibéralisme a plusieurs facettes. L'une d'elles nous importe ici, celle exposée par Hayek dès son livre *The Road to Serfdom*, qui tient toute idée d'anticipation et de planification, même indicative, comme une *hubris* à abandonner²⁸. L'idée que l'esprit humain puisse saisir la complexité du monde économique et social – sans même parler de la complexité de ses interactions avec le système Terre – et qu'il puisse en déduire des politiques collectives qui soient efficaces est un leurre. Les humains sont incapables de le faire, les actions qu'ils entreprennent sur cette base ont toutes les chances de produire plus de dégâts que de bien – parce que l'esprit humain est trop limité et que seuls les marchés calculent efficacement. Remettre donc dans les mains d'une bureaucratie internationale prétendant savoir, mais de fait déconnectée des réalités économiques et politiques, et ainsi perturber le jeu naturel et efficace des marchés, est une hérésie dont sont coupables le développement durable et ses institutions associées – comme l'étaient précédemment le

28. Hayek (1944). La question des limites de l'esprit humain, même collectif, lorsqu'il cherche à comprendre le monde et à définir des politiques efficaces, est réelle. Mais cela n'implique en rien que nous ne pouvons ou ne devons rien faire consciemment et délibérément. En admettant même que les marchés puissent être des calculateurs efficaces, les valeurs « d'efficacité » qu'ils véhiculent n'épuisent pas ce que les sociétés humaines peuvent souhaiter réaliser. D'autres modes de régulation sont donc à mobiliser et les affirmations de Hayek doivent être prises pour ce qu'elles sont d'abord : un programme politique.

rêve social-démocrate et la place indue qu'il attribuait à l'État dans la régulation. Certes, on peut lire ces déclarations comme une défense d'intérêts bien compris, mais il s'agit aussi de convictions profondes qui sont reprises par des segments importants des populations nord-américaines et mondiales.

Ces convictions sont d'autant plus profondes qu'elles se sont couplées à une révolution conservatrice qui a fait resurgir, comme règle de vie, une sorte de nouvelle guerre généralisée des intérêts et des cultures rebaptisée guerre de civilisations. Elle a conduit à la stigmatisation des autres (l'Empire du Mal) et à dire l'inanité qu'il y aurait à entrer en délibération avec de tels gens. Cette révolution conservatrice mène au repli sur soi et à une autre gamme de valeurs primordiales. En cela, pourrait-on dire, elle nous recommande de ne pas faire confiance aux autres – aux antipodes de l'idée d'un développement consciemment maîtrisé et construit en commun par la discussion²⁹.

Chronologiquement, ce phénomène se met en place en parallèle à la révolution libérale initiée par Pinochet, Thatcher et Reagan – qui est bien sûr aussi une révolution dans les valeurs – mais elle ne prend son nouveau cours, notamment pour les relations internationales, qu'après la chute du mur de Berlin. Ceux qui ont été appelés les néoconservateurs commencent leurs campagnes au début des années 1990. Décidés à faire jouer un rôle unique aux États-Unis sur la nouvelle scène géopolitique, un rôle de gardien de la sécurité les plaçant au-dessus des règles communes, ils récuse tout processus de gouvernance partagée qui les impliquerait. Ils réaffirment la primauté des États et de leurs intérêts, avec comme objectif premier une refondation du Moyen-Orient, affirmée dès le milieu des années 1990. Arrivés au pouvoir en 2000 avec l'élection de G.W. Bush, et notamment du fait des événements du 11 septembre, ces néoconservateurs appuient une révolution culturelle venant des profondeurs du pays et se lancent dans la guerre chaude, en Afghanistan puis en Irak, et dans la guerre contre le terrorisme. La valeur qui émerge alors comme centrale n'est plus celle de concertation, mais celle de sécurité.

À mon sens, c'est l'existence de ces deux projets de société antagoniques – celui du développement durable et celui conservateur et néo-libéral –, mais surtout leur rencontre frontale au moment où des engagements concrets ont à être pris, qui donne la clé de l'échec de Copenhague. Je pense que le résultat de décembre 2009 révèle une situation présente antérieurement mais alors non déployée, et il devrait conduire l'Europe, qui a mis au cœur de ses actions l'idée de développement durable, à sortir d'un *wishfull thinking* énonçant que son projet ne pouvait pas ne pas être la solution évidente et partagée par tous. Non que ce projet soit sans pertinence face à la situation, bien au contraire ; non qu'il ne faille pas tenter de faire réussir ce projet de société, dont je pense qu'il est juste. Mais la partie sera plus rude que prévu, et il faut agir en connaissance de cause puisque nous n'allons pas en pente douce vers la « gouvernance heureuse ». Des intérêts réels, des logiques différentes et d'autres projets de société sont là, et ils sont bien représentés. Certes encore, le projet de développement durable jouit d'un *a priori* positif dans certains segments des populations mondiales, et cela peut s'avérer décisif dans le futur, mais il n'est ni universel dans ses évidences, ni sans contradictions ni points aveugles.

Quel que soit notre attachement au développement durable, au partage des savoirs et aux modes collectifs de décision, quelle que soit la grandeur de ces idéaux dont nous pouvons avoir un sens profond et intérieur, nous devons savoir que le monde social est ainsi fait que cette évidence n'est pas partagée, qu'elle sera au contraire combattue. Cela peut-il conduire à la catastrophe ? C'est possible, car les civilisations sont mortelles, car les collectifs humains sont capables de s'autodétruire³⁰. Tenter d'inverser cette issue n'en est donc que plus essentiel. C'est pourquoi il nous faut à nouveau reprendre cette conversation, non pas sur la base d'une idée simple, mais sur celle de la variété des enjeux, de la complexité des situations, de la variété des solutions possibles et des effets indésirables qu'elles peuvent produire – et d'analyses « froides » sur ce qui peut advenir.

29. Sur la guerre des civilisations, Huntington (1997) ; voir aussi Pestre (2009).

30. Diamond (2005).

Références bibliographiques

- AUBERTIN C., PINTON F., BOISVERT Valérie, 2007. *Les marchés de la biodiversité*, IRD, Paris.
- AUBERTIN C., VIVIEN F.D., 2010. *Le développement durable. Enjeux politiques, économiques et sociaux*, La Documentation française, Paris.
- BARRY A., 2001. *Political Machines. Governing a technological society*. The Athlone Press, Londres.
- BOISVERT V., 2005. Bioprospection et biopiraterie : le visage de Janus d'une activité méconnue. Quel développement durable pour les pays en voie de développement ? *Cahier du GEMDEV*, 30, p. 123-136.
- CONSTANT B., 1819. *De la liberté des Anciens comparée à celle des Modernes*, <http://www.panarchy.org/constant/liberte.1819.html>
- DACCACHE M., 2011. La rationalisation économique du rapport à la biodiversité : éléments d'ethnographie. *Quaderni*, 76, Automne, p. 53-65.
- DASGUPTA P., 2000. Science as an institution: setting priorities in a new socio-economic context. World Conference on Science, *Science for the XXIst century: a new commitment*. UNESCO, Paris, 264-271.
- DERRIDA J., 1994. *Politiques de l'amitié*, Galilée, Paris.
- DIAMOND J., 2005. *Collapse. How societies choose to fail or succeed*, Penguin Books, New York.
- FITOUSSI J.P., 2004. *La démocratie et le marché*, Grasset, Paris.
- FOURCADE M., 2011. Cents and sensibility : economic valuation and the nature of 'Nature'. *American Journal of Sociology*, 116,6, p. 1721-77.
- FRESSOZ J.B., 2012. *L'apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Seuil, Paris.
- GALLARDO S., 2008. *La folie développement durable*: http://histgeo.ac-aix-marseille.fr/a/stg/stg002_folie.pdf
- HABERMAS J., 1984, 1987. *The theory of communicative action* [vol. 1. Reason and the rationalization of society ; vol. 2. Critique of functionalist reason], Beacon Press, Boston.
- HAYEK F. A., 1944. (rééd. 2007). *The road to serfdom*, The University of Chicago Press, Chicago.
- HUNTINGTON S.P., 1996. *The clash of civilizations and the remaking of the world order*, Simon and Schuster, New York. [Trad. fr. : *Le choc des civilisations*, Odile Jacob, Paris, 1997].
- KWA C., VAN HEMERT M., 2011. Engineering the Planet : the issue of biodiversity in the framework of climate manipulation and climate governance. *Quaderni*, 76, automne, p. 79-89.
- LARRÈRE C., LARRÈRE R., 1997. *Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement*, Alto Aubier, Paris.
- LÉPINARD É., 2007. *L'Égalité introuvable : la parité des féministes et la République*, Presses de Sciences Po, Paris.
- MAJONE G., 1995. The European Community as a regulatory state, Series of Lectures of the Academy of European Law.
- MARIS V., 2012. De la nature aux services écosystémiques – une commodification de la biodiversité. *Éco-Rêve*, 38, p. 19-23.
- MERSON J., 2000. Bio-prospecting or bio-piracy : intellectual property rights and biodiversity in a colonial and postcolonial context, in : *Osiris*, Nature and Empire, Science and the Colonial Enterprise, 15, p. 282-296.
- PESTRE D., 2007. The historical heritage of the XIXth and XXth centuries: techno-science, markets and regulations in a long-term perspective. *History and Technology*, 23,4, 407-420.
- PESTRE D., 2008. Challenges for the democratic management of technoscience: governance, participation and the political today. *Science as Culture*, 17, 2, 101-119.
- PESTRE D., 2009. Understanding the forms of government in today's liberal societies: an introduction. *Minerva*, 47, 243-260.
- RANGANATHAN J., BENNETT K., RAUDSEPP-HEARNE C., LUCAS N., IRWIN F., ZUREK M., ASH N., WEST P., 2008. *Ecosystem services: a guide for decision makers*, World Resources Institute, Washington DC.
- ROYAL SOCIETY, 2009. *Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty*. Royal Society, London.
- STENGERS I., 1999. Le développement durable : une nouvelle approche, *Alliages*, 40, 31-39.
- VIVIEN F.D., 2005. *Le développement soutenable*, La Découverte, Paris, .
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987. *Our common future*, Oxford University Press, Oxford, New York.
- ZACCAI E., 2002. *Le développement durable. Dynamique et constitution d'un projet*, Peter Lang, Bruxelles.
- ZACCAI E., 2009. Développement durable : l'idéologie du XXI^e siècle. Idéologies, le retour de flamme. *Sciences humaines*, « Grands Dossiers », 14.

Théories de l'action collective et biens communs

Jacques Weber

CIRAD, ancien directeur de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité

jacques.weber@cirad.fr

L'action collective est un champ de connaissance qui, parti des sciences politiques et du management, s'est invité dans les sciences économiques et sociales de façon croissante depuis le sommet de Rio en 1992. Marqué par le prix Nobel d'économie décerné à Elinor Ostrom en 2009, l'action collective a irrigué les recherches sur la gestion des biens non privatifs, biens publics et biens communs.

Les recherches de la communauté scientifique travaillant sur la gestion des ressources communes partent de la « logique de l'action collective » de Mancur Olson (1965). Le problème de l'action collective selon Mancur Olson est posé en termes de choix individuels, et le choix collectif en est la somme : l'approche est individualiste méthodologique et la théorie des jeux peut être employée. Les travaux de Elinor Ostrom s'inscrivent initialement dans cette voie, comme en témoigne son ouvrage fondateur, *Governing the Commons*. Mais dans ce même ouvrage, Elinor Ostrom va découvrir que l'action collective va au-delà de simples calculs coûts-bénéfices individuels et que la coopération tend à l'emporter là où la théorie voudrait qu'elle échoue. Le dilemme du prisonnier¹, paradigmatique, n'est pas cohérent avec un monde dans lequel les acteurs discutent entre eux.

Biens publics, biens communs en économie

Un bien public est un bien qui est non rival et de l'usage duquel on ne peut exclure quiconque : l'usage d'un bien public par un individu ne réduit pas les possibilités d'usages par d'autres.

Un bien commun – ou une ressource commune (*common pool*) – est un bien dont l'usage par les uns limite les possibilités d'usage par d'autres. Il est dit « rival ». Il est par ailleurs possible d'exclure des usagers. Enfin, une ressource commune est susceptible de dégradation, voire de disparition, par l'usage. Il en va ainsi de l'extinction d'espèces marines par surpêche.

Le déploiement des recherches sur les ressources communes s'est accompagné de ruptures épistémologiques et méthodologiques en synchronie avec l'évolution des outils de modélisation, notamment informatiques (Jansen *et al.*, 2011 ; Le Page *et al.*, 2012) . En France, une équipe interdisciplinaire, CIRAD-Green, est créée en 1993, sur des bases conceptuelles proches de celles de l'équipe Ostrom. Elle se dotera d'une plateforme de simulation multi-agents (SMA) appelée Cormas, permettant de simuler la dynamique des interactions entre des « objets » ou « agents » au sens informatique, pouvant être aussi bien des humains que des animaux ou végétaux ou encore des cours d'eau ou des routes, dotés de connaissances et de règles². Puis, cette équipe a développé

1. Le dilemme du prisonnier est un exemple de la théorie des jeux : la coopération n'est jamais sélectionnée par un joueur rationnel dans les situations où deux joueurs auraient intérêt à coopérer, mais où les incitations à trahir l'autre sont fortes, et que le jeu n'est joué qu'une fois. Le problème est celui de l'adéquation entre la recherche d'un intérêt individuel et l'intérêt collectif.

2. <http://cormas.cirad.fr>



Dessin de Robert Rousso paru dans *le Courrier de l'environnement de l'INRA* n°36.

des jeux de rôles associés à des SMA, la question de recherche qui sous-tend ces développements étant la suivante : comment des individus exploitant des ressources communes élaborent des règles et les font évoluer ? Il s'agit là d'une question qui ne peut être posée par des jeux expérimentaux dans lesquels les joueurs suivent des protocoles prédéfinis. Des relations scientifiques constantes depuis la fin des années 1980, ont permis à ces démarches de traverser l'Atlantique, et contribué à une nouvelle dynamique autour d'une question essentielle : qu'est-ce que la confiance ? Comment se construit-elle ? L'ouvrage *Working together* de Poteete *et al.* (2010) fait le point sur l'évolution des questions et méthodes dans le domaine de l'action collective, en centrant cette revue sur l'émergence de règles collectives efficaces et adaptatives, pour l'exploitation de ressources renouvelables et des biens communs.

L'action collective dans le champ des biens communs a joué un rôle important dans la compréhension des interactions entre dynamiques sociales et dynamiques écologiques et marqué fortement la création de la « *resilience alliance* »³ et celle de la revue *Ecology and Society* (<http://www.ecologyandsociety.org>). En 1989 est créée l'Association internationale pour l'étude de la propriété commune (IASCP)⁴. Elle tiendra sa première conférence à Winnipeg (Canada) dès 1991 avec plus de 300 participants (dont deux Français...), soit un an après la publication de l'ouvrage séminal de Elinor Ostrom, et deux ans après la publication par *Nature* de l'article de Berkes *et al.* (1989) intitulé « *Benefits of the Commons* ». Ce dernier est une critique en règle de l'article de Garret Hardin publié par *Nature* en 1968 : « *Tragedy of the Commons* ». La « tragédie des communs », très rapidement devenue paradigme, avait légitimé l'affirmation par les économistes et les agences internationales (Banque Mondiale, FAO) ou bilatérales, de la privatisation des ressources et des espaces comme panacée pour le développement. Il en était résulté des catastrophes écologiques et sociales dans

3. Le réseau international Resilience Alliance est un réseau de recherche de référence mondiale sur la modélisation des systèmes complexes et la résilience des systèmes socio-écologiques. Il édite la revue *Ecology and Society*. Voir www.resalliance.org

4. En anglais IASC, International Association for the study of the Commons, www.iasc-commons.org. Voir aussi le site de la Digital Library of the Commons : <http://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/>

les pays d'élevage nomade, chez les Masaï de Tanzanie (Rutten, 1992) ou les Peuls du Ferlo au Sénégal. Dès 1996, Bousquet *et al.* montraient par simulations qu'en situation de dilemme du prisonnier répété et spatialisé, ni la coopération ni la trahison ne l'emportaient (Bousquet *et al.*, 1996). Ils retrouvaient des résultats proches de ceux de Novak *et al.* (1995) sur les origines de la coopération dans la nature.

Les théories de l'action collective ont abordé de nombreux domaines : biens et ressources communs, dynamique des réseaux sociaux comme internet (Hess, 2008), propriété intellectuelle et émergence de « *global commons* » – c'est à dire les logiciels libres, les « *creative commons* » aussi bien que les jardins partagés, la sélection végétale collaborative, ou encore la gestion des canaux de radio et télévision... Elles investissent de plus en plus la recherche sur les formes d'économie sociale et de solidarité.

Les chercheurs remarquent que la taille des communs est la principale difficulté que rencontre l'action collective. Ils observent que progressivement se constituent des groupes locaux dont l'interconnexion permet de mieux assurer la viabilité de l'ensemble à grande échelle. Ainsi de Facebook, LinkedIn entre autres réseaux sociaux sur lesquels des groupes restreints « d'amis » ou de « collègues » se constituent, qui vont mailler le grand réseau.

Une des conclusions majeures de plus de trente années de travaux de recherche et de centaines de doctorats est ainsi résumée par Elinor Ostrom : les collectifs d'utilisateurs sont plus efficaces dans la gestion de ressources communes que l'État ou le marché. En un temps où les modes centralisés de coordination sont dépassés par la coordination en réseaux, ces résultats sont encourageants en ce qu'ils réaffirment la primauté du lien social sur toute forme de « recette » technocratique. Marginales jusqu'au prix Nobel d'Elinor Ostrom, ces recherches prennent une ampleur croissante du fait de la crise mondiale et des difficultés du modèle classique de l'actionnariat face aux modèles coopératifs/mutualistes à travers le monde. Au cœur de la démonstration se trouve la confiance : de quoi s'agit-il, comment émerge-t-elle ? Déjà, dans les années 1990, certains économistes avaient abordé les échanges sous cet angle (Rouchier, 2000) et Alan Kirman (Kirman et Vriend, 2000) en explorait les ressorts sur le marché au poisson de Marseille.

Les raisons pour lesquelles la théorie conventionnelle des choix collectifs est inadéquate à la compréhension des biens communs sont résumées par Ostrom (2011). Leurs auteurs comme Olson, Hardin et d'autres (en France, par exemple, Crozier et Friedberg, 1981), supposent que les individus courent après la maximisation de bénéfices à court terme. Ils prédisent que personne ne coopérera pour le bénéfice collectif dans des situations de dilemme : « cavalier seul » ou surexploitation sont alors envisagées comme stratégies dominantes au sens de la théorie des jeux. Cette théorie standard est largement enseignée dans les universités.

Pour améliorer les résultats de cette théorie conventionnelle, il est supposé que de nouvelles règles doivent être imposées de l'extérieur, par l'État ou le propriétaire privé. La théorie standard prévoit en effet que les participants ne peuvent s'auto organiser. Il est donc demandé aux scientifiques de développer des modèles en vue de concevoir des solutions optimales.

Ces théories, nous l'avons dit, ne se vérifient que dans des expériences sans communication entre les acteurs. Dans les expériences avec communication, des niveaux élevés d'action collective sont observables.

Faire évoluer la théorie conventionnelle vers une théorie comportementaliste suppose de faire les hypothèses suivantes :

- les individus sont bien intentionnés mais ont une rationalité limitée ;
- les individus ont des capacités d'apprentissage, notamment des règles sociales ;
- les individus apprennent les normes et préférences d'autrui.

La confiance résulte d'une assurance de réciprocité dans l'action ou l'engagement. La coopération qui en résulte accroît les bénéfices mutuels. La figure ci-après en donne une illustration.

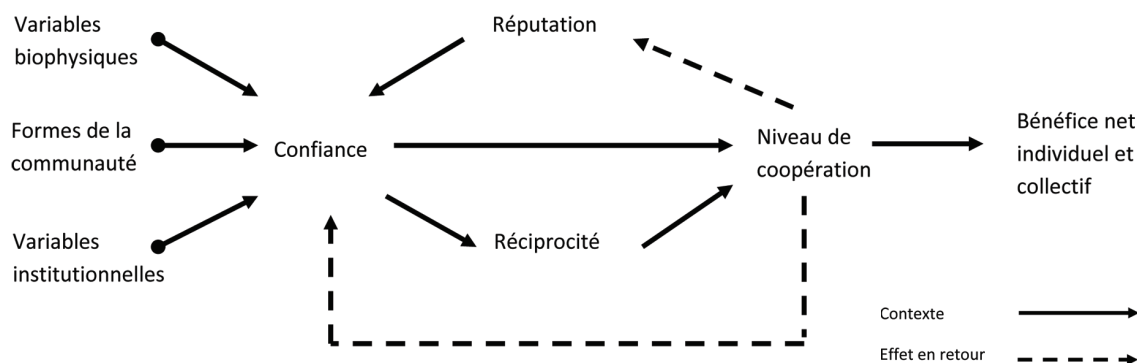


Figure 1. Contexte et effets en retour. D'après Orstrom et Walker, 2003.

Les institutions ressortent de la même logique, dans la mesure où elles se définissent comme des accords entre au moins deux individus ou groupes s'imposant à plus que ces deux individus ou groupes. La viabilité des institutions dépend de la confiance que les acteurs ont en elles et de leur capacité à maintenir cette confiance. La perte de confiance envers l'institution du mariage par exemple est en bonne partie à l'origine de son érosion. La présidence de la république, institution majeure, perd sa substance en cas de perte de confiance et les textes constitutionnels (autre institution majeure) sont là pour éviter que la perte de confiance en un président ne devienne une perte de confiance en l'institution présidentielle.

On comprend pourquoi les recherches sur les biens communs, les formes de propriété, la confiance, sont d'une grande importance pour l'économie sociale : la *Revue internationale de l'économie sociale* a pu voir dans l'attribution du Nobel à Elinor Ostrom « un témoignage insigne de l'actualité de l'économie sociale (...). Ce prix intervient au moment où, partout dans le monde, des populations s'organisent pour récupérer des biens communs qui ont été aliénés (par exemple des sous-sols exploités par des multinationales).

L'un des apports décisifs de E. Ostrom est précisément de montrer que, loin d'être des ressources, les communs sont une forme de propriété collective : il n'y a pas de commun sans communauté. Traduisons : ni d'entreprise d'économie sociale sans collectif de sociétaires » (Draperi, 2009). Si l'auteur sort quelque peu du cadre conceptuel d'Ostrom, il n'en illustre pas moins la rencontre entre recherches sur les biens communs et recherches sur l'économie sociale.

La rencontre est d'importance majeure, à la veille du Sommet Rio+20, dans un contexte de crise mondiale très profonde, qui voit la croyance en un marché régulateur omniscient et omnipotent mise en cause. Dans ce contexte d'instabilité croissante, les formes d'organisation à base d'actionnariat et de maximisation du profit sont mises à mal. Par contre, les formes d'organisation propres à l'économie sociale, coopératives, mutuelles, associations, tendent à moins mal supporter la crise. Un haut responsable d'une grande compagnie d'assurances disait voir dans la concurrence « déloyale » (*sic !*) des mutuelles la cause d'une partie des difficultés de son entreprise. Il définissait comme « déloyale » cette concurrence parce que les mutuelles n'ayant pas à rémunérer d'actionnaires pouvaient avoir des prix plus bas ! Il est sûr que l'organisation d'usagers dans des formes coopératives/mutualistes d'entreprise est moins coûteuse, plus stable et plus tournée vers la solidarité que la forme capitaliste, cette dernière substituant en outre la charité à la solidarité, à l'instar de certaines grandes fortunes. Rio 92 appelait à la solidarité intergénérationnelle ; l'économie sociale appelle à la solidarité immédiate, et à l'organisation des acteurs sur des bases volontaires, collaboratives. Les avancées des théories de l'action collective et des biens communs trouveront là une de leurs raisons d'être.

Références bibliographiques

- BOUSQUET F., DUTHOIT Y., PROTON H., LE PAGE C., WEBER J., 1996. *Tragedy of the commons game theory and spatial simulation of complex systems*. In : *Ecologie, société et économie, quels enjeux pour le développement durable?* Conférence de la Société européenne d'écologie économique, Guyancourt, France, Mai, 8 p.
- CROZIER M., FRIEDBERG E., 1981. *L'acteur et le système : les contraintes de l'action collective*. Paris, Seuil, 500 p.
- DRAPERI J.F., 2009. L'économie sociale n'est pas un ensemble d'entreprises. *Revue internationale de l'économie sociale*, 314, (éditorial), www.recma.org
- ETIENNE M. (Coord.), 2010. *La modélisation d'accompagnement, une démarche participative en appui au développement durable*. Quae, Paris, 384 p.
- GUNDERSON L.H., HOLLING C.S. (Eds.), 2001. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, 448 p.
- HENRY C., STIGLITZ J.E., 2010. Intellectual Property, Dissemination of Innovation and Sustainable Development. *Global Policy*, 1, 3, 237-251.
- HESS C., 2008. Mapping the New Commons. Communication to Governing Shared Resources: Connecting Local Experience to Global Challenges. *XIIth Biennial Conference of IASCPs*, University of Gloucestershire, Cheltenham, England, July 14-18, 74 p.
- JANSSEN M.A., BOUSQUET F., OSTROM E., 2011. A multimethod approach to study the governance of social-ecological systems. *Natures, Sciences, Sociétés*, 19, 4, 382-395
- KIRMAN A., VRIEND N., 2000. Evolving Market Structure: A Model of Price Dispersion and Loyalty for the Marseille Fish Market, in: Delli Gatti D., Galletti M., Kirman A. (Eds.), *Interaction and Market Structure*, Springer Verlag, Heidelberg.
- LEPAGE C., BECU N., BOMMEL P., BOUSQUET F., 2012. Participatory Agent-Based Simulation for Renewable Resource Management: The Role of the Cormas Simulation Platform to Nurture a Community of Practice. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 15 (1) 10, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/15/1/10.html>
- NOVAK M.A., MAY R.M., SIGMUND K., 1995. The Arithmetics of Mutual Help. *Scientific American*, 272 (6), 76-83.
- OLSON M., 1965. *Logic of Collective Action*, Harvard University Press, 176 p. [*Logique de l'action collective*, 1978, PUF, Paris, 200 p.]
- OSTROM E., 1990. *Governing the Commons*. Cambridge University Press, Cambridge, 298 p.
- OSTROM E., WALKER J. (Eds.), 2003. *Trust and Reciprocity: Interdisciplinary Lessons from Experimental research*. Russell Sage Foundation, New York, 409 p.
- OSTROM E., 2011. *Neither Market nor State: Community Organization of Resources*. Conference given in Montpellier, June 20th, 2011.
- OSTROM E., BURGER J., FIELD C.B., NORGAAARD R., POLICANSKY D., 1999. Revisiting the Commons: Local Lessons, Global Challenges. *Science*, 284, 5412, 278-282.
- POTEETE A.R., JANSSEN M.A., OSTROM E., 2010. *Working Together: Collective Action, The Commons, and Multiple Methods in Practice*. Princeton University Press, Princeton, 370 p.
- ROUCHIER J., 2000. *La Confiance à travers l'échange. Accès aux pâturages au Nord-Cameroun et échanges non-marchands : des simulations dans des Systèmes Multi-Agents*. Thèse de l'université d'Orléans, 350 p.
- RUTTEN M.M.E.M., 1992. *Selling wealth to buy poverty: The process of the individualization of landownership among the Maasai pastoralists of Kajiado District, Kenya*. Verlag Breitenbach, Saarbrücken, Germany, 510 p.

De la conférence de Rio au Grenelle de l'environnement : l'ouverture du droit français à la participation du public

Eliaz Legrand-Coignard¹

Diplômé de master de droit public

sat.wass3r@gmail.com

Le Sommet de la Terre qui s'est tenu à Rio de Janeiro en juin 1992 a eu une importance capitale en ce qui concerne la participation du public aux processus décisionnels en matière d'environnement. Les principes adoptés à Rio ont rapidement trouvé un écho dans le droit communautaire, puis en droit français.

Il a paru intéressant de faire le point sur ce qui fonde en droit la participation du public à quelques mois de l'ouverture de « Rio+20 » qui écrira peut-être une nouvelle page de celle-ci.

Dans le droit international

Le droit international a rapidement donné une grande importance à la prise en compte des intérêts des parties prenantes, puis des citoyens.

Les prémisses

La déclaration de Stockholm, du 16 juin 1972², a posé les bases du concept du développement durable³, dont découle la responsabilité sociétale des entreprises, et de cette dernière, selon la doctrine, la notion juridique de partie prenante⁴. Elle a affirmé le droit de l'homme à un environnement de qualité, énonçant au travers de ce principe que le public se devait de prendre ses responsabilités afin de sauvegarder ledit environnement, d'en améliorer la qualité⁵.

En 1982, la Charte mondiale de la nature⁶ énonce que toute personne a la possibilité de participer, individuellement ou avec d'autres, à l'élaboration des décisions qui concernent directement son environnement (§23).

En Europe, la Résolution n° 171 de 1986⁷, intitulée « Région, environnement et participation » comprend des dispositions sur la participation du public au processus décisionnel en matière d'environnement. Elle demande notamment aux régions et collectivités territoriales d'« informer de manière claire et précise les citoyens de toute mesure prise ou à prendre en matière d'environnement étant donné l'incidence directe de ces questions sur la qualité de la vie ».

1. À partir d'un rapport de stage de Master 2 en droit public. Université du Maine, 111 pages.

2. Issue de la Conférence des Nations-Unies sur l'environnement du 5 au 16 juin 1972.

3. Quant aux difficultés relatives à la détermination du terme « durable », voir Chantal Cans, Le développement durable en droit interne : apparence du droit et droit des apparences, *AJDA* 2003, p. 210.

4. Marianne Moliner-Dubost, Démocratie environnementale et participation des citoyens, *AJDA* 2011, p.259.

5. Principes n°1 à 19.

6. Adoptée par l'Assemblée générale de l'ONU le 28 octobre 1982, résolution n°37/7.

7. Adoptée le 14 octobre 1986 par la Conférence permanente des pouvoirs locaux et régionaux de l'Europe, sous l'égide du Conseil de l'Europe.

Ce sera ensuite la Déclaration de Rio⁸ qui, en plus d'établir l'Agenda 21⁹, formalisera ces déclarations. Dans ses principes 1 à 10, elle énonce notamment que « les êtres humains [...] ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature ». Est précisé « [qu']au niveau national, chaque individu doit avoir dûment accès aux informations relatives à l'environnement [...] et avoir la possibilité de participer aux processus de prise de décision ».

Son principe n°10 énonce d'ailleurs de façon limpide que « la meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens ». Ce principe est repris dans le chapitre 28 de l'Agenda 21.

Ce dernier, bien que dénué de toute force juridique, énonce que « [les collectivités] jouent, au niveau administratif le plus proche de la population, un rôle essentiel dans l'éducation, la mobilisation et la prise en compte des vues du public en faveur d'un développement durable ». La doctrine dit que les collectivités sont indispensables « à l'élaboration des stratégies les plus appropriées [afin] de répondre ainsi plus précisément à leurs attentes en matière de développement durable¹⁰ ».

La Convention d'Aarhus

Elle a été élaborée dans le cadre de la Commission économique pour l'Europe des Nations-Unies (UNECE), plate-forme multilatérale regroupant 56 États d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Asie centrale, qui a notamment pour rôle la mise en œuvre au niveau régional des résultats des sommets et conférences mondiales de l'ONU.

Cette Convention d'Aarhus, du 25 juin 1998, qui compte 22 articles, dispose ainsi dans sa partie introductive que « les citoyens doivent avoir accès à l'information, être habilités à participer au processus décisionnel et avoir accès à la justice en matière d'environnement¹¹ ». Elle précise en outre, dans son article 6, §2, que « lorsqu'un processus décisionnel touchant l'environnement est engagé, le public concerné est informé comme il convient, de manière efficace et en temps voulu, par un avis au public ou individuellement, selon le cas, au début du processus ».

De même est énoncé que « les ONG qui œuvrent pour la protection de l'environnement et qui remplissent les conditions de droit interne sont réputées avoir un intérêt » (à agir). La convention d'Aarhus, en vigueur depuis le 30 octobre 2001, repose donc sur un principe fondamental selon lequel plus la sensibilisation des citoyens est grande, plus le sera leur implication dans les processus décisionnels. Et en leur permettant d'avoir accès à toutes les informations relatives aux problèmes environnementaux, l'on permet une meilleure protection de l'environnement aux yeux des rédacteurs et signataires de cette Convention.

Le premier volet de la Convention prévoit des droits et obligations relativement précis en matière d'accès à l'information, et notamment concernant les délais de transmission des motifs dont disposent les autorités publiques pour refuser l'accès à certains types d'information¹².

Son deuxième volet concerne la participation du public au processus décisionnel. Selon la Convention et ses différentes annexes, cette participation se doit notamment d'être assurée dans la procédure d'autorisation de certaines activités spécifiques (comportant de forts risques pour l'environnement et les citoyens). Dans le cadre de ce régime d'autorisation, la participation du public doit être impérativement prise en considération dans la décision finale d'autorisation de l'activité.

8. Issue du Sommet de la Terre du 3 au 14 juin 1992.

9. Programme d'action pour le XXI^e siècle énumérant plus de 2500 recommandations quant à la mise en œuvre des 27 principes qu'il énumère. Les États signataires de la Convention de Rio s'engagent à le mettre en place aux niveaux national et local. Toutes les collectivités territoriales desdits États ont l'obligation de mettre en place l'Agenda 21 à leur échelle en y intégrant les principes du développement durable à partir d'un mécanisme de consultation de la population.

10. Marie-José Del Rey, Agenda 21 : mode d'emploi, *AJ Collectivités territoriales* 2011, p.230.

11. Convention d'Aarhus, §8, p. 2.

12. Trois cas justifient un refus : information indisponible (matériellement ou du fait d'une législation spécifique, par exemple les cas de secret-défense, secret industriel, propriété intellectuelle, etc.) ; question / demande d'informations non pertinente ; demande portant sur des documents préparatoires.

La Convention invite également les parties à favoriser la participation du public lors de l'élaboration de politiques relatives à l'environnement ainsi que des normes et de la législation susceptibles d'avoir un impact significatif sur l'environnement.

Dans le droit européen

La Communauté européenne a pris les mesures nécessaires en vue d'assurer une mise en œuvre effective de cette Convention. La directive 2003/35/CE de 2003 va être prise dans cette optique rappelant ainsi la directive 85/337/CEE du 27 juin 1985 sur l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement : « à un stade précoce de la procédure, le public concerné se voit donner des possibilités effectives de participer au processus décisionnel en matière d'environnement » (directive de 2003), ce à un moment où « toutes les options et solutions sont encore possibles et que le public peut exercer une réelle influence » (directive de 1985).

Ainsi, la directive de 2003 va mettre en œuvre au niveau communautaire le premier volet de la Convention d'Aarhus, l'accès du public à l'information¹³. Si le deuxième volet de la Convention traitant de la participation du public aux procédures environnementales a été transposé par la directive 2003/35/CE, une directive de 2005 tendra ensuite à améliorer la législation environnementale des États-membres par l'approbation de cette même Convention, en reprenant et en adaptant ses dispositions en droit communautaire¹⁴.

Enfin, un règlement adopté en 2006 vise à garantir l'application aux institutions et organes communautaires des dispositions et principes de la Convention¹⁵.

Notons pour terminer que le juge communautaire, dans deux jurisprudences, reconnaîtra et consacrera d'abord l'opposabilité indirecte de la Convention d'Aarhus¹⁶ pour ensuite imposer aux États-membres l'obligation de mettre en place des procédures d'évaluation environnementale des projets et de participation du public¹⁷.

En droit français

L'ordonnancement juridique français comprend différents mécanismes de participation, de concertation et de consultation dont l'enquête publique, forme la plus ancienne de participation puisqu'elle a été instaurée en 1810, qui n'avait à l'origine pour but que de garantir la protection du droit de propriété de l'administré dans le cadre d'une procédure d'expropriation, et le débat public, sous l'égide de la Commission nationale du même nom, prévu par la loi n°95-101 du 2 février 1995 relative à la protection de l'environnement, qui s'applique aux grandes opérations d'intérêt national. On peut également citer le mécanisme de la concertation, codifiée aux articles L.122-1-1, L.123-3 et L.300-2 du Code de l'urbanisme, et relatif à l'élaboration des documents d'urbanisme et à la conduite des opérations d'aménagement.

Les changements qu'ont connus ces trois mécanismes reflètent bien les évolutions de la participation en droit français, tributaire tant des velléités politiques nationales qu'internationales. On peut tenter de mesurer ces évolutions sur la base de deux des principes sur lesquels se fonde la Convention d'Aarhus : l'accès à l'information et la participation (le troisième étant l'accès à la justice).

13. Directive 2003/4/CE du 28 janvier 2003, relative à l'accès du public à l'information en matière d'environnement.

14. Directive 2005/370/CE du 17 février 2005, relative à la conclusion au nom de la Communauté européenne, de la convention sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement. Par cette décision, la convention d'Aarhus, signée par la Communauté européenne et ses États membres en 1998, est approuvée au nom de la Communauté.

15. Règlement CE 1367/2006 du 6 septembre 2006.

16. Cour européenne des droits de l'homme, requête n° 46117/99, 10 novembre 2004, Taskin c/ Turquie.

17. Cour européenne des droits de l'homme, requête n° 67021/01, 27 janvier 2009, Tatar c/ Roumanie.

L'enquête publique : une lointaine devancière

Depuis sa création, l'enquête publique a été modifiée à plusieurs reprises et, avant même la Convention d'Aarhus, sera promulguée, en 1983, la loi relative à la démocratisation de l'enquête publique et à la protection de l'environnement¹⁸ qui en fait une procédure d'information et de recueil des opinions des citoyens, visant en cela à permettre une meilleure prise en compte de l'intérêt général.

L'enquête publique peut concerner de nombreux projets, leur liste n'étant pas limitative, les projets devant cependant être susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement et/ou la qualité de vie des riverains. Ces projets peuvent émaner de l'État, des collectivités territoriales, ou encore de sociétés privées ou de personnes publiques. Cette enquête publique est conduite par un commissaire-enquêteur, désigné par le président du tribunal administratif. Ce dernier peut, dans le cas de projets particulièrement complexes, lourds et/ou épineux, désigner une commission d'enquête (composée d'un nombre impair de commissaires)

C'est une procédure à laquelle tous les citoyens peuvent s'intéresser, ce sans aucune restriction. Chacun peut s'informer, être informé, s'exprimer sur le projet, en faire une appréciation, émettre des critiques et suggestions ainsi que des contre-propositions.

Pour son information, le public a accès au dossier « durant le déroulement de l'enquête publique » ainsi que l'a confirmé le juge administratif¹⁹. Pour s'exprimer, il dispose de deux principaux moyens : s'adresser par écrit au commissaire-enquêteur afin de lui communiquer ses observations ou consigner ces dernières dans un registre mis à sa disposition dans tous les lieux où ledit commissaire se rend.

Fondamentalement, l'enquête publique ne s'est pas transformée en 2010. Si la loi du 12 juillet 2010 (dite ENE, engagement national pour l'environnement, dite encore loi Grenelle 2) apporte des changements, ceux-ci sont uniquement relatifs aux conséquences de l'enquête publique, et notamment le cas des modifications de projet²⁰.

Ces modifications législatives apparaissent positives tant en matière d'information du public, le dossier étant à la disposition de tous, qu'en matière de participation, puisque chacun peut donner son avis. Pourtant l'enquête publique souffre toujours de handicaps importants.

Tout d'abord, elle intervient beaucoup trop tard dans le processus décisionnel, à un moment où le projet est « bouclé » (au point que, pour certains, elle apparaît comme un simple procédé de légitimation du projet) et cela, d'ailleurs, en contradiction flagrante avec les recommandations de la Convention d'Aarhus.

D'autre part, si le public peut donner son avis sur le projet qui lui est soumis, rien n'oblige l'autorité compétente à le prendre en compte, même dans le cas où le commissaire enquêteur rendrait un avis défavorable. Ainsi, le juge administratif n'a jamais manqué de rappeler que, par exemple en matière de plan local d'urbanisme (PLU), « la légalité de la délibération attaquée ne peut se trouver affectée ni par le fait que la modification adoptée comprendrait des dispositions critiquées par un nombre important d'habitants de la commune ou de spécialistes de l'environnement au cours de l'enquête, ni par la circonstance que le conseil municipal n'aurait pas tenu compte de l'avis défavorable du commissaire enquêteur sur la rectification du règlement incriminé, avis qui ne le liait pas²¹ ».

18. Loi n°83-630 du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement.

19. Voir en ce sens, et notamment, Tribunal administratif de Strasbourg, 19 juin 1990, Association Lindenkuppel c/ Préfet du Rhin, *RJE* 1991, n°2, p.221.

20. Si des propositions étaient retenues, l'article L123-14 du Code de l'environnement dispose en substance que si le maître d'ouvrage désire apporter d'importantes (substantielles) modifications au projet pendant l'enquête publique, l'autorité compétente peut suspendre la tenue de cette dernière pendant une durée maximale de six mois. Ce laps de temps permettra alors d'exécuter les modifications apparaissant nécessaires, le projet pouvant même être soumis à de nouvelles évaluations environnementales. Puis le public sera informé desdites modifications, l'enquête étant alors prolongée d'une durée d'au moins trente jours.

21. Tribunal administratif de Montpellier, 27 mai 1992, Association Charles Flahault pour l'étude et la défense de l'environnement des Pyrénées-Orientales, requête n°89348.

Certes, la loi Barnier²² a modifié les conséquences de conclusions défavorables des commissaires enquêteurs dans le cadre d'une enquête publique au moyen d'une réactivation des assemblées délibérantes en énonçant que « tout projet d'une collectivité territoriale ou d'un groupement de collectivités territoriales ayant donné lieu à des conclusions défavorables du commissaire-enquêteur ou de la commission d'enquête doit faire l'objet d'une délibération de l'organe délibérant de la collectivité ou du groupement concerné ». Mais il s'agit bien là d'une modification à la marge.

La concertation : un mécanisme boiteux

Issue d'un droit de l'urbanisme désormais vieux de plus de trente ans, cette procédure demeure elle aussi indéniablement datée et n'apparaît plus comme un réel mécanisme de participation du public, mais simplement comme un appareil désuet, une procédure au mieux supplétive face au débat public ou à l'enquête publique, quoique abordant une partie bien spécifique de la participation du public au niveau local.

Cette procédure a été intégrée en 1985 dans le Code de l'urbanisme par une loi de la même année²³, prenant place dans ce Code, à l'article L.300-2, avec d'autres dispositions encadrant la participation du public aux décisions des autorités locales relatives à l'aménagement et à l'environnement. Elle concerne toute modification ou révision d'un document d'urbanisme ouvrant l'urbanisation d'une zone d'urbanisation future, la création d'une zone d'aménagement concertée ou encore toute opération d'aménagement réalisée par la commune (en cas de modification substantielle du cadre de vie ou l'activité économique de la commune).

Le législateur a élaboré cette concertation comme un processus interne, relevant des seules autorités locales décentralisées et tendant à raisonnablement limiter les contraintes pesant sur elles dans le cadre de la participation du public, et non comme la reconnaissance au profit du public d'un réel droit de participation à l'élaboration des décisions d'aménagement au niveau local. C'est là une reconnaissance a minima de la capacité du public à participer aux processus décisionnels sur des questions pouvant affecter son cadre de vie.

En 2000, une loi²⁴ va étendre la procédure de concertation à « toute élaboration ou révision du schéma de cohérence territoriale ou du plan local d'urbanisme », cherchant par-là à coller au plus près à la transposition des dispositions de la Convention d'Aarhus en matière de participation du public.

Une loi de 2003²⁵, dans ses articles 6 et 7²⁶, va étendre le domaine d'application de la concertation à tous les documents de planification ayant une influence sur le développement de l'urbanisation.

La procédure de concertation a cependant subi une double neutralisation, d'abord par le blocage des extensions possibles de son champ d'application, ensuite par la limitation de sa portée juridique.

La liste des opérations concernées par la concertation a ainsi été limitée, notamment par la fixation de seuils (financiers ou de surface). C'est dans le cadre du débat parlementaire que l'on trouve la raison d'une telle limitation : le gouvernement et le Parlement, selon toute vraisemblance, s'étant accordés pour réduire les risques contentieux qu'engendrerait une procédure trop laxiste au profit des parties prenantes.

D'autre part, la loi de 2003 en affaiblit la portée, stipulant que « les documents d'urbanisme et les opérations (...) ne sont pas illégaux du seul fait des vices susceptibles d'entacher la concertation, dès lors que les modalités définies par la délibération prévue (...) ont été respectées »²⁷. Les seuls cas où la concertation pourrait permettre, au contentieux, de contester un projet, sont ceux où cette

22. Loi n°95-101 du 2 février 1995.

23. Loi n°85-729 du 18 juillet 1985, relative à la définition et à la mise en œuvre de principes d'aménagement.

24. Loi n°2000-1208 du 13 décembre 2000, relative à la solidarité et au renouvellement urbain.

25. Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages, dite « Bachelot ».

26. Codifiés aux articles L.515-22 et L.526-3 du Code de l'environnement.

27. Code de l'urbanisme, art.L.300-2 c.



Dessin de Robert Rousso paru dans le *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°27.

même concertation n'aurait pas été organisée alors même que la loi l'imposait, ou bien aurait été remplacée par un simulacre de concertation²⁸.

Du point de vue de la prise en compte des parties prenantes, la concertation apparaît pourtant comme un échelon indispensable dans le cadre des rapports entre l'administration et le public à l'occasion de l'élaboration de projets d'échelon local. Mécanisme de coordination, son régime nécessite d'être clarifié pour trouver sa réelle portée, en s'inspirant de façon plus stricte de la notion de concertation usitée en droit communautaire et international.

Depuis janvier 2012, l'article L.300-2 est en voie de révision par ordonnance (procédure prévue par la loi du 10 juillet 2010, dite « Grenelle 2 »)²⁹. C'est le Conseil d'État qui doit déterminer par décret, au plus tard le 1^{er} janvier 2013, la date d'entrée en vigueur des nouvelles dispositions de cet article, les « anciennes » demeurant jusque-là opérationnelles.

Si, pour l'instant, l'on ne peut rien présager de la consistance de cette réforme, il faut noter que son article 6 traite de la concertation : d'une acception plus large, son organisation est plus précise. Cette ordonnance ouvrirait-elle la perspective d'une meilleure prise en compte des avis du public ?

Le débat public : un parangon de vertu en matière d'information et de participation

Il a été créé par la loi n° 95-101 du 2 février 1995 (dite loi Barnier) qui, dans son article 2, dispose qu'un débat public peut être organisé pour différentes grandes opérations publiques d'aménagement d'intérêt national de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs démembrements. Ces projets doivent présenter un fort enjeu socio-économique et/ou avoir un impact significatif sur l'environnement.

Ce débat est mis en œuvre par la Commission nationale du débat public (CNDP) dans les conditions précisées par le décret n° 96-388 du 10 mai 1996 relatif à la consultation du public et des associations en amont des décisions d'aménagement. Pour chaque projet, la Commission nationale du débat public constitue une commission particulière. Le débat public, qui se déroule sur la base d'un dossier décrivant les objectifs et les caractéristiques du projet, ne peut durer plus de quatre mois. La commission particulière peut, en outre, demander la réalisation d'expertises complémentaires.

À la suite de la Convention d'Aarhus, le débat public a été réformé par la loi du 27 février 2002³⁰, relative à la démocratie de proximité, notamment sur la base d'une étude demandée au Conseil d'État³¹, l'objectif affiché de la loi étant d'étendre et d'améliorer le champ d'application de cette procédure, un décret de la même année précisant notamment ses dispositions³².

Conformément à la Convention d'Aarhus, cette loi va de plus intégrer un nouveau chapitre dénommé « participation du public à l'élaboration des projets d'aménagement ou d'équipement ayant une incidence importante sur l'environnement ou l'aménagement du territoire », renforçant par là-même le rôle de la CNDP, outre le fait qu'elle en fasse une autorité administrative indépendante. De plus, si la loi de 1995 portait sur les objectifs et les caractéristiques principales des projets, l'on constate que depuis la réforme de 2002 leur opportunité est également prise en compte.

Ce dernier point a suscité des critiques, quelques auteurs estimant que cela ne constitue qu'une mascarade destinée à endormir le public, la question de l'opportunité des projets ne pouvant être

28. Voir en ce sens Conseil d'État, 10 mai 1996, n°155169, Commune de Saint-Jorioz c/ SCI La Tuilerie : le juge administratif sanctionne une simple exposition, de courte durée, et organisée au cours de l'enquête publique ainsi qu'une réunion avec une association agréée de protection de l'environnement, censées constituer une concertation. Ou encore un simple affichage en mairie du POS, sans explications, quand bien même le POS faisait l'objet d'une application anticipée, Tribunal administratif de Poitiers, 25 juin 1998, M.R. Gosselin c/ Commune de Bignoux, *AFDUH* 1999, p. 162, confirmé par la Cour administrative d'appel de Bordeaux, n°98BX01499, 6 décembre 2001, Commune de Bignoux.

29. L'ordonnance n°2012-11 du 5 janvier 2012 modifie les procédures d'élaboration et de révision des schémas de cohérence territoriale (SCOT), des plans locaux d'urbanisme (PLU) et des cartes communales. L'article 6 est relatif à la concertation.

30. Loi n°2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité.

31. Nicole Questiaux dir., 1999. *L'utilité publique aujourd'hui*, Documentation française, 1999.

32. Décret n°2002-1275 du 22 octobre 2002, codifié aux articles L. 121-1 à L. 121-15 et R. 121-1 à R. 121-16 du Code de l'environnement.

réellement remise en question, le principe même de leur réalisation ne dépendant en aucun cas de l'expression par les parties prenantes de leur opinion. Mais d'un autre côté, l'on peut estimer que le législateur, ouvrant la possibilité d'un tel débat sur l'opportunité des projets, a donné au débat public une nouvelle dimension, la participation du public étant assurée pendant toute la phase d'élaboration du projet, depuis l'engagement des études préliminaires jusqu'à la clôture de l'enquête publique, et n'étant plus limitée aux seules « options » de réalisation du projet.

La prise en charge par la CNDP de l'organisation des débats apporte des garanties précieuses au public. Elle est garante de leur impartialité, de leur transparence et de leur sincérité. En outre, les textes comme la pratique révèlent la volonté d'en faire de véritables débats contradictoires. Il lui appartient, de plus, de veiller au respect de bonnes conditions d'information du public « durant la phase de réalisation des projets dont elle a été saisie jusqu'à la réception des équipements et travaux », ce qui devrait permettre de suivre en aval le respect des engagements pris par le maître d'ouvrage.

Dans un même esprit d'ouverture, et conformément aux suggestions du Conseil d'Etat, la saisine de la CNDP a été plus largement ouverte en 2002³³. Et depuis le premier débat organisé en 1997 sur le projet d'extension du port du Havre, dit « Port 2000 », ce mécanisme a connu une nette accélération suite à la réforme de 2002. Si six débats avaient été organisés en cinq ans, avant la réforme, une trentaine ont depuis eu lieu, tant sur des infrastructures de transport (aéroports, lignes routières et ferroviaires, à haute tension, ports maritimes, *etc.*) que sur des infrastructures énergétiques (réacteur nucléaire EPR), ou encore des considérations purement environnementales.

Le champ d'application de la procédure du débat public a ainsi été notablement étendu par les nouvelles dispositions de l'article L.121-8 du Code de l'environnement. Certes, la Commission ne connaît que des projets importants mais ils sont définis toutefois de manière un peu différente³⁴.

L'implication des parties prenantes et du public est de fait indéniable, et s'en est d'ailleurs trouvée relativement renforcée. S'y ajoute le fait que la CNDP peut demander au maître d'ouvrage des informations complémentaires, en vue de satisfaire au mieux tant sa propre demande de connaissances que celle du public, permettant en outre au débat de conserver son objectivité, l'exhaustivité des informations communiquées tendant à apporter la preuve de leur sincérité.

Enfin, la loi du 12 juillet 2010, dite Grenelle 2, définit des modalités de suivi post-débat, ouvrant notamment la possibilité de désigner un « garant », chargé de veiller à la mise en Suvre des modalités d'information du public et de concertation après le débat public.

Sincérité et exhaustivité sont en quelque sorte les maîtres mots du débat public. La CNDP conserve toute liberté pour assurer une bonne information et participation. Les modalités des débats ont d'ailleurs pour objectifs la transparence des dossiers, l'égalité d'accès à l'information et l'égalité de traitement des participants.

La Convention d'Aarhus, de son côté, dispose que « les autorités publiques veillent à mettre les informations sur l'environnement à la disposition du public de façon transparente et à ce que ces informations soient réellement accessibles³⁵ » la CNDP ajoutant, à la différence de la Charte de l'environnement, que « l'information doit être complète, claire et compréhensible pour tous »³⁶, les

33. Elle est désormais obligatoirement saisie par les maîtres d'ouvrage (ou la personne publique responsable du projet) des projets les plus importants ou par le ministre chargé de l'environnement (conjointement avec le ministre intéressé) en vue de l'organisation d'un débat public sur des options générales en matière d'environnement ou d'aménagement. Cette faculté a notamment été exploitée au cours des deux dernières années s'agissant de la gestion des déchets radioactifs (débat du 12 septembre 2005 au 13 janvier 2006), de la problématique des transports dans la vallée du Rhône et sur l'arc languedocien (débat du 27 mars au 26 juillet 2006), ou encore des nanotechnologies (débat du 15 octobre 2009 au 24 février 2010).

34. Il s'agit, désormais, « des projets d'aménagement ou d'équipement d'intérêt national de l'Etat, des collectivités territoriales, des établissements publics et des personnes privées [...] dès lors qu'ils présentent de forts enjeux économiques ou ont des impacts significatifs sur l'environnement ou l'aménagement du territoire ».

35. Article 5, §2, Convention d'Aarhus du 25 juillet 1998.

36. L'on peut ajouter à cela certaines dispositions de la Charte de la concertation en matière d'environnement (produite par le Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 5 juillet 1996), laquelle est plus précise, quoique dénuée de toute force juridique, énonçant que « l'information est complète, accessible aux non-spécialistes, permanente et contradictoire » (article 4).

seuls cas pouvant amener à un refus de la part de la CNDP d'organiser un tel débat ayant trait à des motifs de secret, notamment industriel ou relatif à la Défense nationale, ou encore des questions de seuils d'importance des projets.

Les réformes du débat public ont notamment permis de renforcer la participation, fait notable distinguant le débat public des autres procédures de participation existantes, notamment l'enquête publique et la concertation du Code de l'urbanisme.

Conclusion

Le droit communautaire a effectué, sous la houlette du droit international, des avancées incontestables. En droit français, s'il est indéniable que des progrès non négligeables ont eu lieu, ils n'en restent pas moins imparfaits : progrès indéniables en ce qui concerne l'information du public, beaucoup moins en matière de participation, et surtout de la prise en compte des avis du public. Ces évolutions du droit français restent bien en deçà des exigences des représentants de la société civile et des citoyens.

La participation du citoyen constitue cependant aujourd'hui un élément de démocratie dont l'importance ne peut être ni minorée, ni ignorée. La loi Barnier et la Charte de l'environnement ont consacré cette obligation³⁷, certains auteurs y voyant d'ailleurs non pas tant une obligation pour les pouvoirs publics, qu'un devoir pour les parties prenantes³⁸.

Le citoyen ayant ainsi acquis une nouvelle qualité, celle de « garant d'une valeur collective supérieure³⁹ », il disposerait désormais, dans le cadre de la participation, d'une nouvelle légitimité politique. Mais ici intervient avec force le législateur, celui-ci se chargeant de limiter ce droit à la participation, se voulant élément d'équilibre entre les pouvoirs central et citoyen.

Ce citoyen s'est ainsi effacé, ou peut-être ne s'est-il jamais affirmé, au profit d'une notion plus globale, plus pratique, plus malléable : la « gouvernance à cinq ». C'est le Grenelle de l'environnement qui a fait naître cette « nouvelle gouvernance à cinq pour une démocratie refondée⁴⁰ », notion englobant plusieurs acteurs officiels, représentants de l'Etat, des élus, des syndicats représentatifs des salariés, des entreprises, et des associations.

D'aucuns diront que cette gouvernance constitue « l'émergence d'un lien nouveau entre la puissance publique et le citoyen [et] permet de renouveler la confrontation traditionnelle entre la défense de l'intérêt général [et] l'illégitimité supposée des intérêts particuliers ou catégoriels portés par la société civile⁴¹ ». Mais jusqu'à maintenant, cette notion de gouvernance à cinq n'a mené qu'à établir des degrés de « représentativité », notamment pour les associations, comme en témoigne un décret du 12 juillet 2011 relatif à « la réforme de l'agrément des associations et modalités de désignation des associations agréées, organismes et fondations reconnues d'utilité publique au sein de certaines instances consultatives ayant vocation à examiner les politiques d'environnement et de développement durable »⁴². Il fixe les conditions auxquelles devront satisfaire les associations pour participer aux divers processus consultatifs dédiés à l'environnement. L'un des points phares de

37. Au moyen notamment de la consécration du droit de chacun de vivre dans un environnement sain et du droit de tous d'accéder aux informations relatives à l'environnement et de participer à l'élaboration des décisions publiques ayant une incidence sur l'environnement.

38. Voir en ce sens Pierre Ferrari, Les droits des citoyens dans leurs relations avec les administrations, AJDA 2000, p. 471. Voir aussi Les devoirs de l'homme dans la Charte constitutionnelle de l'environnement, in *Confluences, Mélanges en l'honneur de Jacqueline Morand-Deville*, Montchrestien, 2007, p. 879.

39. Michel Prieur, Le droit à l'environnement et les citoyens : la participation, Revue juridique de l'environnement, 1988, p. 397.

40. « Une nouvelle gouvernance à cinq pour une démocratie refondée » : termes employés par le rapporteur général sur le Grenelle T. Tuot dans le rapport général du Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables d'octobre 2007 à la suite du Grenelle de l'environnement.

41. Catherine Ribot, Exigence d'information et de participation du public en matière d'environnement : perfectionnement des procédures de mise en œuvre, BDEI 2006, p. 46.

42. Décret n° 2011-832.

cette initiative est contenu dans un des arrêtés d'application de ce décret⁴³ qui dispose ainsi qu'une association agréée et d'échelon national devra justifier d'au moins 2000 membres répartis dans six régions. Et une fondation, pour être reconnue d'utilité publique, devra justifier de l'adhésion d'au moins 5000 membres.

Certains estiment qu'une telle réforme peut participer à la prise d'importance des associations, ainsi qu'à une épuration du système représentatif, allant dans le sens de la gouvernance à cinq et consacrant encore plus la notion de représentants légitimes de la société civile. Mais l'on peut à l'inverse se demander si le gouvernement, par là-même, n'a pas définitivement mis un frein à la notion de « participation du public », démontrant encore une fois qu'il craint cette dernière et la voit comme une boîte de Pandore.

Certaines évolutions peuvent cependant laisser présager d'un avenir légèrement moins sombre. Ainsi, le Conseil d'État a fort opportunément orienté son dernier rapport annuel sur la participation⁴⁴, proposant 18 mesures touchant au renforcement du « principe de l'administration délibérative », notamment en matière de participation des citoyens le plus en amont possible des procédures d'élaboration des décisions.

Il préconise notamment de renforcer l'impact et la prise en compte des avis des parties prenantes, en leur offrant une influence similaire sur la décision finale à celles des membres de la gouvernance à cinq, ce qui ne manquerait pas d'établir pour l'avenir une liaison directe et indubitable entre les citoyens et les décideurs publics, permettant une réelle et effective prise en compte de leurs intérêts.

Le rapport du Conseil d'État semble marqué par une volonté tendant à une plus grande cohérence des mécanismes de participation, tournée vers le citoyen, les moyens aujourd'hui offerts aux parties prenantes semblant trop limités.

D'autre part, le Conseil constitutionnel, en octobre 2011⁴⁵, trois ans après avoir consacré la valeur constitutionnelle de l'article 7 de la Charte de l'environnement⁴⁶, et donc du principe de participation, a admis son invocabilité dans le cadre d'une question prioritaire de constitutionnalité relative à la légalité de dispositions réglementaires⁴⁷. Cette jurisprudence n'est pas anodine, et marque peut-être l'ouverture d'un nouveau chapitre quant à la prégnance des dispositions relatives à la participation et à la prise en compte des avis des citoyens. Dans le cadre plus général du droit de l'environnement, cette décision renforce d'autant l'importance de ce même droit dans une dimension constitutionnelle⁴⁸.

43. Au nombre de trois : Arrêté du 12 juillet 2011 relatif à la composition du dossier de demande d'agrément au titre de la protection de l'environnement, du dossier de renouvellement de l'agrément et à la liste des documents à fournir annuellement ; Arrêté du 12 juillet 2011 fixant les modalités d'application au niveau national de la condition prévue au 1° de l'article R. 141-21 du Code de l'environnement concernant les associations et fondations souhaitant participer au débat sur l'environnement dans le cadre de certaines instances ; Arrêté du 12 juillet 2011 fixant la composition du dossier de demande de participation au débat sur l'environnement dans le cadre d'instances consultatives.

44. Voir Rapport 2011 du Conseil d'État : *Consulter autrement, participer effectivement*.

45. Décision du Conseil constitutionnel n° 2011-183/184 QPC du 14 octobre 2011.

46. Décision du Conseil constitutionnel n° 2008-564 DC du 19 juin 2008.

47. Voir en ce sens Bénédicte Delaunay, La pleine portée du principe de participation, *AJDA* n°5, 12 février 2012, p. 260.

48. Voir en ce sens Chantal Cans, La charte constitutionnelle de l'environnement : évolution ou révolution du droit français de l'environnement. *Droit de l'environnement* n°131, p.194-203, septembre 2005.

Les politiques publiques des sciences de l'environnement et des technologies à l'épreuve du développement durable

Eric Vindimian

Directeur régional de l'IRSTEA, Montpellier

eric.vindimian@irstea.fr

Une politique de recherche scientifique est chose complexe à décrypter : comprendre de quelle façon les questions soulevées par le développement durable y sont plus ou moins efficacement insérées pourrait être présenté sur un mode politique et général, ou comme ici dans une perspective plus personnelle.

Je voudrais tenter de comprendre comment pourrait se construire une politique scientifique publique, écologique et moderne. Loin de se défier du progrès technologique, elle s'intéresserait à ses conséquences environnementales dans des dimensions adéquates, et affranchie des jugements négatifs ou positifs de ce qu'est ce progrès lui-même.

Une politique viserait principalement la compréhension des impacts de l'activité humaine sur le fonctionnement de la biosphère à chacune de ses échelles et la mise en évidence des conditions de résolution des éventuels dommages. Cette politique engloberait nécessairement la science écologique, indispensable au décryptage des fondements du fonctionnement de la biosphère. Elle ne prétendrait pas, en revanche, rechercher les solutions a priori nécessaires pour éviter les dommages de nos activités et innovations. Non que cela n'ait aucune importance, mais il peut être considéré qu'il s'agit principalement, dans un monde libéral, d'une responsabilité des acteurs économiques eux-mêmes. La sphère publique se tiendrait au-dessus de la mêlée, ne proposerait pas de solution – et ne s'y enfermerait pas – mais pourrait conduire une politique ambitieuse de régulation, technologiquement neutre et éclairée par la connaissance. Ainsi éviterait-elle aussi de biaiser sa capacité d'évaluation par des choix de technologies quelle aurait contribué elle-même à développer.

Commençons par Jacques Ellul, auteur de l'ouvrage *Le bluff technologique*¹. Ce livre, testament de celui qui a consacré toute sa vie à réfléchir sur la technologie, m'avait été conseillé par Michel Sébillotte² un jour où, lors d'un exercice de prospective, nos échanges avaient dérivé vers la technologie. Dans son *Ultima verba*, dernier chapitre de son dernier livre majeur, Jacques Ellul souligne que « notre savoir ne se situe pas sur le même plan que nos incertitudes, qui ne sont ni du même ordre ni de la même zone de compréhension que les phénomènes ». Cette phrase nous rappelle que dans notre aspiration au progrès, nous avons une fâcheuse tendance à adopter une posture béatement optimiste. Celle-ci minimise volontiers les désastres environnementaux sous-jacents de nos activités économiques au profit d'une illusion liée à nos savoirs et promesses technologiques qui nous paraissent suffisamment autonomes et complets pour les surmonter. Il ne s'agit néanmoins pas aujourd'hui de suivre sa vision extrême d'une technologie qui serait responsable de tous les maux de la Terre.

Entendons-nous, il ne s'agit pas d'exclure la recherche technologique de la politique publique de recherche. Mais la technologie doit rester ce qu'elle est et ne pas se confondre/substituer avec une recherche environnementale d'intérêt collectif. Or très vite apparaît une confusion possible : dans

1. Jacques Ellul. *Le bluff technologique*. Hachette, Paris, 1988.

2. Michel Sébillotte (1934-2010) est un agronome français. Outre de nombreuses contributions en agronomie, il a conduit plusieurs travaux de prospective.

une perspective où les solutions aux dommages seraient forcément à confier au progrès technologique, le risque, avéré, est de confondre la recherche environnementale avec cette poursuite de recherches publiques sur les technologies.

L'hypothèse que je fais est que c'est stimulé par une volonté forte de protection de l'environnement, que le monde économique et technologique s'adapte le plus efficacement ou au moins plus que la situation peu efficace que nous vivons, où la sphère publique adopte des compromis mous tout en orientant les options technologiques..

Je me permettrai, aux fins d'illustration de ces hypothèses, d'analyser des situations que je connais, dont en particulier, celle de la recherche environnementale française post Grenelle de l'environnement : cette analyse me semble probablement généralisable à d'autres pays. Je reste toujours dans perspective personnelle : on comprendra pourquoi et comment j'ai élaboré, au fil des responsabilités, un sentiment mitigé sur les façons dont les réflexes d'élaboration des politiques de recherche les conduisent finalement à ne pas s'adapter aux enjeux environnementaux majeurs du développement durable.

Il se trouve que les opportunités de la vie professionnelle et, j'espère, un peu de compétence, m'ont amené à exercer mon métier de haut fonctionnaire français au sein, entre autres, de chacun des deux ministères compétents pour ces questions : le ministère chargé de la recherche et celui chargé de l'environnement³. J'ai pu ainsi passer, d'un poste où ma mission consistait à développer le tissu de recherche d'une grande région française et le transfert des technologies vers les entreprises, à un poste où je devais faire éclairer par la science et la prospective les politiques publiques de l'écologie et du développement durable. C'est là que j'ai pris conscience d'un antagonisme farouche entre la culture et les approches des deux ministères. Celui-ci ne doit rien à la concurrence et aux affrontements que crée l'ambition des hommes⁴. Nous sommes plutôt confrontés à des différences culturelles finalement assez irréductibles. Un point culminant de cet antagonisme m'a semblé être le Grenelle de l'environnement, instant de cristallisation de ces différences, sur fond d'ambition écologique partagée.

Le savoir appliqué pour les uns, les incertitudes pour les autres

Cette opposition tient aux primautés différentes accordées par les ministères à deux espaces à investiguer, celui du savoir et celui des incertitudes qui finalement les placent sur des logiques disjointes, presque indépendantes. Ainsi, le monde de la science et de la technologie s'intéresse avant tout à la découverte, au développement d'un génie humain qui permet à l'homme de s'élever grâce aux bienfaits du progrès technique. La confiance pour l'avenir est placée dans le développement des savoirs sur une perspective prométhéenne. Dans le domaine de l'écologie, le savoir scientifique existe évidemment qui permet de poursuivre la compréhension du vivant, son évolution et le fonctionnement de ses divers assemblages. Mais le principal problème est celui de l'importance des incertitudes, l'étendue de ce que les statisticiens appellent hasard, c'est à dire ce que nous ignorons. Or, les défenseurs de la nature en seront convaincus, c'est dans ce hasard que se nichent bien des problèmes auxquels nous devons faire face pour construire un développement durable et dont la prise en compte est au cœur des missions de leur ministère. La confiance dans l'avenir est alors dans la capacité de l'homme à mieux comprendre le contexte de ses actions. Ce hasard, cet inconnu, l'ingénieur le prend en compte comme un simple paramètre de l'intervalle de confiance de son projet, celui qui lui permet de juger d'une probabilité d'opérationnalité de ses développements avec par exemple une confiance de 19/20, et où se situe ce qu'il veut exploiter. Pour le chercheur en sciences de l'environnement dans ce hasard, encadré plus que compris, se produisent les phénomènes qui peuvent, si l'on

3. C'est en effet une richesse des corps interministériels de pouvoir changer de structure administrative.

4. C'est exceptionnel dans notre monde mais de fait le grand point commun des services de ces ministères est qu'ils ne sont en rien comparables en termes de propulsion de carrière aux hauts lieux de la promotion sociale dans la fonction publique. Les nombreux amis que je me suis constitués au sein de ces postes étaient tous beaucoup plus motivés par leur mission que par leur carrière.

n'y prend garde, engendrer des désastres planétaires. Et mieux les connaître permet d'engendrer un développement « durable par conception ».

La place du principe de précaution

Cette dichotomie explique en partie les polémiques sur le principe de précaution. Pour les uns l'éventualité de risques environnementaux ou sanitaires fait partie de ce bruit de fond, sorte de prix à payer pour que le progrès se fasse. Ils intègrent implicitement l'idée que les bénéfices liés à la mise sur le marché de produits ou services issus du progrès des sciences l'emportent largement sur ces risques incertains. Risques qui seront remédiés sans effort au fur et à mesure de l'observation de leurs premières occurrences. Les autres focalisent effectivement leurs préoccupations sur ces aléas. Ils prennent exemple sur les nombreux cas d'atteintes non anticipées à l'environnement pour justifier une attitude prudente et la nécessité de procéder à une évaluation détaillée, préalablement à la généralisation de toute innovation.

L'idée d'un contrôle politique sur l'innovation est insupportable pour ceux qui fustigent le principe de précaution. La jurisprudence montre pourtant que bien peu d'innovations ont été réellement entravées par l'application de ce principe : peu importe, ils voient un risque fort de stagnation du progrès et multiplient les exemples de supposés retards pris dans les domaines de la santé, de l'agriculture ou de l'innovation industrielle. Des réticences du même ordre existent concernant l'éthique biomédicale, mais elles semblent plus timides, la morale étant plus affirmée en matière de médecine ou de recherche sur l'homme qu'en matière d'environnement. De plus, il semble que l'application de ces dispositions éthiques soit productrice de plus de qualité dans les recherches elles-mêmes.

Dans le même temps de nombreuses procédures judiciaires ou décisions publiques ont utilisé à tort le principe de précaution en l'affublant de critères peu rationnels pour son application. Citons à cet égard le désormais célèbre jugement de la cour d'appel de Versailles, qui motive l'interdiction d'une antenne relais de téléphonie mobile par la seule crainte par la population concernée d'éventuels effets sanitaires liés à sa présence.

Comment envisager une politique scientifique qui conçoive à la fois l'importance que les découvertes scientifiques peuvent apporter au bien être de chacun, à l'humanité et même à l'environnement et celle d'une recherche sur les risques environnementaux ? La question qui se pose est bien de sortir de cette ambiguïté sur les finalités du savoir et des politiques de recherche. Résoudre cela est nécessaire pour en finir avec les polémiques stériles et les angoisses irrationnelles : sans un accroissement sérieux des éléments scientifiques explicitant la nature et le niveau des risques, chacun y répondra par la foi et un manichéisme destructeur. La foi peut éventuellement aider l'individu à vivre avec ses propres angoisses mais, il faut bien le reconnaître, contribue dans le domaine scientifique relativement peu au progrès de l'humanité !

L'illustration par le Grenelle

Beaucoup des intervenants du Grenelle de l'Environnement, consultés lors de la phase de concertation, avaient fait le constat d'une forte insuffisance des recherches dans le domaine des risques sanitaires et environnementaux. Ils appelaient le gouvernement à réagir. L'horizon semblait se dégager : la volonté politique semblait enfin au rendez-vous et les moyens, encore disponibles.

La deuxième phase du Grenelle a été conçue comme une appropriation opérationnelle par l'État des résultats du débat initial qui avait associé les parties prenantes. Des comités opérationnels (COMOP) ont été mis en place avec des compositions soigneusement pesées et équilibrées à l'issue de discussions interministérielles difficiles. La recherche a été confiée à un « COMOP Recherche ». Chacun pourra analyser sa composition, qui est publique : de réels spécialistes de l'environnement côtoyaient des spécialistes de la recherche technologique dont la conscience écologique était soit personnelle, soit récente, mais certainement pas une spécialité scientifique. On ne peut s'empêcher

de penser au discours de Pierre Bourdieu⁵ sur les commissions composées « d'agents particuliers porteurs d'intérêts particuliers à des degrés d'universalisation tout à fait inégaux ».

Le texte du rapport de ce « COMOP » éclaire sur quelques arguments en faveur des technologies de l'environnement. Ainsi la justification des recherches sur le stockage du gaz carbone comporte la phrase : « Les applications en France sont limitées par la taille de notre économie, mais il s'agit d'un marché potentiel à l'export où les entreprises françaises auront un rôle non négligeable à jouer ». La politique industrielle semblerait-elle plus justifiable que des objectifs de protection de l'environnement ? Le souhait, louable en soi de développer des aéronefs plus écologiques s'accommode également d'une formule pour le moins maladroite : « La juxtaposition des programmes existants et de celui-ci doit permettre la mise en service dès 2017 d'une famille d'avions bénéficiant de ruptures technologiques rendant ainsi les successeurs de la famille A320 compétitifs face aux futurs B737. » Le Grenelle vient ici au secours d'une politique industrielle, tout en alimentant potentiellement le dossier judiciaire international des aides publiques à l'industrie aéronautique et de ses hypocrisies réciproques dans le combat entre les États-Unis et l'Europe ! Pour certains, on pourrait y voir la collaboration consciente des piliers économiques et écologiques du développement durable, mais cela ne résiste pas longtemps à l'analyse sérieuse.

Ce n'est pas l'importance des recherches technologiques pour favoriser l'avènement d'une croissance verte qui pose question mais leur place au sein de l'effort de l'État. C'est la contrainte nouvelle venant de l'environnement et non pas le fonctionnement d'un marché autonome et indépendant qui semble pouvoir justifier, pour le monde de la technologie, un effort public accru pour des technologies « vertes ». J'imagine, avec un peu de confiance sur la lucidité économique des acteurs, que peu de laboratoires publics comme privés dépensent aujourd'hui leurs moyens de recherche pour mettre au point des procédés ou des produits polluants et fortement consommateurs d'énergie⁶ ! Et corrélativement, il n'est pas prouvé que ces recherches soient plus onéreuses que la recherche technologique classique.

Les (in)constances de la politique de recherche française

Les données budgétaires⁷ montrent que notre pays présente une faiblesse chronique de la recherche privée (fig.1). Tout a été essayé pour rendre nos entreprises innovantes et le coût de ces efforts pour les finances publiques est considérable. Il est légitime de se poser la question d'un effet pervers de ce biberonnage sur l'appétence de notre industrie pour l'innovation. Est-il efficace de poursuivre cette assistance sous prétexte environnemental en ajoutant encore des moyens de l'État à une recherche que l'industrie des pays concurrents finance avec une aide publique bien moindre ? La question environnementale ne vaut-elle pas mieux qu'être ce nouvel alibi pour subventions au détriment de recherches indispensables sur ce qui se passe ? L'aide générique à travers le crédit d'impôt recherche et les nombreux dispositifs de rapprochement entre recherche publique et entreprises ne suffit-elle pas à faire émerger cette compétitivité industrielle qui ne saurait aujourd'hui évacuer la contrainte environnementale ?

Analyser et comprendre, agir, s'adapter...

La recherche publique devrait en outre s'attacher à comprendre les mécanismes de marché et à développer les instruments qui favorisent le changement de comportement des consommateurs et des citoyens, sans lequel toute innovation restera vaine, fût-elle vertueuse. Le « COMOP Recherche » du Grenelle a semblé ignorer ces éléments qui étaient pourtant apparus dans le débat initial.

5. Bourdieu P., 1989-1992. *Sur l'État. Cours au Collège de France*. Éditions du Seuil, 2012, 672 p.

6. Merci, cher lecteur, de voir plus d'optimisme que de naïveté dans cette phrase !

7. Le document de référence est le document annexé au projet de loi de finances, intitulé : *Rapport sur les politiques de recherche et de formation supérieure*, dit « Jaune recherche », http://www.performance-publique.budget.gouv.fr/farandole/2012/pap/pdf/Jaune2012_recherche_formation_sup.pdf

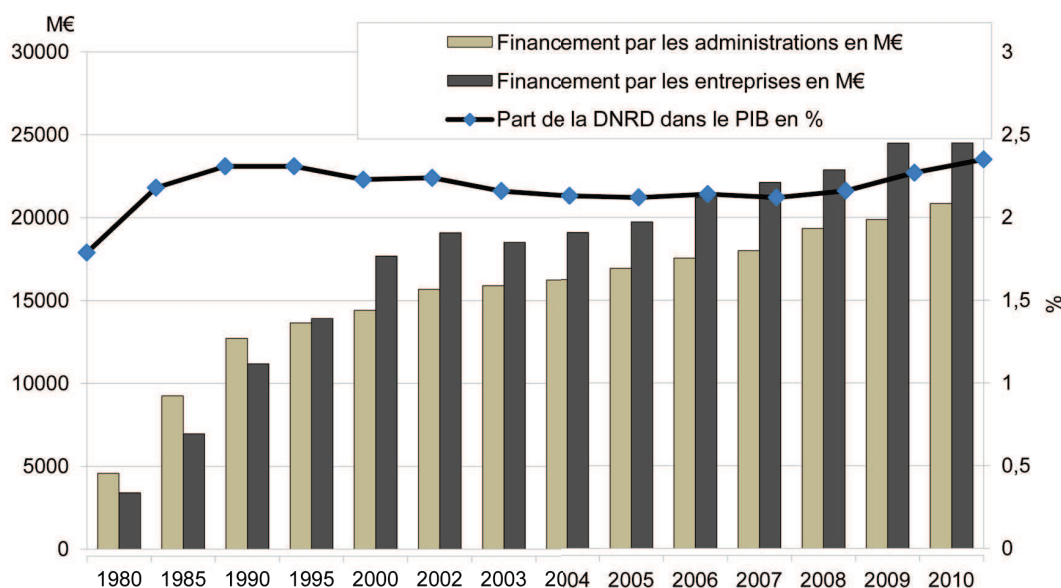


Figure 1. Évolution du financement de la dépense nationale de recherche en France par le secteur public (les administrations) et le secteur privé. Source : « Jaune recherche 2012 ».

Les instruments de régulation de l'environnement existent, qu'il s'agisse de normes, de marchés de permis d'émission, de compensations ou d'écotaxes. Il faut une sérieuse connaissance de l'environnement et des impacts anthropiques pour en construire qui soient justes et efficaces. La figure 2 montre que la France est en retard en matière de développement des écotaxes en comparaison des pays du nord de l'Europe. Un effort ciblé de développement de ces instruments de régulation semble donc possible : il pourrait ainsi défavoriser volontairement les technologies les plus polluantes, au

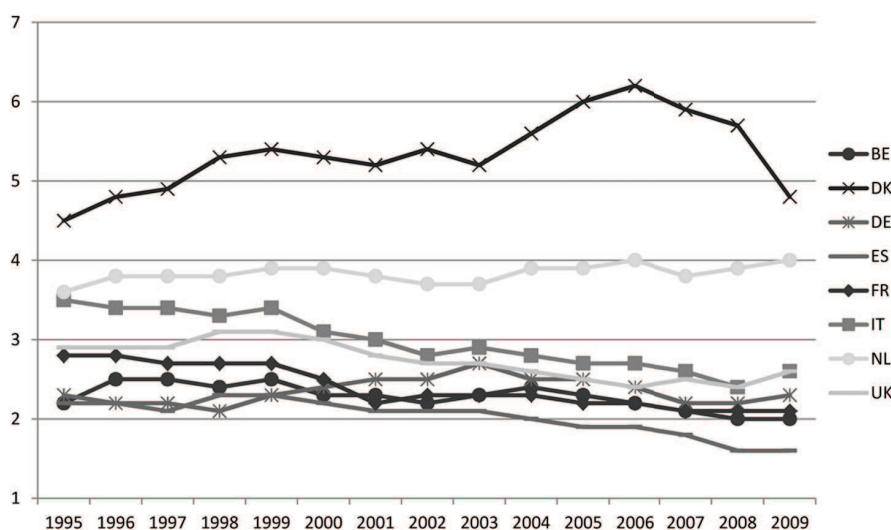


Figure 2. Évolution temporelle des taxes environnementales en Europe. Source : Eurostat 2011, Taxation trends in European union.

profit de celles qui innoveront sur le plan de leur impact environnemental. Une condition *sine qua non* pour caler judicieusement ces outils (dont font partie les écotaxes) est de s'affranchir des différents groupes de pression d'une part, de la domination de la culture technologique d'autre part.

Malgré ses imperfections, le Grenelle a permis une prise de conscience des enjeux. Le comité opérationnel a intitulé ses chapitres : « Analyser et comprendre, Agir, S'adapter. » On peut lire dans ce texte la volonté de connaissance globale sur l'environnement et le fait que l'action, si elle reste importante ne suffira pas sans une adaptation de l'humanité à ces nouvelles contraintes. « L'observation, l'analyse et la prévision sont des étapes essentielles. Elles ne peuvent cependant être dissociées de l'organisation de la recherche » nous dit le rapport du COMOP. On sent bien dans cette phrase l'appel à une orientation de la recherche au profit de la compréhension des phénomènes environnementaux et non réservée à supporter les seules innovations technologiques fussent elles « vertes ».

Le COMOP recherche avait recommandé un effort supplémentaire particulier de l'Agence nationale de la recherche (ANR) en matière de programmation de la recherche en environnement. Ainsi 200 millions d'euros étaient-ils prévus sur les priorités : santé-environnement, agriculture-biodiversité-milieus et actions transversales. J'épargnerai au lecteur l'analyse précise des chiffres budgétaires mais ceux-ci sont sans ambiguïté (tabl.1). Les crédits affectés à ces priorités, donc aux départements concernés de l'ANR, après une brève embellie en 2008 et 2009 ont considérablement baissé. Si on compare les quatre années de crédits de ces départements avec le financement moyen des années 2005 à 2007 reconstitué sur quatre ans, la baisse cumulée est de -74,5 millions d'euros qu'il faut comparer à la demande COMOP de +200 millions d'euros sur la même période.

Dans ce mouvement de baisse générale des crédits affectés à des thématiques au profit du programme non thématique, l'ANR n'a su sauvegarder que les crédits dit « de compétitivité » qui aident les entreprises à développer de nouvelles technologies. L'ANR soulignerait certainement que les crédits du programme blanc⁸ sont également, en fonction des demandes, affectées aux thèmes environnementaux. De fait l'analyse des résultats de ces programmes montre que les moyens sont très limités : 23 millions d'euros en 2010⁹ sur les thèmes voisins : biodiversité, évolution des écosystèmes, écosystèmes productifs, agronomie et système Terre, environnement, risques, et ne compensent probablement pas la baisse des crédits des programmes thématiques. De plus le programme blanc finance des recherches le plus souvent à caractère fondamental : on peut penser que leur but est très éloigné des objectifs précis assignés par le Grenelle à la recherche.

Timides avancées, les intentions positives du Grenelle en matière de recherche environnementale¹⁰ se sont traduites in fine par peu de changements structurants. Pour légers qu'ils soient, ils sont essentiellement liés à l'action volontariste des organismes de recherche qui ont redéployé leurs crédits sans voir leurs efforts réellement récompensés par une traduction budgétaire où une programmation active de l'ANR. L'avenir dira si la nouvelle organisation d'établissements de recherche nationaux au sein d'alliances¹¹ et la place des alliances chargées de l'environnement et de l'énergie dans le dispositif national de recherche et d'innovation permettront de bouger encore les lignes.

La prise de conscience au niveau de l'État progresse aussi au sein du département ministériel en charge de l'industrie. En 2006 le ministre de l'industrie François Loos écrivait dans la préface de l'ouvrage *Technologies clés pour 2010*¹² : « Nos concitoyens attendent de la technologie les clés d'un développement durable. » Nous étions alors en plein credo technologique !

8. Les programmes blancs sont des appels à propositions sans précision sur les finalités, et dont le critère de choix est l'excellence scientifique de la proposition.

9. Rapport d'activité 2010 de l'ANR, <http://www.agence-nationale-recherche.fr/magazine/documents/detail/rapport-d-activite-2010-annual-report/>

10. Le volet urgence environnementale de la stratégie nationale de recherche et d'innovation a confirmé ensuite qu'il s'agissait bien d'une priorité nationale.

11. La création d'alliances de recherche permet de décloisonner les relations entre les acteurs qui partagent la légitimité dans un domaine, et de développer les initiatives de coordination et de partenariat. (sur le site gouvernement.fr.)

12. Les Éditions de l'Industrie, Paris 2006

Tableau 1. Évolution du budget de l'ANR en fonction des différents champs thématiques. Les deux premières lignes correspondent aux programmes concernés par le Grenelle de l'environnement. Source : « Jaune recherche 2012 ».

Budget ANR (en M d'euros)	2005	2006		2007		2008		2009		2010		2011
	Réalisé	Réalisé		Réalisé		Réalisé		Réalisé*		Réalisé*		Budget**
	Subv.	Subv.	Ress. Conv.	Subv.	Ress. Conv.	Subv.	Ress. Conv.	Subv.	Ress. Conv.	Subv.	Ress. Conv.	après DM1
Energie durable et environnement	97,3	111,7		86,7	1,5	102,6	1,5	84,9	1,5	75,1	1,5	73,6
Ecosystèmes et développement durable	47,3	50,5		44,5		60,1		55,7		29,2		27,8
Science et Technologie de l'information et de la Communication	130,5	146,6		126,9		128	0,6	122,5	3	91,9	1,7	79
Biologie et santé	102,6	124,1	0,5	131,1	3,3	120,4	2,3	110	4,8	65,8	3,4	65,7
Sciences humaines et sociales		13,2		18		16,6		7,6		9,7		8,4
Ingénierie, Procédés et Sécurité				39,6	3,4	44,7	3	39,9	4,5	30,2	4,2	26,6
Non thématique et transversal	161,5	172	2	152,4		164,8		215,8		303,6		272,5
Total programmes	539,2	618,1	2,5	599,2	8,2	637,2	7,4	636,4	13,8	605,6	10,7	553,6
Partenariats et compétitivité	129,7	158,4	0,1	185,1		138		109,4		122,4		119
Préciput				22,4		50,6		54,2		56,3		56,2
Frais de gestion	19,9	19,9	0,1	17,8	0,4	13,7	0,3	16,4	0,5	11,9		3
TOTAL GENERAL	688,8	796,4	2,7	824,5	8,6	839,5	7,7	816,4	14,3	796,2	10,7	
		799,1		833,1		847,2		830,7		806,9		731,8

*Hors plan de relance ; ** Hors investissements d'avenir. Sources : ANR.

La révision quinquennale, *Technologies clés 2015*, avoue quelques erreurs du passé : bien que restant sur le mode de l'investissement technologique, le rapport émet furtivement l'idée qu'il faut également jouer sur les marchés : « la France a pu acquérir une position de premier plan dans le domaine du nucléaire. Des budgets significatifs ont par ailleurs été consacrés à d'autres filières, en particulier dans le domaine des énergies renouvelables : géothermie, solaire... Ces derniers ont toutefois été fortement réduits entre 1986 et 2000, une période de faible prix des hydrocarbures ayant débuté par un contre-choc pétrolier ; de plus, les tarifs d'achat de l'électricité produite par ces énergies émergentes n'étaient pas très incitatifs. Une des conséquences a été que les filières industrielles correspondantes sont restées embryonnaires, avec par exemple un seul fabricant de cellules photovoltaïques. De ce point de vue, des pays tels que le Danemark, l'Allemagne ou le Japon ont pu développer un tissu industriel significatif. » La suite est connue !

Si l'analyse budgétaire est utile pour soutenir une argumentation par des chiffres précis elle n'est malheureusement possible, au niveau de détail qui est nécessaire, qu'à l'échelle de chaque pays. Il est cependant à craindre que la situation française, décrite dans la première partie de ce texte ne soit pas une exception au sein des états membres de l'Union européenne. Mais l'analyse budgétaire serait à mener au niveau de chaque pays.

Et maintenant ?

L'Union européenne elle-même, qui joue un rôle majeur et structurant en matière de politiques publiques de protection de l'environnement, ne paraît pas accorder à la recherche environnementale un niveau de priorité élevé. Les données pour 2010 du VII^e Programme cadre de recherche et de développement technologique (PCRD)¹³ dont un extrait est représenté dans le tableau 2 illustrent ce propos avec des montants pour la recherche sur l'énergie et l'environnement respectivement de 7% et 4,5% du budget, en comptant Euratom¹⁴ dans la partie énergie.

Ainsi, l'entité politique qui est probablement la plus avancée en matière de volonté et de mesures concrètes de protection de l'environnement n'accorde pas une place importante à la recherche en appui de cette politique. Les lignes budgétaires portant sur les technologies de l'information et de la communication, la santé ou les nanotechnologies représentent des sommes bien supérieures aux lignes environnementales. L'Europe du VII^e PCRD reste bien dans une logique technologique où les solutions techniques aux problèmes environnementaux ainsi que la correction des problèmes sanitaires par une médecine de soins de plus en plus performante l'emportent sur le développement de politiques de prévention éclairées par la recherche.

Le document¹⁵ *Horizons 2020* actuellement en phase de concertation au niveau des états membres est un document de stratégie scientifique pour l'Europe qui est intéressant à analyser à l'aune de notre problématique. Cette stratégie veut développer « la recherche et l'innovation comme des éléments essentiels pour la promotion d'une croissance intelligente, durable et inclusive ». La recherche y est décrite comme pouvant permettre de « maintenir un niveau de vie élevé tout en apportant des réponses à des problèmes de société urgents tels que le changement climatique », mais apparemment pas l'érosion de la biodiversité. Elle contribue à « créer des emplois, à accroître la prospérité, à assurer une certaine qualité de vie et à produire des biens publics ». Parmi les caractéristiques du programme on note « un souci marqué de tirer parti des travaux visant à résoudre les principaux problèmes qui préoccupent la population, en Europe et ailleurs, c'est-à-dire les défis de société, de façon à créer de nouvelles opportunités commerciales ». La stratégie européenne comporte trois volets : excellence scientifique, primauté industrielle et défis de société.

13. Rapport 2011 du VII^e PCRD : http://ec.europa.eu/research/reports/2011/pdf/fp7_annual_report_statistical_annex.pdf#view=fit&pagemode=none

14. L'Euratom (ou CEEA, Communauté européenne de l'énergie atomique) est un organisme public européen chargé de coordonner les programmes de recherche sur l'énergie nucléaire

15. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions – Programme-cadre pour la recherche et l'innovation « Horizon 2020 ». COM 2011, 808 final.

Tableau 2. Répartition des crédits du VII^e programme cadre de recherche par priorité thématique en 2010. Extrait du rapport annuel 2011 du VII^e PCRD, http://ec.europa.eu/research/reports/2011/pdf/fp7_annual_report_statistical_annex.pdf#view=fit&pagemode=none

Thèmes prioritaires		États membres			Pays candidats			Pays associés			Pays tiers		
		(A)*	(P)*	(C)*	(A)	(P)	(C)	(A)	(P)	(C)	(A)	(P)	(C)
Idées	Conseil Européen de la recherche	494	538	792910575	0	0	0	87	89	154 532 828	3	3	332 578
	Actions Marie Curie	1427	2407	518138987	79	86	9 423 173	223	261	62 451 212	33	34	1 890 366
Euratom	Fission nucléaire et radio-protection	44	519	97174473	0	0	0	17	23	3 759 061	11	17	2 570 162
	Infrastructures de recherche	66	652	203117358	10	19	2948284	33	74	24 548 193	17	68	2 244 078
Capacités	Recherche au profit des PME	164	1350	192132117	30	42	5 500 866	42	79	13 102 542	5	5	257 500
	Régions de la connaissance	8	112	16746211	1	10	338 511	3	10	860 746	0	0	0
	Potentiel de recherche	19	27	37048640	3	3	4 286 339	3	3	3 712 327	3	6	1 341 062
	La science dans la société	26	236	40499842	3	4	378 661	13	20	2 757 328	9	17	1 218 840
	Soutien au développement cohérent des politiques de recherche	3	3	14000000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Activités spécifiques de co-opération internationale	22	80	9 179 776	4	4	446 584	4	5	480 563	21	66	6 384 918
Coopération	Santé	157	1595	757 065 208	12	17	3469 441	78	127	53 533 731	71	190	52 667 903
	Alimentation, agriculture et pêche et biotechnologie	65	662	177 067 439	10	12	1 417 542	31	54	13 054 587	30	94	9 544 757
	Technologies de l'information et de la communication	352	2898	1 097 135 062	11	12	1 969 526	158	239	98 287 841	45	94	7 404 363
	Nanosciences, nanotechnologies, matériaux et nouvelles technologies de production	95	1045	343 906 357	6	6	1 282 021	40	80	32 297 669	11	21	2 709 537
	Énergie	48	495	205 591 233	2	3	452 097	27	53	19 738 744	12	21	1 528 615
	Environnement (changements climatiques inclus)	90	1007	224 507 392	16	28	2 595 118	50	83	18 510 833	35	165	18 814 534
	Transports (aéronautique comprise)	75	919	235 235 470	5	5	527 540	20	29	7 387 585	19	40	3 095 557
	Sciences socio-économiques et humaines	32	298	64 659 829	5	6	774 279	15	18	4 851 313	9	35	4 529 188
	Espace	59	422	95 741 678	2	2	172 567	16	22	7 837 974	25	59	4 871 778
	Sécurité	37	411	157 521 292	3	4	463 788	20	31	13 328 686	2	3	395 354
Total	Activités générales	3	4	641 179	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3286	15680	5267 420 117	202	263	36 446 336	880	1300	535 033 763	361	938	12 180 1089

*A : nombre d'accords de subvention ; P : participations ; C : contribution de la Communauté européenne en euros.

On s'attend donc à ce que ce troisième volet regroupe les éléments de connaissance de la planète, du fonctionnement des écosystèmes, des déterminants de la santé environnementale ou des impacts des polluants, etc. En fait, « il couvrira des activités allant de la recherche à la mise sur le marché, en mettant désormais l'accent sur les activités liées à l'innovation, telles que les projets pilotes, la démonstration, les bancs d'essai, le soutien aux procédures de passation de marchés publics et la commercialisation des innovations ». Nous sommes donc clairement dans un mode classique de financement d'une recherche qui vise non pas la connaissance des enjeux mais la fourniture de solutions. De ce fait on peut prendre comme une lucidité naïve des rédacteurs sur ces antagonismes solution technologique/besoin de connaissance « qu'au moins 60 % du budget global du programme-cadre devrait être lié au développement durable »... et pas la totalité.

Le texte européen présente cependant quelques inflexions qui montrent une évolution intéressante des mentalités. Par exemple si « la commercialisation des innovations, notamment par le secteur public, bénéficiera d'un soutien accru » (phrase assez étrange) on note que « de nouvelles approches telles que les prix d'incitation, qui récompensent la réalisation d'objectifs spécifiques, encourageront une plus grande variété d'innovateurs à participer. Les partenariats d'innovation européens auront pour mission de s'attaquer aux obstacles techniques, juridiques et opérationnels qui entravent l'innovation en Europe, en établissant des liens solides entre les mesures du côté de l'offre et du côté de la demande. » On peut, avec une bonne volonté indispensable, y discerner quelques signaux faibles d'une ouverture vers des recherches qui s'attachent à comprendre comment les politiques économiques intègrent les enjeux environnementaux non plus seulement comme des contraintes, face auxquelles il faut développer des technologies adaptées, mais comme des opportunités. De tels changements impliqueraient une prise en compte de la globalité des problématiques. Ce paragraphe prometteur est cependant immédiatement suivi par une élaboration sur les priorités à accorder aux technologies clés – comme solution – qui rend tout relatif notre optimisme !

Les forces économiques en avance sur les gouvernements ?

Au niveau international chacun connaît l'importance du Groupe d'experts intergouvernemental d'étude du climat (GIEC) et son rôle majeur dans l'élaboration du consensus planétaire sur l'impact des gaz à effet de serre sur le climat. A part un îlot de résistance formé essentiellement des Républicains américains, le monde sait désormais que les activités humaines provoquent un réchauffement climatique dont les conséquences varient selon les régions et le secteur concerné mais sont souvent très graves.

Il est intéressant pour notre problématique de prendre connaissance de l'appel lancé avant le sommet de Copenhague par 500 entreprises européennes de toutes tailles, regroupées au sein du Prince of Wales corporate leaders' group on climate change, groupe animé *via* un programme de développement durable de l'université de Cambridge. Leur constat était que les pays du G20 avaient été en capacité de proposer très rapidement une réponse conjointe d'urgence à la crise bancaire de 2008, et qu'il leur fallait, au moment de Copenhague, arriver à un accord aussi décisif sur le climat. « Le développement économique ne sera pas durable tant que le climat ne sera pas stabilisé » affirmaient-ils. Ils demandaient « un accord ambitieux, effectif et globalement équitable afin de créer les signaux économiques qui déclencheraient les milliards de dollars d'investissement des entreprises pour développer les produits, services, technologies et infrastructures à faible émission de carbone. » Ainsi, juste avant Copenhague, le monde de l'entreprise n'était déjà plus dans une logique de résistance, souhaitant conserver ses avantages acquis et tendant la main pour obtenir des subsides, mais bien dans celle d'acteurs économiques conscients de leurs responsabilités en matière d'investissements en recherche et développement. Ils constataient que le nécessaire changement n'était possible que grâce à une gouvernance qui prendrait en compte les enjeux environnementaux planétaires.

L'échec de Copenhague a donc bien été celui des gouvernements, incapables de prendre collectivement leurs responsabilités alors même que les forces économiques et les opinions publiques

l'exigeaient. Le petit espoir de Durban et son sauvetage du protocole de Kyoto ne suffit malheureusement pas à changer ce diagnostic.

L'environnement, un atout et non un frein : premières briques pour une économie verte

L'Europe nous fournit une épreuve en temps réel de l'intérêt d'une politique exigeante pour l'innovation industrielle avec l'adoption en 2006 par le parlement européen du règlement REACH¹⁶. Lors des négociations, après la parution en 2001 d'un livre blanc intitulé *Stratégie pour une future politique des substances chimiques*¹⁷, les industriels de la chimie avaient lancé un tir de barrage extrêmement alarmiste. Leurs études économiques « prouvaient » que le coût/bénéfice de ces mesures serait négatif, et que l'application d'une telle réglementation, plus contraignante que par le passé, serait délétère pour l'emploi en Europe. Les États-Unis soutenaient ces positions qui risquaient effectivement de concerner aussi leur territoire. En effet le livre blanc envisageait de rendre publiques les données sur les risques ; dès lors il devenait impossible de nier ces risques, ce qui ouvrait la voie à de nombreuses *class-actions*¹⁸ sans parler de la fermeture du marché européen pour des substances dangereuses. Bien entendu ces études n'intégraient pas le coût social des maladies liées à la pollution chimique dans le bilan global et surtout, aucune analyse de l'effet d'une contrainte environnementale sur l'innovation n'y figurait. On pouvait cependant penser que la stimulation d'une production de substances respectueuses de l'environnement, couplée au bannissement de produits chimiques dangereux, allait donner un avantage économique à l'industrie européenne.

Cette compétition sur la qualité environnementale est actuellement plus intéressante pour le développement d'un emploi qualifié que la compétition sur les coûts de production. Aujourd'hui, l'industrie chimique européenne a lancé de grands programmes de recherche-développement et fondé sa stratégie compétitive sur la notion de chimie verte, une chimie qui non seulement ne rejette pas de substances défavorables à l'environnement mais est, par surcroît, économe en énergie et basée sur l'utilisation de matières premières renouvelables. Nous sommes bien passés d'une catastrophe économique promise au moment du livre blanc à un cercle vertueux d'innovation industrielle sous contrainte environnementale après que le règlement REACH a été *in fine* adopté.

L'entrée en scène récente de la biodiversité

Une dernière avancée au niveau mondial est celle de la création du groupe d'expertise international sur la biodiversité et les services éco-systémiques (IPBES). Ce panel d'experts va éclairer les décideurs politiques mondiaux sur la réalité de la connaissance que nous avons de la dégradation de la biodiversité et des conséquences subséquentes sur les services éco-systémiques dont bénéficie l'humanité. Il s'agit d'une proposition initiale de la France formulée en 2005 sous la forme d'un premier dispositif, IMOSEB¹⁹, et qui vient enfin de se concrétiser. À l'évidence l'existence d'un tel groupe de scientifiques va jouer un rôle favorable pour le développement de la recherche sur la biodiversité, la connaissance des écosystèmes et leur rôle pour l'humanité. L'IPBES est indépendant de la Convention pour la diversité biologique mais l'appuie sur le plan scientifique. De nombreuses bagarres sont encore à venir pour la prise en compte des recommandations à venir de l'IPBES par les politiques et la mise en place de réelles mesures de protection de la biodiversité dans tous les pays.

16. EC 2006. Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH).

17. EC 2001. Commission Communication, COM (2001) 88 final. White Paper on the Strategy for a Future Chemicals Policy. 27/02/2001, Brussels, Belgium.

18. Action judiciaire entreprise par un grand nombre de personnes qui ont toutes subi le même préjudice.

19. International mechanism of scientific expertise on biodiversity.



Dessin de Robert Rousso paru dans *le Courrier de l'environnement de l'INRA* n°7.

Il reste que cette avancée montre une prise de conscience au niveau mondial de la nécessité de comprendre comment notre planète fonctionne, et pas seulement en ce qui concerne les conditions de son développement économique. C'est une des bonnes nouvelles qu'on se plaît trop rarement à savourer. Une des retombées les plus probables sera certainement dans le monde agricole. Le basculement vers une agriculture écologiquement intensive, c'est à dire qui utilise la connaissance du fonctionnement des écosystèmes pour nourrir les habitants du monde de façon durable, est étroitement dépendante de la science que l'IPBES apportera aux populations concernées.

La recherche scientifique : rééquilibrer les échelles

Cette structuration forte de l'expertise mondiale sur le changement climatique dans un monde technologique conduit au paradoxe que les enjeux globaux de mitigation et d'adaptation au changement climatique deviennent plus importants, pour les politiques locales, que les problématiques qui concernent leurs propres territoires. Le dossier de la qualité de l'air est à cet égard exemplaire.

Une des études les plus récentes de l'OMS²⁰ estime à 250 000 le nombre de décès prématurés liés à la mauvaise qualité de l'air des villes d'Europe. Les émissions de particules de la circulation automobile portent une lourde responsabilité dans ces décès, on peut légitimement se demander si l'engouement pour le véhicule diesel, qui effectivement émet légèrement moins de CO₂ que le véhicule à allumage commandé est raisonnable quand il fait l'impasse sur les risques sanitaires.

Un équilibre s'impose entre l'appui scientifique aux politiques publiques de niveau planétaire et un éclairage au moins équivalent dans les politiques territoriales. Particulièrement emblématique de cette imbrication obligatoire des échelles d'action est la gestion de la biodiversité.

Il ne s'agit plus pas cette fois de préserver le fonctionnement planétaire en jouant sur un petit nombre de forçages anthropiques globaux – comme par exemple les émissions de CO₂ – mais de préserver des ressources biologiques extrêmement variées et étroitement inféodées aux habitats et aux territoires. Ce lien avec le territoire démontre les nécessités d'une articulation étroite entre la gouvernance mondiale et les politiques locales et pèse sur ses modalités : il pourrait aider à révéler l'importance de laisser les acteurs trouver des solutions, dans un contexte où le diagnostic est extérieur. C'est bien ce mode de fonctionnement que j'appelle de mes vœux, un mode où la protection de l'environnement, éclairée par la science, stimule la créativité de tous les acteurs économiques et sociaux. Un monde où l'on remplace le compromis – compromis politique et économique entre science, recherche publique et compétition technologique qui favorise tous les conservatismes – par l'ambition écologique, source de création et qui redéfinirait bien les rôles de chacun.

Conclusion

La prise de conscience de l'urgence environnementale est maintenant généralisée. Tous les scientifiques qui se sont inquiétés de la perspective du changement climatique ou d'un effondrement de la biodiversité peuvent en témoigner : les remarques méprisantes comme « chercheur militant », « soixante-huitard attardé », « utopiste » ou « écolo barbu » ne sont plus présentes que dans les propos des plus réactionnaires²¹. L'étude des changements climatiques, de l'effet des pollutions ou de la biodiversité, si elles ne font pas encore l'objet de réelles priorités mesurables sur le plan budgétaire, ne sont plus considérées comme des sciences mineures. Il reste cependant une culture encore très forte de la technologie comme solution universelle à tous nos maux. Cette culture est compréhensible, on ne sort pas de plusieurs siècles d'un développement économique basé sur de fulgurants progrès technologiques et une énergie à bon marché sans une certaine nostalgie. Le mécanisme ressemble un peu à celui de la foi religieuse : ce serait tellement bien si un paradis existait, si tous les problèmes auxquels nous faisons face pouvaient se régler par la seule loi d'un progrès technologique toujours renouvelé. Pour autant, les réflexes restent, brouillant les rôles entre appui de la science et potentiel de la technologie, surtout quand il s'agit de définir les politiques de recherche. Aujourd'hui, notre monde semble au bord d'une bascule. Les groupes d'experts scientifiques internationaux tiennent le haut du pavé. Leurs prophéties ne sont pas optimistes. La crise du crédit révèle également la force des idéologies de promesse et l'aveuglement des politiques. L'essentiel des décideurs fonctionne encore sur un mode qui est celui du passé. Formulons le vœu qu'à Rio le monde de la recherche comprenne que l'innovation de demain n'est pas une prolongation de celle d'hier et qu'il y a urgence à mieux comprendre le fonctionnement de notre planète à toutes les échelles territoriales, à développer des politiques publiques exigeantes et in fine à faire confiance aux innovateurs et aux entreprises pour trouver les solutions pour poursuivre le développement économique sur un mode renouvelé. Ces quelques propositions pourraient bien constituer la base d'une feuille de route pour une future organisation onusienne de l'environnement que je ne conçois que dotée d'une politique de recherche forte.

20. <http://www.euro.who.int/fr/what-we-do/health-topics/environment-and-health/sections/news/2011/09/new-who-database-shows-poor-air-quality-in-cities>

21. Il en reste, il suffit d'ouvrir ses yeux et ses oreilles !

I. Dure réalité

Changement climatique et sécurité alimentaire : un test crucial pour l'humanité ?¹

Jean-François Soussana

Directeur scientifique Environnement, Institut national de la recherche agronomique, France

jfsoussana@clermont.inra.fr

La meilleure façon de prédire l'avenir, c'est de l'inventer.

Steve Jobs

La planète peut pourvoir aux besoins de tous, mais pas à la cupidité de chacun.

Mahatma Gandhi

L'agriculture mondiale est à un carrefour. Alors que l'impact du changement climatique sur la production alimentaire est déjà négatif, la demande agricole devrait augmenter de 70 à 100% d'ici 2050. Ne pas y répondre renforcerait l'insécurité alimentaire, tandis que poursuivre sur la même trajectoire accélérerait les émissions de gaz à effet de serre et le réchauffement du climat. Comment éviter la spirale pauvreté/faim/dégradation de l'environnement/conflits ? Comment développer une agriculture « intelligente » face au réchauffement climatique ?

Rien n'est plus important pour l'humanité et la stabilité des sociétés que l'accès à une nourriture suffisante et saine. L'un des grands défis du XXI^e siècle sera d'accroître l'offre alimentaire pour répondre aux besoins d'une population mondiale qui devrait atteindre 9 milliards d'habitants en 2050, tout en développant le secteur agricole dans des limites environnementales compatibles avec celles de la planète (Rockström *et al.*, 2009).

Dans le monde, sur les 14 milliards d'hectares de terres libres de glace, 10% sont cultivés et 25% pâturés. Plus de 2 milliards de tonnes de céréales sont produites chaque année pour l'alimentation humaine et animale, fournissant environ deux tiers de l'apport protéique direct et indirect total ; à peine 10% de ce total est commercialisé au niveau international. La gestion des ressources est fondamentale pour atteindre les niveaux de production actuels : sur seulement 17% des terres arables, les surfaces irriguées permettent de produire une part très importante des aliments (40% des céréales) en consommant 2 500 milliards de m³ d'eau, soit 75% de l'eau douce totale utilisée. L'agriculture est un facteur majeur de la dégradation des terres et des émissions de gaz à effets de serre (GES) d'origine anthropique, étant à l'origine de 25% des émissions annuelles de CO₂ (du fait de la déforestation), de 50% de celles de méthane, et de plus de 75% de celles de protoxyde d'azote (Tubiello *et al.*, 2007). Dans les régions tropicales, 80% des nouvelles terres agricoles remplacent des forêts (Foley *et al.*, 2007), ce qui affecte la biodiversité et les principaux services des écosystèmes.

L'augmentation de la demande en terres accroît la pression sur la biodiversité et les ressources naturelles. On estime que sur un tiers des terres cultivées, la couche arable se réduit plus rapidement que ne se forme un nouveau sol. Les sols africains auraient ainsi perdu 1% de matière organique

1. Ce texte a d'abord été publié sous la forme d'un chapitre de l'ouvrage *Regards sur la terre 2012. Développement, alimentation, environnement : changer l'agriculture ?* Armand Colin-Agence française de développement, Paris, 2012. Nous le reproduisons avec l'aimable permission de l'éditeur et de l'AFD © Armand Colin, Paris.

chaque année depuis 1960 (Clay, 2011), rendant inefficace l'apport d'engrais et d'eau, et réduisant les rendements, ce qui augmente la famine et la dépendance aux importations alimentaires. Des pénuries d'eau sans précédent, signes d'une surexploitation des nappes phréatiques, sont également plus fréquentes dans le monde développé (États-Unis, Australie, Europe méridionale). L'expansion et l'intensification de l'agriculture mettent en danger des espèces animales et végétales, notamment des centaines de plantes médicinales qui sont à la base de la pharmacopée mondiale.

Si les tendances actuelles concernant la démographie, l'économie et la consommation de produits animaux se poursuivent, la production agricole devra doubler. Les cultures et les pâturages devront alors s'étendre, en particulier en Afrique subsaharienne et en Amérique latine (Schmidhuber et Tubiello, 2007 ; AgriMonde, 2010), ce qui s'accompagnera d'une croissance des émissions mondiales de gaz à effet de serre et d'un réchauffement accru du climat susceptible de réduire le potentiel de production agricole.

La crise alimentaire mondiale du début du XXI^e siècle

Il était encore récemment admis que nous avions plusieurs décennies de surplus alimentaire – et de prix bas – devant nous. Cependant, contre toute attente, le prix mondial des céréales est devenu erratique avec des phases de forte hausse, comme au cours de deux des trois dernières années. Cette crise alimentaire souligne notre mauvaise compréhension des interactions complexes entre systèmes alimentaires, marchés et climat, interactions qui fragilisent la sécurité alimentaire mondiale.

En 2005-2006, période de croissance rapide de la demande en alimentation humaine et animale et en biocarburants, des événements météorologiques extrêmes ont affecté de grands exportateurs de céréales (sécheresse en Australie, inondations au Canada), réduisant la production céréalière mondiale de 10%. Ce déficit, amplifié par des restrictions d'exportation dans des pays clés comme l'Inde et l'Argentine, a entraîné une hausse spectaculaire des prix alimentaires entre 2007 et 2008, augmentant de 40 millions le nombre de personnes souffrant de faim chronique (FAO, 2008). Des émeutes ont éclaté dans 48 pays, parfois à l'origine d'instabilités politiques.

Par la suite, un été 2010 exceptionnellement chaud en Europe orientale a entraîné des mauvaises récoltes en Russie, ainsi que des incendies. Le pays a alors suspendu ses exportations, poussant les prix des céréales à un niveau record en février 2011, ce qui a contribué au déclenchement d'émeutes au Moyen-Orient et au printemps arabe.

Pourtant, la Terre fournit suffisamment pour satisfaire les besoins de tous les hommes. Le déficit calorique lié à la sous-alimentation représente moins de 10 % de la production mondiale. Si un milliard de personnes souffrent de la faim, un demi-milliard souffrent d'obésité. De plus, 40 % des céréales servent à nourrir le bétail et 6,5% à produire des biocarburants. Enfin, près de 40 % de la production alimentaire mondiale est perdue après récolte ou gaspillée (FAO, 2010).

La sensibilité de l'agriculture au changement climatique

L'agriculture est intimement liée aux conditions climatiques et donc très exposée à ses évolutions. Le système climatique évolue dès maintenant en dehors des limites de sa variabilité naturelle au cours des derniers millénaires. Durant l'été 2003, une canicule et une sécheresse exceptionnelle en Europe ont provoqué une chute des rendements des cultures de 20 à 30% et un déficit fourrager atteignant notamment 60% en France. Dans les régions arides d'Afrique, les éleveurs nomades dépendent de leur bétail pour survivre. Ils déplacent leurs troupeaux en suivant la pluie à travers de vastes régions. Entre 1980 et 1999, de graves sécheresses ont causé la mortalité de 20 à 60% du cheptel national de plusieurs pays arides d'Afrique subsaharienne (GIEC, 2007). Puis, en 2009-2011, la pire sécheresse depuis 60 ans a déclenché une crise humanitaire et alimentaire qui pourrait affecter plus de 10 millions de personnes.

Le riz et le blé sont les cultures les plus importantes pour l'alimentation humaine. Leur rendement moyen a augmenté de près de 30% par décennie des années 1960 à 1980. Mais cette hausse a été réduite de moitié pour le riz et limitée à seulement 10% par décennie pour le blé depuis 1990. Depuis 10 à 20 ans, les rendements du blé stagnent dans les principaux pays européens.

Le progrès génétique se poursuit, mais il est en partie compensé par les effets du stress thermique lors du remplissage du grain et de la sécheresse durant l'élongation des tiges (Brisson *et al.*, 2010). Cette hypothèse a récemment été confirmée à l'échelle mondiale par une analyse statistique montrant que les rendements du blé et du maïs ont probablement été réduits, respectivement, de 5,5 et 3,8% depuis 1980 par rapport à une situation contrefactuelle sans évolution du climat (Lobell *et al.*, 2011).

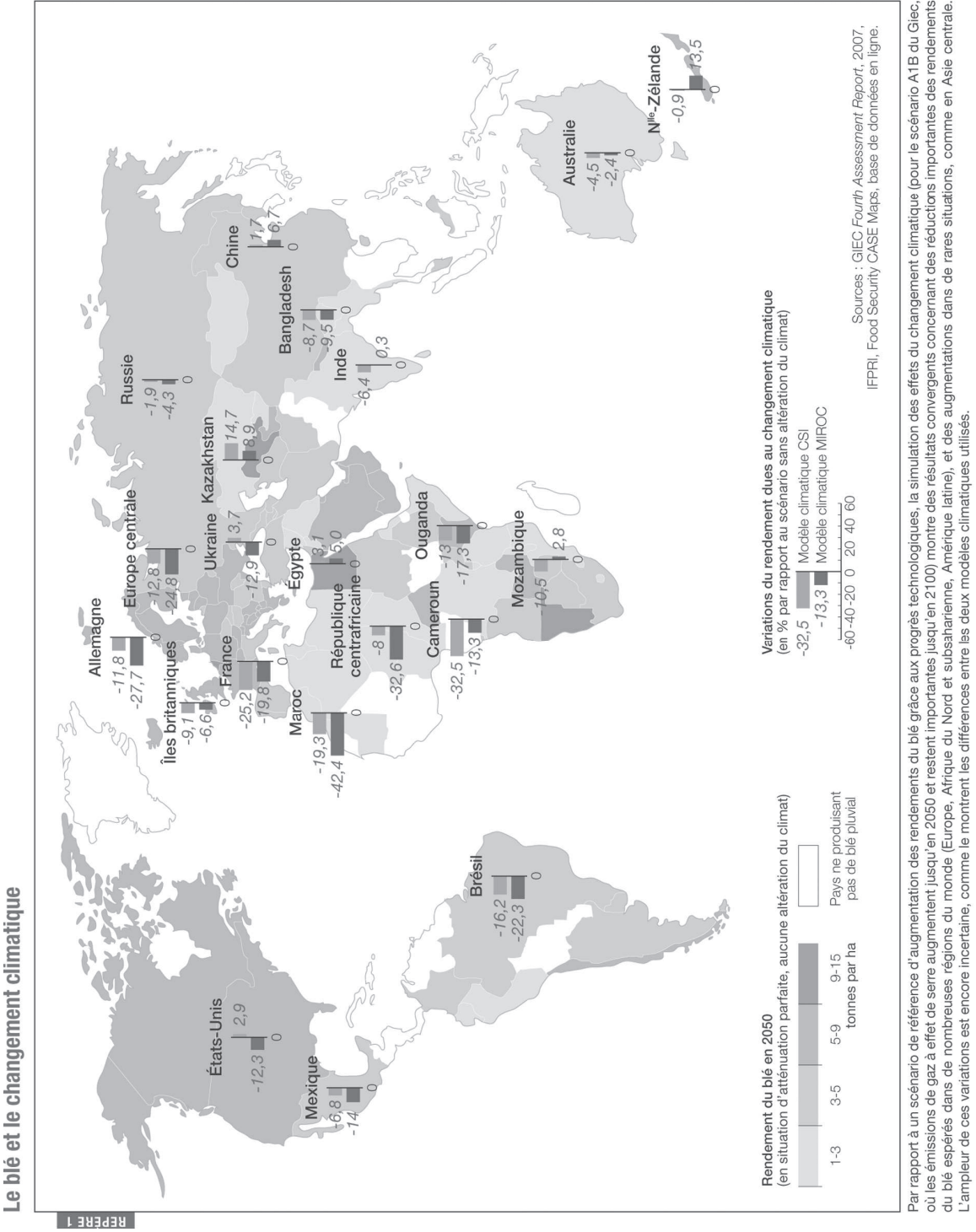
Le risque de vivre plus d'étés chauds pourrait fortement augmenter dans les quarante prochaines années, et ces étés chauds pourraient devenir la norme d'ici à la fin du siècle, avec pour conséquences une production plus variable, des prix plus volatils et une modification des flux commerciaux (Lobell *et al.*, 2008). Il est probable qu'à la fin du XXI^e siècle, les températures de la période de végétation dans la plupart des régions tropicales et subtropicales dépasseront les températures les plus extrêmes enregistrées entre 1900 et 2006 (Battisti et Naylor, 2009). Si des adaptations majeures ne sont pas réalisées, les fortes températures saisonnières moyennes – affectant négativement les rendements – constitueront un défi pour la production alimentaire future. L'amplification du cycle hydrologique liée au réchauffement climatique devrait conduire à une distribution plus inégale des précipitations entre régions et saisons, à des épisodes de précipitations plus intenses et, dans certaines régions, à des sécheresses prolongées (GIEC, 2007a). Il en résultera des risques accrus d'érosion des sols et de réduction de leur capacité à stocker l'eau et à fournir des nutriments.

Au cours des trente dernières années, des centaines d'expériences ont confirmé l'augmentation de la biomasse végétale et des rendements pour des concentrations atmosphériques en CO₂ dépassant les niveaux actuels. Ainsi, les niveaux de CO₂ prévus en 2050-2070 augmenteraient les rendements de 10 à 20% pour les cultures des régions tempérées (blé et riz) et de 0 à 10% pour les cultures tropicales (maïs) (Tubiello *et al.*, 2007). Cependant, dans les agricultures extensives des régions tropicales, de nombreux facteurs limitant, comme les températures élevées, les faibles concentrations en nutriments des sols, les sécheresses, les ravageurs et les adventices peuvent limiter l'effet positif du CO₂ (Soussana *et al.*, 2010). Il y a donc de fortes incertitudes sur cet effet fertilisant à l'échelle mondiale, incertitudes qui tiennent aussi aux interactions avec l'ozone, un autre polluant atmosphérique qui a lui un impact négatif sur la production végétale (Tubiello *et al.*, 2007).

De plus, le changement climatique influence la fréquence, la prévalence et la gravité des maladies et des bio-agresseurs des végétaux (Kersebaum *et al.*, 2008). Par exemple, dans les futures conditions climatiques, la pyrale du maïs risque d'établir des populations permanentes en Europe centrale, prolongeant ainsi sa niche climatique pour couvrir presque toutes les terres agricoles de la région. 60% des épidémies humaines sont causées par des pathogènes animaux présents dans la nature ou dans les élevages domestiques. L'année 2010 a vu l'éradication de la peste bovine, maladie infectieuse qui a décimé les troupeaux depuis des millénaires. Néanmoins, ces dernières années, plusieurs maladies vectorielles, parasitaires ou zoonotiques, ont (ré)émergé, avec d'importantes conséquences sanitaires, écologiques, socio-économiques et politiques. Par exemple, le virus de la fièvre catarrhale, qui touche les ovins et se déplace vers les zones tempérées d'Europe sous l'influence du réchauffement climatique (Arzt *et al.*, 2010).

Le réchauffement a aussi des impacts directs sur le bétail, qui répond aux températures élevées en diminuant son alimentation ce qui limite la production laitière, induit un déficit énergétique et réduit la fertilité et la longévité des vaches (King *et al.*, 2005). En outre, les augmentations de la température de l'air et/ ou de l'humidité peuvent affecter les taux de conception des animaux domestiques, en particulier pour les bovins, dont les principales saisons de reproduction sont le printemps et l'été.

© Armand Colin, Paris, 2012.



Quels sont les impacts régionaux du changement climatique ?

Les impacts du changement climatique varieront considérablement à l'échelle régionale, entraînant des modifications de la répartition des systèmes agricoles. Ainsi, dans le nord de l'Europe, l'augmentation des rendements et l'expansion des systèmes agricoles aux latitudes élevées devraient dominer, tandis que les handicaps liés à la pénurie d'eau et aux événements météorologiques extrêmes (chaleur, sécheresse, tempêtes) prévaudront vraisemblablement dans le sud de l'Europe (Bindi et Olesen, 2011). Dans les pays nordiques et en Russie, le changement climatique pourrait se traduire par des hivers plus doux, permettant de développer les cultures d'hiver. Cependant, l'augmentation de la variabilité climatique et des événements météorologiques extrêmes pourrait retarder leur adoption pendant plusieurs décennies.

Par ailleurs, le changement climatique devrait avoir un effet notable sur la viticulture européenne, avec notamment des conséquences négatives dans le sud de l'Europe, principalement en raison de la sécheresse accrue et des effets thermiques cumulatifs pendant la saison de croissance. Inversement, dans les régions plus froides d'Europe centrale et occidentale les changements attendus seront bénéfiques non seulement pour la qualité du vin, mais aussi en permettant d'étendre la viticulture (Malheiro *et al.*, 2010).

L'adaptation au changement climatique

Face aux risques climatiques et pour stabiliser les produits et revenus agricoles, les systèmes de production doivent devenir plus résilients, c'est-à-dire capables de bonnes performances en dépit des perturbations. Les agriculteurs s'adaptent déjà au réchauffement climatique en faisant évoluer leurs pratiques agricoles (dates de semis, de récolte...) et en changeant de variétés végétales et de races animales. Les avantages de cette adaptation autonome peuvent être considérables pour certains systèmes agricoles en cas de changement climatique modéré. Améliorer la gestion du risque climatique en agriculture constitue aussi une stratégie d'adaptation de base, qui nécessite souvent la diversification des cultures et des systèmes d'élevage (Howden *et al.*, 2007).

Les petits exploitants, cultivateurs et éleveurs, en particulier ceux qui sont situés dans des environnements difficiles, ont développé des stratégies de subsistance qui ont évolué (i) pour réduire la vulnérabilité globale aux chocs climatiques (stratégies préventives), et (ii) pour gérer leurs impacts ex post (stratégies palliatives) (Morton, 2007). Le partage des risques au sein des familles et des communautés rurales, ainsi que les mécanismes d'assurance, permettent de réduire la vulnérabilité aux aléas climatiques et contribuent à l'adaptation.

Ces différentes stratégies d'adaptation autonome ne sont toutefois pas suffisantes pour faire face à des changements climatiques de grande ampleur. Un effort international d'adaptation de l'agriculture sera indispensable (Howden *et al.*, 2007). Il s'agit tout d'abord d'engager des recherches pour créer dès que possible les variétés végétales et les races animales dont on aura besoin demain, car elles seront adaptées au climat des prochaines décennies. Il faut aussi envisager de bouleverser les pratiques agricoles pour concevoir des systèmes de cultures et d'élevage adaptés, résilients et éco-efficaces, tout en préservant les sols, l'eau et les ressources génétiques et en réduisant les émissions de GES.

De nombreuses innovations seront nécessaires. Il faudra développer l'ingénierie agroécologique, qui passe notamment par une utilisation accrue de la diversité biologique aux échelles spatiales emboîtées du sol, de la parcelle et du paysage. Il faudra aussi développer les éco-technologies pour mieux collecter et économiser l'eau, pour réduire les émissions de GES, stocker du carbone dans les sols, produire de l'énergie de manière renouvelable et recycler les déchets. Des investissements accrus dans la protection contre les bio-agresseurs et le contrôle des invasions biologiques seront nécessaires pour préserver la santé des plantes, des animaux et des humains. La télédétection et les technologies de l'information (prévisions météorologiques saisonnières, géo-surveillance des cultures et agriculture de précision) permettront dans certains cas de limiter l'utilisation d'intrants

tout en augmentant la productivité et la résilience. Cependant, le succès de ces technologies dépendra de leur efficacité technique et de leur taux d'adoption, deux facteurs limités dans de nombreuses régions en développement par la pauvreté, la faim, le manque de ressources financières, la dégradation environnementale et les conflits.

L'atténuation du changement climatique

Les émissions mondiales de GES liées aux activités humaines ont fortement augmenté depuis l'époque préindustrielle, et notamment de 70% entre 1970 et 2004. Sans mesures d'atténuation, la concentration du CO₂ dans l'atmosphère terrestre pourrait atteindre environ 1 000 parties par million (ppm) à la fin de ce siècle et rester au-dessus de ce niveau pendant des millénaires. Dans ce scénario du pire, les températures moyennes mondiales augmenteraient de plus de 5°C d'ici la fin du siècle, avec des hausses régionales de plus de 10°C, et continueraient à croître pendant des siècles, atteignant des niveaux bien supérieurs aux points de basculement de la plupart des écosystèmes et systèmes de production agricole (Schneider, 2009). Des baisses soudaines et sévères de rendement des cultures entraîneraient une augmentation du nombre de réfugiés, menaceraient la sécurité alimentaire et déclencheraient des conflits violents dans de nombreuses régions du monde.

Les activités humaines ont une grande influence sur le cycle global du carbone et utilisent environ 40 % de la productivité primaire nette liée à la photosynthèse (Rojstaczer *et al.*, 2001). Globalement, environ 2 150 gigatonnes de carbone sont stockées dans les plantes et les sols. Les changements du climat et de l'utilisation des terres pourraient en libérer une fraction dans le prochain siècle, ce qui aurait pour effet d'accélérer le changement climatique. Il est donc crucial de préserver ces stocks en évitant la déforestation, le retournement des prairies, la dégradation et l'érosion des sols.

En 2004, l'agriculture a contribué directement à environ 14% des émissions anthropiques mondiales de GES, tandis que des changements d'utilisation des sols comme la déforestation contribuaient à hauteur de 17%. Afin de limiter le futur réchauffement planétaire à 2 °C, les émissions anthropiques de GES devront globalement diminuer d'au moins 50% par rapport aux niveaux de 1990 d'ici 2050. L'agriculture n'est pas encore soumise à des plafonds d'émissions, bien que des plans d'action existent dans plusieurs pays.

Quantifier les émissions de GES provenant des activités agricoles est complexe. Tout d'abord, ces émissions sont très variables en raison du grand nombre d'agriculteurs individuels dans des conditions géographiques et climatiques très diverses, et leur mesure précise est difficile et coûteuse. Ensuite, l'incertitude scientifique est forte quant aux émissions de GES agricoles car elles impliquent une interaction complexe de facteurs comme le climat, le type de sol et les modes de production. Les options d'atténuation doivent améliorer l'éco-efficacité des systèmes agricoles en réduisant les émissions de GES par unité de produits végétaux ou animaux.

De nombreuses pratiques agricoles peuvent potentiellement réduire les émissions de GES, en particulier une meilleure gestion des terres cultivées et des pâturages ou la restauration des terres dégradées (Smith *et al.*, 2008). D'autres approches pourraient jouer un rôle significatif : réduire l'excès de fertilisation azotée ; substituer les engrais azotés minéraux par la fixation biologique d'azote ; améliorer la nutrition des ruminants pour réduire le méthane issu de la fermentation entérique ; améliorer la gestion des effluents d'élevage. La séquestration du carbone dans les sols, en plus de réduire les émissions nettes agricoles, peut également jouer un rôle majeur dans la compensation des émissions de CO₂ provenant d'autres secteurs. Le potentiel technique mondial d'atténuation de l'agriculture d'ici 2030, en considérant tous les gaz à effet de serre, est estimé à 5 500-6 000 Mt CO₂-eq par an, et la moitié de ce potentiel pourrait être atteint en théorie pour des prix du carbone de 50 dollars par tonne de CO₂-eq (GIEC, 2007).

En outre, les émissions de GES peuvent être réduites en remplaçant les combustibles fossiles par des sous-produits agricoles (par exemple, du biogaz issu de la fermentation anaérobie de résidus de récolte et d'effluents d'élevage) et par des cultures énergétiques dédiées, comme des graminées

pérennes ou des taillis à courte rotation. On estime que le potentiel économique d'atténuation de l'énergie de la biomasse provenant de l'agriculture est du même ordre de grandeur que celui de l'atténuation directe des GES dans le secteur agricole (Smith *et al.*, 2008). Cependant, la production de biocarburants à partir de cultures alimentaires (souvent subventionnées) accroît la demande de terres cultivées, entraîne des changements d'usage des sols et contribue à la hausse des prix des matières premières agricoles. L'expansion des biocarburants aux dépens des cultures alimentaires contribue ainsi à la déforestation et, de manière indirecte, aux émissions de CO₂ de l'agriculture.

La sécurité alimentaire face au changement climatique

En 1996, le Sommet alimentaire mondial organisé sous l'égide de la FAO a défini la sécurité alimentaire comme une « situation qui existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture saine, suffisante et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active » (FAO, 2002). Cette définition comprend quatre dimensions clés : disponibilité, stabilité, accès et utilisation des aliments.

La première dimension concerne la capacité globale du système agricole à satisfaire la demande alimentaire.

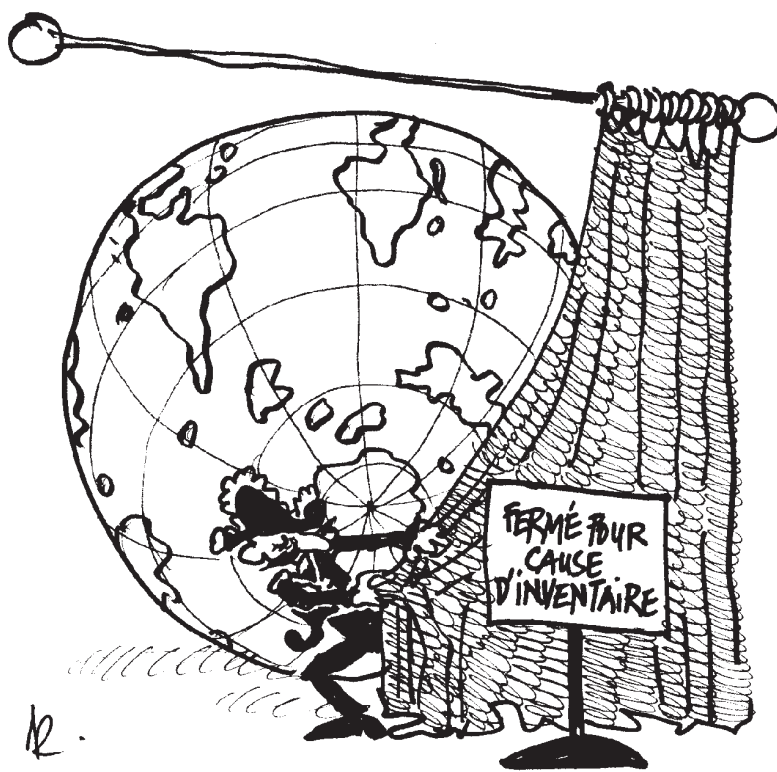
La deuxième, la stabilité, est liée au risque que les individus perdent, de façon temporaire ou permanente, leur accès aux ressources nécessaires pour satisfaire leurs besoins. La variabilité du climat est l'une des causes d'instabilité.

La troisième dimension, l'accès, traite du droit des individus à disposer de ressources adéquates, ce qui englobe le pouvoir d'achat, les droits fonciers et les droits traditionnels des populations rurales à jouir d'une part des terres communes. Des millions de personnes sont sous-alimentées car elles n'ont pas accès à une alimentation suffisante. Elles vivent principalement dans les zones rurales des régions tropicales et leur vulnérabilité est accrue par les tendances socio-économiques, démographiques et politiques limitant leur capacité à s'adapter au changement climatique (Morton, 2007). La majorité des populations rurales touchées par l'insécurité alimentaire consomment plus de calories qu'elles n'en produisent sur leurs terres et sont donc aussi vulnérables aux hausses de prix. Comme les zones les plus pauvres deviennent progressivement plus intégrées au marché, elles devraient améliorer globalement leurs revenus et leur productivité, au prix d'une plus grande vulnérabilité aux chocs de prix.

La quatrième dimension, l'utilisation, englobe la sécurité alimentaire et les aspects qualitatifs de la nutrition, notamment les conditions sanitaires dans toute la chaîne alimentaire. Même les producteurs nets de denrées alimentaires ont souvent un apport calorique insuffisant, choisissant plutôt de dépenser de l'argent en sucre, viande et autres aliments coûteux (Naylor et Falcon, 2010). Le changement climatique peut affecter la qualité des aliments : les cultures céréalières et fourragères, par exemple, ont des concentrations plus faibles en protéines et micronutriments si les concentrations atmosphériques en CO₂ augmentent (Easterling *et al.*, 2007).

À travers l'étude de scénarios plausibles, l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI, 2010) suggère que les prix agricoles réels pourraient poursuivre leur augmentation pendant la première moitié du XXI^e siècle. La hausse de la demande alimentaire liée à la croissance démographique et à l'accroissement des richesses pourrait dépasser l'offre alimentaire étant donné les impacts négatifs du changement climatique. Dans un scénario optimiste (forte croissance des revenus et faible croissance démographique), les hausses de prix pourraient avoisiner 30% pour le riz, mais jusqu'à 100% pour le maïs dans un scénario de référence (revenus moyens et croissance démographique). Dans le cas improbable d'une stabilisation parfaite des GES (continuation du climat actuel dans le futur), la hausse des prix des céréales serait réduite de moitié.

L'étude a révélé d'autres impacts sur la sécurité alimentaire. Le changement climatique diminue le bien-être humain, en particulier parmi les plus pauvres, en augmentant la proportion d'enfants



Dessin de Robert Rousso paru dans *le Courrier de l'environnement de l'INRA* n°40.

souffrant de malnutrition par rapport à un monde où la concentration atmosphérique des GES serait stabilisée. Avec une forte croissance du revenu par habitant et sans altération du climat, la disponibilité en calories dans les pays à faible revenu pourrait atteindre près de 85% de celle des pays développés en 2050. En revanche, dans le cas du scénario pessimiste, toutes les régions connaîtraient une baisse de la disponibilité en calories.

Vers des systèmes alimentaires intelligents face au climat

L'agriculture intelligente face au climat est définie comme une agriculture qui augmente durablement la productivité et la résilience (adaptation), réduit les émissions de GES (atténuation) et améliore la sécurité alimentaire et le développement (FAO, 2010). Une intensification agricole durable permettrait de combler les déficits de rendement et d'augmenter l'efficacité d'utilisation des ressources naturelles par l'agriculture, en particulier dans les pays en développement. Cette stratégie pourrait améliorer la sécurité alimentaire et contribuer à atténuer les changements climatiques en mettant un terme à la déforestation et à l'expansion de l'agriculture sur des écosystèmes sensibles. Des systèmes plus productifs et résilients peuvent également avoir des effets secondaires bénéfiques comme la séquestration du carbone et des réductions de GES émis par unité de produit. Ces options gagnant-gagnant supposent de modifier la gestion de la biodiversité et des ressources naturelles (par exemple, conservation et restauration des sols, récupération et économies d'eau, utilisation accrue de la fixation biologique de l'azote et de systèmes intégrés comme l'agroforesterie, *etc.*). Toutefois, ces options sont actuellement limitées par les lacunes dans nos connaissances, ainsi que par un certain nombre d'obstacles économiques et institutionnels.

Les changements alimentaires et les politiques bioénergétiques peuvent contribuer au développement de systèmes alimentaires intelligents face au climat. Par exemple, passer d'une consommation de bœuf nourri au grain à celle de volaille, de porc ou de bœuf nourri à l'herbe et ne pas utiliser les cultures alimentaires comme source de biocarburants pourrait considérablement améliorer la disponibilité mondiale de calories et réduire les impacts environnementaux de l'agriculture (Foley *et al.*, 2011). Il s'agit aussi de réduire les pertes après récolte, par l'amélioration du stockage et du transport des aliments dans les pays en développement. Dans les pays industrialisés, ce sont principalement les gaspillages d'aliments dans la distribution et la consommation qu'il faudra limiter. Des systèmes alimentaires intelligents face au climat nécessiteront donc de repenser toutes les étapes de la chaîne alimentaire, allant d'une meilleure gestion des ressources naturelles par des systèmes agricoles résilients à l'éducation des consommateurs, en passant par des évolutions des infrastructures de stockage, transport, transformation et vente au détail.

Réinvestir dans les systèmes agricoles et alimentaires nécessitera des financements considérables ainsi qu'une modification des accords commerciaux et réglementaires pour limiter la volatilité des prix, favoriser la transparence des marchés et encourager la coopération internationale dans le développement agricole et la protection de l'environnement rural.

Conclusion

Dans une large mesure, l'humanité contrôle désormais le destin de la biosphère mondiale et est confrontée à des choix cruciaux concernant son avenir. La poursuite du développement dépend de notre capacité à protéger la biosphère en enravant les émissions de GES et en gérant les services écologiques et la biodiversité pour que les systèmes alimentaires mondiaux soient compatibles avec les limites planétaires de notre environnement. Cela nécessitera un effort majeur d'éducation et des mécanismes d'assurance et de redistribution favorisant une stabilisation de la population et une amélioration de la sécurité alimentaire mondiale. L'humanité ne pourra peupler durablement la Terre et pourvoir aux besoins de tous qu'à condition de ne pas céder à la cupidité de chacun.

Aussi, les politiques devraient viser à : (i) augmenter les revenus des plus pauvres et leur accès à la nourriture, aux ressources naturelles et à l'éducation pour assurer une sécurité alimentaire durable face au changement climatique ; (ii) investir dans l'agriculture intelligente face au climat, l'éducation des consommateurs et la réduction des pertes et gaspillages ; (iii) repenser les accords commerciaux internationaux pour trouver des compensations aux effets différenciés du changement climatique selon les régions du monde et (iv) réduire les émissions de gaz à effet de serre et planifier l'adaptation de l'agriculture afin de minimiser les effets néfastes du changement climatique sur la sécurité alimentaire (IFPRI, 2010).

Références bibliographiques

- ARZT J., ARZ J., WHITE W.R., THOMSEN B.V., BROWN C.C., 2010. Agricultural Diseases on the Move Early in the Third Millennium. *Veterinary Pathology*, 47(1), 15-27.
- BATTISTI D.S., NAYLOR R.L., 2009. Historical Warnings of Future Food Insecurity With Unprecedented Seasonal heat. *Science*, 323, 240-244.
- BINDI M., OLESEN J.E., 2011. The Responses of Agriculture in Europe to Climate Change. *Regional Environmental Change*, 11, 151-158.
- BRISSON N., GATE P., GOUACHE D., CHARMET G., OURY F.X., HUARD F., 2010. Why Are Wheat Yields Stagnating in Europe? A Comprehensive Data Analysis for France. *Field Crops Research*, 119 (1), 201-212.
- CLAY J., 2011. Freeze the Footprint of Food. *Nature*, 475, 287-289.
- EASTERLING W., AGGARWAL P., 2007. Food, Fibre and Forest Products. In: Parry M.L. *et al.*, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge, Cambridge University Press, 273-313.
- FAO, 2002. *The State of Food Insecurity in the World 2001*, Rome, FAO.
- FAO, 2008. *The State of Food Insecurity in the World 2008 (SOFI): High Food Prices and Food Security – Threats and Opportunities*, Rome, FAO.
- FAO, 2010. *Climate-Smart Agriculture Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation*, Rome, FAO.

- FOLEY J.A., ASNER G.P., HEIL COSTA M., COE M.T., DE FRIES R., GIBBS H.K., 2007. Amazonia Revealed: Forest Degradation and Loss of Ecosystem Goods and Services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 25-32.
- FOLEY J.A., RAMANKUTTY N., BRAUMAN K.A., CASSIDY E.S., GERBER, J.S., JOHNSTON M., 2011. Solutions for a Cultivated Planet. *Nature*, 337-342.
- HOWDEN S.M., SOUSSANA J.F., TUBIELLO F.N., CHETRI N., DUNLOP M., HOLGER M., 2007. Adapting Agriculture to Climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 50, 19691-19696.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2007. *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, Cambridge University Press.
- INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE, 2010. *Food Security and Climate Change. Challenges to 2050 and Beyond*, IFPRI Issue Brief 66.
- KERSEBAUM K.C., NAIN A.S., NENDEL C., GANDORFER M., WEGEHENKEL M., 2008. Simulated effect of Climate Change on Wheat Production and Nitrogen Management at different sites in Germany. *Journal of Agrometeorology*, 10, 266-273.
- LOBELL D.B., BURKE M.B., TEBALDI C., MASTRANDREA M.D., FALCON W.P., NAYLOR R.L., 2008. Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science*, 319, 607-610.
- LOBELL D.B., SCHLENKER W., COSTA-ROBERTS J., 2011. Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, 333, 616-620.
- LONG S.P., ORT D.R., 2010. More Than Taking The Heat: Crops and Global Change. *Current Opinion Plant Biology*, 13, 241-248.
- MALHEIRO A.C., SANTOS J.A., FRAGA H., PINTO J.G., 2010. Climate Change Scenarios Applied to Viticultural Zoning in Europe. *Climate Research*, 43 (3), 163-177.
- MORTON J.F., 2007. The Impact of Climate Change On Smallholder and Subsistence Agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 19680-19685.
- NAYLOR R., FALCON W., 2010. Food Security in an Era of Economic Volatility. *Population and Development Review*, 36 (4), 693-723.
- ROCKSTRÖM J., STEFFEN W., NOONE K., PERSSON A., CHAPIN S., LAMBIN E.F., 2009. A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 461, 472-475.
- ROJSTACZER S., STERLING S.M., MOORE N.J., 2001. Human Appropriation of Photosynthesis Products. *Science*, 294, 2549.
- SCHMIDHUBER J., TUBIELLO F.N., 2007. Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 19703-19708.
- SCHNEIDER S., 2009. The Worst-Case Scenario. *Nature*, 458, 7242, 1104-1105.
- SMITH P., MARTINO D., CAI Z., GWARY D., JANZEN H., 2008. Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society. B-Biological Sciences*, 363, 789-813.
- SOUSSANA J.F., GRAUX A.I., TUBIELLO F.N., 2010. Improving the Use of Modelling for Projections of Climate Change Impacts on Crops and Pastures. *Journal of Experimental Botany*, 61, 2217-2228.
- TUBIELLO F.N., SOUSSANA J.F., HOWDEN S.M., 2007. Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 19686-19690.

Pertes et gaspillage alimentaires

Un gisement déterminant, complexe et multiple pour la durabilité

Barbara Redlingshöfer*, Annie Soyeux**

Chargée de mission INRA MaR/S, **Inspecteur général honoraire de santé publique vétérinaire

barbara.redlingshoefer@paris.inra.fr ; drvas10melboulo@gmail.com>

Un sujet méconnu d'un intérêt croissant

L'augmentation de la population mondiale, la perception de la finitude des terres cultivables, l'affirmation du droit à l'alimentation et l'augmentation des prix des produits agricoles sont des données qui remettent l'alimentation humaine au premier plan des préoccupations politiques et sociales. La FAO estime que pour assurer la sécurité alimentaire d'une population mondiale de 9 milliards d'humains – chiffre attendu d'ici 2050 – la production agricole devrait augmenter de 70% (Bruinsma, 2009). Mais cette production est déjà très contrainte par les limites de la biologie et de l'agronomie, par les aléas de la nature et par les exigences de la société. D'autres éléments encore comme le réchauffement climatique et l'urbanisation rapide dans les pays des Suds¹ exigent des adaptations innovantes des systèmes alimentaires.

Pendant que les injonctions faites à l'agriculture d'augmenter ses productions se font pressantes, la réduction des pertes post-récolte et du gaspillage est aujourd'hui considérée comme un levier économe et respectueux de l'environnement (Lundqvist *et al.*, 2008 ; Nellemann *et al.*, 2009 ; Gustavsson *et al.*, 2011) pour augmenter la disponibilité alimentaire. À titre indicatif, un travail prospectif britannique estime qu'au niveau mondial, la division par deux des pertes et gaspillages le long de la chaîne alimentaire permettrait d'économiser dans le futur une quantité de ressources alimentaires équivalente à 25% de la production agricole actuelle (Foresight Government Office for Science, 2011).

L'ampleur considérable des pertes et gaspillages, estimée au niveau mondial à environ 30% de la production agricole (Lundqvist *et al.*, 2008 ; Foresight Government Office for Science, 2011 ; Gustavsson *et al.*, 2011), n'est pas compatible avec une approche durable des systèmes alimentaires. Le long de la chaîne de production-transformation-distribution voire au sein des ménages, un aliment jeté a consommé de l'énergie et de l'eau, a occupé du sol et de la main-d'œuvre, a généré des pollutions, sans même servir à sa fonction initiale, celle de nourrir. De plus, les déchets alimentaires sont source de gaz à effet de serre lors de leur collecte, de leur traitement et de leur mise en décharge. L'organisme britannique Working together for a World without waste (WRAP)² estime que les pertes et gaspillages alimentaires des seuls ménages ont consommé 6% des besoins en eau

1. Nous utilisons les Suds au pluriel pour respecter la pluralité des situations à l'égard du niveau de développement de ces pays appelés aussi pays pauvres ou pays en voie de développement.

2. Organisme à but non lucratif dédié à la réduction des déchets, de l'exploitation des ressources, et au développement de produits durables, <http://www.wrap.org.uk/>

de la Grande-Bretagne et ont été à l'origine de 3% des émissions nationales de gaz à effet de serre (WRAP et WWF, 2011).

Le phénomène suscite des questions d'ordre social et éthique compte tenu de la part toujours scandaleusement élevée de la population en insécurité alimentaire, dans les pays des Suds, mais pas exclusivement (FAO, 2010). Enfin, les pertes et le gaspillage alimentaires ont un coût, individuellement, pour ceux qui les engendrent, et collectivement, pour la société qui les supporte.

La méconnaissance des quantités de pertes et gaspillages, des mécanismes en jeu et du rôle des multiples acteurs interdit d'appliquer des mesures de réduction de façon hâtive et non concertée. Car les pertes et le gaspillage ne sont pas liés à une inconséquence des acteurs. Dans les pays du Nord, ils sont la résultante visible des changements socio-économiques profonds dans les systèmes alimentaires (mondialisation des marchés, industrialisation des processus, réglementations d'hygiène...), des changements dans les styles de vie et ceux des valeurs qui leur sont associées (la valeur du temps, notamment).

Dans les pays des Suds, les pertes post-récolte signalent l'échec dans la bataille quotidienne de millions de paysans pour la préservation de leurs récoltes. Malgré des projets et un programme ambitieux de la FAO, *Prevention of food losses*, mis en place à la suite de la Conférence mondiale de l'alimentation organisée en 1974, le sujet n'a rien perdu de son actualité. Mais il a acquis une nouvelle dimension au tournant du millénaire avec la prise de conscience, dans nos sociétés modernes et opulentes, des quantités colossales de denrées parfaitement comestibles qui sont jetées.

L'entrée, ou le retour, des pertes et gaspillage alimentaires sur l'agenda politique³ ne marque que le début d'un travail important à accomplir pour analyser leurs causes et leurs conséquences et pour identifier les verrous existants et les moyens de les surmonter afin de réduire l'ampleur du phénomène.

Qu'est-ce qui est perte, qu'est-ce qui est gaspillage ?

Des définitions existent pour les termes pertes et gaspillage. Il est nécessaire de les rappeler pour bien définir les problèmes :

– pertes, en anglais *losses*, selon la FAO (1981), « signifie une modification de la disponibilité, de la comestibilité ou de la qualité d'un aliment qui le rend impropre à la consommation humaine ». Notons qu'en ce sens, les pertes de denrées alimentaires peuvent être quantitatives – exprimées en poids et en valeur monétaire – et qualitatives – exprimées en termes sanitaires ou nutritionnels, en termes de propreté ou de pureté, *etc.* (Tyler et Gilman, 1979).

– gaspillage, en anglais *wastage*, est l'« action de trier et mettre au rebut délibérément ou consciemment une ressource alimentaire alors qu'elle est parfaitement comestible » (Lundqvist *et al.*, 2008).

Souvent, on parle de pertes post-récolte, c'est-à-dire de pertes survenues le long des stades de la récolte à la distribution, dans le contexte des pays des Suds. Au contraire, le terme gaspillage s'utilise pour l'aval de la chaîne alimentaire, dans la distribution, dans la restauration et au sein des ménages. Mais l'utilisation de ces termes repose sur une conception simplifiée des systèmes alimentaires qui sont bien plus complexes en réalité, car des pertes en amont, lors des premiers stades de la chaîne, existent aussi dans les pays du Nord, mais pour des raisons et sous des noms différents (écarts de tri, freinte⁴).

De nombreuses raisons induisent des pertes et du gaspillage à tous les stades des systèmes alimentaires, tant dans les pays du Nord que des Suds. Le tableau 1 présente un aperçu non exhaustif de ces raisons.

3. Résolution du Parlement européen sur la réduction du gaspillage alimentaire votée le 19 janvier 2012 : <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2011-0430+0+DOC+PDF+V0//EN>

4. Perte de volume ou de poids subie par certaines marchandises pendant la fabrication ou le transport.

Tableau 1. Origines et localisations principales des pertes et gaspillages alimentaires dans les systèmes alimentaires des pays du Nord et des Suds.

Stade d'apparition des pertes et gaspillages	Pays du Nord	Pays des Suds
- à la récolte	Non-récolte, retraits de marché et destruction (fruits et légumes)	Outillage, accidents, dégâts de ravageurs et/ou de microbes, accès limité au champ
- au stockage (ferme, entrepôt...)	Température, humidité, déshydratation, retraits de marché	Dégâts de ravageurs et/ou de microbes, absence de chaîne du froid, récipients et emballages
- au transport (à plusieurs stades)	Emballages, température, manipulations	Accidents, barrages, infrastructure, véhicules
- à la transformation (1 ^{ère} , 2 ^e ...)	Freinte, pertes liées au procédé, standardisation	Outillage, accidents
- à la distribution (marchés, magasins...)	Refus et retours, DLC approchée, détérioration, conservation	Standards et normes de la grande distribution et des marchés extérieurs (?)
- à la consommation (hors foyer, domestique)	Confusion DLC/DLUO, faible gestion ménagère, faibles connaissances, portions inadaptées, hygiène	Rapprochement des pratiques des ménages aisés de celles des ménages du Nord (?)

Source : Auteurs.

Perte ou gaspillage ? Un problème de distinction

La grande diversité de situations dans lesquelles surviennent perte et gaspillage rend difficile une distinction nette entre ces deux phénomènes. Ce qui est gaspillage pour les uns est perte pour les autres. Ce peut être une question d'angle de vue en fonction du contexte réglementaire, des contraintes financières (coût du personnel ou du matériel) ou des pratiques culturelles. Le terme gaspillage comporte une connotation moralisatrice et culpabilisante qui masque que, dans bien des cas, les acteurs responsables ne font qu'appliquer les standards des systèmes alimentaires modernes, comme la réglementation d'hygiène par exemple. Cependant, force est de constater, et les enquêtes sur le gaspillage domestique le soulignent (Eurobarometer 2011 ; WRAP 2007), que les acteurs de l'alimentation, y compris les ménages, n'ont ni conscience de jeter de la nourriture, ni conscience de l'ampleur que ce gaspillage représente dans nos sociétés.

Pour ces raisons, on préfère parler de pertes et de gaspillage dans leur ensemble sans introduire de distinction.

Des utilisations multiples des ressources agricoles mal prises en compte dans la conception des pertes et du gaspillage

Mis à part leur distinction entre elles, ces définitions interrogent le rapport entre l'utilisation des ressources agricoles pour l'alimentation de l'homme et leurs autres utilisations multiples, ainsi que sur la prise en compte de ce rapport. Certains auteurs associent de façon plus ou moins explicite à pertes et gaspillage les cultures destinées à l'alimentation animale (Stuart, 2009 ; Lundqvist *et al.*, 2008), d'autres assimilent une consommation importante de produits animaux au gaspillage de terres agricoles ou au gaspillage d'azote (Sutton *et al.*, 2011) dans le cas de certains modes d'élevage. De même, l'utilisation grandissante de matière première agricole en biocarburants suscite des

débats sur le gaspillage de ressources par rapport à la satisfaction des besoins alimentaires. Si l'on considère que les pertes et le gaspillage englobent tout ce qui aurait initialement pu aboutir à une consommation humaine, mais qui a une autre destination (chimie, élevage, énergie, *etc.*), on arrive à des quantités très importantes. Par contre, si l'on tient compte de la destination des produits dérivés, on aboutit à une typologie systémique plus intéressante. La plupart des produits issus de l'agriculture font l'objet de fragmentation et de séparation en composantes, distinguées selon leur caractère lucratif en produit principal, co-produit, sous-produit, et en déchet⁵, et utilisées dans de multiples secteurs économiques : alimentation humaine et animale, industries chimique, pharmaceutique et cosmétique, maroquinerie et textile, production d'énergie ou de compost pour citer les principaux. Ainsi, tout est imbriqué. Ce que l'homme ne mange pas directement n'est pas nécessairement perdu ou gaspillé.

Distinguer comestible et non-comestible pour préciser le gaspillage

Naturellement, les produits de l'agriculture et de l'élevage ne sont pas entièrement comestibles pour l'homme, en tout cas pas dans des conditions normales (pelures d'agrumes, os, coquilles d'œuf, *etc.*). Ceci étant, la frontière entre ce qui est comestible et non-comestible est parfois mince et dépend des habitudes et des cultures alimentaires (consommation des croûtes de pain, des pelures de pommes, du gras de viande, *etc.*). Ainsi, les déchets de la transformation et de la préparation culinaire contiennent une fraction non-comestible qui n'est pas de la perte et du gaspillage pour l'alimentation humaine. L'absence de précision fait régner une confusion entre déchets alimentaires, d'un côté, et pertes et gaspillage, de l'autre, ce que le Parlement européen a pointé récemment⁶.

Dans le souci d'être le plus précis possible à l'égard de ces différentes conceptions, Gustavson *et al.* (2011) ont défini comme pertes et gaspillage alimentaires « le poids de denrées perdues ou gaspillées dans les parties des filières qui mènent à des produits comestibles destinés à la consommation humaine ». Seule la matière agricole destinée à l'alimentation de l'homme et non consommée, quelle qu'en soit la raison et quel que soit le devenir des produits (alimentation animale, compost, *etc.*), fait l'objet de pertes et de gaspillage alimentaires, selon ces auteurs.

L'absence de définitions consensuelles des termes pertes et gaspillage est problématique parce que premièrement, l'objet de discussion même sur lequel des acteurs publics et privés se prononcent n'est ni bien identifié ni identique entre ces acteurs, et que deuxièmement, elle peut en partie expliquer des écarts importants, selon les sources, entre les estimations de quantités perdues et gaspillées.

Quelle que soit la définition retenue, des données précises et représentatives des quantités et de la valeur des pertes et gaspillages manquent dans la plupart des pays. Par ailleurs, rien n'est connu en la matière pour les grands pays émergents (la Chine, l'Inde ou le Brésil) ni pour les grandes villes des pays des Suds dans lesquels les systèmes alimentaires s'occidentalisent (diversification des circuits avec pénétration de la grande distribution ; industrialisation des filières ; modification des régimes alimentaires). La nature de leurs pertes est-elle en train de se rapprocher de celle des pays du Nord ? Faute d'études, notre analyse ne couvre pas les pertes et les gaspillages dans les systèmes de distribution urbaine de ces pays.

L'ampleur des pertes et du gaspillage dans le monde

Plusieurs sources estiment le taux de pertes et de gaspillage, au niveau mondial, à environ 30% de la production initiale destinée à l'alimentation humaine (Lundqvist *et al.*, 2008 ; Foresight Government Office for Science, 2011 ; Gustavsson *et al.*, 2011). Sur la base de la littérature et des bilans alimentaires de la FAO, déclinés par grandes régions dans le monde, Gustavsson *et al.* (2011) ont établi qu'entre 208 et 300 kg par tête et par an de nourriture sont perdus ou gaspillés tout au

5. Directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:fr:PDF>

6. <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2011-0430+0+DOC+PDF+V0//FR>

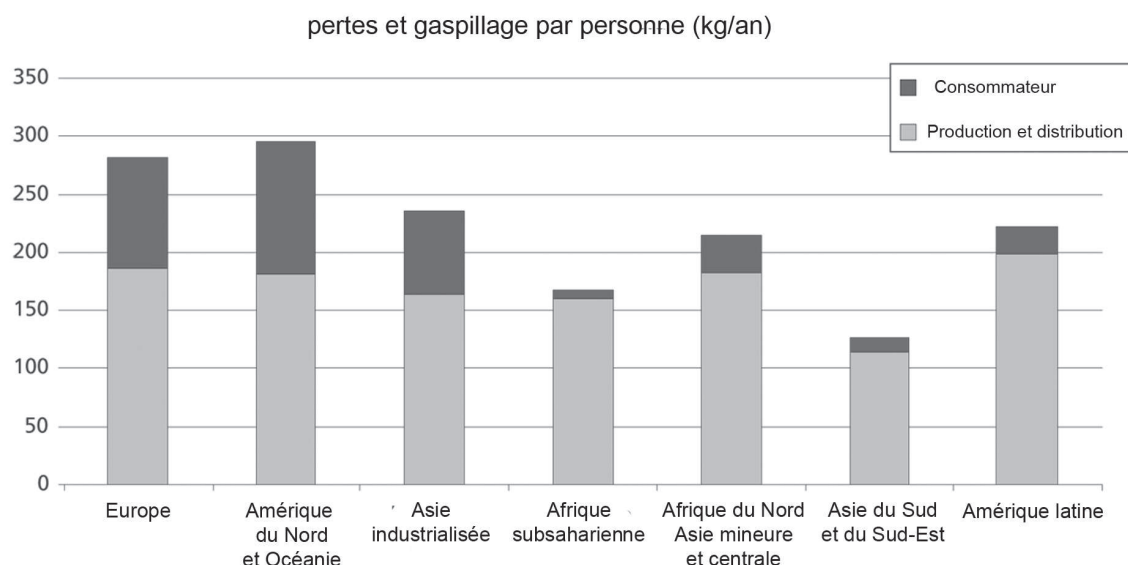


Figure 1. Pertes et gaspillages alimentaires par personne et par an (kg/an), aux stades de la consommation et en amont, dans différentes régions du monde. Source : Gustavson et al., 2011.

long de la chaîne alimentaire dans les pays d'Europe et d'Amérique du Nord, dont 95 à 115 kg par les consommateurs. Dans les pays d'Afrique subsaharienne et d'Asie du Sud et du Sud-Est, ce sont 120 à 170 kg par tête et par an, dont seulement 6 à 11 kg par les consommateurs.

Dans les pays du Nord

Quelques enquêtes auprès des ménages ont analysé les pertes et gaspillages de nourriture. Selon Jones (2004) aux États-Unis, chaque foyer gaspille 14% du poids de ses achats alimentaires, ce qui équivaut à 589 dollars par an. En Grande-Bretagne, ce sont 25% des quantités achetées, ou 480 livres sterling par an et par foyer, selon les données du WRAP (2009). Ces données font état de 8,3 millions de tonnes, soit environ 134 kg par personne et par an, de nourriture et de boisson jetées, dont les deux tiers auraient parfaitement pu être consommées. Tous les produits ne sont pas concernés de la même façon : les fruits et légumes en vrac ou emballés, le pain, les plats préparés, les viandes, le poisson et le lait arrivent en tête. Après quelques années de campagnes de sensibilisation massives, le WRAP (2011) a testé leur efficacité par une nouvelle enquête : en 2010, les déchets alimentaires des ménages britanniques ont baissé et en particulier ceux qui étaient comestibles (-18%).

En France, selon une étude de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise d'énergie (Ademe, 2007) menée sur la composition des ordures ménagères et assimilées, 7 kg de produits alimentaires encore sous emballage sont jetés par an et par habitant. Treize kilogrammes sur les 72 kg de déchets alimentaires jetés aux poubelles sont des restes de repas ou d'autres aliments, ce qui porte à 20 kg la quantité de nourriture gaspillée par habitant et par an.

Au niveau de l'industrie agroalimentaire, en France, l'enquête du Réseau des organisations professionnelles et interprofessionnelles pour la sécurité et la qualité des denrées animales (RESEDA, 2005) montre que l'ensemble de la première transformation des produits végétaux (notamment les filières de sucrerie et de corps gras, l'amidonnerie et les meuneries) valorise bien ses co-produits et ses sous-produits (9,5 millions de tonnes de matière sèche) en alimentation animale. Les productions animales ont plus de mal à valoriser leurs sous-produits (0,55 millions tonnes) : les deux tiers de ces déchets, soit près de 0,3 millions de tonnes de farines de viandes sont brûlées depuis

Tableau 2. Quantité de déchets alimentaires, d'emballages et autres déchets générés entre la transformation et la consommation des ménages en Grande-Bretagne (WRAP, 2010).

Stade de la chaîne alimentaire	Total des déchets en tonnes par an			Total
	alimentaires	emballages	autres	
Transformation*	2 591 000	406 000	2019 000	5 016 000**
Commerce de gros, centrales d'achat, magasins de libre-service de gros	4 000	85 000	9 000	98 000
Commerce de détail	362 000	1 046 000	56 000	1 464 000
Sous-total	2 957 000	1 537 000	2 084 000	6 578 000
Ménages	8 300 000***	3 600 000	20 566 000	32 466 000
Total	11 257 000	5 137 000	22 650 000	39 044 000

* en dehors de la première transformation des matières premières agricoles

** hors 2,2 millions de tonnes de co-produits valorisés en alimentation animale

*** y compris les volumes de boissons déversées dans les égouts

l'épidémie d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB)⁷. Le tiers restant est transformé en gélatines et en colles.

Une seule étude britannique (WRAP, 2010) fait le point sur les maillons de la deuxième transformation, du commerce de détail et de la distribution en amont (commerce de gros, centrales d'achat, magasins libre-service de gros).

Selon cette étude (tableau 2), la deuxième transformation dans son ensemble génère les volumes de déchets alimentaires les plus importants après les ménages, soit presque 2,6 millions de tonnes par an, et ceci malgré le fait que les co-produits valorisés par ailleurs ne fassent plus partie du décompte. Selon des observations ponctuelles, les pertes et le gaspillage dans les industries agro-alimentaires pourraient s'élever à environ 20% (WRAP, 2010) des matières premières transformées. Dans des proportions bien plus faibles, le gros des déchets alimentaires de la distribution est généré en commerce de détail (362 000 tonnes par an). Mais FareShare, la fédération des banques alimentaires britanniques, déclare n'avoir pu sauver que 3000 tonnes de denrées en 2008 (contre 2000 tonnes en 2007).

En France, les dons à des associations caritatives n'ont atteint que 50 000 tonnes de nourriture en 2010 – chiffre à rapporter aux 600 000 tonnes dont les banques alimentaires estiment qu'elles sont écartées par an dans les grandes et moyennes surfaces et dont 200 000 tonnes seraient parfaitement comestibles et récupérables (SITA France et Banque alimentaire du Bas-Rhin, 2011).

La restauration collective est aussi un secteur qui génère des volumes importants de pertes et de gaspillages. Les établissements de santé et médico-sociaux sont concernés en particulier. Une étude britannique a mesuré des taux de retour des repas qui allaient de 19% à 66% par service, en fonction de la gestion du service (par plateau ou en vrac) (Sonnino et McWilliam, 2011). Une estimation faite au Centre hospitalier du Mans permet de situer les pertes et gaspillages à 264 g en moyenne par personne et par repas (MAAPRAT, 2011), les hôpitaux en produisant deux fois plus que les maisons

7. Aujourd'hui, vingt ans après la première crise de l'ESB, et au vu des résultats du dépistage, la Commission européenne et les États se penchent sur une réintroduction progressive de certaines protéines animales transformées dans l'alimentation des animaux non ruminants.

de retraite. Une gestion standardisée de la restauration peu adaptée aux besoins des patients et des précautions d'hygiène importantes peuvent expliquer ces niveaux élevés.

En restauration scolaire, une étude commanditée par le ministère de l'agriculture et de l'alimentation annonce en moyenne 150 g de déchet par convive par repas (MAAPRAT, 2011). La difficulté d'évaluer les effectifs, les trop grandes quantités servies, la faible qualité gustative et les circonstances ambiantes de restauration (temps disponible pour déjeuner, bruit, *etc.*) favorisent les retours de plateaux qui pèsent bien plus que les déchets produits en cuisine.

Dans les pays des Suds

Dans les pays en voie de développement et bien que la communauté internationale ait pris conscience de l'importance du phénomène dès les années 1970, les pertes post-récolte restent peu quantifiées à ce jour. A cette époque, elles n'étaient associées qu'au stockage et synonymes de « dégâts dus aux insectes », les divers déterminants tels le mode de stockage, le choix des variétés, l'équipement technique, et enfin le savoir-faire et les choix d'ordre culturel et social étant alors sous-estimés. Ainsi, pour le maïs, les pertes en poids peuvent varier de 3% pour les variétés traditionnelles à plus de 20% pour des variétés hybrides (Schulten 1982).

Depuis plusieurs années, la FAO et ses partenaires de la recherche et du développement investissent dans la constitution de bases de données (encadré 1). Ce travail de collecte répond au souci de fournir des données représentatives et de qualité, du fait que dans le passé nombre d'études ont souffert d'erreurs de quantification et de généralisation sans tenir compte des conditions climatiques, biophysiques et techniques des situations étudiées.

Un état de l'art synthétique a récemment été tenté par Parfitt *et al.* (2010). Les auteurs ont été confrontés aux mêmes manques de données que nous : les sources disponibles datent pour la plupart des années 1980 et du début des années 1990, ne concernent que les zones rurales et sont de qualité variable. De façon générale, les données disponibles dans la littérature ou dans les systèmes d'informations concernent seulement les pertes de quantité exprimées en poids et/ou, plus rarement, en valeur monétaire.

Pour le riz, la seconde céréale la plus consommée par l'homme et dont les pertes ont été beaucoup étudiées, un taux de pertes globales est proposé à hauteur de 15% (Grolleaud, 2002 ; Liang, 1993), mais la variabilité entre pays, entre les zones climatiques et les pratiques comme dans la fiabilité des données est importante.

Lors du stockage, souvent étudié spécifiquement, le taux de pertes va de moins de 1% dans une étude menée au Malawi (Singano *et al.*, 2007 et 2008) à 12-13% au Bangladesh (Banque mondiale, cité par Grolleaud, 2002) en passant par une fourchette de 3-6% en Chine (IDRC, cité par Grolleaud, 2002) ou en Malaisie (FAO, 2007).

Pour l'Afrique subsaharienne, les pertes post-récolte de céréales, avant transformation, sont esti

Encadré 1. Deux réseaux d'informations sur les opérations et les pertes post-récolte dans les pays des Suds

La base de données Aphlis (www.phlosses.net), créée par le Joint Research Center de la Commission européenne et le Natural Resources Institute (NRI), contient des données sur les céréales dans le sud et l'est de l'Afrique. Sur la base de la littérature et d'après les experts locaux des systèmes post-récolte, Aphlis fournit des estimations de pertes tenant compte des différentes opérations post-récolte, de la zone climatique, de la taille de production et d'autres facteurs. À terme, cette base de données est censée intégrer d'autres produits (légumineuses...) et d'autres zones géographiques (Afrique de l'Ouest, Asie, Amérique centrale et du Sud). Une autre base de données, INPhO (<http://www.fao.org/inpho>), alimentée par la FAO, le Cirad et la GTZ, héberge un grand nombre de documents relatifs aux opérations post-récolte. Elle couvre les systèmes post-récolte des céréales de base (maïs, riz et sorgho) et du manioc dans les pays d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine. Une large panoplie d'informations techniques sur les opérations post-récolte, sur la composition physico-chimique et nutritionnelle des produits et des recettes de cuisine sont disponibles avec l'objectif de soutenir le développement d'activités dans les secteurs de ces produits tropicaux.

mées dans Aphlis à 10-20 %, d'une valeur d'environ 4 milliards de dollars. Ces pertes représentent 13,5 % de la valeur totale de la production céréalière de ces pays (Banque mondiale, 2011).

Pour les produits périssables (plantes à racines, tubercules, fruits, *etc.*), il existe encore moins de données représentatives. Pour le manioc, en Afrique, les pertes dans les systèmes traditionnels peuvent atteindre 45 % (Jeon et Halos, 1991) et pour l'igname, jusqu'à 50 % (Osunde, 2008). Quant aux fruits, les pertes après récolte seraient comprises entre 15 et 50 % dans les pays des Suds en général (Subrahmanyam, 1986 ; Jeffries et Jeger, 1990 ; Coursey et Booth, 1972). Aux Philippines, par exemple, elles peuvent aller de 15 à 35 % (de 30 à 60 % pour des fruits comme la papaye). Ces chiffres sont assez représentatifs des pertes moyennes après récolte enregistrées dans la région par l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est (ANASE).

Quelles leçons tirer du passé et quelles pistes d'action ?

Même si des données précises sur les pertes et le gaspillage alimentaire manquent dans la plupart des pays du monde, les estimations globales indiquent un potentiel de réduction non négligeable. Pour l'exploiter, seules une prise de conscience globale, une remise en question de l'organisation des systèmes alimentaires dans leur ensemble puis la modification des comportements des acteurs concernés seront efficaces. Des leviers et des pistes d'actions existent dans les pays du Nord et des Suds, mais des politiques publiques volontaristes et des recherches approfondies restent nécessaires pour donner une portée large aux mesures de réduction.

Dans les pays du Nord

Dans ces pays, les évolutions en cours dénotent une transformation des représentations et des stratégies des acteurs, ainsi qu'une prise de conscience de la nécessité de traiter ce qui apparaît de plus en plus comme un vrai « problème public ».

Pour ce qui les concerne, l'agriculture et certaines industries agroalimentaires sont déjà dans une démarche de réduction des coûts et de limitation des pertes. Le déplacement d'usage des coproduits et sous-produits, de leur actuelle utilisation en alimentation animale à une utilisation en alimentation humaine, fait l'objet de recherches appliquées. L'agroalimentaire redécouvre ainsi le fonctionnement des parcs éco-industriels, principe selon lequel les déchets des uns sont les matières premières des autres.

Des leviers existent pour réduire les pertes et le gaspillage alimentaire.

• *Leviers de nature technique*

Du côté des innovations techniques, il existe des progrès significatifs dans le domaine de la production, de la logistique et de la conservation. Des équipements de production à plus haut rendement apparaissent, telles les machines à couper le caillé économisant 3 % de matière. Il s'agit aussi d'améliorer les rendements des procédés, avec des matières premières plus variables. A l'interface entre les industries agro-alimentaires et les distributeurs, les stratégies de production, la gestion des stocks et les pratiques commerciales sont à coordonner davantage. Les associations caritatives et les professionnels de la collecte des déchets commencent à mettre en place des réseaux de redistribution et de valorisation des invendus. Les emballages peuvent encore évoluer : tailles de conditionnement et de portions, systèmes d'étanchéité, système de re-fermeture pour éviter que les produits ne sèchent, ne se racornissent ou ne se renversent. Des innovations sont à attendre dans ce domaine (Conseil National de l'emballage, 2011) et ce d'autant que les deux tiers des emballages sont employés pour les produits alimentaires. Il s'agira aussi de développer des tests de détection rapides, précis et peu coûteux du niveau sanitaire des produits pour éviter que l'effort de préservation ne se fasse au détriment de la santé des consommateurs.

- *Leviers de nature fiscale*

La prise en compte des dons dans le calcul de l'assiette des impôts des sociétés en France, autorisée récemment par la loi⁸, a encouragé la distribution aux banques alimentaires. De même, l'augmentation de la redevance pour les effluents chargés en matières organiques a provoqué chez les industriels une remise en question de leurs pratiques. Ainsi, une entreprise de sirop a reconnu, lors du colloque Reseda en décembre 2009, avoir économisé 20% de matière après avoir constaté le montant de sa redevance de traitement de l'eau, lors du renouvellement de son contrat. L'annonce pour 2012 dans le cadre de la loi Grenelle II d'une collecte sélective obligatoire des bio-déchets pour les gros producteurs joue déjà comme moteur dans la diffusion d'innovations. On constate ainsi dans ces secteurs que ce sont souvent des décisions connexes qui permettent de réduire pertes et gaspillages.

- *Leviers d'ordre normatif ou réglementaire*

Les dates de péremption, par exemple, sont souvent très mal comprises et confondues. Si la date limite de consommation (DLC) concerne les produits frais et s'impose sur le plan microbiologique, la date limite d'utilisation optimale (DLUO) s'applique aux produits en conserves ou surgelés et aux produits d'épicerie et ne se rapporte qu'à la conservation des qualités organoleptiques et vitaminiques. Le débat sur la suppression de ces mentions est engagé au Royaume-Uni et la remise en question des modalités d'utilisation de ces formulations est en discussion au niveau européen. De façon générale, la réglementation sanitaire, le « zéro risque » et la responsabilité pénale pour les produits mis à disposition sont souvent évoquées, en restauration collective notamment et en grande distribution, comme une cause majeure des pertes et le gaspillage. En Australie, une association qui récupère les invendus a réussi à obtenir un texte de loi dégageant la grande distribution de toute responsabilité pénale, dans le cas où une personne s'intoxiquerait avec un don, l'association s'engageant à respecter la chaîne du froid.

Inséparable de la problématique sanitaire, le souci de l'image et de la satisfaction des attentes des consommateurs ne souffre guère de concessions chez les industriels. Au contraire, ils tendent même à prendre des marges de sécurité de plus en plus importantes, parfois bien plus strictes que les normes réglementaires, comme pour les résidus de produits phytosanitaires (Waarst *et al.*, 2011). C'est ainsi que le fait de baisser les contraintes réglementaires n'a pas nécessairement pour résultat des changements de pratiques. De façon similaire, la levée des normes européennes de commercialisation (calibrage et forme par exemple) pour 26 sur 36 fruits et légumes⁹, en juillet 2009, n'a visiblement pas abouti à la mise en marché de produits différents (Waarts *et al.*, 2011) : les opérateurs de la filière continuent à utiliser les anciennes normes comme normes privées de qualité. En outre, les filières entières doivent s'adapter à l'assouplissement de la réglementation. Actuellement, les équipements de transformation ne fonctionnent qu'avec des fruits et légumes standardisés, et la logistique est moins efficace pour ce qui, de formes et de tailles différentes, ne se range pas facilement. Il s'agit alors de développer des solutions de transformation, de logistique et de commercialisation dans une perspective de filière dans son ensemble pour voir apparaître une offre désormais conforme à la nouvelle norme.

- *Les leviers de l'information et de la sensibilisation*

Des initiatives de ce type se multiplient à travers l'Europe¹⁰. Le WRAP, l'organisme britannique parmi des plus actifs en Europe sur les pertes et gaspillage alimentaire, travaille avec des partenaires du monde des entreprises dans l'alimentaire et des autorités publiques et s'attache à développer des stratégies de réduction aux niveaux des consommateurs, des entreprises et du public. En France, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) a mis en place, en juin 2011,

8. <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022521587&dateTexte=&categorieLien=id>

9. <http://www.secteurpublic.fr/public/article/la-commission-autorise-la-vente-des-fruit-et-legumes-%C2%ABbiscornus%C2%BB.html?id=19812&C2=130&C6=&C1=105&C5=227>

10. Par exemple l'initiative danoise Stop Wasting Food (<http://www.stopspildafmad.dk/inenglish.html>), l'initiative britannique Love Food Hate Waste (http://www.lovefoodhatewaste.com/about_food_waste) et, en France, un site internet à l'initiative de la Fédération nationale des associations de protection de l'environnement (FNE) : <http://www.fne.asso.fr/fr/nos-dossiers/dechets/gaspillage-alimentaire.html>

le site internet Optigède¹¹ qui propose aux acteurs en charge de la prévention et de la gestion des déchets une plateforme d'échanges et de diffusion de bonnes pratiques. Les consommateurs sont la cible privilégiée des initiatives de l'information et de la sensibilisation, mais d'autres secteurs commencent à être impliqués aussi. Les leviers de l'information et de la sensibilisation pourraient être élargis à l'enseignement scolaire et supérieur. En dehors de travaux pratiques déjà mis en place dans certains collèges, le sujet des pertes et du gaspillage offre une large panoplie de matières à enseigner, de façon théorique et pratique (hygiène, gestion domestique, économie agro-alimentaire, évaluation environnementale).

Dans les pays des Suds

Dans les pays des Suds, quarante ans après les débuts des efforts de la FAO et de ses partenaires, les pertes post-récolte sont toujours d'actualité. Des innovations techniques ont été plaquées sur des pratiques traditionnelles et des conditions locales. Peu compatibles avec celle-ci, elles ont été à l'origine de pertes à plusieurs stades post-récolte : choix de variétés hybrides vulnérables aux ravageurs, mise en place de saisons de production aux conditions météorologiques moins favorables, ouverture trop fréquente et non contrôlée de conteneurs hermétiques de stockage de grains en atmosphère modifiée. La prise en compte du contexte local et l'implication de la population dans une approche participative constituent des facteurs déterminants du succès de la préservation des récoltes. Les pistes d'action envers la réduction des pertes post-récolte relèvent de deux grands domaines : innovations techniques et innovations organisationnelles.

• *Des innovations techniques*

Celles-ci sont nécessaires à tous les stades des systèmes post-récolte. Parmi celles-ci :

- des équipements pour stabiliser les produits bruts (séchage, salage, sucrage, fumage, fermentations, traitements thermiques), en visant l'efficacité technique en termes de rendement, d'énergie (renouvelable dans l'idéal) et d'environnement, en se concentrant sur les qualités nutritionnelles et sanitaires des produits obtenus. Ces traitements peuvent créer de la valeur ajoutée et ouvrir des perspectives de nouveaux marchés, d'exportation par exemple. Les équipements sont souvent peu exigeants en capitaux et accessibles aux petites entreprises et aux groupes de femmes, cibles prioritaires.
- des techniques et des équipements sont nécessaires aux échelles familiale et communale (encadré 2 ; FAO, 2008) afin d'assurer un stockage et un transport hermétiques, l'amélioration du conditionnement et de l'emballage, en particulier des produits périssables (Manalili *et al.*, 2011), une chaîne du froid basée sur des aménagements traditionnels (caves enterrées *etc.*), des méthodes de stockage reposant sur l'emploi de bio-insecticides peu nuisibles à la santé humaine et financièrement accessibles ou sur la lutte intégrée, celles-ci étant accompagnées de formation à l'emploi des produits.
- des infrastructures de transport et de conditionnement, des véhicules, des moyens logistiques.
- des infrastructures de communication (téléphones portables notamment) pour l'accès aux informations de marché et pour les opérations commerciales.

Le stockage au niveau familial est important pour la sécurité alimentaire des ménages car il permet d'éviter que faute d'équipements de stockage efficaces, les paysans ne vendent les nouvelles récoltes à bas prix pour les racheter plus tard au prix fort pour leur propre consommation. Améliorer les capacités de stockage a donc un lien direct avec l'alimentation des ménages ruraux, tant du point de vue qualitatif que quantitatif (encadré 2).

• *Les innovations organisationnelles*

Elles peuvent être un appui précieux. La diffusion de connaissances et l'accès au capital, aux investissements matériels, aux informations et aux marchés sont des leviers de réduction des pertes qui dépendent entre autres de la façon dont les opérateurs post-récolte et les services d'appui sont organisés. À ce titre, les organisations de producteurs ou coopératives semblent intéressantes : les cahiers des charges communs pourraient favoriser l'adoption de bonnes pratiques et augmenter la

11. www.optigede.ademe.fr

**Encadré 2. PostCosecha :
stimuler l'économie par la réduction des pertes**

PostCosecha est une stratégie d'aide au développement rural mise en place par la Direction suisse du développement et de la coopération à partir de 1980, d'abord au Honduras, puis dans toute l'Amérique centrale. Elle repose sur une technologie simple, accessible et acceptée par la population (principalement des silos métalliques de taille familiale) et leur fabrication sur place par des artisans locaux qui assurent également réparation et maintenance. Les bénéfices du projet se situent autant au niveau des ménages (sécurité alimentaire et qualité sanitaire, hygiène domestique, charge de travail des femmes, situation marchande favorable) qu'au niveau collectif (création d'emploi, stabilisation des prix de marché, réduction de la pauvreté, amélioration des conditions de vie de la population) (Herrmann, 1991). Depuis le succès de PostCosecha (500 000 silos utilisés en 2005), la FAO promeut le silo métallique. Elle l'a diffusé avec succès dans 16 pays sur trois continents au cours des dix dernières années (FAO, 2008). Une expérience similaire a été réalisée avec un système de triple ensachage du niébé (Baributsa *et al.*, 2010). Les sacs munis de ce système de fermeture hermétique sont également fabriqués localement.

<http://www.postcosecha.net>

valeur ajoutée des produits dans une démarche collective (Murthy *et al.*, 2009). Des investissements coûteux, comme un système de réfrigération, peuvent être partagés (Centre technique de coopération agricole et rurale, 2011).

L'accès à un marché, qu'il soit domestique ou d'exportation, est un élément primordial pour que les opérateurs puissent valoriser leurs efforts. Le programme Purchase for Progress (P4P) du Programme alimentaire mondial, par exemple, permet aux paysans les plus fragilisés d'accéder à un marché et de pérenniser leurs investissements en leur proposant différentes modalités d'achat de leur récolte de céréales (contractualisation directe, contrats avec les négociants locaux, durée sur trois ans) (Davies et Salvignol, 2010).

Autre élément primordial, l'accès au capital qui permet aux paysans et petits opérateurs d'investir dans des équipements matériels. Il en existe différents dispositifs, comme les systèmes de micro-crédit et le crédit sur nantissement des stocks¹². Une stratégie de réduction de pertes doit être analysée sous l'angle financier, particulièrement délicat pour les petits opérateurs en milieu rural, et de la pérennité. Ceci inclut de considérer les innovations de systèmes post-récolte par rapport à la chaîne de valeur dans son ensemble et, dans ce but, d'identifier les bénéfices économiques et les retours sur investissement dans le temps (Kitinoja *et al.*, 2011, Banque mondiale 2011).

Ressusciter des approches systémiques éprouvées

Les déchets organiques, les résidus de cultures et les produits impropres à la consommation humaine ont toujours été valorisés dans l'alimentation des animaux d'élevage, dans les pays des Suds comme ceux du Nord. En retour, le bétail fournit du fertilisant, sa force de traction, une source alimentaire riche en protéines et micronutriments, une monnaie d'échange et une «trésorerie sur quatre pieds» face aux imprévus et aux aléas futurs (Faye et Duteurtre, 2009 ; Faye, 2011). La recherche redécouvre la complémentarité entre l'homme, la plante et l'animal – fondamentale dans les systèmes agricoles mixtes de polyculture-élevage et source de productivité des systèmes alimentaires – pour en explorer encore les potentialités. Des travaux portent par exemple sur l'amélioration de variétés céréalières (maïs, blé, sorgho, millet) à double finalité qui augmenteraient la capacité de nourrir les animaux avec les résidus de plantes sans compromettre les rendements en grain (Herrero *et*

12. Le crédit sur nantissement des stocks, vieille méthode d'accès à l'argent et pratiquée dans plusieurs pays, fonctionne avec trois intervenants : la banque, l'agriculteur et l'entrepeneur. L'agriculteur dépose un volume de son produit à l'entrepôt et reçoit par l'entrepeneur un reçu certifiant le dépôt, le volume et la qualité de son produit. Ce reçu équivalent d'une garantie permet à l'agriculteur d'obtenir un prêt auprès d'une banque qu'il peut utiliser à son gré. La FAO, la Banque mondiale et le Natural Resources Institute (NRI) promeuvent ce dispositif pour développer le secteur agricole et pour créer un commerce dynamique (Giovannucci *et al.*, 2000 ; Coulter, 2010).

al., 2010). D'autres travaux explorent les systèmes de type VAC¹³ qui intègrent l'aquaculture pour valoriser les effluents d'élevage (Mikolasek *et al.*, 2009).

La fermentation anaérobie, ou méthanisation, est une autre façon de valoriser les déchets organiques. Depuis longtemps connue et développée pour une utilisation familiale en Asie du Sud et Sud-Est, et notamment en Inde (dès 1954 par les Khadi Village Industries Commission, KVIC), cette voie de valorisation a commencé à se développer dans nos pays.

Suivant l'ordre de préférence défini par le droit communautaire¹⁴ pour les opérations liées aux déchets, les Pays-Bas ont élaboré une hiérarchie analogue et plus détaillée pour les déchets alimentaires en particulier, l'échelle de Moerman (Ministère de l'agriculture des Pays-Bas, 2010). En haut de cette échelle qui guide l'utilisation des déchets sur une base éthique, la prévention, qui permet la meilleure utilisation des denrées alimentaires, est jugée optimale. Les niveaux suivants sont, de haut en bas, les valorisations en alimentation humaine et animale, les utilisations industrielles, la production d'engrais et d'énergie pour finir par l'incinération et la mise en décharge.

Le principe fondamental de systèmes basés sur les valorisations est qu'il n'y a pas de déchets définitifs : les déchets d'un système deviennent les matières premières inputs de l'autre et les nutriments sont entièrement recyclés. Ces exemples d'utilisation illustrent l'importance de replacer la question des pertes et du gaspillage alimentaires dans des analyses systémiques plus larges qui traitent la problématique générale de production et de valorisation de la biomasse agricole. Les problématiques d'environnement et d'efficience dans l'utilisation des ressources naturelles suscitent un intérêt renouvelé pour ces systèmes agricoles mixtes ou intégrés et pour la valorisation des déchets organiques, dans le Nord comme dans les Suds. Mais quand cette valorisation devient une finalité en tant que telle pour l'agriculture, elle pose la question de la concurrence des usages de la biomasse agricole par rapport à la finalité alimentaire. Elle a ainsi, ces derniers temps, suscité de vifs débats sur les dimensions éthique et morale dans l'utilisation des ressources agricoles et alimentaires.

Les concepts de circuit fermé, d'économie circulaire ou d'écologie industrielle qui s'inspirent du fonctionnement des écosystèmes naturels où pertes, déchets et effluents générés dans un système deviennent les inputs d'un autre système (Bourg, 1998) constituent un apport important pour rendre les systèmes alimentaires plus durables.

Conclusion

La réduction des pertes et du gaspillage alimentaire n'est pas seulement une obligation morale envers les personnes n'ayant pas les moyens de manger correctement. Elle permettrait de réduire les pressions sur les écosystèmes, de préserver le pouvoir d'achat des consommateurs, d'augmenter le revenu des producteurs. Face au défi de nourrir, selon les estimations, 9 milliards d'humains d'ici 2050, cette voie mérite d'être considérée comme une priorité car, à ce jour, aucune nouvelle technique agricole n'est susceptible d'accroître rapidement la production de 30%. Or, une réduction de moitié des pertes et gaspillages le long de la chaîne paraît tout à fait possible (Foresight, 2011). Ce qui commence à être perçu comme une véritable aberration dans nos systèmes alimentaires, aussi bien modernes que traditionnels, doit s'imposer comme un leitmotiv dans toutes les stratégies allant vers des systèmes alimentaires plus durables.

Des leviers d'action existent bel et bien mais il faut garder en tête que, dans les pays du Nord, ce qui coûte cher, c'est le travail, la main-d'œuvre. Alors que les moyens de réduction des pertes et du gaspillage existent, il peut ne pas être rentable de les mettre en place dans l'organisation actuelle des systèmes alimentaires et par rapport aux conditions économiques et techniques du marché. Dans les pays des Suds, le produit coûte cher, mais pas la main d'œuvre. Ces pays n'ont pas les

13. Système VAC : du vietnamien *vuon-ao-chuong* qui signifie potager-étang-enclos d'élevage. Le VAC le plus cité produit des plantes potagères, du riz et des fruits, du poisson et du porc. D'autres systèmes d'aquaculture intégrés existent sous différentes formes en Asie du Sud-Est et en Inde depuis 1500 ans.

14. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:fr:PDF>

moyens (financiers, organisationnels, *etc.*) pour investir dans les équipements, les infrastructures et la formation.

Pertes et gaspillages sont un phénomène complexe qui implique un grand nombre d'acteurs aux intérêts différents et en interaction forte. Chacun y contribue pour sa part et a une marge de manœuvre, mais seules les actions communes et concertées permettraient de progresser vers une valorisation significativement plus forte des ressources alimentaires. La valorisation des déchets organiques associée aux pertes et gaspillages alimentaires justifie pleinement d'analyser de façon systémique la production et l'utilisation de la biomasse agricole dans son ensemble.

Enfin, avant de parler d'alimentation durable, de réelles innovations sont attendues et de nouvelles recherches multidisciplinaires sont nécessaires (Redlingshöfer et Soyeux, 2011 ; Foresight 2011) pour permettre, dans l'organisation de nos systèmes alimentaires, un changement de paradigme qui remette la nourriture à sa juste place. Pour y arriver, une « r-évolution » des attitudes est nécessaire : considérer les pertes et gaspillages alimentaires comme anormales est une notion à redécouvrir individuellement et collectivement.

Références bibliographiques

- ADEME, 2007. *Campagne nationale de caractérisation des ordures ménagères 2007*. Agence de l'environnement et de la maîtrise d'énergie.
- BANQUE MONDIALE, 2011. *Missing food: the case of postharvest grain losses in Sub-Saharan Africa*. Economic and Sector Work. Report n°60371-AFR. The World Bank, Washington, 96 p.
- BOURG D., 1998. Les trois scénarios de l'écologie. L'Environnement au XXI^e siècle, in : Jacques Theys (Dir.), *The Environment in the XXth century*, vol. I. Association Germès, Paris, 581-593.
- BARIBUTSA D., LOWENBERG-DEBOER J., MURDOCK L., MOUSSA B., 2010. Profitable chemical-free cowpea storage technology for smallholder farmers in Africa : opportunities and challenges. *Proceedings of the Xth International Working Conference on stored-product protection*, june 27-july 2 2010, Estoril, Portugal, <http://pub.jki.bund.de/index.php/JKA/article/view/1319/1364>
- BRUINSMA J., 2009. The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? How to feed the World in 2050. *Proceedings of a technical meeting of experts*, Rome, Italy, june 24-26 2009, 1-33.
- CENTRE TECHNIQUE DE COOPÉRATION AGRICOLE ET RURALE, 2011. Dossier: Gestion post-récolte. Sus au gaspillage ! *Spore*, 152.
- CONSEIL NATIONAL DE L'EMBALLAGE, 2011. *Prévention du gaspillage et des pertes des produits de grande consommation : le rôle clé de l'emballage*. Rapport, 19 p., http://www.conseil-emballage.org/Img/Publications/74_1.pdf
- COULTER J., 2010. *Warehouse receipting, loss reduction, and the development of value chains for grains*. FAO-World Bank workshop on reducing post-harvest losses in grain supply chains in Africa, Rome, march 18-19 2010. FAO, The World Bank, Rome, 16-18.
- COURSEY D.G., BOOTH R.H., 1972. The postharvest phytopathology of perishable tropical produce. *Review of Plant Pathology*, 51(12), 751-765.
- DAVIES K., SALVIGNOL B., 2010. World Food Programme's Purchase for Progress Programme (P4P). *FAO-World Bank workshop on reducing post-harvest losses in grain supply chains in Africa*, Rome, march 18-19 2010. FAO, The World Bank, Rome, p. 14.
- EUROBAROMETER 2011. *Attitudes of Europeans towards resource efficiency*. Flash EB series 316. Commission européenne, http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_316_en.pdf
- SUTTON M.A., HOWARD C.M., ERISMAN J.W., BILLEN G., BLEEKER A., GRENNFELT P., VAN GRINSVEN H., GRIZZETTI B. (Ed.), 2011. *The European nitrogen assessment: sources, effects, and policy perspectives*. Cambridge University Press, <http://www.nine-esf.org/ENA-Book>
- FAO, 1981. Food loss prevention in perishable crops. *FAO Agricultural Service Bulletin*, 43.
- FAO, 2007. Post-harvest loss compendium – Base de données d'information sur les pertes post-récolte de différents produits, <http://www.fao.org/inpho/inpho-post-harvest-compendium/en/>
- FAO, 2008. *Les silos métalliques familiaux, alliés essentiels de la FAO dans la lutte contre la faim*. FAO, Rome.
- FAO, 2010. *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde : combattre l'insécurité alimentaire lors des crises prolongées*. FAO Rome, 68 p., <http://www.fao.org/docrep/013/i1683f/i1683f.pdf>
- FAYE B., 2011. Quelles espèces pour quels espaces ? Quels systèmes pour quels territoires ? Les enjeux de la durabilité en élevage laitier. *Actes du colloque de l'Ocha Cultures des laits du Monde*, 6-7 mai 2010. Paris. OCHA, Paris, Colloque n°15, 60-173.

- FAYE B., DUTEURTRE G., 2009. *L'élevage, richesse des pauvres*. Quae, Paris.
- FORESIGHT GOVERNMENT OFFICE FOR SCIENCE, 2011. *The future of food and farming*. Final project report. The Government Office for Science, London, 208 p.
- GIOVANNUCCI D., VARANGIS P., LARSON D., 2000. *Warehouse receipts: facilitating credit and commodity markets*. The World Bank, Washington, 8 p.
- GROLLEAUD M., 2002. *Pertes après récolte : un concept mal défini ou mal utilisé. Étude synthétique et didactique sur le phénomène des pertes se produisant tout au long du système après récolte*. FAO, Rome.
- GUSTAVSSON J., CEDERBERG J., SONESSON J., VAN OTTERDIJK J., MEYBECK A., 2011. *Global food losses and food waste: extent, causes and prevention*. FAO, Rome, 29.
- HERRERO M., THORNTON P.K., NOTENBAERT A.M., WOOD S., MSANGI S., FREEMAN H.A., BOSSIO D., DIXON J., 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, 327(5967), 822-825.
- HERRMANN H., 1991. *Seguridad alimentaria : Comparación de impactos socio-económicos en la tenencia del silo metálico versus sistema tradicional de almacenamiento*. Rapport de recherche (Project document 09.03. PROJ014 DOC91.02), 80 p. + annexes.
- JEFFRIES P., JEGGER M.J., 1990. The biological control of post-harvest diseases of fruit. *Post-harvest news info*, 1, 365-368.
- JEON Y.W., HALOS L.S., 1991. Addressing R&D for cassava postharvest system in West Africa. Winter meeting of The American Society of Agricultural Engineers (ASAE), Chicago, dec. 17-20, 1991. *Paper n°915530*, 9 p. ASAE, Chicago, USA.
- JONES T.W., 2004. *Using contemporary archaeology and applied anthropology to understand food loss in the american food system*. Université d'Arizona, Tucson.
- KITINOJA L., SARAN S., ROY S.K., KADER A.A., 2011. Postharvest technology for developing countries: challenges and opportunities in research, outreach and advocacy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(4), 597-603.
- LIANG L., 1993. China's post-harvest grain losses and the means of their reduction and elimination. *Jingji dili (Economic Geography)*, 1, 92-96.
- LUNDQVIST J., DE FRAITURE C., MOLDEN D., 2008. *Saving water: from field to fork. Curbing losses and wastage in the food chain*. Stockholm International Water Institute.
- MANALILI N.M., DORADO M.A., VAN OTTERDIJK R., 2011. *Appropriate food packaging solutions for developing countries*. FAO, Rome, 28 p.
- MIKOLASEK O., KHUYEN T.D., MEDOC J.M., PORPHYRE V., 2009. The ecological intensification of an integrated fish farming model: recycling pig effluents from farms in Thai Binh province (North Vietnam). *Cahiers Agricultures*, 18(2-3), 235-241.
- MAAPRAT, 2011. *Pertes et gaspillages alimentaires : Marges de manœuvre et verrous au stade de la remise directe au consommateur (distribution et restauration) et en restauration collective*. Rapport. http://urbanfoodlab.eu/wp-content/uploads/2012/03/Pertes-gaspillages_RAPPORT_FINAL.pdf
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DES PAYS-BAS, 2010. *Fact sheet: food waste in the Netherlands*, <http://www.scp-knowledge.eu/sites/default/files/knowledge/attachments/LNV%20-%20Factsheet%20driehuik%20A4%20Voedselverspilling%20Eng.pdf>
- MURTHY D.S., GAJANANA T.M., SUDHA M., DAKSHINAMOORTHY V., 2009. Marketing and post-harvest losses in fruits: its implications on availability and economy. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 64(2), 259-275.
- NELLEMANN C., MACDEVETTE M., MANDERS T., EICKHOUT B., SVIHUS B., GERDIEN PRINS A., KALTENBORN B.P., 2009. *The Environmental food crisis – The environment's role in averting future food crisis*. United Nations Environmental Programme (UNEP), Nairobi, 104 p.
- OSUNDE Z.D., 2008. Minimizing postharvest losses in Yam (*Dioscorea* spp.): treatments and techniques. In: Robertson G.L., Lupien, J.R. (Eds.), *Using food science and technology to improve nutrition and promote national development*. International Union of Food Science and Technology, Oakville, Ontario, Canada, 12 p.
- PARFITT J., BARTHEL M., MACNAUGHTON S., 2010. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences*, 365(1554), 3065-3081.
- REDLINGSHÖFER B., SOYEUX A., 2011. Pertes et gaspillages : les connaître et les reconnaître pour les réduire et les valoriser. In: Esnouf C., Russel M., Bricas N. (Eds.), *duALine – durabilité de l'alimentation face à de nouveaux enjeux. Questions à la recherche*, Rapport Inra-CIRAD (France), 112-129, http://www.inra.fr/l_institut/prospective/rapport_dualine
- RESEDA, 2005. *Gisements des co-produits, sous-produits et déchets des industries alimentaires*. Réseau des organisations professionnelles et interprofessionnelles pour la sécurité et la qualité des denrées animales (RESEDA), 119 p.
- SCHULTEN G.G.M., 1982. Post-harvest losses in tropical Africa and their prevention. *Food and Nutrition Bulletin*, 4(2), 2-9.
- SINGANO C.D., NKHATA B.T., MAGOMBO H., TEMBO M.O., 2007. *National annual report on larger grain borer monitoring and Teretrius nigrescens rearing and releases in Malawi*. Bvumbwe Agricultural Research Station, Thyolo, Malawi, 8 p.
- SINGANO C.D., PHIRI T., NKHATA B.T., MHANGO V., 2008. National agricultural produce inspection services annual technical report for the period July 2007-June 2008, <http://www.cabi.org/gara/FullTextPDF/2008/20083327095.pdf>

- SITA FRANCE, BANQUE ALIMENTAIRE DU BAS-RHIN, 2011. *Évaluation de l'impact sur l'effet de serre de l'action de lutte contre le gaspillage de la Banque alimentaire du Bas-Rhin*. Rapport final 2011, SITA France, Paris, 19 p.
- SONNINO R., McWILLIAM S., 2011. Food waste, catering practices and public procurement : a case study of hospital food systems in Wales. *Food policy*, 36, 823-829.
- STUART T., 2009. *Waste, uncovering the global food scandal*. Penguin, London, 496 p.
- SUBRAHMANYAM K.V., 1986. Post-harvest losses in horticultural crops: an appraisal. *Agricultural Situation in India*, 41(5), 339-343.
- TYLER P.S., GILMAN G.A., 1980. L'évaluation des pertes post-récolte. In : Basse M.T., Deuse J., Ducom G.A., (Eds.). *L'amélioration des systèmes post-récolte en Afrique de l'Ouest*. Séminaire de Bamako, avril 1979. Agence de coopération culturelle et technique (ACCT), Paris, 137-151.
- WAARTS Y., EPPINK M.M., OOSTERKAMP E.B., HILLER S., VAN DER SLUIS A.A., TIMMERMANS A.J.M., 2011. *Reducing food waste : obstacles experiences in legislation and regulations*. Rapport LEI 2011-059, 128 p.
- WRAP, 2007. *Understanding food waste*. Résumé, 28 p., http://www.wrap.org.uk/downloads/FoodWasteResearchSummaryFINALADP29_3_07.6a845a45.3659.pdf
- WRAP, 2009. *Household food and drink waste in the UK*. Final report. Waste and resources action programme (WRAP), Banbury, GB, 95 p.
- WRAP, 2010. *Waste arisings in the supply of food and drink to households in the UK*. Rapport, 86 p. http://www.wrap.org.uk/downloads/Waste_arisings_in_the_supply_of_food_and_drink_toUK_households_Nov_2011.9884357e.8904.pdf
- WRAP, 2011. *New estimates for household food and drink waste in the UK*. Rapport. 19 p. http://www.wrap.org.uk/downloads/New_estimates_for_household_food_and_drink_waste_in_the_UK_FINAL_v2.57e8fe2a.11460.pdf
- WRAP, WWF, 2011. *The water and carbon footprint of household food and drink waste in the UK*. Final report, <http://www.waterfootprint.org/Reports/Water-and-carbon-footprint-food-and-drink-waste-UK-2011.pdf>

III. Agronomie en marche

Une troisième frontière agraire à explorer ?¹

Bernard Hubert

INRA, président d'Agropolis international

bernard.hubert@avignon.inra.fr

La question de la frontière agraire, qui paraissait un peu oubliée, revient à l'ordre du jour, de manière renouvelée dans le cadre de débats récents sur la sécurité alimentaire mondiale : ne faudra-t-il pas défricher de nouvelles terres (l'Amazonie, le Bassin du Congo, *etc.*) pour nourrir l'humanité dans les années qui viennent ? Mais à cette première frontière, bien connue depuis le Néolithique, celle de la défriche et de la mise en culture des « terres vierges », s'en est inexorablement ajoutée une deuxième depuis un peu plus d'un siècle, celle du développement urbain et des infrastructures. Là, les réglementations et le marché foncier font la loi, et il est bien rare que la valorisation agricole puisse faire front aux autres spéculations ou décisions d'intérêt général. Enfin, les nouveaux enjeux environnementaux et sociaux poussent à considérer ce que j'appellerai ici une troisième frontière, interne au monde agricole et reposant, celle-ci, sur la manière même de concevoir les pratiques de culture et d'élevage et les relations entre ce qu'il est convenu d'appeler milieux anthropisés et milieux naturels.

Un demi-siècle de profondes transformations de l'agriculture européenne

La recherche d'une gestion « à l'optimum » de systèmes considérés comme stables et prédictibles a été obtenue en supprimant les perturbations et en réduisant la diversité de l'environnement, ce qui a conduit à limiter les options et à compromettre la capacité des écosystèmes à tamponner les changements. En résultat, une simplification des paysages pour des productions destinées au marché et ayant conduit :

- à la stabilisation des flux de certaines ressources à court terme, sans tenir grand compte des seuils écologiques, d'autant que ceux-ci sont instables et difficiles à prédire ;
- à masquer les feedback de l'environnement à des échelles spatiales larges et sur des pas de temps étendus ;
- à une nouvelle distribution des connaissances, savoir-faire et pratiques sur la gestion du vivant ... depuis les campagnes vers les laboratoires !

De considérables changements paysagers...

À partir de la seconde moitié du XIX^e siècle, et de manière généralisée au XX^e siècle, un nouveau régime économique s'impose dans les campagnes françaises, ceci de concert avec l'établissement de la suprématie démographique urbaine et surtout du développement des moyens et réseaux de transports : création des marchés alimentaires nationaux, coloniaux et internationaux, essor de

1. Communication au Séminaire d'ethnotechnologie prospective, Cerisy, 31 décembre 2009. Voir Gaudin T., Faroult E., 2010. Voir <http://www.ccic-cerisy.asso.fr/ethnotechnologie09.html>

l'agro-industrie d'amont et d'aval, *etc.* Les conséquences en sont présentées dans Hubert, Deverre et Meuret (sous presse) : le marché définit à la fois les zones les plus aptes à chaque production, et, à l'intérieur même de chaque localité et exploitation agricole, les parcelles ayant la meilleure potentialité économique à assurer une production marchande rentable, grâce à l'adoption de « techniques modernes ». La mise en œuvre et l'efficacité de ces techniques sont elles-mêmes le produit des progrès des transports et de la circulation marchande (engrais, aliments du bétail importés, carburants issus d'énergies fossiles, *etc.*). La fertilisation est désormais assurée par des ressources extérieures à l'exploitation, ne rendant plus nécessaire aux cultivateurs la possession ou le recours aux troupeaux, qui auparavant l'assuraient pour l'essentiel grâce au transfert de matière organique des zones de pâturage vers l'espace cultivé selon le modèle de l'assolement triennal. Les conséquences affectent profondément les paysages ruraux, ainsi, par exemple, à côté des grandes plaines favorables, ou rendues telles par le drainage et les amendements, dans les zones de colline ou de montagne, le maillage paysager devient plus grossier, débouchant sur un paysage dual, constitué de parcelles cultivées cantonnées en fond de vallées et, sur les pentes rendues à l'état de friche, d'espaces qui se boisent progressivement, soit du fait des plantations, soit par la simple dynamique des accrus forestiers. La dynamique d'afforestation est souvent rapide (+0 à 40 % de recouvrement en 30 ans), homogénéisant le paysage sur les anciennes terres agricoles éloignées et abandonnées, les parcours, ainsi que les versants non aménagés et peu ou non entretenus. Les activités humaines visibles se cantonnent dans les fonds de vallée, que rejoint la lisière forestière, accentuant ainsi l'impression de fermeture des paysages.

Les us et coutumes, droits et usages locaux qui régulaient les rapports des individus et des collectifs aux ressources naturelles renouvelables locales se sont en quelque sorte évanouis au profit d'une nouvelle dichotomie. D'un côté, l'appropriation des terres productives bénéficie, soit de crédits facilitant l'acquisition foncière et le faire valoir direct, soit d'une législation sur le « fermage » (location d'une exploitation agricole) favorable à ceux qui mettent les terres en valeur (Deverre, 2005). De l'autre, on assiste à l'émergence de biens publics (chasse, loisirs...) sur des espaces de moins en moins revendiqués en termes de propriété. Les enjeux fonciers se sont ainsi simplifiés entre, d'une part, une priorité aux agriculteurs sur les terres cultivables, accompagnée d'une gestion individualisée et, de l'autre, une priorité aux utilisateurs divers sur le reste, mais sans gestion identifiable ni régulation collective, à l'exception parfois de celle des sociétés de chasse ou d'associations naturalistes pour certains espaces mis en réserve.

Une profonde rupture dans les savoirs et les techniques en agriculture

Dans ce contexte, l'agriculteur, lui aussi, change de métier. Il n'est plus un paysan aux activités multiples, mais devient un producteur spécialisé, un « exploitant agricole », dont la performance s'évalue en termes de rendement énergétique et de critères technico-économiques. Un tel changement ne s'opère pas spontanément. Il résulte d'un important effort national d'adaptation et de conception de technologies agricoles, reposant sur un dispositif complet sous l'égide du ministère de l'Agriculture : recherche agronomique publique, services d'appui technique, formations professionnelles (initiale, continue et supérieure). Il bénéficie également d'un effort considérable de mutualisation via les coopératives, des rapports avec l'agrofourniture et des processus de commercialisation du secteur agricole, dont le cœur repose néanmoins toujours sur le modèle de l'exploitation familiale.

Au cours de seulement deux générations (période 1960-1990), la modernisation a provoqué ce qu'on peut appeler une « rupture épistémique » concernant les savoirs sur le vivant (animaux d'élevage, cultures végétales et ressources naturelles). D'un côté, les praticiens de terrain (agriculteurs, éleveurs, forestiers) ont l'habitude d'exercer en reproduisant et expérimentant au cas par cas des solutions ajustées à leurs conditions historiques, géographiques, sociales et économiques. De l'autre, les scientifiques s'éloignent du terrain et privilégient les travaux de laboratoire sur des objets de plus en plus spécialisés, en bénéficiant des techniques et d'instruments performants en biologie. Relayées par les services de développement agricole, les équipes scientifiques produisent d'abondantes connaissances, pour la plupart dites « fondamentales », c'est-à-dire conçues pour être

indépendantes de tout contexte local. Un exemple flagrant est l'amélioration génétique des races animales (Vissac, 2002 ; Micoud, 2003) et des variétés végétales (Bonneuil et Thomas, 2009).

En France, l'industrialisation de l'agriculture n'a pas été sans conséquences sur les sociétés rurales. De 1954 à 1992, la production agricole a été multipliée par deux et demi, la productivité du travail agricole par dix, et la population agricole a été divisée par quatre. De 3 millions de paysans au début des années 1950, pour la plupart porteurs de savoirs empiriques appris de leurs pères et pairs, on est passé à 600 000 « exploitants agricoles », formés dans plus d'une centaine de lycées agricoles et/ou étroitement conseillés par un nombre croissant de techniciens spécialisés. La transmission du savoir s'effectue alors selon un modèle linéaire qui repose sur le volet « vulgarisable » des connaissances scientifiques et techniques, c'est-à-dire la partie de ces connaissances considérée comme transmissible et donc soigneusement standardisée. Elle repose également sur la valorisation de nouvelles technicités, liée entre autres à l'appropriation de préconisations appuyées sur des « outils d'aide à la décision ».

La recherche de nouvelles visions du monde agricole et rural

Mais, la sphère agricole ne peut pas s'isoler totalement des transformations politiques, économiques et sociales du monde qui l'environne. On est ainsi passé successivement, en à peine un demi siècle, par trois centrages de l'activité agricole :

- du paysan/agriculteur, centré sur la production et vu comme un groupe social engagé dans le changement technique, dans un contexte de traitement spécialisé de chaque question en mobilisant des disciplines comme l'agronomie, la sociologie, l'économie agricole ;
- à la prise en considération de l'espace rural et des manières de l'habiter, les agriculteurs sont vus alors comme un groupe social en mutation et en interaction avec ses voisins, dans un enchevêtrement de pratiques et d'intérêts, dans un contexte d'aménagement du territoire, faisant appel tout autant alors à la sociologie, aux sciences politiques, voire au droit ;
- puis à l'émergence des questions d'environnement, en se préoccupant des ressources, des pollutions, des impacts des activités agricoles, les agriculteurs devenant un groupe social local confronté à des enjeux globaux, dans un contexte de complexification des enjeux et des questions, d'interdépendances des processus, d'interdépendances local/global, d'interactions temps court/temps long, appuyées par l'arrivée de l'écologie, des biotechnologies, des sciences de l'univers, *etc.*

Dans cette dernière situation, on assiste à l'émergence de nouveaux découpages spatiaux (fondés sur les savoirs naturalistes) qui conduisent à des zonages environnementaux qui différencient des objectifs de contrôle des activités (agricoles, forestières, ludiques, *etc.*) appuyés sur des cahiers des charges portant sur les pratiques des uns et des autres et sur l'introduction d'innovations respectueuses de l'environnement (modèles agro-forestiers, semis direct sous couvert, *etc.*). On parle ainsi, par exemple, de modalités de gestion – qui restent à trouver – de biens publics (la qualité de l'eau, la biodiversité, les paysages, les sols...) à travers l'action d'opérateurs privés, comme les agriculteurs ou les propriétaires fonciers et forestiers (Hervieu, 2002). On assiste également à l'émergence de dispositifs de terrain inédits constitués d'ensembles hétérogènes d'acteurs, d'institutions, de mesures réglementaires, de normes, de connaissances, de projets, d'actions, *etc.* qui génèrent à la fois (i) de l'expérimentation intersectorielle de gestion concertée entre des acteurs – de plus en plus nombreux – qui se connaissent peu et apprennent à apprendre les uns des autres, et (ii) des débats intra-sectoriels, qui peuvent conduire à des changements de rationalité, à la reconstruction des modèles de référence, à la révision des métiers, non sans risques de coupure avec les personnes et les organisations des mondes habituels, *etc.*

En effet, le secteur agricole n'est-il pas déjà engagé dans une situation de lock in technologique, du fait du poids des choix antérieurs : technologiques (mécanisation, engrais, pesticides, génétique ...), cognitifs (savoirs et savoir-faire, représentations de la nature, des nuisances, du paysage, *etc.*), politiques (les difficultés rencontrées pour réformer la PAC !). Comme on a pu le constater dans d'autres secteurs « industriels », il n'est pas si facile d'en sortir compte tenu des modes de raisonnement

technoscientifique dominant et des inerties des autres secteurs économiques, ainsi que des éventuelles priorités politiques qui leur sont données. Il est bien plus exigeant de réunir les conditions (en termes de technologies, de politiques publiques, de formes d'intégration sociale, *etc.*) d'émergence de nouvelles options face à une complexification des enjeux que de se contenter d'assurer les conditions de maintien des choix technologiques courants, appuyés par les référentiels habituels des politiques publiques, confrontés aux priorités et aux dynamiques sociales et économiques, ancrés dans les systèmes de valeur socioprofessionnels, soutenus par le dispositif d'encadrement et d'appui des services techniques. C'est là un piège bien connu de la rationalisation technique. Si de plus la menace de famine mondiale s'en mêle et que l'ONU, la FAO, les ONG, les lobbys politico-professionnels, *etc.* appellent à l'augmentation de la production afin de réduire la famine et la pauvreté... les modèles productifs actuels ont encore de belles années devant eux !

Un nouveau cahier des charges pour une agriculture et une agronomie « écologiquement intensive »

Justement, les alternatives au business as usual touchent directement la conception et la mise en œuvre de la production, conduisant à revisiter des choix productifs jugés jusque là « évidents » et faisant surgir de nouveaux repères (diversification, extensification, multifonctionnalité, intensification écologique...), qui requièrent de nouveaux cadres théoriques... et leur mise à l'épreuve en situation, sans ignorer si possible les savoirs de la pratique. Visant à concevoir une gestion des RNR fondée sur la fertilisation croisée entre les méthodes et concepts de l'agronomie, de l'écologie et des sciences sociales en mobilisant largement les savoirs locaux, on peut en résumer les termes de référence en quelques lignes :

- il va falloir maintenir voire augmenter les rendements agricoles pour nourrir les près de 9 milliards d'habitants de la planète en 2050 ;
- à partir de techniques qui soient moins polluantes et moins dangereuses pour les travailleurs agricoles, la flore et la faune... et moins coûteuses ;
- fondées sur une meilleure valorisation des services des écosystèmes (pollinisation, protection intégrée, flux d'éléments, circulation de l'eau, *etc.*) et de nouvelles technologies (informatique, génétique, monitoring, *etc.*) ;
- mobilisant à la fois les connaissances scientifiques et locales par des processus d'apprentissages croisés.

Surmonter le dilemme « production vs. conservation »

C'est la finalité d'un ensemble de nouveaux concepts comme l'agro-écologie (Altieri, 1987), l'éco-agriculture (Sherr et McNeely, 2007), les systèmes de production écologiquement intensifs (Griffon, 2006), le *conservation farming*, les éco-cultures, l'agriculture à haute valeur environnementale issue du Grenelle de l'Environnement... Pour certains, ce ne sont là que de nouveaux cadres scientifiques de l'agronomie orientés « écologie », pour d'autres il s'agit d'une vision sociale du développement supportée par une « *value oriented research* » et fondée sur une critique radicale des modèles actuels. On peut en effet s'interroger l'existence de nouveaux paradigmes derrière ces concepts : s'agit-il simplement de l'application à l'agriculture de la « modernisation écologique », ou tout simplement d'un retour des approches « systèmes », ou bien d'une alternative à l'agriculture conventionnelle portée par un mouvement social critique ? On voit même s'instaurer des débats disciplinaires : la gestion des agro-écosystèmes relève-t-elle d'une agronomie renouvelée et ouverte aux concepts de l'écologie, ou bien, à l'inverse d'une ingénierie écologique, partant des paradigmes de l'écologie élargis à l'action technique, en alternative à l'agronomie ?

Derrière ces différentes acceptions, et il y en a de véritablement différentes que nous ne développerons pas ici, se profilent des perceptions bien distinctes, voire opposées, sur la question de la frontière agraire :

Pour les uns, il s'agit avant tout de contrôler la « frontière agraire », c'est-à-dire contenir la mise en culture de nouvelles surfaces au détriment des forêts et des espaces naturels protégés, par le zonage,

la création de nouvelles institutions de gouvernance territoriale, des économies d'échelle, le paiement des services des écosystèmes, des échanges cognitifs intersectoriels ... Il s'agit de développer l'agriculture là où elle est, de façon à garantir – autant que faire se peut – l'alimentation des habitants de la planète (et ils seront aux alentours de 9 milliards dans quarante ans), tout en s'assurant que les principales fonctions écologiques seront préservées au moins dans les espaces non cultivés (« déforestation évitée », « RED », compensation « carbone », *etc.*) puisqu'on n'est pas certain qu'elles le soient dans les zones dédiées à la production ...

Pour d'autres, il s'agit bien de transformer l'agriculture et pas seulement de la recomposer, en travaillant à la fois au niveau territorial et sectoriel afin de :

- créer des mosaïques paysagères, fondées sur une connectivité dynamique entre milieux (des corridors écologiques, des écotones, *etc.*) et sur l'hétérogénéité de ces différents types d'écosystèmes ;
- générer des économies de diversité, de gamme (des agriculteurs, des produits et outputs, des connaissances, du matériel génétique) et non plus des économies d'échelle ;
- prendre en compte les faisceaux de droits relatifs à l'exploitation des ressources (accès, usage, transmission, dévolution, allocation foncière, matériel génétique, *etc.*) et pas seulement en termes d'appropriation.

Selon cette vision, il s'agit bien de dépasser les frontières habituelles entre l'urbain, la campagne et les espaces naturels, en développant les agricultures urbaine & périurbaine, l'agroforesterie, l'agro-écologie, la gestion intégrée des zones humides pas seulement par le drainage, *etc.* Bref, de jouer à plein les complémentarités entre des espaces et des systèmes de production différenciés... sans marginalisation des territoires « peu productifs » ni de ceux et celles qui y vivent ! Il s'agit bien de repenser les modes actuels de séparation entre les espaces de productions et les espaces de protection (sanctuarisés), par la conception de mosaïques d'écosystèmes fournisseurs d'une diversité de fonctions et services, dont certains sont qualifiés d'agro-écosystèmes, dans une vision holiste reliant les sociétés à leur environnement à travers la notion de socio-éco-système.

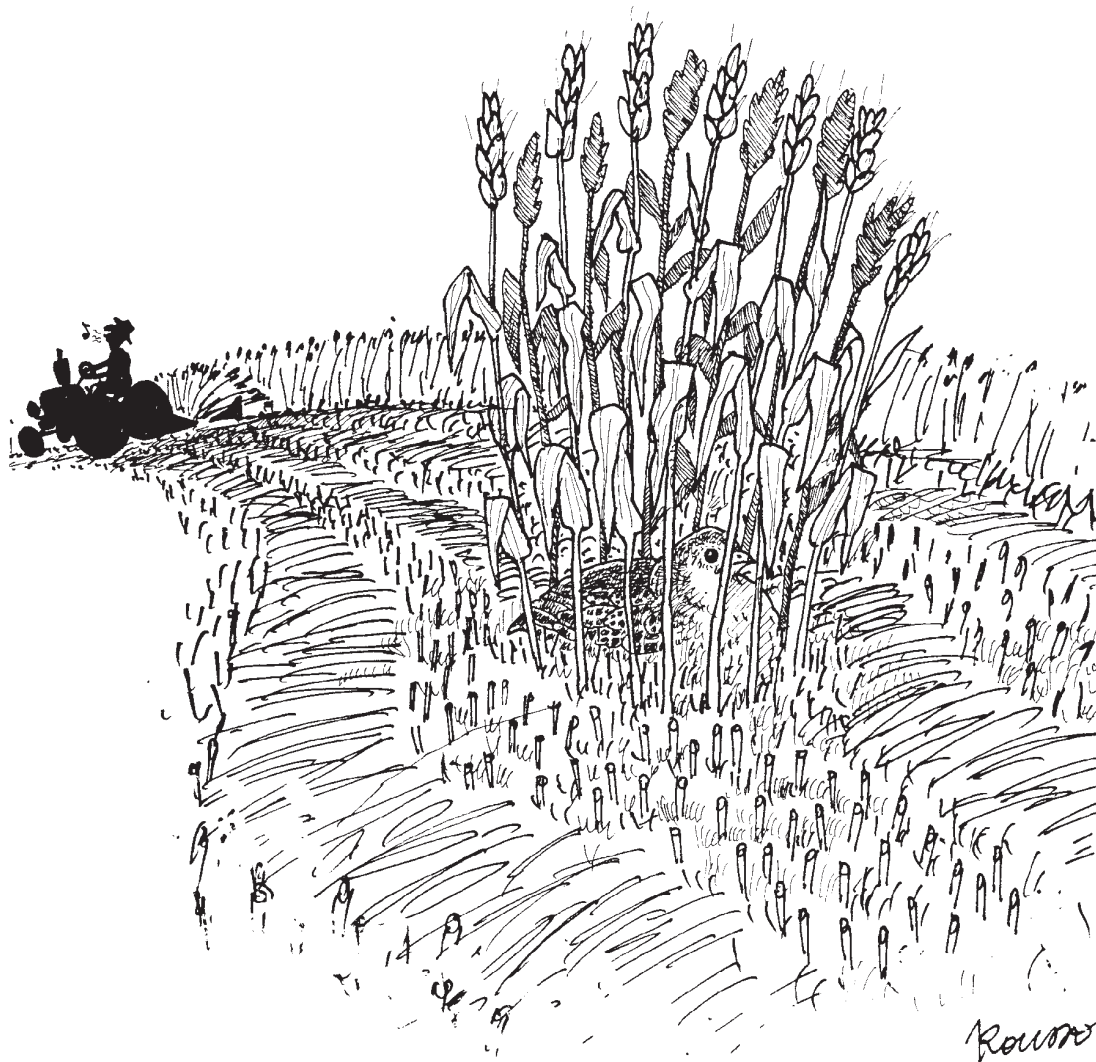
Stratification vs. intégration : une nouvelle frontière agraire à concevoir !

Ainsi s'opposent, de manière un peu caricaturale, deux visions de l'aménagement de l'espace :

La stratification entre espaces et par conséquent entre communautés rurales, qui alors peut conduire à accroître les inégalités en regard des allocations des terres, des droits des peuples indigènes comme des agriculteurs, de la sécurité alimentaire, *etc.* Elle peut même véhiculer, au nom de la protection de l'environnement une forme d'éco-impérialisme des valeurs du monde occidental en regard des valeurs locales concernant les espèces et les habitats, susceptible de déboucher sur des conflits en termes de « justice environnementale » ;

L'intégration qui vise, elle, à favoriser la diversité à différents niveaux à partir d'un ensemble de systèmes de production (différentes tailles, types de ménages, produits, disponibilité en travail, *etc.*), mettant en valeur une diversité de milieux et débouchant sur une meilleure productivité de l'ensemble (valorisant l'hétérogénéité et les complémentarités).

Mais cette intégration nécessite de raisonner une nouvelle frontière agraire, en profondeur, car mêlant dans les mêmes espaces une diversité de fonctions et de services (Hubert et Billaud, 2008). Ainsi, par exemple, la question du développement urbain génère une concurrence accentuée entre espace urbanisé et espace agricole pour les ressources foncières et naturelles (eau potable, bois de chauffe...), sans compter les tensions sociales qui peuvent en découler. Il est donc probablement temps de raisonner autrement ce que serait une véritable agriculture périurbaine et urbaine, qui ne serait pas une concurrente, vaincue d'avance, de l'extension résidentielle ou industrielle. A l'inverse, elle contribuerait au maillage du paysage des villes par des espaces dédiés à la production, non sans poser toutefois des questions à traiter sur la réhabilitation et la conservation des sols pollués par des déchets et des installations antérieures, voire tout simplement soumis aux effets et conséquences des activités urbaines diverses. Elle ne serait pas non plus sans interpeller les dimensions organisationnelles de la mise en marché et de la distribution des biens alimentaires, par la création



Dessin de Robert Rouso paru dans le *Courrier de l'environnement* de l'INRA n°41.

de circuits courts, échappant pour la plupart aux opérateurs habituels de leur commercialisation, soit par le développement de marchés « traditionnels » de proximité reliant ainsi consommateurs urbains et producteurs du voisinage, soit même, ainsi qu'on le constate en Europe, dans certaines villes d'Amérique du Nord, ou dans des pays émergents comme le Brésil, de nouvelles formes de conventionnement direct entre des groupes de consommateurs et des producteurs sur la base de cahiers des charges et de prix garantis définis à l'avance conditionnant un engagement d'approvisionnement des ménages concernés sur toute une campagne de production (Lamine, 2008).

Les défenseurs de l'intangibilité de la première frontière le font de nos jours au nom des enjeux environnementaux. Les questions de biodiversité, de protection des sols, de préservation des ressources en eau et de leur qualité, le ralentissement du changement climatique par la fixation du carbone justifient en effet que l'on arrête de détruire les grandes forêts de la planète (Amazonie, bassin du Congo, *etc.*) et de drainer les zones humides pour leur « mise en valeur agricole », sauf

éventuellement compensation comme aux États-Unis. Il faut donc alors intensifier sans toucher à la frontière et développer si possible une agriculture plus « propre » sur les espaces qui lui sont dédiés, à l'image de l'écoagriculture de Jeff McNeely, le directeur scientifique de l'UICN. De ce point de vue, on peut même se demander si les services des écosystèmes, tant vantés aujourd'hui, ne sont pas destinés à assurer une compensation et une garantie vis-à-vis de quelques grands équilibres planétaires, dans l'hypothèse de dérapages techniques divers (contaminants biologiques et abiotiques), face au défi technologique que représente le fait de nourrir, à l'horizon de 2050, 9 milliards d'habitants. Même s'il ne s'agit pas aujourd'hui de présenter cette frontière comme une réserve foncière, la question se posera de toute évidence pour la taïga, quand la disparition du permafrost attisera les convoitises pour la « mise en valeur » de ces sols regorgeant d'une matière organique stockée depuis les dernières glaciations et qui ne demande qu'à libérer du CO₂ : quelques belles années avant leur épuisement !

N'est-il pas temps de poser la question autrement et d'instruire une troisième frontière : celle qui supposerait de revisiter les conceptions mêmes et les pratiques de l'activité agricole, de penser autrement cette tripartition du monde entre la ville où se concentre la grande majorité de la population, l'espace rural dédié à la production agricole ou forestière et les espaces naturels garants d'une offre de nature comme de la préservation des grands équilibres planétaires ? Certes, il s'agira bien de concevoir une diversité et une complémentarité de formes d'agriculture reposant sur des savoirs et des pratiques, des modèles techniques et des circuits de commercialisation qui se singulariseront selon les productions, les situations géographiques, les formes d'action publique, les valeurs culturelles, les engagements sur un mode individuel ou collectif. De telles agricultures pourraient mailler les espaces urbains, pénétrer les lisières forestières pour y introduire des mosaïques écologiques inédites, inventer des façons de produire davantage inspirés de l'écologie que de la chimie, sur les modèles de l'agroécologie d'Altieri. De telles agricultures réhabiliteraient la diversité et la variabilité du matériel génétique animal et végétal, et sauraient s'accommoder des pentes, des bas-fonds, des lisières, des étages et des strates boisés, pour les respecter tout en produisant... et en se reproduisant. Mais il ne s'agit plus seulement de respecter l'environnement ou, pire, de concilier l'agriculture et l'environnement, mais de faire en sorte que l'environnement soit bien, parmi d'autres, une des productions de l'agriculture.

Pour cela, il est donc nécessaire de sortir d'un monde du cloisonnement où espaces, activités, productions, savoirs et recherche obéissent à la même loi de la spécialisation. Cela conduit à un renversement de point de vue sur la multifonctionnalité de l'agriculture, telle qu'elle est relevée comme un des points essentiels, tant par les recommandations de l'IAASTD (2008) que par le rapport de la Banque Mondiale 2008 dédié aux questions agricoles, et qu'il s'agirait d'informer davantage que ce qui a pu être considéré jusqu'à présent. Une des premières tâches pour lui donner sens consisterait à produire des critères de performances susceptibles d'évaluer la qualité de la manière dont ces différentes fonctions sont réalisées, ne serait-ce qu'afin de pouvoir les mettre en politique et les administrer, si ce n'est pour les rémunérer. On verrait alors que dans un tel schéma, les différents types d'agriculture évoqués dans le paragraphe précédent se complètent plus qu'ils ne sont sensés s'aligner sur un modèle unique... Mais il faut alors définir des critères de performance – et une métrologie liée – qui prennent en compte ces complémentarités et ces fonctionnalités à des niveaux d'organisation englobant les exploitations agricoles individuelles, alors que tous les indicateurs actuels s'intéressent à la seule exploitation – quand ce n'est pas à la parcelle ! – et se focalisent majoritairement sur des critères technico-économiques.

Enfin, dans un cas comme dans l'autre, mais encore plus dans le modèle de l'intégration, se pose la question des réelles capacités d'émergence de nouveaux choix technologiques (et donc sociaux, économiques, d'aménagement de l'espace, *etc.*). Il pourra s'avérer difficile de sortir des choix actuels tant ils sont intégrés, non seulement dans le panel des solutions techniques évoquées ci-dessus (mécanisation, engrais, pesticides, génétique, *etc.*) que dans les systèmes cognitifs (savoirs et savoir-faire, représentations de la nature, des nuisances, des paysages, *etc.*) et de valeurs (« ce qui est bien » !) des principaux acteurs impliqués, de la profession agricole mais également des services et administrations qui les entourent, ainsi que les modes de raisonnement technoscientifiques

courants et les priorités données également aux autres secteurs d'activité économique... Saurons-nous dépasser une certaine situation de *lock in* telle qu'évoquée ci-dessus ?

L'agronomie questionnée

Un débat traverse les communautés scientifiques au-delà de celle des seuls agronomes : s'agit-il effectivement d'attendre de l'agronomie un changement quasi radical de ses principes fondateurs et qu'elle ne se contente pas de modifications marginales pour satisfaire une mode intellectuelle favorable à l'écologie, voire quelques questions sérieuses en rapport avec le changement climatique (par de nouvelles technologies, par exemple) ? Faut-il recréer une ingénierie écologique ou environnementale, ainsi que le proposent certains, et concevoir autrement les formes d'exploitation des ressources naturelles renouvelables par l'homme, en s'appuyant sur les fonctionnalités et les services des écosystèmes à l'aide des cadres conceptuels de l'écologie (comme la résilience des écosystèmes, voire des socio-écosystèmes... notion qui ne convient pas forcément à tous !) et non plus de l'agronomie ? Faut-il davantage s'appuyer sur les savoirs traditionnels qui sont sensés avoir fait leur preuves (encore que ce ne soit pas avéré partout) ?

Ce sont bien ces nouvelles préoccupations que portent les différents courants de l'agro-écologie identifiés par Fred Buttel (2003) :

- l'agro-écologie écosystémique, qui s'inspire directement du modèle de l'écosystème « odumien » appliqué aux agro-écosystèmes en se fondant sur des notions de stabilité et de résilience, mais qui rencontre vite les limites du modèle de l'écosystème, essentiellement conceptuel et non spatialisé ;
- l'agro-écologie agronomique, celle qui rappelle que l'agronomie n'aurait jamais été autre chose qu'une écologie du champ cultivé et qui se pose en fondatrice d'une « agriculture durable », qui reste à construire, mais bien souvent à partir d'approches partielles (techniques sans labour, protection intégrée contre les ravageurs, cultures associées, etc.) ou de solutions « *end of pipe* » (comme les nanotubes pour la fixation des métaux lourds dans les sols...) ;
- l'*ecological political economy* prônée par M. Altieri qui repose sur une vision radicale et critique des coûts socioéconomiques et écologiques des modes de production dominants et recherche l'équité sociale et la soutenabilité non seulement des modes de production mais des sociétés et des milieux qui leur sont liés ;
- l'*agro-population ecology* qui s'appuie davantage sur la dynamique et la génétique des populations que sur la vision stabilisée de l'écosystème du premier courant, et qui donc aborde des visions dynamiques d'agro-écosystèmes évoluant en fonction des variations des paramètres climatiques ou biogéochimiques ;
- l'*integrated assessment of multifunctional agricultural landscapes* surtout développé en Europe et en France et qui a pour particularité de développer une approche intégrée, multi-scalaire, articulant les dimensions sectorielles et territoriales (introduisant ainsi la notion de système agro-alimentaire), avec un fort ancrage local s'intéressant aux dynamiques collectives et à la dimension multifonctionnelle des paysages ruraux ;
- enfin, après son décès, ses collègues W. Bland et M. Bell ont ajouté en 2007 une sixième variante, qu'ils qualifient de *holon agroecology* en s'inspirant de la notion de « holon » d'A. Koestler : pour eux l'enjeu est celui d'une transformation permanente du contexte comme du contenu, compte tenu des changements écologiques, technologiques, politiques, économiques... débouchant sur la notion de gestion adaptative permanente (chemin faisant ?) sans aboutissement prédéfini, mais reposant sur la nécessité de solidités relationnelles (« *holding together* » !).

Une mise en tension des régimes habituels de la pensée scientifique

Mais le changement n'est pas si simple, car il se confronte au processus séculaire de construction de la science. Michel Callon (2003) rappelle ainsi, très brièvement, les trois régime de production de

connaissance scientifique qui ont marqué ces derniers siècles dans le monde occidental : le régime de la « curiosité » au XVII^e et au XVIII^e siècle (on produit de la connaissance pour comprendre le monde), puis celui de « l'utilité » au XIX^e (on produit de la connaissance pour mettre le monde au service des sociétés humaines) et enfin celui de l'exactitude (on mesure, on modélise, on réifie...). Ce dernier régime, qui nous est contemporain passe par une simplification des fonctionnements du monde vivant en s'efforçant également de les considérer comme stables ; c'est la démarche classique de la recherche scientifique, celle que Michel Callon qualifie selon son modèle des trois traductions (2003) :

- La première consiste à reproduire le monde dans le confinement du laboratoire. Pour cela, on cherche à simplifier la réalité afin de la réduire de façon à ne s'intéresser qu'à une partie du monde, celle que veut étudier le chercheur compte tenu de la formulation du problème qu'il s'est donné pour ambition de résoudre. Il prélève donc ces éléments qu'il extrait ainsi du monde réel pour les transporter et les reconstituer dans son laboratoire, ou son domaine expérimental, afin de mettre à l'épreuve certaines des variables qu'il a identifiées en modifiant (manipulant) les facteurs considérés comme les plus explicatifs de l'état de ces variables; c'est ce que M. Callon appelle le passage du « macrocosme au microcosme » ;

- C'est alors qu'intervient la deuxième traduction : celle qui fait dire aux objets de la nature, transposés dans un environnement confiné (et régulé) et manipulés de cette façon à l'aide d'un ensemble d'instruments, ce qu'ils peuvent exprimer à travers des appareils de mesure, des abaques, des courbes et des graphiques qui rendent ainsi compte aux humains, dans un langage codé (le plus souvent mathématique ou informatique) mais interprétable, de l'effet sur ces variables de la manipulation de ces facteurs... C'est la phase des « investissements de forme » qui fait passer d'énoncés issus d'observation à des énoncés théoriques selon un double processus de stabilisation et de généralisation ;

- Mais se pose alors la question du retour dans le monde des résultats obtenus en laboratoire, de façon à agir sur ce monde et à y générer les changements attendus des progrès de la science. C'est le moment « politique » de la production de connaissance scientifique, celui au cours duquel on va répliquer le laboratoire dans le grand monde, afin d'aider à sa reconfiguration, tout autant que de chercher à l'observer et à l'interpréter. La voie la plus simple et la plus efficace n'est-elle pas alors de faire ressembler le grand monde au laboratoire ? C'est ce que M. Callon appelle la « laboratorisation » du monde.

L'agronomie est ainsi dans une tension entre contextualisation et décontextualisation : à l'origine, c'est bien une science du local, des conditions de sols, de climat, des plantes ou des animaux et des hommes qui les cultivent et les élèvent, avec une forte attente politique de préserver les populations des famines. Mais c'est également l'appel de la généralité, propre à tout domaine scientifique, renforcé par les critères de scientificité énoncés ces dernières années, qui a conduit à une certaine décontextualisation en focalisant les recherches sur des objets génériques afin de produire des connaissances à valeur universelle selon le modèle des trois traductions de Michel Callon (2003) développé ci-dessus que remettent en cause les nouvelles approches évoquées dans les différents courants de l'agro-écologie : il ne s'agit plus de ramener une partie du monde dans le confinement du laboratoire pour y produire des énoncés à réintroduire ensuite dans le « grand monde », mais à travailler directement dans ce grand monde en prise avec les dynamiques des processus biophysiques et des configurations sociales ainsi que de leurs acteurs. La tâche n'est pas anodine, car l'attente politique se fait pressante de nourrir l'humanité plutôt à partir des plantes modèles les mieux connues, comme le riz, le blé et le maïs, au détriment, par exemple, des plantes à tubercules ou des systèmes agro. Ces préoccupations, voire ces injonctions, en particulier au regard des questions environnementales, ré-incident l'agronomie à revenir plus près du local, plus près de situations géographiquement et historiquement situées et à s'intéresser à la diversité, à la variabilité, à des processus dynamiques et interactifs, à des interdépendances imprévues...

Pour un changement de paradigme et une véritable rupture conceptuelle

Il s'agit de se donner les moyens de passer d'un cadre dans lequel un agro-écosystème est vu comme la somme des relations consommations/production dans un environnement considéré comme stable (ou prévisible) au pilotage (stewardship) des fonctionnalités des écosystèmes afin de faciliter les « services écologiques » et l'acquisition des savoirs et compétences comme des capacités d'adaptation aux changements (climatiques, politiques, de valeurs, de normes...) en s'appuyant sur de nouveaux concepts : dynamiques, seuils, résilience, noyau de viabilité, processus d'apprentissage et action collective, *etc.* Une telle approche se fonde sur la coévolution et les interactions système/environnement en situation d'incertitude !

On pourrait s'appuyer sur les propositions de Paul Thompson (1997) qui distingue, à propos de la gestion des ressources naturelles renouvelables, deux approches.

La première est une approche classique en termes de « *resource sufficiency* », qui s'appuie sur une vision utilitariste de la nature, sur la conception des ressources comme un capital donné (un stock), qui peut être considéré comme en abondance, renouvelable ou critique. Les solutions pour maintenir la durabilité face à leur diminution consistent à :

- diminuer leur taux de consommation ;
- ou augmenter l'efficacité de leur rendement d'utilisation ;
- ou enfin leur substituer d'autres ressources à l'aide d'un changement de technologie.

Selon cette vision, l'appréciation de l'état d'un agro-écosystème se réduit à la somme de la création de ressources moins leur consommation, dans un environnement considéré comme suffisamment stable pour que ses variations puissent être ignorées. Elles conduisent à des politiques posées en termes d'amélioration de leur efficacité, dans une perspective universelle, toutes choses étant considérées comme égales par ailleurs.

Une autre approche innovante, qu'il qualifie de « *functional integrity* », est fondée sur un processus de coévolution, les ressources émergeant des interactions au sein d'un socio-écosystème, dont il s'agit d'identifier les points critiques – d'ordre techniques ou sociaux – qui mettent en danger sa durabilité, c'est-à-dire en l'occurrence ses propres capacités de transformation. Il s'agit alors de s'intéresser à l'ensemble des activités et des formes d'« organisation sociales en interaction. Cette approche débouche sur des politiques adaptées aux situations locales, qui se focalisent sur la sécurisation de ces points critiques et doivent être contextualisées et adaptées, et dont l'application doit faire l'objet d'un suivi et d'évaluations régulières, en évitant des dispositifs prescriptifs et centralisés... La durabilité doit ainsi être vue comme une propriété émergente des interactions entre les acteurs et leur environnement et non pas comme une qualité intrinsèque et technique de l'écosystème.

Ainsi, de nos jours, beaucoup de pratiques agricoles (forestières, halieutiques...) ne sont pas durables, voire même contre-productives, parce qu'elles raisonnent uniquement comment des ressources peuvent être produites et exploitées, plutôt que de concevoir les ressources comme dynamiques et se transformant elles-mêmes du fait de leurs connections à des écosystèmes complexes. Il est temps de produire les cadres conceptuels (théoriques, méthodologiques, évaluatifs, *etc.*) permettant de concevoir d'autres pratiques, respectueuses à la fois des milieux et des sociétés qui les exploitent !

Références bibliographiques

- ALTIERI M.A., 1987. *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. Westview Press, Boulder, USA.
- BONNEUIL C., THOMAS F., 2009. *Gènes, pouvoirs et profits. La recherche publique dans les transformations des régimes de production des savoirs en génétique végétale de Mendel aux OGM*. Éditions QUAE, Paris.
- BANQUE MONDIALE, 2008. L'Agriculture au service du Développement, Byerlee D., de Janvry A. (dirs). Rapport sur le développement dans le Monde. Banque mondiale, Washington.
- CALLON M., 2003. Science et société : les trois traductions, *Les Cahiers du MURS*, 42, 57-69.
- CONWAY G., 1997. *The Doubly Green Revolution: Food for All in the XXIst Century*. Penguin Books, London, 335 p.
- DEVERRE C., 2005. Les dispositifs réglementaires et institutionnels pour la gestion des usages agricoles du territoire. De l'aménagement au ménagement. In: Laurent C., Thinon P. (dir), *Agricultures et Territoires*. Hermès-Sciences Publications, Paris, 269-281.
- GAUDIN T., FAROULT E., 2010. L'empreinte de la technique. Ethnotechnologie prospective. « Prospective », Série Essais & Recherches, L'Harmattan, Paris.
- GRIFFON M., 2006. *Nourrir la planète. Pour une révolution doublement verte*. Odile Jacob, Paris, 455 p.
- HERVIEU B., 2002. Préface, In: Perrier-Cornet P. (dir.), *Repenser les campagnes*. Éditions de l'Aube, Paris, 280 p.
- HUBERT B., BILLAUD J.P., 2008. Pour ne plus avoir d'émeutes de la faim : une troisième frontière agraire à explorer ? *Natures, Sciences, Sociétés*, 16(2), 109-110.
- HUBERT B., DEVERRE C., MEURET M. (in press). The Rangelands of Southern France: two Centuries of Radical Change. In: Meuret M., Provenza F. (Eds.) *Shepherders' Know-how*, Island Press, Washington DC, USA.
- IAASTD, 2008. Rapports disponibles sur le site : www.agassessment.org
<http://www.agassessment.org/docs/>
- LAMINE C., 2008. *Les AMAP, un nouveau pacte entre producteurs et consommateurs*. Éditions Yves Michel, Gap, 168 p.
- MICOUD A., 2003. Ces bonnes vaches aux yeux si doux. *Communications*, 74, 217-237.
- SCHERR S.J., MCNEELY J.A., 2007. *Farming with Nature: the science and practice of Ecoagriculture*, Island Press, Washington DC, USA.
- THOMPSON P.B., 1997. Sustainability as a Norm. *Philosophy and Technology*, 2, 2, 75-93.
- VISSAC B., 2002. *Les vaches de la République : saisons et raisons d'un chercheur citoyen*. « Espaces ruraux », INRA Éditions, Paris, 505 p.

Réinventer les systèmes agricoles : quelle agronomie pour un développement durable ?¹

Jean-Marc Meynard

INRA, ancien chef du département Sciences pour l'action et le développement

jean-marc.meynard@grignon.inra.fr

Entre le milieu et la fin du XX^e siècle, l'agriculture ouest-européenne a profondément évolué, sous l'effet de politiques agricoles volontaristes visant à assurer une autonomie alimentaire à l'Union, et à libérer de la main d'œuvre pour l'industrie. Ces politiques ont parfaitement réussi, aboutissant simultanément à une diminution très importante du nombre d'exploitations agricoles, et à une croissance sans précédent de la productivité par hectare. Les systèmes intensifs, fortement utilisateurs d'intrants chimiques (engrais, pesticides, produits vétérinaires), et largement mécanisés dominent aujourd'hui l'agriculture de l'Europe de l'Ouest. Cependant, on s'interroge aujourd'hui sur la durabilité de ces systèmes intensifs : consommateurs d'énergie, défavorables à la biodiversité, polluant les eaux par des nitrates, phosphate et pesticides, producteurs de gaz à effet de serre... Le spectre de la pénurie alimentaire s'étant éloigné, l'agriculture est mise en accusation par les urbains, et sommée de devenir « écologique ». Depuis 20 ans, le monde agricole a entendu cette demande et tenté d'y répondre, maîtrisant les nuisances les plus graves (réduction des pollutions nitriques, ajustement des traitements pesticides au cas par cas...), sans renoncer à poursuivre ses efforts de productivité. Mais la question est maintenant posée : des adaptations à la marge des systèmes intensifs ont-elles des chances d'être efficaces pour maîtriser des nuisances que plus personne ne nie ? Si oui, quelles adaptations sont nécessaires et possibles ? Si non, comment s'y prendre pour réinventer des systèmes de production plus conformes aux objectifs du développement durable, c'est-à-dire assurant aux populations rurales et urbaines la sécurité alimentaire et aux paysans un revenu régulier et suffisant, économes en ressources, favorisant l'expression des services écosystémiques et la cohésion sociale au niveau des territoires (FNH, 2009) ? Dans la première partie de ce chapitre, nous analyserons les logiques économiques, sociales et agronomiques des systèmes actuels, pour identifier les marges de manœuvre qui existent, vis-à-vis d'une réduction des nuisances écologiques. Nous en tirerons dans la deuxième partie quelques propositions, concernant les orientations de la recherche et développement agricole et de l'action publique, visant à favoriser les nécessaires évolutions.

Les systèmes agricoles actuels : logiques économique, sociale et agronomique ; jeux d'acteurs et « verrouillages »

Les formes prises par l'agriculture européenne, fortement dépendantes des sols et du climat, sont extrêmement variables d'un endroit à l'autre. Mais les processus majeurs qui ont marqué l'évolution des systèmes de production sont les mêmes partout : (i) une spécialisation des exploitations agricoles et des territoires, et (ii) une dépendance croissante vis-à-vis des intrants extérieurs. En production végétale, en particulier, les pesticides sont devenus les pivots des systèmes de production. Ces processus seront illustrés sur le cas des systèmes céréaliers du Bassin Parisien, en France.

1. Cet article est d'abord paru dans l'ouvrage *Vers une société sobre et désirable*, sous la direction de Dominique Bourg et Alain Papaux, dans la collection « Développement durable et innovation institutionnelle », aux éditions Presses universitaires de France (Paris, 2010, 512 p.). Nous le reproduisons ici avec l'aimable autorisation de l'auteur et de l'éditeur et nous les en remercions.

La spécialisation des territoires et des systèmes de production

Les paysages actuels du Nord de la France ont été configurés par une spécialisation des territoires et des systèmes de production. L'Ouest (Bretagne, en particulier) est par exemple devenu une région dédiée à l'élevage intensif, alors que le Bassin Parisien s'est vu dédié aux grandes cultures, avec très peu d'élevage. Les systèmes de polyculture élevage, jadis fortement représentés dans la plupart des régions, sont devenus de moins en moins nombreux. La figure 1, tirée de Schott *et al.* (2009), illustre bien les conséquences de cette évolution au niveau de l'occupation des sols.

Les cartes représentent le bassin hydrographique de la Seine (au nord-ouest, la côte normande, au sud, le Morvan), soit environ 100 000 km². La régression de l'élevage de ruminants dans le centre du bassin de la Seine (Beauce, Perche, Brie, Picardie, *etc.*) se traduit sur la carte par la forte régression des surfaces en prairies naturelles. Celles-ci n'occupent en 2000 des superficies significatives que dans les zones périphériques du bassin de la Seine, telles que la Normandie à l'ouest, la Thiérache au nord ou la Bourgogne à l'est. La régression de l'élevage et de la prairie s'accompagne d'un accroissement des surfaces en grandes cultures, au premier rang desquelles le blé, qui occupe maintenant dans certaines régions plus de 50 % de la surface agricole. Cette spécialisation pose en elle-même des problèmes écologiques : Perte de biodiversité liée au remplacement des prairies par des cultures annuelles ; réduction des surfaces en zones humides liées au drainage associé à la mise en culture ; réduction de la diversité des habitats, défavorable à la biodiversité ; faible recyclage des éléments minéraux (N, P, K, *etc.*) dans les exploitations agricoles, qui conduit à un gaspillage de ressources non renouvelables.

Cette spécialisation des territoires est structurée par les implantations agro-industrielles, qui assurent les débouchés aux produits. Dans un contexte d'accroissement de la technicité des actes de production, les agriculteurs spécialisés, comme leurs conseillers, ne resserrent leurs compétences que dans leurs domaines de spécialisation. Se re-diversifier devient alors d'autant plus difficile pour un agriculteur qu'il lui faut trouver non seulement des débouchés qui n'existent plus localement, mais aussi acquérir sans appui local les savoirs et les références techniques sur les nouvelles productions.

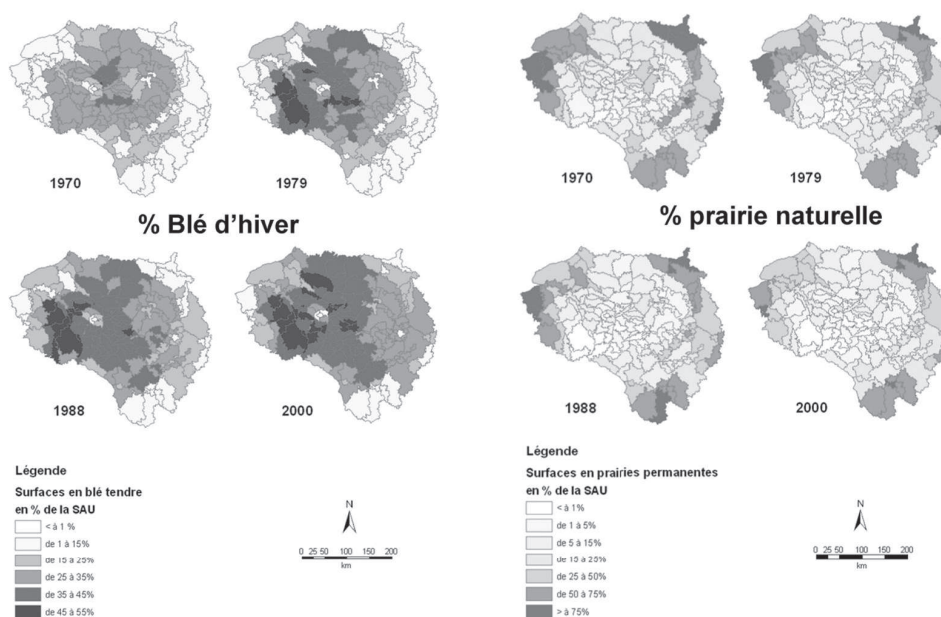


Figure 1. Spécialisation des bassins de production et des exploitations : évolution des surfaces en blé d'hiver (gauche) et en prairie naturelle (à droite) dans le bassin de la Seine entre 1970 et 2000. Source : Agreste et INRA Mirecourt.

Le cas de la luzerne, illustré par la figure 2, est emblématique de ce processus de spécialisation régionale, conçu dans un contexte où les ressources énergétiques étaient considérées comme illimitées. Dans les années 1970, la luzerne était présente sur tout le bassin de la Seine, en général consommée par le bétail dans les exploitations où elle était cultivée. Son déclin a suivi celui des systèmes de polyculture élevage, et entre 1980 et 2000, la luzerne s'est concentrée en Champagne Crayeuse (tache sombre sur la carte de l'année 2000), dans une zone favorable à une production élevée (sols calcaires à forte réserve hydrique), pour alimenter la filière « déshydratation » : la luzerne est déshydratée grâce à l'énergie fossile, pour pouvoir être facilement conservée, transportée, et incorporée dans des aliments du bétail vendus aux éleveurs des régions spécialisées en élevage. Les années 2000 marquent un déclin de cette filière énérgivore, lié à la hausse du prix de l'énergie, à la baisse du soutien européen et à la concurrence du tourteau de soja venu du continent américain.

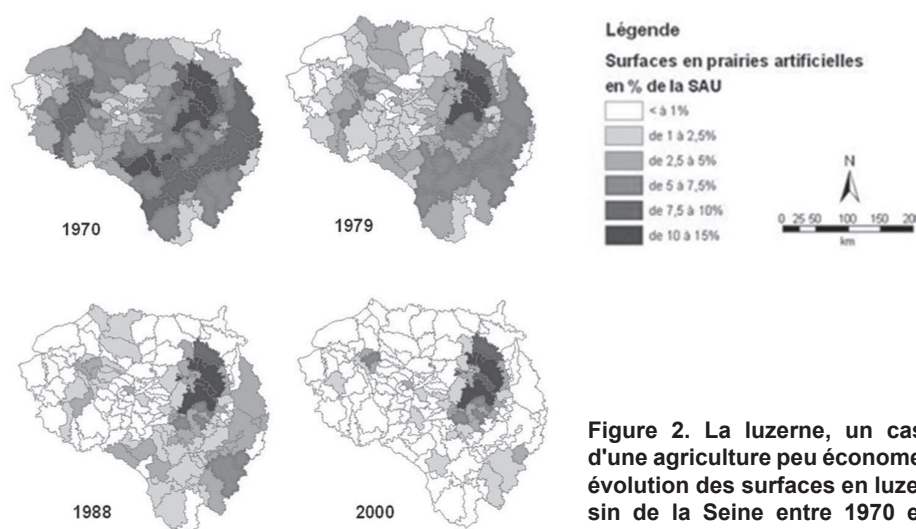


Figure 2. La luzerne, un cas emblématique d'une agriculture peu économe en ressources : évolution des surfaces en luzerne dans le bassin de la Seine entre 1970 et 2000. Source : Agreste et INRA Mirecourt.

La réduction du nombre d'espèces cultivées

D'une manière générale, cette spécialisation régionale s'accompagne dans les zones de grande culture d'une réduction du nombre d'espèces cultivées, et d'un raccourcissement des rotations. Ainsi, par rapport aux années 1980, dans le bassin de la Seine, les surfaces en blé et en colza ont beaucoup augmenté, alors que les surfaces en pois protéagineux, en tournesol ou en maïs ont diminué ; les monocultures de blé, ou les rotations courtes, telles que colza/blé/blé ou colza/blé/orge ont augmenté en fréquence (Schott *et al.*). Toute la filière est impliquée dans cette simplification des assolements : l'exemple récent de la régression des surfaces en pois protéagineux (divisées par 7 en 15 ans en France entre 1994 et 2009) en est l'illustration. Le développement du pois protéagineux dans les années 1980 est du à un soutien résolu des pouvoirs publics (prix élevé garanti, soutien à la sélection variétale), lié à une volonté de réduire la dépendance de l'Union européenne vis-à-vis des sources de protéines importées (tourteau de soja). Le déclin des surfaces s'est amorcé suite à une réduction du soutien des pouvoirs publics, et en relation avec le développement d'une nouvelle maladie, *Aphanomyces* (aux beaux jours de cette culture, dans les années 1980 et au début des années 1990, certains agriculteurs ont cultivé un peu trop souvent du pois sur les mêmes parcelles, ce qui a favorisé l'expansion de la maladie). La régression des surfaces a décrédibilisé la production de pois vis-à-vis des fabricants d'aliments du bétail, qui ne disposaient plus d'un approvisionnement garanti. Les prix du marché en ont pâti, ce qui a accéléré la baisse des surfaces. Le tourteau de soja a retrouvé dans l'alimentation du bétail sa place de source essentielle de protéines. Les semenciers privés se sont interrogés sur l'avenir du pois et ont réduit leur investissement dans la sélection

de nouvelles variétés. Le différentiel de productivité avec le blé ou le colza, sur lesquels l'effort de sélection ne se relâche pas, ne se réduira donc pas, ce qui serait nécessaire pour redonner un intérêt économique au pois protéagineux. C'est bien l'imbrication des stratégies des différents acteurs de la filière qui a abouti au déclin du pois, et qui compliquera singulièrement le renouveau aujourd'hui souhaité par les pouvoirs publics.

Le rôle clef des pesticides

Le raccourcissement des rotations augmente les problèmes de parasitisme tellurique et les populations d'adventices. La concentration des surfaces sur certaines espèces accroît les risques de développement d'épidémies de parasites aériens. Toute cette spécialisation ne serait donc pas possible sans les pesticides. De fait, les pesticides sont devenus la clef de voûte des systèmes de culture intensifs actuels, et configurent non seulement les rotations, mais aussi les dates de semis ou les choix variétaux. Prenons l'exemple de la culture du blé (Meynard et Girardin, 1992). Pour maximiser les rendements, on sème tôt et densément, on alimente régulièrement la culture en azote, on choisit les variétés les plus productives (qui ne sont généralement pas les plus résistantes aux maladies). Tous ces choix sont favorables à la productivité mais aussi aux insectes parasites, aux maladies fongiques et aux adventices. Face à ces risques élevés, une couverture serrée de la culture par des traitements phytosanitaires devient impérative. Pour faciliter des interventions rapides, les agriculteurs ont privilégié l'achat de matériels puissants et de grande largeur, et cherché à regrouper et agrandir leurs parcelles. C'est ainsi que dominant dans les paysages de grande culture, des systèmes intensifs, pratiqués sur de grandes parcelles génétiquement homogènes, et fortement utilisateurs de pesticides.

Ce rôle clef joué par les pesticides dans les paysages des régions de grande culture est renforcé par le système de conseil et les priorités de la sélection. Dans le domaine des pesticides, l'innovation est très active, et les agriculteurs sont dépendants pour leur usage d'un conseil extérieur (Butault *et al.*, 2010) :

- le conseil technique est majoritairement attaché à la vente d'intrants. Il privilégie les solutions simples (un problème, une solution) plutôt que les méthodes agronomiques préventives, plus complexes à mettre en œuvre et d'efficacité moins directe.
- les résistances variétales sont le plus souvent considérées comme des compléments aux pesticides, et non comme des moyens de lutte privilégiés. Le marché des variétés multi-résistantes reste limité, ce qui n'incite pas à privilégier ce créneau de sélection.
- étant donné le rôle secondaire des résistances variétales, il n'y a pas de coordination des choix variétaux en vue d'une gestion des résistances. Le contournement des résistances tend à décrédibiliser cette solution.

Des systèmes agricoles verrouillés

Les systèmes de production agricole apparaissent ainsi comme totalement cohérents avec l'organisation de filières amont et aval, et avec les systèmes de diffusion d'information. La stratégie de chaque acteur renforce la stratégie des autres. Personne n'a vraiment intérêt à changer de stratégie, tant que les autres n'en changent pas. On est dans un cas typique de ce que les chercheurs en sociologie et en économie de l'innovation appellent « verrouillage » ou *lock-in* (par exemple les effets de *lock-in* autour de l'utilisation des pesticides dans différents pays ; voir Cowan et Gunby, 1996 ou Wilson et Tisdell, 2001). Ce système socio-technique très cohérent est le résultat de la remarquable réponse du monde agricole à l'injonction d'accroissement de la production de céréales et d'accroissement de la compétitivité internationale. Cette cohérence se heurte clairement à une prise en compte des nouvelles injonctions relatives à l'environnement : on ne fera évoluer les modes de production ni par des « yaka », ni par un simple effort d'information ; il faudra agir simultanément en plusieurs endroits du système pour le déverrouiller.



Dessin de Robert Rouso paru dans le *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°20.

Faire évoluer les systèmes agricoles : quelle agronomie pour un développement durable ?

Si l'on peut s'accorder sur la nécessité d'une forte évolution des systèmes agricoles pour les inscrire dans le développement durable, il serait présomptueux de tenter de définir ici ce qu'ils devraient être. Les systèmes à inventer résulteront de multiples interactions entre accords internationaux, politiques publiques, acteurs économiques et agro-écosystèmes : ils ne sont pas prévisibles. Nous avons donc choisi de nous interroger sur les leviers plutôt que sur les résultats de leur transformation, en gardant comme fil directeur, l'exemple des systèmes de grande culture du Bassin Parisien. L'analyse précédente suggère que des changements significatifs des systèmes agricoles ne pourront être obtenus que si des actions coordonnées visant à infléchir les stratégies des principaux acteurs sont mises en œuvre pour « déverrouiller » les systèmes socio-techniques.

Jouer en priorité sur la clef de voûte du système : la réduction des pesticides

Des solutions techniques permettant de réduire fortement l'usage des pesticides existent d'ores et déjà (Meynard, 2010), telles que les variétés résistantes aux maladies, les modes de conduite du blé à bas intrants, la diversification des cultures de la succession, les associations de variétés et d'espèces, le désherbage mécanique, les aménagements paysagers (bandes enherbées, haies, *etc.*) favorables aux auxiliaires... Une difficulté est qu'aucune de ces solutions alternatives n'est à elle seule aussi efficace que les pesticides : la « protection intégrée » est basée sur la combinaison au cas par cas de techniques à effet partiel. Son développement ne pourra venir que d'actions au plus près du terrain, aidant les agriculteurs à s'approprier les nouvelles techniques, à les adapter à leur situation, à les combiner, en favorisant les apprentissages.

L'exemple d'une exploitation picarde suivie par Mischler *et al.* (2009) permet de l'illustrer. En 2002, un diagnostic agronomique et environnemental est réalisé par l'agriculteur et un conseiller : un point faible majeur est alors mis en évidence : une utilisation importante de pesticides (indice de fréquence de pesticides IFT de 8), sur des rotations peu diversifiées. Le technicien et l'agriculteur examinent alors ensemble les solutions envisageables : quelles nouvelles cultures sont possibles ? Pour quels débouchés ? Sont-elles compatibles avec le matériel de l'agriculteur ? Avec son organisation du travail ? Sur chacune des cultures, quel mode de conduite et quelle variété adopter pour limiter les risques parasites ? Est-il possible de pratiquer le désherbage mécanique ? Peut-on envisager des associations d'espèces ou de variétés ? Dans la « bibliothèque d'innovations » proposées par le conseiller, l'agriculteur fait son choix, en tenant compte de ses contraintes spécifiques ; il essaie les innovations dans une parcelle, les adapte, les combine, puis les étend à l'ensemble de sa ferme. Six ans après, il a diversifié ses rotations, changé ses variétés et ses modes de culture et réduit son IFT moyen à 3. Le temps de travail est un peu augmenté ; le revenu n'est pas affecté. Le diagnostic peut être réitéré, engageant ainsi une nouvelle boucle d'amélioration.

Quelles leçons retenir d'une telle expérience ? Trois outils de nature différente ont été nécessaires :
 – une batterie d'indicateurs de diagnostic, aisément estimables, et appropriables par les agriculteurs.
 – une bibliothèque d'innovations, renseignée par les avantages et inconvénients de chacune : temps de travail, matériel et compétences nécessaires, impacts attendus sur l'environnement, la production, effets systémiques sur d'autres pratiques...
 – enfin, des groupes d'échanges entre agriculteurs engagés dans des démarches similaires. De tels changements, qui remettent en cause pratiques, savoirs, représentations sociales et organisation, sont extrêmement déstabilisants. Les groupes jouent un rôle essentiel dans l'apprentissage des systèmes innovants, à la fois source d'idées et de démultiplication des expériences et soutien moral face à la prise de risque (Lamine *et al.*, 2009).

Aider de nouvelles filières à émerger pour rediversifier les espèces cultivées

Il est bien sûr possible de promouvoir la diversification des cultures via des réglementations ou la conditionnalité des aides aux exploitations agricoles. Mais cette diversification ne perdurera sur le long terme que si l'action des pouvoirs publics est pérennisée par les mécanismes du marché.

L'enjeu est bien d'aider des filières nouvelles à émerger, à se consolider, à se crédibiliser, alors que le « verrouillage » du système socio-technique ne leur laisse actuellement que peu de chances. Ceci supposera de conduire des actions coordonnées (i) au niveau de l'innovation dans les technologies de transformation, (ii) au niveau de la sélection d'espèces dédiées, et (iii) au niveau de la recherche et développement agronomique. La reprise d'une activité significative de sélection sur les espèces orphelines est indispensable, et la recherche publique aura sans doute un rôle à y jouer.

D'une manière générale, il serait souhaitable que les politiques publiques dans leur ensemble prennent en compte ce besoin de rediversification des cultures : par exemple, le soutien au développement des agro-carburants a, jusqu'ici, essentiellement profité aux espèces qui occupent déjà des surfaces très importantes (blé, colza, en particulier) et a plutôt contribué à accentuer le raccourcissement des rotations. Le développement de production d'énergie à base de lignocellulose (agro-carburants de deuxième génération) pourrait contribuer à la promotion d'espèces de diversification, comme la luzerne ou le sorgho, mais pourrait aussi aboutir, si celle-ci n'est pas anticipée, à la concentration, autour des usines de transformation, de monocultures d'espèces dédiées. A moyen et long terme, il conviendrait aussi de s'interroger sur la possibilité de faire revenir l'élevage dans les régions où il a disparu, ce qui contribuerait à la diversification des cultures, mais aussi au recyclage local des éléments fertilisants.

Soutenir l'innovation en agro-écologie

Comme le soulignent aujourd'hui de nombreux auteurs (par exemple Griffon, 2006 ou Wesel, 2009), le développement durable appelle la conception, à l'interface entre écologie et agronomie, de systèmes de production écologiquement intensifs, mobilisant les régulations écosystémiques au service du processus de production. Cependant, les innovations agro-écologiques étant le plus souvent non marchandes, leur développement (le passé l'a montré) repose surtout sur la recherche publique et sur les organismes de développement délivrant un conseil non marchand. Or, tant dans la recherche que dans le développement agricole, les approches systémiques en agronomie sortent de vingt ans de purgatoire, durant lesquelles le renouvellement des compétences n'a été que partiellement assuré. L'ingénierie biotechnologique a éclipsé l'ingénierie agroécologique (Vanloqueren et Baret, 2009).

La conception de systèmes agro-écologiques devrait mobiliser, de manière coordonnée, organismes de recherche, de développement, acteurs des filières et des territoires, et agriculteurs. Elle concernera simultanément des travaux à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation agricole et du paysage, et s'appuiera sur un nouveau méthodologique profond, mobilisant en particulier la modélisation et la recherche participative, en complément de l'expérimentation classique, chère aux agronomes. Un effort spécifique devra être porté sur des innovations génétiques adaptées aux systèmes agro-écologiques : variétés rustiques, variétés populations, espèces de diversification... L'engagement des entreprises de sélection dans cette voie sera subordonné à leur anticipation des marchés de semences. Une visibilité à long terme des politiques publiques et de leurs conséquences sur le marché des semences est une condition nécessaire à cet engagement.

Reconfigurer les systèmes de conseil aux agriculteurs et favoriser les apprentissages

Le conseil technique est aujourd'hui très analytique : dans les revues techniques agricoles, l'intérêt de chaque choix technique est beaucoup plus souvent mis en avant que la manière de les combiner (Butault *et al.*, 2010). Ce n'est pas illogique : les modalités de la combinaison doivent pouvoir être traitées localement, en fonction des caractéristiques du milieu, de l'appareil de production de l'agriculteur et des débouchés spécifiques des produits. Les travaux des sociologues indiquent qu'un élément essentiel des transitions robustes vers la production intégrée est l'accompagnement des agriculteurs dans leur apprentissage (Lamine *et al.*, 2009). On doit donc passer d'un conseil technique attaché à l'usage des intrants à un accompagnement de la transformation des systèmes de production, mobilisant conjointement savoirs scientifiques et savoirs locaux. Pour cela, trois actions complémentaires peuvent être suggérées :

- développer la place faite à l'auto-évaluation des pratiques et aux approches systémiques dans la formation des futurs agriculteurs et conseillers agricoles ;
- promouvoir le développement d'outils d'évaluation des pratiques agricoles, permettant d'apprécier leurs impacts sur les services écologiques, et ainsi, d'intégrer ces impacts dans les apprentissages ;
- remplacer, dans les réglementations environnementales, l'obligation de résultat par l'obligation de moyens. Pour un agronome, l'obligation de moyens, qui se présente le plus souvent sous la forme de codes de bonnes pratiques agricoles (BPA), constitue en effet un contresens. Et ceci, pour plusieurs raisons : (i) les codes de BPA visent à standardiser les pratiques, contraignant parfois fortement les capacités des agriculteurs à s'adapter à la diversité des sols, des climats et des situations agricoles ; (ii) ils sont codifiés au niveau de la technique agricole élémentaire, alors que les impacts environnementaux dépendent souvent d'interactions entre plusieurs techniques ; (iii) ils sont vécus comme des contraintes : dévalorisant ainsi aux yeux des agriculteurs la protection de l'environnement. Au contraire, l'obligation de résultat, basée sur un indicateur de résultat écologique accessible aux agriculteurs, permet ceux-ci de porter des diagnostics lucides sur leur situation et favorise la mise en œuvre de boucles d'amélioration vertueuses, telles que celle évoquée ci-dessous.

Encourager les dynamiques collectives et les coordinations au niveau des territoires

Alors que la mise en place de systèmes agro-écologiques et, en particulier, de méthodes de lutte contre les bio-agresseurs alternatives aux pesticides nécessite la mise en œuvre d'actions coordonnées à l'échelle territoriale (par exemple, diversité des variétés pour limiter les risques de contournement de résistances génétiques aux pathogènes, mesures prophylactiques au niveau du territoire, mise en place de paysages favorables à la multiplication des auxiliaires de défense des cultures, *etc.*), le conseil technique s'adresse essentiellement aux agriculteurs individuels et promeut peu l'action collective (Butault *et al.*, 2010). La littérature sur l'organisation collective (ComMod, 2005, Pahl-Wostl, 2005) montre que plusieurs conditions doivent être réunies pour que de telles opérations réussissent : (i) un accord sur la nécessité d'agir et sur les contours du collectif concerné ; (ii) une représentation partagée des processus à piloter, qui peut prendre la forme d'un modèle construit par la recherche ou à dire d'expert ; (iii) la mise en place d'un processus de concertation, qui peut s'appuyer sur la construction de scénarios d'action, des jeux de rôle... Sans doute les pouvoirs publics ont-ils un rôle important à jouer pour légitimer un changement de positionnement des agriculteurs et des organismes de conseil vis-à-vis des coordinations territoriales : incitations financières à l'action collective, mise en place d'expériences pilotes, certification de l'action de coordination de certains acteurs territoriaux... De ce dernier point de vue, il semble qu'en grande culture, les entreprises qui associent collecte et vente d'intrants, telles que les coopératives agricoles en France, pourraient jouer un rôle majeur dans l'animation d'une coordination territoriale des pratiques, en particulier pour la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires : elles opèrent en effet généralement sur des territoires clairement définis, de plusieurs milliers de km², et interagissent avec les agriculteurs tant au niveau amont qu'aval : vente d'intrants, conseil, collecte, conseil, contrats, *etc.* Elles vendent des semences aux agriculteurs et pourraient promouvoir les variétés résistantes aux maladies et des mélanges de variétés ou d'espèces. Elles diffusent un conseil très écouté, et, par leur fonction de collecte, pourraient inciter à la diversification.

Conclusion

Dans la situation complexe et largement verrouillée qui vient d'être décrite, il apparaît clair que l'ensemble des acteurs concernés, au premier rang desquels les pouvoirs publics doivent penser et agir de manière systémique. Les séduisantes simplifications du type « un problème, une solution » ou « un objectif de politique publique, un instrument » semblent avoir fait leur temps. Les pouvoirs publics ont un rôle majeur à jouer pour mobiliser l'ensemble des acteurs concernés par les nécessaires mutations de l'agriculture. Différents instruments pourront être employés : instruments économiques classiques (fiscalité, quotas, interdictions, marchés de droits, subventions, *etc.*), mais aussi soutien à l'innovation, aux apprentissages, à l'action collective...

Du point de vue des pouvoirs publics, agir sur des dynamiques économiques et sociales à forte inertie, comme celles du monde agricole, supposera de préparer sans tarder les mutations de 2030, par des actions de formation des agriculteurs, un soutien à l'innovation agro-écologique, ou la réorganisation du conseil... Mais aussi d'envoyer des messages clairs aux acteurs, pour qu'ils engagent les mutations nécessaires, ce qui nécessitera une constance des politiques publiques et une transparence dans l'évolution des réglementations. On peut se demander si, aujourd'hui, l'un des obstacles au développement d'une agriculture durable n'est pas dans le fait que les politiques publiques ne sont pas elles-mêmes suffisamment durables.

Références bibliographiques

- BUTAULT J.P., DEDRYVER C.A., GARY C., GUICHARD L., JACQUET F., MEYNARD J.M., NICOT P., PITRAT M., REAU R., SAUPHANOR B., SAVINI I., VOLAY T., 2010. Ecophyto R&D, Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides. Synthèse du rapport d'étude. INRA, Paris, 90 p., www.inra.fr/content/.../EcophytoRD-Synthese-20janv10-web.pdf
- COLLECTIF COMPANION MODELLING (COMMODO), 2005. La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures, sciences et sociétés*, 13, 2, 165-168.
- COWAN R., GUNBY P., 1996. Sprayed to death: Path dependence, lock-in and pest control. *Economic Journal* 106, 436, 521-543.
- FONDATION NICOLAS HULOT POUR LA NATURE ET L'HOMME, 2009. Première contribution pour une refondation écologique et solidaire de nos sociétés, <http://www.fondation-nicolas-hulot.org/actions/nos-propositions-et-positions/nos-propositions>
- GRIFFON M., 2006. *Nourrir la planète* Odile Jacob, Paris, 456 p.
- LAMINE C., MEYNARD J.M., PERROT N., BELLON S., 2009. Analyse des formes de transition vers des agricultures plus écologiques : les cas de l'agriculture biologique et de la protection intégrée. *Innovations agronomiques*, 4, 483-493.
- MEYNARD J.M., 2010. Réduire les pesticides, c'est possible. *Pour la science*, 388, 16-17.
- MEYNARD J.M., GIRARDIN P., 1991. Produire autrement. *Courrier de la cellule Environnement de L'INRA*, 15, 1-19.
- MISCHLER P., LHEUREUX S., DUMOULIN F., MENU P., SENE O., HOPQUIN J.P., CARIOLE M., 2009. Huit fermes de grande culture engagées en production intégrée réduisent les pesticides sans baisse de marge. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 57, 73-91.
- PAHL-WOSTL C., 2005. Actor based analysis and modelling approaches. *The integrated assessment journal*, 5, 97-118.
- SCHOTT C., MIGNOLET C., BENOIT M., 2009. *Agriculture du bassin de la Seine. Découvrir l'agriculture du bassin de la Seine pour comprendre les enjeux de la gestion de l'eau*. Agence de l'Eau Seine-Normandie, Nanterre, 79 p.: http://www.sisyphes.upmc.fr/piren/webfm_send/820
- VANLOQUEREN G., BARET P., 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research policy*, 38, 971-983.
- WARNER K.D., 2007. Agroecology in action. Extending alternative agriculture through social networks. The MIT Press, Cambridge (USA), London (UK), 291 p.
- WEZEL A., BELLON S., DORÉ T., FRANCIS C., VALLOD D., DAVID C., 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy and Sustainable Development*, 29, 4, 503-515.
- WILSON C., TISDELL C., 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics*, 39, 3, 449-462.

La croissance démographique, frein ou opportunité pour une intensification agricole durable en Afrique subsaharienne ?

Transition agraire et résilience des sociétés rurales¹

Philippe Jouve

Agronome, CNEARC, Montpellier

jouveph@wanadoo.fr

La complexité des situations agricoles dans l'Afrique d'aujourd'hui ne s'accommode pas de jugements simplistes. En ce domaine, la réflexion statistique et économique ne saurait être dissociée d'approches plus compréhensives recourant à l'observation approfondie et à l'intuition.

Philippe Couty, L'agriculture africaine en réserve (*op. cit.*).

La croissance démographique, une influence controversée...

Le bilan que l'on peut faire du développement agricole et rural en Afrique subsaharienne après quarante ans d'indépendance n'est guère positif. L'écart de développement entre cette région et le reste du monde semble se creuser un peu plus chaque année et donner raison aux afro-pessimistes. Les causes d'un tel retard sont nombreuses. Parmi celles qui sont couramment invoquées il y a le poids d'une croissance démographique particulièrement élevée. Déjà en 1962 René Dumont, dans *L'Afrique noire est mal partie*, considérait que la limitation de cette forte croissance démographique était une condition indispensable au développement de l'agriculture africaine. Cependant l'effet de ce facteur sur le développement agricole est loin de donner lieu à une analyse unanimement partagée.

En schématisant quelque peu les positions qu'a suscitées cette question de la croissance démographique, on peut dire qu'elles traduisent une opposition entre deux thèses concernant l'effet de la croissance démographique sur l'évolution de la production agricole.

La première de ces positions, la plus répandue, celle qui de façon le plus souvent inconsciente s'exprime dans les médias, les discours des responsables politiques et même dans les écrits des scientifiques, fait nettement référence à la thèse de Malthus. Suivant cette thèse, exposée dans son *Essai sur le principe de population* (1798), l'augmentation de la population rurale entraîne un accroissement de la pression sur les ressources et, en particulier, sur la terre dont la fertilité baisse à son tour. Cela génère une diminution des rendements des cultures et donc une baisse de la production

1. Cet article est une version mise à jour d'un article paru dans le Courrier n°52, septembre 2004.

agricole disponible provoquant à terme des famines qui, d'une certaine façon, rétablissent l'équilibre entre la population et les capacités productives des espaces considérés.

Dans la version moderne de cette thèse adoptée par les néo-malthusiens, c'est l'exode qui remplace la famine lorsque intervient un trop grand déséquilibre entre la capacité productive d'un milieu et les besoins des populations qui y vivent.

À ce point de vue s'oppose la thèse d'Ester Boserup. Dans son ouvrage *The conditions of agricultural growth* (1965), celle-ci prend l'exact contre-pied de la thèse de Malthus en considérant que dans les pays non industrialisés (cette précision, comme on le verra par la suite, est d'importance bien que souvent occultée par ses détracteurs), l'augmentation de la population rurale est un facteur favorable à l'intensification agricole et que, dans ces conditions, il est illusoire de s'attendre à une intensification de la production agricole si la densité de population est faible.

Une observation attentive des situations agraires en Afrique subsaharienne montre que certaines de ces situations connaissent effectivement une évolution de type malthusien tandis que d'autres relèvent incontestablement d'une logique boserupienne.

Ainsi l'évolution de l'état des ressources naturelles au Yatenga (Burkina Faso) sous l'effet de l'augmentation de la pression foncière, décrite par Marchal (1983), ou celle du pays Serer au Sénégal, que rapporte Lericollais (1970), confirment de façon assez manifeste une dynamique de type malthusien et l'on pourrait citer bien d'autres exemples sur le continent africain qui montrent que l'accroissement de la pression foncière s'est traduit par une surexploitation du milieu et une dégradation de l'environnement mettant en péril la durabilité de l'agriculture.

Mais à côté de ces situations on trouve aussi des régions où la forte densité de population n'a pas entraîné cette dégradation de l'environnement mais a, au contraire, favorisé une intensification de l'agriculture et une gestion durable des capacités productives du milieu. Parmi ces régions, on peut citer le pays Bamiléké, au sud-ouest du Cameroun, où certains « quartiers » dont la densité de population avoisine les 1 000 habitants par km² arrivent à produire des surplus pour alimenter les villes de Douala ou de Yaoundé. Un autre exemple particulièrement démonstratif d'une évolution de type boserupien est le district de Machakos au Kenya, où la croissance de la population au cours de plusieurs décennies s'est accompagnée d'une incontestable intensification agricole et d'une amélioration de la gestion des ressources du milieu, que rapportent Mary Tiffen, Michael Mortimore et F. Gichuki dans leur livre au titre très explicite : *More people, less erosion*.

On se trouve donc là en présence d'une contradiction particulièrement importante à résoudre si l'on veut tenter d'évaluer l'impact de la croissance démographique sur le développement agricole et rural. Mais pour cela, il nous paraît nécessaire de clarifier au préalable la signification donnée à un certain nombre de termes tels qu'intensification et productivité, et à mieux comprendre les dynamiques agraires résultant de l'accroissement de la pression foncière.

Les différentes voies de l'intensification et ses relations avec la productivité

L'intensification agricole est une notion qui donne lieu à différentes définitions, ce qui peut générer des interprétations particulières. Pour notre part, nous nous conformerons à la définition adoptée en économie rurale qui définit l'intensification agricole comme un investissement en travail et/ou en capital par unité de surface cultivée.

À partir de cette définition, il est possible d'identifier deux voies d'intensification. Celle-ci peut d'abord résulter d'un surcroît de travail investi par surface cultivée ; c'est précisément ce mode d'intensification que l'on observe au pays Bamiléké et qui a permis de nourrir de très fortes densités de population en Asie du Sud-Est. C'est le principal mode d'intensification des pays non industrialisés et cela vient confirmer la thèse de Boserup qui, comme toutes les grandes thèses, démontrent

l'évidence... une fois qu'elles ont été formulées. En effet, dans ces pays qui correspondent pour l'essentiel aux pays les moins développés, le recours au capital est très limité, l'intensification ne pourra se faire que si la densité de population est suffisamment élevée pour fournir la force de travail qu'exige cette intensification. Mais face à un problème aussi complexe que le développement agricole, il faut se garder de tout déterminisme simpliste ; si la densité de population est une condition nécessaire à l'intensification dans les pays non industrialisés, elle n'en est pas pour autant une condition suffisante, ce qui nous conduira par la suite à examiner les autres conditions de l'intensification agricole.

L'autre voie de l'intensification agricole passe par l'investissement en capital c'est-à-dire l'acquisition de matériels, la construction de bâtiments, l'utilisation d'intrants ou la réalisation d'aménagements. C'est la voie suivie par l'agriculture de pays industrialisés comme la France depuis la Seconde Guerre mondiale au point que, désormais, l'installation en agriculture y devient extrêmement difficile pour celui qui ne dispose pas d'un capital de départ conséquent.

Entre ces deux voies, on peut trouver tous les intermédiaires, notamment dans les pays qualifiés d'émergents où l'on observe une modernisation de l'agriculture, comme c'est le cas au Maroc ou en Tunisie. Dans ces pays, cette modernisation s'accompagne d'une substitution progressive du travail par le capital.

L'intensification agricole, quelle que soit la voie adoptée, est donc avant tout un processus.

La productivité, quant à elle, est, suivant l'expression de Legay (1986), un terme orphelin dans la mesure où il n'a de signification que s'il est qualifié. Ainsi, en agriculture, il convient de distinguer la productivité de la terre de celle du travail ; suivant la rareté et le caractère stratégique de chacun de ces facteurs les agriculteurs viseront à valoriser une productivité plutôt que l'autre.

Généralement, l'intensification agricole s'accompagne d'une augmentation de la productivité de la terre, c'est-à-dire du rendement des cultures. C'est cette augmentation qui permet de rentabiliser les investissements nécessités par l'intensification et qui assure la durabilité du processus. C'est aussi cette relation de dépendance qui fait souvent confondre le processus avec son résultat.

En revanche, l'intensification agricole ne se traduit pas forcément par un accroissement de la productivité du travail. Si la substitution du travail par le capital qui s'est produite dans les pays industrialisés a entraîné une formidable augmentation de la productivité du travail qui permet à moins de 5% des actifs de nourrir le reste de la population et même d'exporter des produits agricoles, à l'inverse, dans l'intensification par le travail on observe généralement, comme on le verra par la suite, une diminution de la productivité du travail, ce qui pénalise les pays en développement dans la compétition internationale à laquelle les contraint la libéralisation économique.

Dynamiques agraires et densité de population

L'augmentation de la densité de population entraîne une modification des modes d'exploitation agricole pratiqués par les sociétés rurales. En zone tropicale, plusieurs auteurs se sont efforcés de rendre compte et de formaliser cette évolution agraire. Ainsi Ester Boserup, dans son analyse des dynamiques agraires en fonction de l'accroissement de la pression foncière, identifie différents stades de cette évolution en fonction notamment de la durée de la jachère. Ces stades vont de la culture itinérante sur brûlis à des systèmes de culture irriguée pouvant comprendre plusieurs cycles culturels durant la même année. C'est sur la base de ce schéma général d'évolution que l'historien Hopkins a identifié sept modes de culture en Afrique de l'Ouest. De même Ruthenberg a établi son fameux indice d'intensité agricole à partir de l'importance relative de la jachère par rapport au temps de culture (cet indice qui va de 0 à 100, correspond au pourcentage de surface cultivée par rapport à la surface totale nécessitée par le système, c'est-à-dire surface cultivée plus jachère).



Photo 1. Culture sur brûlis en Guinée. © Philippe Jouve.

Dans ce schéma d'évolution, le premier stade d'évolution considéré est le système d'abattis brûlis. Ce stade est-il historiquement le premier à avoir été adopté par les agriculteurs ? On en discute, certains considérant que dans des situations d'insécurité dues aux animaux sauvages ou aux conflits inter-ethniques, la culture pouvait être fixée et relativement intensive.

Toujours est-il que le système d'abattis-brûlis (photo 1) est un système très ancien qui a été pratiqué dans la plupart des zones intertropicales et qui reste pratiqué dans un grand nombre de régions, de Kalimantan à l'Amazonie en passant par le sud-est du Cameroun ou la Guinée forestière. C'est celui que l'on trouve dans les zones de front pionnier, ce qui atteste de son caractère de système initial dans l'exploitation des terres de forêt.

Ce système peut se définir par un temps de culture court, alternant avec un temps de jachère long permettant la reconstitution d'un couvert arboré. Jusqu'à une date récente, le fonctionnement de ce système a été mal compris et sa pratique continue à être sévèrement jugée. En effet, on a considéré pendant longtemps que ce qui conduisait les agriculteurs à abandonner leurs champs après 2 à 3 ans de culture pour aller en défricher un autre était la baisse de fertilité minérale et organique de leur parcelle. Or les travaux de chercheurs comme Moreau (1993) en Côte d'Ivoire ont montré que l'accumulation d'éléments fertilisants et la réduction de l'acidité du sol consécutives au brûlis de la biomasse accumulée dans la couverture arborée durant la jachère longue permettaient un temps de culture plus long que celui habituellement adopté par les agriculteurs dans les systèmes fonctionnant sans contraintes foncières. Dans ces conditions, ce qui conduit les agriculteurs à abandonner leur parcelle c'est d'abord l'envahissement par les mauvaises herbes (de Rouw, 1991).

La jachère longue arborée entraîne l'extinction de ces mauvaises herbes si bien qu'après la défriche, la culture peut être pratiquée sans désherbage, ce qu'atteste l'absence d'outils de sarclage dans les

systèmes de défriche brûlis originels ; dans ces systèmes les seuls outils sont la hache, le feu et le bâton à fouir.

Si l'on considère maintenant les performances de tels systèmes, on constate que le rendement des cultures est généralement assez satisfaisant. Ainsi en riz pluvial après défriche, on peut obtenir des rendements de 2 tonnes par hectare. Mais si l'on rapporte cette production à l'ensemble des terres nécessaires au bon fonctionnement du système c'est-à-dire en y incluant celles laissées en jachère, la productivité par hectare devient alors nettement plus médiocre, de l'ordre de 0,2 t/ha.

En revanche, quand on évalue le temps de travail nécessité par ces systèmes on s'aperçoit que la productivité du travail est plutôt bonne. On a donc affaire à un système extensif assurant une bonne productivité du travail. C'est sur la base de ce constat que l'on peut mieux apprécier la rationalité de cette pratique du point de vue des agriculteurs. Dans les conditions générales de la culture itinérante sur brûlis où la densité de population est faible, leur objectif est de valoriser le facteur de production le plus rare et donc le plus stratégique. Ce facteur ici est le travail et l'on comprend alors mieux pourquoi les agriculteurs abandonnent leurs champs dès que la nécessité du sarclage et la diminution des rendements entraînent une baisse de la productivité de leur travail. On comprend aussi leur réticence à fixer leur culture, objectif récurrent de la plupart des projets et services de l'agriculture.

Si la rationalité agronomique et économique de tels systèmes commence à être mieux comprise, il n'en est pas de même de leur impact écologique. En effet, ces systèmes sont jugés responsables de la destruction de la forêt tropicale. Or dans le système originel, la jachère longue permet la reconstitution d'un couvert arboré qui certes n'est pas la forêt primaire mais qui garantit la reproduction et la durabilité de ce mode d'exploitation du milieu. La preuve en est qu'il a permis, dans un certain nombre de régions tropicales, la pratique de l'agriculture depuis fort longtemps, parfois depuis le néolithique. En revanche, les critiques que l'on peut faire à l'abattis-brûlis du point de vue de l'environnement sont tout à fait justifiées lorsque ce système évolue et se dégrade ou lorsque, comme en Amazonie, il n'est utilisé que comme une étape vers la substitution la plus rapide possible de la forêt par le pâturage.

En effet, la plupart des avantages que présente ce système disparaissent dès que la pression foncière conduit les agriculteurs à allonger leur temps de culture et à raccourcir la durée de la jachère. Cette situation intervient lorsque l'indice d'intensité agricole de Ruthenberg est supérieur à 20, ce qui correspond approximativement en Afrique tropicale à une densité de population supérieure à 20 habitants par kilomètre carré (Jouve, 2001).

Une fois ce seuil franchi, la durée de la jachère est trop courte pour produire une biomasse suffisante pour restaurer la fertilité du sol et surtout pour entraîner l'extinction des mauvaises herbes. Il en résulte une diminution de la productivité de la terre et du travail ainsi qu'une dégradation progressive du milieu. En particulier, l'allongement du temps de culture, en affectant les possibilités d'un recru forestier, provoque un changement écologique fondamental, la savanisation ; à la jachère arborée originelle se substitue une jachère herbeuse qui est loin de présenter les mêmes avantages qu'un recru forestier.

Ainsi on peut considérer qu'en Afrique tropicale, un des plus grands défis auquel sont confrontés les agronomes est de trouver des alternatives à la défriche-brûlis lorsque celle-ci ne peut plus fonctionner normalement du fait de l'accroissement de la pression foncière.

Avec cet accroissement, on assiste à une transformation des systèmes de culture, mais cette évolution, comme on l'a vu précédemment, peut se faire suivant une logique boserupienne, c'est-à-dire par une intensification agricole progressive accompagnée d'une gestion durable des ressources ou au contraire suivant une logique malthusienne aboutissant à une dégradation des capacités productives du milieu. On a vu également que ces deux scénarios peuvent s'observer sur le terrain, ce qui conduit à se poser les questions suivantes : comment concilier ces deux points de vue opposés concernant les dynamiques agraires à l'œuvre en Afrique subsaharienne et comment passer d'une dynamique régressive à une intensification de l'agriculture qui soit durable à la fois sur le plan agro-écologique et socioéconomique ?

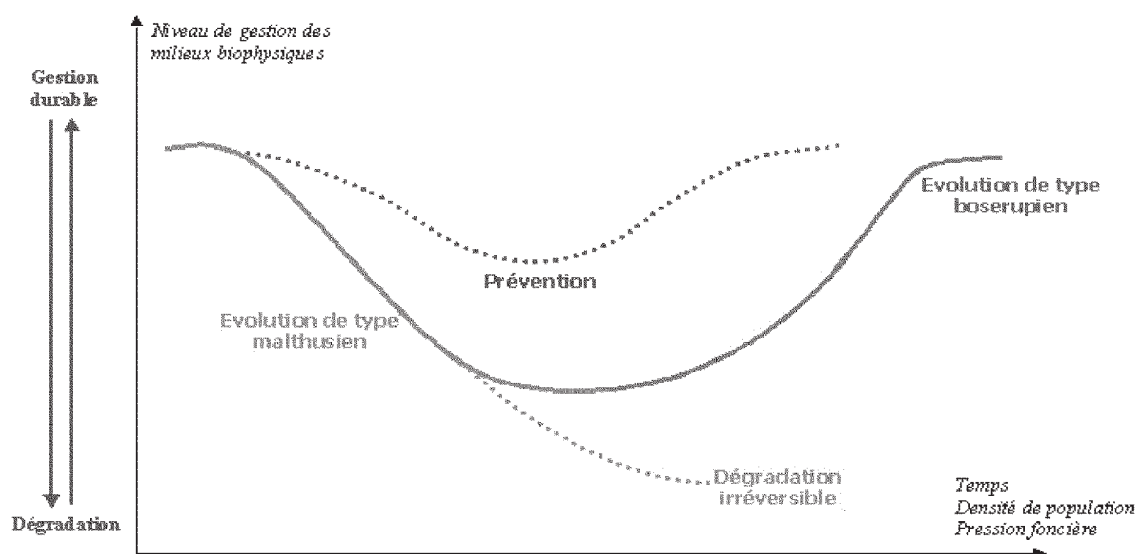


Figure 1. Schéma de transition agraire (résilience des sociétés rurales).

Transition agraire et résilience des sociétés rurales

Au cours du XX^e siècle, les pays du Sud et plus particulièrement les pays d'Afrique subsaharienne auront connu une croissance démographique unique dans leur histoire puisque la plupart d'entre eux auront vu leur population être multipliée par près de dix. Une telle croissance a profondément modifié les conditions d'exploitation agricole des milieux. C'est ainsi que la jachère qui, comme on l'a vu précédemment, était le principal moyen d'entretien de la fertilité des sols s'est progressivement réduite au point de pratiquement disparaître dans un certain nombre de terroirs africains. Or ce changement dans le rapport entre population et espace cultivable s'est fait dans un laps de temps trop court pour que les populations rurales concernées puissent adapter leurs systèmes de culture à ces nouvelles conditions de production. De ce fait elles ont conservé des modes d'exploitation devenus obsolètes qui ont entraîné une dégradation progressive de leur environnement. C'est dans ce type de situation que l'on a pu observer des évolutions agraires de type malthusien avec une baisse progressive des rendements des cultures, faute d'un entretien satisfaisant de la fertilité des sols et une pression accrue sur les ressources naturelles compromettant leur reproduction.

Mais comme le pire n'est jamais certain, on a également observé dans un certain nombre de situations une réaction des sociétés rurales en vue de modifier leurs modes d'exploitation du milieu afin de lutter contre sa dégradation et régénérer ses capacités productives.

Pour illustrer ce changement de comportement, nous prendrons deux exemples en Afrique sahélo-soudanienne.

Le premier nous est fourni par la pratique du *zai* que les Mossi du Yatenga ont exhumé de leur patrimoine technique pour lutter contre la dégradation de leurs sols afin d'en régénérer la fertilité. Le *zai* consiste à creuser de petites cuvettes sur les parcelles dégradées (*zipellé*) afin de régénérer la structure du sol, réduire le ruissellement et favoriser l'infiltration de l'eau (photo 2).

Ensuite un peu de matière organique est placée dans ces cuvettes régulièrement espacées, avant d'y pratiquer un semis en poquet de mil ou de sorgho (Rose *et al.*, 1995). Cette pratique améliore très sensiblement la productivité des cultures mais elle est exigeante en travail ce qui explique le caractère ponctuel de cette régénération. En dépit de son coût en main d'œuvre cette pratique s'est ensuite très rapidement diffusée dans d'autres régions du Sahel confrontés au même problème de dégradation des terres consécutifs à un accroissement important de la pression foncière.

L'autre exemple a été observé au Niger, dans la région de Maradi. Là aussi, par suite d'une augmentation rapide de la population rurale, on a assisté à une extension des terres de culture au détriment des terres de parcours et des brousses périphériques. Cette extension s'est accompagnée d'une diminution importante des ressources arborées qui a fortement affecté le fonctionnement des agroécosystèmes villageois. Face à cette situation, les agriculteurs de ces villages ont changé leurs pratiques concernant la gestion de la ressource arborée. D'une exploitation minière de cette ressource, ils sont passés à une gestion conservatrice de cette même ressource en protégeant les rejets des arbres poussant dans leurs champs. Cette pratique appelée aussi défrichement amélioré ou régénération naturelle assistée (RNA) (photo 3) a permis la revégétalisation de nombreux territoires villageois au Niger mais également dans d'autres pays de la région où, comme le *zai*, elle s'est rapidement diffusée (Joët *et al.*, 1998).



Photo 2 (ci-dessus). Sorgho cultivé suivant la technique du *zai*. © Philippe Jouve.

Photo 3 (ci-dessous). La régénération naturelle assistée ou RNA. © Philippe Jouve.



C'est ce passage d'une logique malthusienne à une logique booserupienne que nous qualifierons de transition agraire (fig. 1). Il peut intervenir à des stades de dégradation plus ou moins avancés ou même ne pas intervenir du tout lorsque cette dégradation est devenue irréversible ce qui heureusement est assez exceptionnel. Cette faculté de réaction que manifestent certaines sociétés rurales face à la dégradation de leur environnement s'apparente au phénomène de résilience que les psychologues ont emprunté à la physique des matériaux pour décrire la capacité de certains individus à surmonter les épreuves auxquelles ils sont confrontés.

C'est aussi un phénomène comparable à la capacité de régénération que manifestent certains milieux biophysiques dégradés. De même que l'on parle, dans ce cas, de résilience écologique, on peut parler de résilience sociétale quand une société rurale trouve en elle-même les ressources nécessaires pour régénérer son environnement dégradé. L'évolution récente du Yatenga au Burkina Faso est très significative à cet égard (Kaboré, 2005).

Stratégies pour hâter la transition agraire et favoriser l'intensification agricole

Si l'on veut bien admettre que le développement de l'agriculture en Afrique subsaharienne nécessite de passer d'une logique malthusienne, caractérisée par une exploitation minière des ressources naturelles et une dégradation de l'environnement à une logique booserupienne de gestion durable de ces ressources et d'intensification de l'agriculture, les stratégies de développement doivent viser à hâter la transition agraire entre ces deux logiques.

Les exemples que nous avons cités précédemment pour illustrer la notion de transition agraire montrent qu'une première voie pour hâter cette transition consiste à valoriser les savoirs et savoir-faire paysans de façon à mobiliser les capacités endogènes des sociétés rurales pour lutter contre la dégradation de leur environnement. Mais pour intéressante que soit cette voie elle ne nous paraît pas suffisante pour faire face à l'immense défi que représente la transformation de l'agriculture subsaharienne en une agriculture qui soit productive et durable. Pour définir les stratégies à mettre en œuvre pour atteindre un tel objectif il importe également de mobiliser les connaissances acquises concernant la gestion durable des écosystèmes cultivés en zone tropicale et celles concernant les conditions de l'intensification agricole.

La première condition pour assurer la durabilité de ces écosystèmes est d'ordre agroécologique. Avec la réduction voire la disparition de la jachère, il importe de trouver d'autres moyens pour assurer l'entretien de la fertilité des sols. Ces moyens sont connus, il s'agit de l'association agriculture-élevage permettant des transferts de fertilité des terres de parcours vers les terres de culture mais également le recyclage et la valorisation des résidus de récolte, à l'instar du compost ; l'association des arbres et des cultures, c'est-à-dire l'agroforesterie permettant des transferts verticaux de fertilité ; l'introduction des légumineuses dans les successions et associations culturales pour améliorer le statut azoté des sols ; enfin, quand les autres moyens sont insuffisants pour compenser les exportations d'éléments minéraux par les cultures, l'apport d'engrais ou d'amendements extérieurs au système. Mais la mise en œuvre de ces moyens n'est pas indépendante des conditions économiques dans lesquelles se trouvent les agriculteurs, comme on le verra par la suite.

Une autre condition de la durabilité agroécologique des systèmes de culture en zones tropicales est la protection des sols de la dégradation physique et le maintien d'un taux suffisant de matière organique. En effet, on sait que la mise en culture des sols dans ces zones entraîne une baisse de ce taux qui, si elle n'est pas limitée, est à l'origine du cercle vicieux de la dégradation des sols (Jouve, 2002). Sur le plan théorique on commence à connaître les moyens d'enrayer ces formes de dégradation et d'amorcer un cycle vertueux de gestion des sols ; ces moyens en zone tropicale humide sont basés essentiellement sur la couverture du sol qui peut être assurée de différentes façons et en particulier par l'association de cultures.

Mais le développement d'une agriculture durable qui satisfasse aux besoins d'une population en forte croissance nécessite non seulement une protection de la capacité productive des terres mais également une intensification de la production. En effet comme les disponibilités en terre de l'Afrique subsaharienne, tout en étant importantes, ne sont pas illimitées, il importe d'accroître la productivité de la terre si les pays de la région veulent assurer leur sécurité alimentaire. Mais cette intensification doit aussi s'accompagner d'un accroissement de la productivité du travail.

Quand la majeure partie de la population africaine était rurale, un actif agricole n'avait à nourrir que deux à trois personnes, ce qui était possible en agriculture manuelle. Mais l'augmentation globale de cette population s'est accompagnée d'un accroissement important de la population urbaine par rapport à la population rurale. Pour que celle-ci puisse satisfaire les besoins alimentaires de la population des villes il faut que les agriculteurs améliorent la productivité de leur travail. Cela passe nécessairement par le recours, dans un premier temps, à la traction animale là où elle est possible puis, ensuite, à la traction mécanique. Ainsi il apparaît que la transition agraire à favoriser ne consiste pas simplement à passer d'une logique malthusienne à une logique boserupienne mais nécessite aussi de passer d'une intensification fondée essentiellement sur le travail à une intensification par l'investissement dans des moyens de production qui accroissent la productivité de ce travail.

Notons aussi, au passage, que le poids grandissant du marché intérieur change considérablement les perspectives de développement de l'agriculture des pays africains dont le sort pendant longtemps a été lié à des produits d'exportation sur le prix desquels ils avaient peu de maîtrise.

Cette réflexion sur l'intensification de l'agriculture africaine nécessiterait d'examiner de façon plus approfondie les facteurs autres que la croissance démographique qui la conditionnent.

Nous nous limiterons ici à rappeler l'antagonisme qui existe entre l'intensification et le risque. Celui-ci peut être de différentes natures : climatique, ce qui explique l'extensification progressive des systèmes de production lorsque l'aridité s'accroît ; phytosanitaire lorsqu'une maladie, une mauvaise herbe ou un ravageur menacent la production ; enfin économique quand les conditions de rémunération du travail et des investissements des agriculteurs sont incertaines et insuffisamment assurées. À l'inverse, quand ceux-ci peuvent bénéficier de prix et de débouchés garantis comme ce fut le cas pour la production cotonnière, ils sont capables d'intensifier leur système de production avec une efficacité assez comparable à celle des agriculteurs européens lorsque la PAC (Politique agricole commune) leur assurait des prix et débouchés garantis.

Aussi peut-on s'interroger sur le bien-fondé des politiques de libéralisation qui ont été imposées aux États africains. En effet ces politiques, en renchérissant le coût des intrants, en diminuant les prix des productions et en accroissant leur fluctuation, réduisent les revenus des agriculteurs et leurs possibilités d'investissement et, en définitive, diminuent leur capacité et leur propension à l'intensification ; par ailleurs, la baisse des revenus des agriculteurs et l'accroissement de la pauvreté dans les campagnes ne peuvent que renforcer les pratiques d'exploitation minière des ressources naturelles et rendre plus difficile l'émergence d'une agriculture productive et durable au Sud.

Références bibliographiques

- | | |
|--|---|
| <p>BERGERET P., DJOUKENG V., 1993. Évaluation économique des systèmes de culture en pays Bamiléké (Ouest Cameroun). <i>Cahiers Agricultures</i>, 2, 187-196.</p> <p>BOSERUP E., 1970. <i>Évolution agraire et pression démographique</i>. Flammarion, Paris, 224 p.</p> <p>COUTY P., 1991. L'agriculture africaine en réserve. Réflexions sur l'innovation et l'intensification agricoles en Afrique tropicale. <i>Cahiers d'études africaines</i>, 66-81.</p> | <p>DE ROUW A., 1991. Influence du raccourcissement de la jachère sur l'enherbement et la conduite des systèmes de culture en zone forestière. Atelier <i>La jachère en Afrique de l'Ouest</i>, 3-5 décembre 1991, ORSTOM, Montpellier.</p> <p>DOUNIAS I., JOUVE P., 2002. Les systèmes de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales. <i>Études et travaux du CNEARC</i>, 19.</p> <p>HOPKINS A.G. 1973. <i>An economic history of West Africa</i>. Longman, London, 267 p.</p> |
|--|---|

- JOET A., JOUVE P., BANOIN M., 1998. Le défrichement amélioré au Sahel. Une pratique agroforestière adoptée par les paysans. *Bois et forêts des tropiques*, 255, 31-43.
- JOUVE P., 2000. Dynamiques agraires et développement rural. Pour une analyse en termes de transition agraire. In : P. Jouve, Cassé M.C., Dynamiques agraires et construction sociale du territoire. *Études et travaux du CNEARC*, 18, 23-28.
- JOUVE P., 2001. Jachères et systèmes agraires en Afrique subsaharienne. In: Floret C., Pontanier R., *La jachère en Afrique tropicale*. John Libbey Eurotext, Paris, 1-20.
- JOUVE P., 2002. La lutte contre la désertification en zone de culture pluviale, In: Jouve P., Corbier-Barthaux C., Cornet A. (Coords.), *Lutte contre la désertification dans les projets de développement*. CSFD, Montpellier, AFD, Paris, 25-39.
- KABORÉ W.T.T., 2005. *Usage des fumures organiques dans les systèmes de culture et viabilité des agro-systèmes en zone soudano-sahélienne : cas du zai à Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso)*. Mastère spécialisé en développement agricole tropical. IRC SupAgro, Montpellier, 109 p.
- LERICOLLAIS A., 1970. La détérioration d'un terroir : Sob, en pays Serer (Sénégal). *Études rurales*, 37-38-39, 86-112.
- MALTHUS T., 1798. *An essay on the principle of population*. Printed for J. Johnson in St. Paul's Churchyard, London.
- MARCHAL J.Y., 1983. *Yatenga, nord Haute-Volta : la dynamique d'un espace rural soudano-sahélien*. Éditions de l'ORSTOM, 849 p.
- MOREAU R., 1993. Influence de la mise en culture et de la jachère forestière sur l'évolution des sols forestiers tropicaux. In : Anonyme, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Éditions de l'ORSTOM, 245-256 p.
- ROSE E., KABORE V., GUENAT C., 1995. Le zai, une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées de la région soudano-sahélienne. In : Pontanier R., *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* John Libbey Eurotext. Paris, 249-265.
- RUTHENBERG H., 1980. *Farming systems in the tropics*. Oxford University Press, 424 p.
- TIFFEN M., MORTIMORE M., GICHUKI F., 1994. *More people, less erosion. Environmental recovery in Kenya*. Wiley & Sons, Chichester, England, 311 p.

Dynamiques agraires et croissance démographique au Burundi : l'agroécologie avant la lettre¹

Hubert Cochet²

Professeur d'agriculture comparée, AgroParisTech

hubert.cochet@agroparistech.fr

Le Burundi est un petit pays de 27 000 km², peuplé de 8 millions d'habitants, dans un milieu globalement montagnard, situé entre 1 000 et 2 000 mètres d'altitude. L'image que l'on peut donner du Burundi, comme du Rwanda voisin, est celle de campagnes densément peuplées (200 habitants au km² en 1990, près de 300 aujourd'hui), cette densité représentant une densité rurale, dans la mesure où les villes sont de taille modeste dans ces deux pays. L'habitat est dispersé, avec de toutes petites unités de production agricoles, d'une taille moyenne inférieure à un hectare. Exclusivement manuelle et largement tournée vers les productions vivrières, l'agriculture de ce pays pourrait suggérer, à un observateur non averti, l'image d'une agriculture « traditionnelle » directement héritière du passé.

Pourtant, l'histoire agraire de ce petit pays de l'Afrique des Grands Lacs est exceptionnellement riche d'enseignements pour qui s'interroge sur l'avenir de l'agriculture et de l'alimentation de cette région du Monde et, bien au-delà, de l'alimentation de l'humanité toute entière.

L'approche diachronique de l'histoire agraire de ce pays révèle en effet qu'il a connu deux révolutions agricoles majeures qui ont tour à tour transformé profondément cette agriculture, non pas en faisant largement appel à l'énergie fossile et aux moyens de production d'origine industrielle à la manière des pays du Nord, mais en s'appuyant presque exclusivement sur les mécanismes biologiques et l'ingéniosité humaine. Bien avant la lettre, les paysans burundais ont inventé l'agroécologie et fait de la gestion de la biomasse l'enjeu majeur tant des systèmes de production mis en œuvre que des relations sociales nouées entre les acteurs.



Figure 1. Le Burundi.

1. Cet article fut d'abord édité sous la forme d'un chapitre dans l'ouvrage de B. Wolfer (Dir.), *Agricultures et paysanneries du monde. Mondes en mouvement, politiques en transition*, 348 pages, paru aux éditions Quae. Nous le publions ici avec l'aimable autorisation de l'éditeur © Quae, 2010.

2. Professeur d'agriculture comparée à AgroParisTech, H. Cochet a travaillé pendant dix ans sur le Burundi, où il a séjourné de 1990 à 1993. Il est l'auteur du livre *Crises et révolutions agricoles au Burundi*, Éd. Karthala, 2001. Cet ouvrage a obtenu le Prix Tropique décerné par l'Agence française de développement en février 2002.

C'est ainsi que le Burundi a conquis son indépendance alimentaire à la fin des années quarante, autonomie alimentaire qui lui a permis de faire face à la croissance démographique de la deuxième moitié du XX^e siècle qu'il aurait peut-être conservée s'il n'avait pas été plongé dans la guerre civile en 1993.

Obstacles épistémologiques

Lorsque je suis arrivé au Burundi, j'ai été immédiatement pris par une sorte de malaise, malaise lié à la question suivante : à l'époque, lorsque l'on mettait les pieds dans ce pays, il fallait nécessairement adopter deux points d'entrée, sorte de passage obligé. D'une part la variable ethnique, la distinction entre Hutu (groupe supposé d'origine agricole) et Tutsi (groupe supposé spécialisé dans les activités pastorales) étant censée éclairer bien des choses en matière d'agriculture ; d'autre part la « pression » démographique qui aurait été, pour les uns, néomalthusiens, la source de tous les maux, et pour les autres, davantage inspirés par les thèses de Boserup³, le moteur du changement. Il n'y a pas beaucoup de régions au monde où les partisans de ces thèses dites « opposées » se sont davantage affrontés, en particulier sur le domaine agricole.

Au début de cette recherche, fallait-il se laisser couler dans ce moule et aborder la question de l'agriculture burundaise au travers de ces prismes considérés comme incontournables ? J'ai, à l'époque, pris la décision de répondre par la négative. Je n'avais pas beaucoup d'arguments pour justifier ce choix mais une sorte d'intuition m'a conduit à m'en éloigner. J'ai donc évacué ces deux entrées. Chemin faisant, ces deux « clefs d'interprétation » se sont révélées au contraire des obstacles épistémologiques, au sens plein du terme. Le choix que j'avais fait de ne pas emprunter ce chemin s'est révélé valide et a permis de formuler de nouvelles hypothèses et de renouveler ainsi l'approche de l'agriculture de cette région du monde.

En évacuant ces questions-là, je me suis attiré un certain nombre d'inimitiés dans la communauté des chercheurs et des experts travaillant sur ces régions-là. Il m'a fallu travailler de manière un peu solitaire, essentiellement avec les étudiants de la faculté d'économie du Burundi et avec les agriculteurs eux-même, pour essayer de revenir à l'observation des faits, parler avec les gens et attacher une très grande importance à l'histoire agraire, puisque c'est au nom de cette histoire que les idéologies les plus dévastatrices ont été construites, puis renouvelées et amplifiées ces dernières années.

L'objet était donc d'essayer de comprendre le développement agricole de ce pays, conçu comme un processus de longue durée (il y a deux mille années d'histoire agraire dans ce pays) et de tenter de reconstituer ce qui s'était passé, de rassembler les faits, de les interpréter et de donner peut-être une lecture différente aux crises qui se sont succédées dans ce pays ; chaque crise donnant lieu à une transformation complète du système agraire.

C'est le résultat de cette recherche que je vais essayer de présenter ici. Sans m'attarder sur les aspects méthodologiques et sur les concepts utilisés, j'insisterai surtout sur ce que l'on peut retenir de cette dynamique agraire pour revenir en conclusion sur ces deux obstacles épistémologiques contournés au départ.

L'ancienneté de l'histoire agraire de cette région du monde

On a maintenant la quasi-certitude que l'association agriculture-élevage a déjà deux mille ans dans cette région du monde⁴. Cela a l'air anodin, mais si l'on regarde les conflits politico-ethniques de

3. Boserup E., 1965. *The conditions of agricultural growth. The economics of agriculture under population pressure*, 128 p., George Allen and Unwin, London.

4. Voir : Schoenbrun D.L., 1990. *Early history in Eastern Africa' Great Lakes region: linguistic, ecological, and archaeological approaches ca. 500 B.C. to ca. 1000*, Los Angeles, USA. Voir aussi : Van Grunderbeek M.C., Roche E., 2007. Multidisciplinary evidence of mixed farming during the early iron age in Rwanda and Burundi, in Denham T., Iriarte J., Vrydaghs L. (Eds.), 2007: *Rethinking agriculture, archaeological and ethnoarchaeological perspectives*, *One World Archaeology*, 51, Left Coast Press Inc., Walnut Creek, California, p. 299-319.

ces dernières décennies, parfois encore « expliqués » en invoquant la soumission historique des Hutu, considérés comme un groupe d'agriculteurs autochtones, par un groupe de pasteurs allochtones, les Tutsi, découvrir que l'association agriculture-élevage date de deux mille ans dans cette région me semble important.

Un système agro-pastoral se met donc en place, il y a mille cinq cents ou deux mille ans. Les activités agricoles sont basées sur la céréaliculture à base de sorgho et d'éleusine⁵, une culture continue impliquant donc, non pas des systèmes sur abattis-brûlis à longue révolution, mais des systèmes à labours, avec travail du sol et successions culturales de courte durée. Se met en place conjointement un élevage sédentaire, à la fois producteur de lait (partiellement transformé en beurre), de viande, et pourvoyeur de déjections animales minutieusement collectées pour fertiliser les terres de culture, une véritable association agriculture-élevage. Ces activités sédentaires d'agriculture et d'élevage sont pratiquées par des gens parlant le même langage, vivant sur les mêmes collines, dans des habitats positionnés au sommet de ces collines.

Vers le XVIII^e siècle, se passe au Burundi comme au Rwanda ce que j'ai appelé une « révolution agricole », c'est-à-dire un ensemble de transformations tout à fait considérables de l'agriculture, des rapports sociaux et de la société dans son ensemble.

Une révolution agricole méconnue a bouleversé le système agraire au XVIII^e siècle

La généralisation des plantes d'origine américaine et la mise en place d'un nouveau calendrier de travail.

Le maïs et les haricots⁶ font leur apparition dans les exploitations agricoles burundaises et se généralisent très vite à toute cette région du monde. En même temps, se développe la double culture annuelle, c'est-à-dire la possibilité pour les agriculteurs de faire deux récoltes par an sur la même parcelle. C'est également une innovation majeure.

Dans cette région, dont la pluviométrie permet cette double récolte (il pleut de septembre/octobre à mai/juin), ce n'était pas le cas avant l'introduction des plantes d'origine américaine : on cultivait un seul cycle de sorgho par an, ou un cycle d'éleusine (ces céréales ayant ici un cycle relativement long). L'introduction du nouveau matériel végétal d'origine américaine va permettre aux agriculteurs, au travers d'un processus d'innovation qu'il est difficile de reconstituer précisément, la mise en place d'un calendrier agricole beaucoup plus intensif, avec en première partie de la saison des pluies, un cycle de maïs associé aux haricots, auquel succède immédiatement un cycle de sorgho. Alors que le sorgho était auparavant semé au début de la saison des pluies, les semis du sorgho sont par conséquent repoussés au milieu de la saison des pluies pour pouvoir faire préalablement un cycle de culture avec du matériel végétal nouveau. Tout cela se met en place au XVIII^e siècle.

Le résultat de cette transformation est une productivité globale du travail multipliée par deux. À cette époque cela est un progrès substantiel. On peut reconstituer qu'un actif pouvait alors produire l'équivalent de 20 quintaux de céréales et légumineuses par an grâce à ces changements, alors qu'il n'en produisait guère plus d'une dizaine auparavant (Cochet, 2001).

L'amélioration des pratiques d'association agriculture-élevage

Un autre changement substantiel de cette époque est l'amélioration des pratiques d'association agriculture-élevage avec une récupération de plus en plus minutieuse des déjections animales et l'allongement des durées de stabulation. Les bovins dorment dans la cour de la ferme et l'on récupère les déjections animales chaque matin, à la main, pour les mettre sur les terres cultivées. Pendant la

5. *Eleusine corocana*, céréale vraisemblablement domestiquée en Afrique de l'Est.

6. Du genre *Phaseolus*, les *Vignas* étant connus depuis beaucoup plus longtemps en Afrique.

longue saison des pluies, l'habitat étant situé en position sommitale, on aménage de petites rigoles qui vont permettre d'acheminer les eaux de pluie, chargées en éléments fertilisants, vers les parcelles cultivées.

Dans cette société nouvelle qui se met en place, le bétail prend un rôle tout à fait central, de deux points de vue. D'une part, c'est le seul bien accumulable, il constitue donc un capital tant au sens propre que figuré, si bien que la différenciation paysanne, à l'époque, est marquée dans le paysage par la taille des troupeaux de chacun. D'autre part, le bétail est le vecteur des transferts de fertilités activés du saltus (pâtures) vers l'*ager* (cultures). C'est pourquoi, un agriculteur qui a un gros troupeau est riche, non pas seulement parce qu'il possède un gros troupeau, mais parce qu'il a accès à une quantité importante de bouses de vache récupérable, quantité qui lui permettra de cultiver ou de faire cultiver au travers de relations de clientélisme, des parcelles plus grandes, dotées de rendements plus élevés. Le bétail est donc bien, dès cette époque, au cœur des mécanismes d'accumulation et de différenciations paysannes.

Rapports clientélistes et rapports tributaires

Au XVIII^e siècle, se généralise très curieusement des rapports de clientélisme essentiellement basés sur la gestion de la fertilité, en l'occurrence de la fumure organique. Ce que l'on appelle les « contrats de vache » se sont alors multipliés. Il s'agissait d'un contrat qui liait un détenteur d'un gros troupeau avec quelqu'un qui avait très peu de vaches ou pas du tout, et qui permettait à celui qui n'avait pas de bétail, en échange d'un certain nombre de redevances et/ou de services, d'accéder à la possession d'une génisse⁷ et donc aux transferts de fertilité permis par le bétail. Ces rapports sociaux ont donc rendu possible une généralisation de l'association agriculture-élevage, bien au-delà de ce qu'aurait autorisé une répartition très inégalitaire de la propriété du bétail.

À cette époque, se mettent également en place des rapports sociaux de type tributaire. Une société tributaire se met en place au Burundi, un royaume (comme au Rwanda voisin) et cette nouvelle classe dirigeante (princes de sang, prêtres, devins, ritualistes, etc.) vit grâce au prélèvement d'un tribut. Sa légitimité va être liée, en quelque sorte, au fait que le Roi est garant de la fertilité des terres, des vaches et des femmes du royaume : toute une aristocratie politico-religieuse se met en place et, très curieusement, tous les rites agraires, c'est-à-dire toute la religiosité de cette société, tourne autour du nouveau calendrier agricole et la possibilité de faire deux récoltes annuelles sur une même parcelle. Les semis de sorgho ayant été repoussés au milieu de la saison des pluies, la date de ces semis (fin décembre) devient fête nationale, assortie d'un interdit très rigoureux de semer le sorgho avant cette date⁸. Toute la structure politico-religieuse qui se met en place à cette époque cristallise donc ces transformations agraires qui ont vu le jour tout au long du XVIII^e siècle.

Ces multiples transformations techniques, sociales et politiques, permettent pour toute la période du XVIII^e siècle et du XIX^e siècle, un accroissement démographique continu. C'est une période d'expansion et de croissance. La croissance démographique est évidemment très lente (0,5 à 0,75 % par an au maximum), mais quasiment continue⁹ (fig. 2).

À l'époque, il est difficile de savoir ce que désignaient précisément les catégories Hutu et Tutsi. Il semblerait qu'il s'agissait plutôt de catégories sociales : se considéraient, et étaient considérés, comme Tutsi, les gens qui avaient les troupeaux importants, et qui étaient donc au sommet de la

7. Voir Chrétien J., 1984. Agronomie, consommation et travail dans l'agriculture du Burundi du XVIII^e au XX^e siècle, in : Cartier M. (Ed.), *Le travail et ses représentations*, Éditions des archives contemporaines, Paris, 123-178. Voir aussi Botte R., 1969. Burundi : la relation ubugabire dans la tête de ceux qui la décrivent, in : Les relations personnelles de subordination dans les sociétés interlacustres de l'Afrique centrale, *Cahiers d'études africaines*, Vol. IX, 3, 35, 363-371.

8. Bahenduzi M., 1991. *Le rituel du Muganuro dans l'histoire du Burundi des origines au XX^e siècle*. Thèse de doctorat, université Paris I Panthéon-Sorbonne, CRA, Paris.

9. Thibon C., 1989. L'expansion du peuplement dans la région des Grands Lacs au XIX^e siècle. *Canadian Journal of African Studies*, 23,1, 54-72. Voir aussi sa thèse : Thibon C., 1999. *Recherche en histoire rurale. Sociétés rurales en modernisation. Pyrénées XIX^e siècle, Burundi XX^e siècle. Une histoire sociale du politique*. Tome 1. Synthèse Burundi : Croissance, transition démographique et crises socio-politiques au Burundi 1880-1993. Une population prise au piège d'une fatalité ou de dérives socio-démographiques modernes, HDR, université de Pau et des pays de l'Adour, Pau.

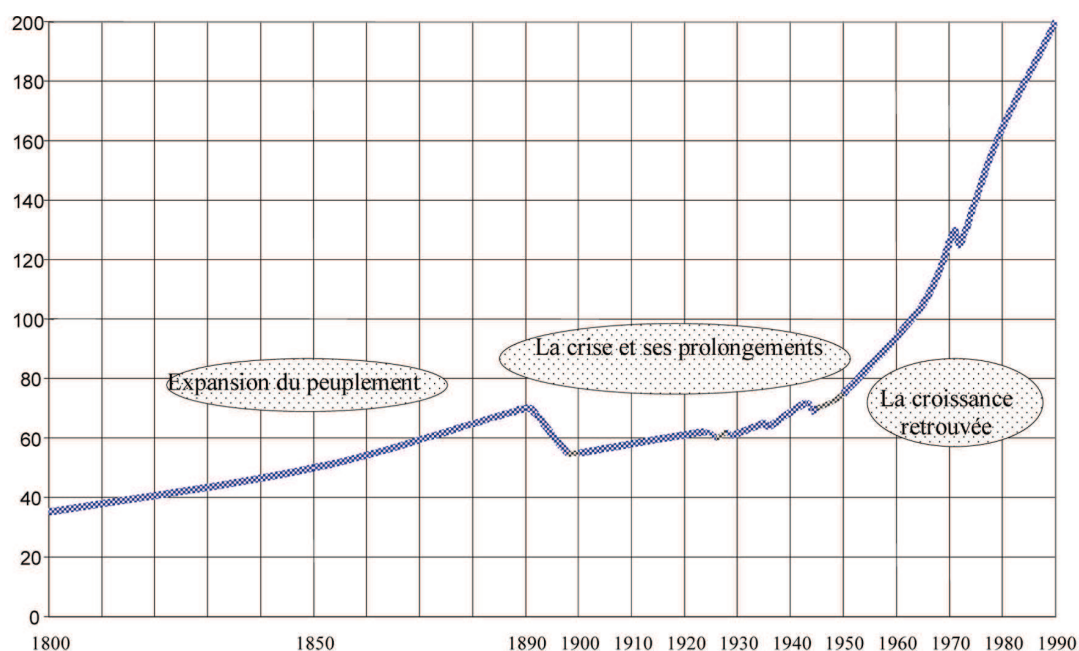


Figure 2. Évolution schématique de la densité de population au Burundi de 1800 à 1990 : lente expansion du peuplement au XIX^e siècle, crise profonde jusqu'au début des années quarante, croissance soutenue ensuite. Source : H. Cochet, d'après les travaux de Christian Thibon (1999). La reconstitution de la croissance démographique au XIX^e siècle est présentée à titre d'hypothèse, sur la base d'une lente progression de 0,5 à 0,75 % par an.

pyramide sociale ; tandis que se considéraient, et étaient considérés, comme Hutu, les gens qui avaient peu de bétail. Ces catégories n'étaient donc pas « ethniques » puisqu'un grand éleveur qui perdait malencontreusement son troupeau (foudre, par exemple) était « rétrogradé » dans la catégorie des Hutu. Cela avait donc bien peu de choses à voir avec des distinctions d'ordre ethnique, même si, évidemment, le patrimoine (les vaches) comme l'identité se transmettent d'une façon héréditaire, ici de père en fils.

De 1891 à 1944 : cinquante années de crise agraire

À la fin du XIX^e siècle, ce système connaît une crise extrêmement brutale qui va durer plus de 50 ans, de 1891 à 1944, plus de cinq décennies de crise très profonde. La croissance démographique est stoppée net durant ces années, ce qui veut dire, que très régulièrement le pays est ravagé par la famine et les épidémies. C'est une crise qui marque donc une rupture très profonde par rapport aux deux siècles précédents de croissance agricole (fig 1).

Pour expliquer et interpréter cette crise, il faut scinder la période considérée en deux.

Dans un premier temps (les 25 premières années), il s'agit plutôt d'une crise de type malthusien. Son déclenchement est provoqué par des épizooties : le bétail du Burundi et du Rwanda est décimé par la peste bovine, la fièvre aphteuse, la trypanosomiase (maladie du sommeil). À partir du moment où le bétail est détruit (jusqu'à 90 %, dans certaines régions), il est évident que tout l'édifice s'écroule puisque le bétail est à la fois le capital des agriculteurs et le vecteur de transfert de fertilité qui permet à cette agriculture d'être durable. Si l'on cherche à comprendre les raisons de cette crise, on peut démontrer que celle-ci résulte bien du dépassement d'un certain « plafond », c'est-à-dire de la

capacité maximale qu'avait ce système agraire à nourrir une population donnée. On peut estimer qu'à l'époque, il fallait environ 12 hectares par famille pour que ce système soit durable, compte tenu des surfaces de pâturage nécessaires à l'entretien d'un petit troupeau, lui-même nécessaire à la reproduction de la fertilité des terres qui étaient intensément cultivées avec le système de la double récolte annuelle. Avec 12 hectares par famille, et en considérant que chacune d'elle pouvait rassembler cinq à six personnes (les rapports sociaux lignagers et avec eux, la famille de type élargie, ayant été distendus depuis fort longtemps), on en déduit une densité démographique possible de 50 habitants par km², ce qui est déjà considérable à l'époque. Or, il semblerait qu'en 1890, cette densité démographique ait été largement dépassée, c'est-à-dire que l'on comptait déjà 65 ou 70 habitants au km². Le premier recensement dont nous disposons, et qui indique une densité démographique de 55 habitants par km², est celui mis en place par les colons pendant les toutes premières années du XX^e siècle, donc après la première grande famine. Il est donc certain que le plafond avait été très largement dépassé et que la densité démographique était établie bien au-delà de ce que pouvait nourrir durablement le système agraire. Les conséquences de cette surpopulation sont faciles à comprendre : pour nourrir une population en augmentation constante, un accroissement des surfaces cultivées au détriment des surfaces de pâturage était nécessaire, mais parallèlement, un besoin accru en fumure animale se faisait sentir pour restaurer la fertilité des champs. Tout le monde s'efforçant d'avoir le plus de bétail possible (multiplication des « contrats de vaches » pour les plus démunis, razzia sur les territoires voisins pour les princes, *etc.*), il en aurait résulté un surpâturage généralisé, une sorte de « tragédie des communs »¹⁰, chaque agriculteur ayant individuellement intérêt à accumuler du bétail pour essayer d'enrayer la diminution inéluctable du rapport fumure animale/surface cultivée. Cette crise de surpâturage généralisé expliquerait, en grande partie, la brutalité des épidémies : si le bétail a été détruit aussi violemment par des microbes, dont certains étaient pourtant présents dans la région depuis longtemps, c'est bien que ce bétail était très affaibli et incapable de résister aux agressions microbiennes.

Bien que la colonisation européenne intervienne à cette époque, cette crise du système agraire est donc d'abord une crise endogène, du moins peut-on l'interpréter comme telle dans sa première partie.

Dans un second temps, la colonisation a joué un rôle décisif dans le prolongement de cette crise. Si celle-ci a duré aussi longtemps c'est bien à cause de la pression coloniale qui s'est exercée sur ces paysanneries à partir des premières décennies du XX^e siècle. Burundi et Rwanda ont été colonisés par les Allemands, mais ces derniers n'ont pas vraiment eu le temps de mettre en place une administration coloniale puisqu'ils ont été chassés de cette région du monde par la Société des Nations (SDN) après leur défaite à la Première Guerre Mondiale. C'est à la Belgique que la SDN confie le Rwanda et le Burundi en 1918 et c'est l'administration belge qui va véritablement mettre en place ce système colonial, dans les années vingt et trente.

La politique coloniale va aggraver et prolonger la crise. Le mécanisme est assez simple : capitation (impôt sur la personne), culture obligatoire du café, corvées coloniales de toutes natures, cultures vivrières obligatoires, soit un accroissement des prélèvements et un détournement de la force de travail considérable à une époque où cette paysannerie est plongée dans une crise gravissime. Nul doute donc que ces nouvelles pressions soient venues aggraver la crise. Rappelons qu'à l'époque, celui qui n'était pas capable de payer l'impôt se voyait soumis à des peines corporelles. Pour pouvoir payer cet impôt, dont le poids relatif n'a cessé d'augmenter par rapport à ce que ces contribuables pouvaient espérer vendre, les gens avaient deux solutions : se défaire de leurs dernières vaches ou de leurs dernières chèvres, ce qui aggravait encore ce processus de décapitalisation issu de la crise, ou fuir leur pays pour se réfugier dans les colonies britanniques où il était plus facile de se cacher ou d'avoir accès à des emplois rémunérés. Il y a donc une hémorragie de main-d'œuvre, ce qui renforce la pression fiscale sur la force de travail qui reste au pays.

Un autre aspect de cette politique coloniale, qui laissera des traces durables, c'est la lecture purement ethnique que les missionnaires et administrateurs coloniaux ont fait de la société qu'ils avaient

10. Au sens de G. Hardin in *The Tragedy of the commons*, *Science*, 13 décembre 1968.

sous les yeux. Dans l'idéologie dominante des années trente, toute différence entre groupes sociaux ne pouvait être expliquée que par la race, les races ayant, de surcroît, vocation à être hiérarchisées. Paraît donc à cette époque toute une littérature pour expliquer que les Hutu constituent une ethnie d'agriculteurs qui aurait été soumise par une ethnie d'éleveurs, considérée comme supérieure, les Tutsi. Cette lecture ethnique est facilitée par les ravages de la crise agraire évoquée précédemment parce que, effectivement, la société que découvrent les colons est une société où seulement une petite élite a encore du bétail puisque celui-ci a été décimé à 90 %. Les seules familles qui ont réussi à conserver ou à reconstituer une partie de leur cheptel sont celles qui en avaient le plus auparavant, celles qui avaient plusieurs troupeaux confiés en gardiennage dans différents endroits et qui avaient pu ainsi disperser les risques, tandis que l'immense majorité de la population avait perdu tout son bétail. Mais la lecture qu'en feront les colons est la suivante : pour ceux qui avaient encore du bétail, on a supposé qu'il s'agissait d'un « peuple d'éleveurs », tandis que pour ceux qui n'en avaient pas, on faisait l'hypothèse qu'ils n'en avaient jamais eu, donc qu'il s'agissait d'un « peuple d'agriculteurs ». Non seulement cette vision, ignorante du passé, était erronée, mais l'administration coloniale décréta que cette minorité « d'éleveurs » était dotée de qualités supérieures et par là prédestinée à diriger les autres. C'est donc dans ses rangs que l'on a choisi les jeunes hommes destinés à devenir, après formation, la fraction « indigène » de l'administration coloniale : policiers, percepteurs, infirmiers, vulgarisateur, agents vétérinaires, *etc.*

Ainsi, ce demi-siècle (1891-1944) a connu cinq famines successives. Chaque fois que la démographie retrouvait son rythme de croissance, la population était de nouveau ravagée par des famines meurtrières, et ce jusqu'en 1943-1944, dernière famine historique connue au Burundi. En 1945, la densité de population est toujours de 55 habitants par km².

Les transformations agraires de la deuxième moitié du XX^e siècle

La fin de l'époque coloniale marque la sortie de crise. Là aussi, la périodisation que l'on peut établir en termes de système agraire n'est pas conforme à la périodisation politique. La sortie de crise et ce que je vais appeler le démarrage d'une nouvelle révolution agricole, n'a pas lieu au moment de l'Indépendance, mais une bonne dizaine d'années plus tôt puisque c'est à partir de 1945 que les choses ont commencé à changer de nouveau.

À partir de 1944, la courbe de la population prend son envol (fig 1). En 1960, et alors que le seuil des 100 habitants par km² était atteint, tous les experts tiraient la sonnette d'alarme sur le fait qu'on était à la limite de capacité du système et qu'on se dirigeait tout droit vers un nouveau déséquilibre population/ressources, les schémas malthusiens étant à l'ordre du jour pour actionner tous les cli-notants. Dans les années 1990, le seuil des 200 habitants au km² est atteint. Malgré cela, le pays a conquis son autosuffisance alimentaire ; il n'y a plus eu aucune crise alimentaire grave depuis 1943-1944. La population a triplé, la production vivrière aussi et, de plus, le Burundi tout comme le Rwanda sont devenus des pays exportateurs de café arabica de qualité et de thé. Cet accroissement spectaculaire a eu lieu sans aucun moyen de production d'origine industrielle : pas d'engrais, pas de produits phytosanitaires, pas de nouveaux outils, sauf la houe de facture industrielle : c'est assez original pour être souligné. Il y a donc une production en croissance exponentielle, au même rythme que la population, sans nouveaux moyens de production, et une autosuffisance alimentaire qui serait encore d'actualité si le Burundi n'avait pas été plongé dans la guerre civile en 1993.

Il s'est donc passé une rupture majeure à cette époque et un ensemble de transformations tout à fait considérables que je vais essayer de décrire rapidement.

La bananeraie

Pour qui se promène dans les collines du Rwanda et du Burundi, ce qui frappe c'est l'omniprésence des bananiers. Ces collines présentent un paysage très verdoyant, où la moitié supérieure de chaque colline est quasi systématiquement recouverte de bananiers. Ils occupent aujourd'hui une place

absolument considérable dans les paysages burundais et rwandais. Chose curieuse, le phénomène est récent. Les Burundais connaissaient les bananiers auparavant mais, jusque dans les années quarante, ne les cultivaient que très peu. L'une des premières dynamiques de la deuxième moitié du XX^e siècle est que les collines se soient en partie couvertes de bananiers.

D'un point de vue génétique, ce sont des cultivars très originaux. Cela fait partie des bananes fruits (de génotype AAA) contrairement aux bananes dites « plantains ». Et pourtant, ces cultivars ne se consomment pas comme fruits, mais uniquement sous forme de « bière de banane » (le jus fermenté). On récolte les régimes de bananes ; puis, après quelques jours pendant lesquels les régimes sont enterrés, on épluche les bananes ; on les met dans une sorte d'auge à macération dans laquelle on ajoute de l'eau ; puis on malaxe pour essayer d'en sortir le plus de sucre possible. C'est seulement ce produit qui est recherché : le jus de banane qui sera ensuite mis à fermenter pour confectionner la « bière ». La totalité des résidus de culture, c'est-à-dire le tronc du bananier, ses feuilles, l'axe du régime, les peaux de banane et la pâte de banane après extraction du jus, sont restitués à la parcelle, c'est-à-dire jetés dans la bananeraie.

Si l'on fait l'analyse agronomique de ce système de culture, on constate qu'il est étonnamment performant. Un bilan minéral d'une parcelle soumise à ce système de culture donne un résultat équilibré parce qu'il n'y a pratiquement pas d'exportations minérales : dans le jus de banane, il n'y a guère que du sucre (du carbone), de l'eau et des vitamines, donc pratiquement pas d'azote, de phosphore ou de potassium (NPK). La totalité de ces éléments minéraux est restituée à la parcelle. Comme une bananeraie est également très efficace pour éviter ruissellement et lessivage, voilà un système de culture qui, pour la première fois dans l'histoire du Burundi, peut se passer de fumure animale. En ce qui concerne le bilan organique, la bananeraie fonctionne comme un véritable puits de carbone et la quasi-totalité de ce carbone, à l'exception de la fraction contenue dans le jus, est restituée au sol. Le bilan carbone est donc très largement excédentaire, ce qui est une autre particularité exceptionnelle dans un système agraire où la fumure animale est devenue une chose extrêmement rare : la bananeraie peut s'en passer et constitue même un système producteur de biomasse, le carbone s'accumulant sur place au rythme de ces restitutions systématiques. Il en résulte une amélioration spectaculaire des sols sous bananeraies.

Une autre caractéristique de ce système de culture est qu'il est aussi très performant du point de vue micro-économique. Tous les calculs faits, pour toutes les régions du Burundi, montrent que si l'on l'évalue du point de vue de la richesse créée par unité de surface d'une part (valeur ajoutée/ha), ou de celui de la richesse créée par journée de travail consacrée à ce système de culture d'autre part (valeur ajoutée/journée de travail), ce système de culture est le plus performant du point de vue micro-économique (Cochet, 2001).

Tout cela explique que, durant toute la deuxième moitié du XX^e siècle, les agriculteurs aient tout fait pour étendre le plus possible leurs bananeraies.

L'intensification et la complexification des associations culturales

Sur les autres parcelles de l'exploitation agricole, les agriculteurs ont mis en place des cultures associées de plus en plus complexes et sophistiquées, avec parfois jusqu'à 7 ou 8 espèces différentes sur la même parcelle, le tout aboutissant à une sorte de « fouillis » qui ferait perdre son latin à n'importe quel agronome, mais qui est un fouillis ordonné, jardiné, où il n'y a pas un cm² perdu, où il n'y a pas un seul rayon de soleil qui ne touche une feuille avant de toucher le sol et pas un cm³ du sol qui ne soit exploré par les racines de telle ou telle plante cultivée.

Cette sophistication des associations culturales est assez spectaculaire et traduit un processus d'intensification en travail des systèmes de culture. Ceci a lieu sur les versants des collines et, également, de façon systématique dans les bas fonds qui séparent chaque unité topographique – chaque colline – de sa voisine.



Le café

À l'époque coloniale, le café était une culture obligatoire. Le café était acheté aux ménages afin qu'avec cet argent ils puissent s'acquitter de l'impôt de capitation. À partir des années cinquante, le prix relatif du café devient intéressant pour les agriculteurs. Ces derniers découvrent pour la première fois de leur existence que le café est source de pouvoir d'achat (il le restera jusqu'à la fin des années soixante-dix) et se mettent à augmenter volontairement les surfaces cultivées en café.

Par ailleurs, le caféier n'a pas été le seul ligneux planté sur les collines burundaises. Outre le thé qui se substitue au café au-dessus de 2000 mètres d'altitude, de multiples arbres utiles ont été plantés par les agriculteurs au sein même de la bananeraie (arbres fruitiers) ou en bordure de leurs parcelles (*Eucalyptus*, *Grevillea*), de sorte que le paysage burundais prend parfois un aspect boisé d'autant plus remarquable que ce couvert arboré est d'autant plus dense que la « pression » démographique est forte, contrairement à une idée solidement ancrée dans les esprits.

Voici donc l'ensemble de ces transformations qui, à l'échelle de chaque exploitation agricole, dans un contexte où la surface de chaque exploitation diminuait au rythme de la densification du peuplement et des partages successoraux, a permis, globalement, d'accroître la production par unité de surface et qui explique que, avec 50 % d'accroissement des surfaces cultivées (entre 1950 et 1990), on ait observé 150 % d'accroissement de la production vivrière (à laquelle il faut rajouter une production importante de café et de thé). Multiplication des cycles de culture (tant sur colline que dans les bas-fonds) et complexification des associations, développement de la bananeraie et transformation du mode de reproduction de la fertilité, intensification en travail et finalement, doublement ou triplement de la production alimentaire: il s'agit là d'une nouvelle révolution agricole, réalisée pourtant sans aucun moyens de production d'origine industrielle, sans outils, sans engrais sans produits phytosanitaires, un aperçu en quelque sorte de la révolution «doublement verte» que certains experts appellent aujourd'hui de leurs vœux¹¹.

11. Griffon M. (Ed.), 1996. *Vers une révolution doublement verte*. Fondation prospective et innovation, CIRAD.

Ce développement spectaculaire a conduit de nombreux chercheurs, universitaires et experts à interpréter l'évolution de l'agriculture burundaise en faisant la part belle aux thèses qu'Esther Boserup avait développées à partir de 1965. En réaction avec les thèses malthusiennes et néo malthusienne, Esther Boserup avait élaboré un modèle où la « pression démographique », au lieu d'être la source de tous les maux, était au contraire considérée comme le moteur du développement : c'était la « pression démographique » qui obligeait les gens à intensifier et c'était elle qui expliquait ce fort accroissement de la production.

Certes, l'accroissement démographique est allé de pair avec ces transformations tant il est évident que les gens, à la tête d'unités de production de plus en plus petites, ont intensifié par nécessité. Mais ce modèle interprétatif s'avère totalement inefficace pour expliquer les raisons pour lesquelles ce processus n'a pas démarré avant et quelles sont ses limites ou les crises qu'il peut traverser.

Pourquoi ce spectaculaire processus de développement n'a-t-il pas commencé avant la deuxième moitié des années quarante ? Tout simplement parce qu'il était freiné par la pression coloniale. En effet, tous les éléments de cette transformation des systèmes agraires se mettent lentement en place dans les années vingt et trente, mais de façon embryonnaire dans chaque exploitation agricole. À l'époque, on est obligé de semer du café pour payer l'impôt, obligé de consacrer 100 ou 150 journées de travail par an à la « corvée coloniale » et même si tous les éléments du nouveau système agraire sont présents dans les campagnes burundaises bien avant les années quarante, ce développement est impossible tant que la contrainte coloniale ne se relâche pas.

La fin des années quarante, au contraire, est marquée par l'abolition du travail forcé et des cultures vivrières obligatoires et par un contexte de prix relatifs où le café devient source de pouvoir d'achat. On a donc bien, dans le relâchement de la pression coloniale, une première condition sine qua non à l'épanouissement de ces transformations.

Du même coup, la force de travail qui avait émigré dans les territoires britanniques revient en masse, déjà dans les années cinquante et, de façon plus décisive, après l'Indépendance (1962). Des centaines de milliers de Burundais qui avaient fui leur pays rentrent donc sur leurs collines et se mettent à consacrer l'essentiel de leur temps à jardiner leur petit lopin de terre.

Une autre condition nécessaire à ce processus a été le maintien, voire l'approfondissement, du caractère dispersé de l'habitat. Cette gestion nouvelle de la biomasse disponible et la constitution de la bananeraie autour de la maison d'habitation ne pouvaient pas se faire dans le cadre d'un habitat groupé. Les tentatives de villagisation, très à la mode dans les années soixante-dix, dans cette région du monde et ailleurs, ont, heureusement, échoué au Rwanda et au Burundi. Si elles ont échoué, c'est en partie parce que les gens tenaient suffisamment à leurs bananeraies pour refuser par tous les moyens de se regrouper. La villagisation aurait rendu l'anthropisation de ces sols impossible, ou beaucoup plus laborieuse.

Enfin, il faut souligner le caractère relativement égalitaire de ce processus de développement. Comme l'accumulation du capital se réduit le plus souvent à l'accumulation de biomasse – le capital des gens, c'est leur bananeraie et le réservoir de carbone qu'elle représente – cette accumulation est forcément lente, continue, et se prête relativement peu à des processus de spoliation ou d'accumulation brutale, notamment au travers des échanges marchands.

Les limites de ce processus

En ce qui concerne les bananeraies

Cette anthropisation progressive des sols, grâce à ce système de culture fondé sur la bananeraie, a connu deux types de limites. Bien que la consommation de jus de banane fermenté joue un rôle non négligeable dans la ration calorique des adultes, cette consommation n'est pas illimitée et les marchés urbains ne représentent qu'un faible débouché. Une deuxième limite, agronomique cette fois, est que l'extension centrifuge de la bananeraie et l'anthropisation des sols qui l'accompagne

se ralentissent sur les versants, d'une part parce qu'on a affaire à des sols de plus en plus désaturés et acides en descendant sur les versants et, d'autre part, parce que pour que ce processus soit activé, la fumure animale était extrêmement précieuse au moment de la plantation des premiers bananiers. À partir du moment où il n'y a presque plus de bétail dans les zones les plus densément peuplées du Rwanda et du Burundi, le rôle de starter que joue la fumure animale dans l'installation de la bananeraie n'est plus possible, ce qui constitue une deuxième limite à l'extension de la bananeraie.

L'absence totale de moyens de production

C'est une vertu de ce développement d'avoir réussi un tel tour de force presque sans moyens de production d'origine industrielle, et en faisant la part belle aux processus biologique théorisés aujourd'hui dans le cadre de l'agroécologie. Mais on serait fort mal inspiré de se réjouir trop vite du caractère intrinsèquement « biologique » de ce développement. Car il est en effet évident, aujourd'hui, que les agriculteurs burundais ne pourront guère aller plus loin dans ce processus d'intensification sans disposer d'un minimum d'intrant utilisés avec doigté (engrais, produits phytosanitaires) et sans un outillage plus diversifié (même s'il peut rester manuel). Le dénuement extrême de moyens de production dans lequel les agriculteurs burundais travaillent aujourd'hui est une limite fondamentale à ce processus.

Concernant le café

Le café est l'un des moteurs de ce développement, mais il constitue aussi sa principale pierre d'achoppement. Ce n'est pas le café en tant que tel qui est en cause, mais la façon dont on a obligé les agriculteurs burundais à cultiver le café, ce qui est bien différent.

Le processus de culture des caféiers, a été rendu obligatoire depuis les années trente et cet itinéraire technique n'a pas ou peu évolué depuis cette époque. Il est donc obligatoire de cultiver le café en culture pure, sur des emplacements souvent déterminés par l'administration (ce fut pendant longtemps au bord des routes) ; il est obligatoire de faire un certain nombre de tailles à intervalle régulier et, surtout, il est obligatoire de pailler le café, c'est-à-dire de constituer un mulch (paillis) de 20 cm de matière organique fraîche sur la parcelle de café chaque année, en fin de saison des pluies (la quantité recommandée étant de 20 à 25 tonnes de matière sèche par hectare !). Cette couverture de matière organique a différentes vertus agronomiques : elle limite l'évaporation pendant la saison sèche ; elle constitue une efficace protection contre l'érosion et le ruissellement ; elle étouffe les adventices et est une source de fertilité remarquable puisque cette matière organique se décompose au profit du café.

À l'époque coloniale, on avait tracé des pistes sur toutes les collines burundaises et rwandaises, les agriculteurs étaient obligés de semer le café de part et d'autre de la piste. Un contrôleur passait dans sa jeep ou sur sa moto pour vérifier que le paillage était bien effectué et pouvait, s'il avait un doute, descendre de voiture et enfoncer un crayon à papier neuf dans ce mulch sans rencontrer la moindre résistance jusqu'au sol. Si ce n'était pas le cas, l'agriculteur était soumis à des peines corporelles. Peu de choses ont changé depuis puisque dans les années quatre-vingt-dix, le paillage était toujours obligatoire, les peines corporelles ayant seulement été remplacées par des amendes.

Cet itinéraire technique du café pose aujourd'hui de multiples problèmes extrêmement graves. Où trouver cette biomasse dans des exploitations agricoles qui, aujourd'hui, font moins de 1 hectare ? En premier lieu, dans la bananeraie : il apparaît naturel qu'une partie des résidus de culture d'une bananeraie puisse être transférée sur une parcelle de café ; mais, lorsque cela ne suffit pas, il faut solliciter toutes les parcelles de cultures vivrières. Le deuxième flux de biomasse qui apparaît au cœur de chaque exploitation agricole concerne donc tous les résidus des cultures vivrières, résidus transportés vers la caféière : les cannes et les tiges de maïs et de sorgho, les fanes de patates douces et de haricots (y compris les racines que l'on arrache) et l'ensemble des adventices. Si cela ne suffit pas, on peut faire appel aux derniers arpents de pâturages résiduels. Il ne reste plus beaucoup de pâturages dans les régions les plus densément peuplées du Rwanda et du Burundi et, dans ces cas-là,

on doit mettre en défens ces dernières prairies (ce qui signifie liquider la dernière chèvre ou la dernière vache) pour les faucher et transférer la biomasse obtenue sur la parcelle de café.

Cet itinéraire technique standard conduit donc à l'apparition d'une multitude de flux de biomasse internes à l'exploitation agricole qui convergent tous vers la parcelle de café. L'intensité de ces flux dépend, d'une part, de la surface de l'exploitation, et, d'autre part du rapport entre surface productrice de « paillis » et surface de café, c'est-à-dire la place relative qu'occupe le café dans la surface agricole utile de l'exploitation. Cela dépend aussi des moyens qu'ont les agriculteurs pour acheter de la biomasse, un véritable marché du carbone étant ainsi apparu dans un contexte de raréfaction de cette ressource.

Ces nouveaux flux centripètes au profit du café et au détriment de toutes les autres parcelles de l'exploitation fragilisent considérablement les exploitations agricoles. Tout ce que j'ai exposé précédemment sur les bananeraies devient caduc si le carbone, au lieu de s'accumuler sur place, est transféré sur le café. L'efficacité agronomique et économique de ce système de culture « bananeraie » est donc directement menacée par l'intensité des transferts au profit du café. En ce qui concerne les associations vivrières complexes que les agriculteurs ont mis en place, il est évident que transférer sur le café tous les résidus de culture, y compris parfois une partie du système racinaire, multiplie par deux ou par trois les exportations minérales au détriment de ces parcelles. En ce qui concerne le pâturage résiduel, cela précipite la disparition de l'élevage et donc des transferts de fertilité que cet élevage pouvait, parfois encore, occasionner au profit des parcelles cultivées.

On voit donc que cette politique unilatérale (cet itinéraire technique imposé pour le café) est devenu une menace pour l'ensemble de l'exploitation agricole et, par extension, pour le système agraire tout entier. Cet itinéraire technique, complètement obsolète, est devenu une impasse agronomique totale, mais aussi économique et sociale.

La biomasse le carbone – a donc au Burundi un prix de marché depuis les années quatre-vingt. Lorsque les agriculteurs les plus pauvres n'ont plus rien à vendre, ils vendent leur biomasse (leurs résidus de culture, leurs mauvaises herbes, *etc.*) à leurs voisins qui ont les moyens de l'acheter. Non seulement la biomasse a acquis un prix de marché, mais elle a aussi un coût d'opportunité colossal. Ce coût d'opportunité, c'est la fin de l'élevage, c'est la diminution des rendements sur les cultures vivrières parce que les exportations minérales remettent en cause la reproduction de la fertilité de ces parcelles et c'est la diminution d'efficacité du système de culture « bananeraie ». Ce coût d'opportunité est donc absolument démesuré et c'est ce qui remet en cause, d'une part, la caféiculture au Burundi et, d'autre part, le système agraire dans son ensemble.

La caféiculture est d'autant plus remise en cause par les producteurs quand l'évolution des prix relatifs du café fait de ce dernier une production de moins en moins rentable. Les agriculteurs sont alors de plus en plus réticents à sacrifier la biomasse au profit d'une culture qui leur rapporte de moins en moins.

Comment expliquer qu'un itinéraire technique aussi inadapté ait pu être conservé pendant aussi longtemps et ait pu être maintenu obligatoire, unique et standardisé ? Poser cette question au début des années quatre-vingt-dix au Burundi n'était pas chose aisée. Alors qu'il s'agissait clairement d'un des problèmes les plus graves de l'agriculture burundaise, pratiquement aucun travail de recherche n'avait été mené sur ces questions. Le simple fait de remettre en question, pour des motifs strictement agronomiques, cet itinéraire technique soulevait des craintes et des oppositions de nature fort peu scientifique.

Le café représentait en effet 80 % des recettes d'exportation. c'est donc au travers des taxes à l'exportations que les caisses de l'État se remplissaient. Prélèvements à l'exportation et aide internationale permettaient à l'administration burundaise de fonctionner. Le pouvoir ayant été confisqué, au Burundi par une petite minorité une minorité politique, remettre en cause cet itinéraire technique était perçu par l'ensemble des dirigeants et des scientifiques de ces deux pays comme une remise en cause de l'économie du pays tout entière et, plus particulièrement, du budget de l'État : c'était chose impossible à l'époque, malgré les évidences agronomiques et économiques.

Conclusion : le carbone au cœur du développement

Pour conclure, je voudrais revenir sur les deux « pièges » que j'ai essayé de contourner dans mon approche de l'agriculture burundaise : la « pression » démographique comme clef d'entrée dans ces systèmes agraires et la variable ethnique.

En ce qui concerne la pression démographique, le débat entre Malthus et Boserup est toujours omniprésent au Burundi, dans les sphères scientifiques, universitaires, politiques, *etc.* Les thèses malthusiennes ont inspiré ce scénario de crise que l'on attendait depuis les années soixante. Mais la crise n'étant pas au rendez-vous, on continua de tirer la sonnette d'alarme pendant les décennies suivantes, mais sans comprendre les ressorts des processus d'intensification en cours.

Pour les néo malthusiens, la pression démographique était la cause de tous les maux puisque c'était elle qui entraînait l'érosion, la déforestation, la mise en culture des pentes les plus fortes ; et c'était donc cette pression démographique qui allait être à l'origine de la crise. Pour essayer d'anticiper cette crise, et à défaut de lutter contre la croissance démographique l'Église catholique s'opposant fermement à la régulation des naissances, il fallait « lutter » contre l'érosion, « lutter » contre la déforestation, avec en filigrane l'idée que ce qui était la cause de la crise, c'était l'agriculture elle-même, donc les paysans et l'intensification qu'ils avaient réalisée. Pourtant, dans le paysage burundais, tout montre l'inverse : ce sont dans les régions les moins densément peuplées que se manifestent les signes d'érosion, de déforestation, de dégradation du milieu. Au contraire dans les régions les plus densément peuplées 600 habitants par km² on a affaire à des paysages boisés, véritables constructions humaines, les gens ayant planté des arbres tout azimut : un phénomène d'intensification et d'artificialisation des écosystèmes qui conduit à l'opposé d'un déboisement massif ou d'une aggravation des phénomènes érosifs. Le fait de considérer les agriculteurs, et l'agriculture en général, comme étant la cause de cette crise annoncée permettait de justifier bien des choses en matière de politique agricole : surencadrement des producteurs et la condamnation de leurs pratiques. Toute la recherche agronomique et la vulgarisation furent ainsi concentrées sur la mise au point de « paquets » techniques qu'il fallait diffuser dans les campagnes, y compris contre l'avis des producteurs eux-mêmes, ce qui suffisait à justifier la dérive autoritaire du régime.

À la même époque, la courbe de la production suivant à peu près celle de la population, d'autres mettaient en avant le modèle de Boserup. À tel point que lorsque les statistiques fiables faisaient défaut, on mesurait tout bonnement l'accroissement annuel de la production en rajoutant au chiffre de l'année précédente un pourcentage égal à celui mesurant l'accroissement de la population ! Les partisans de cette thèse en ont aussi fait une large utilisation : la « surpopulation », réservoir de force de travail considérable autant qu'inépuisable dans les campagnes, permettait de justifier la « mise au travail » de la paysannerie. On fit de cet « investissement travail » (au sens d'E. Boserup) une façon tout aussi autoritaire de mobilisation de la paysannerie pour construire les routes, assainir des marais, *etc.*, selon une tradition tout à fait coloniale de mobilisation forcée des populations.

Plus récemment, cette théorie de Boserup a été également dotée de vertus néo-libérales. Puisque les agriculteurs pouvaient intensifier, il suffisait qu'ils soient de plus en plus nombreux pour que l'intensification ait lieu : cela justifiait que l'État et les pouvoirs publics se retirent de toute fonction productive ; il suffisait de faire en sorte que les signaux du marché parviennent aux agriculteurs.

Ces deux thèses, bien qu'elles soient systématiquement opposées, se ressemblent plus qu'il n'y paraît puisque toutes deux font du rapport population/ressources le point de départ de l'analyse. Donc, que ce soit la production qui soit considérée comme une variable indépendante (Malthus) ou, au contraire, que ce soit la croissance de la population qui devienne variable indépendante (Boserup), ces deux théories se rejoignent finalement dans leur incapacité à expliquer véritablement les crises, à replacer les rapports sociaux au centre des phénomènes observés et à essayer de voir à quelles conditions ces crises pourraient ou non être surmontées.

Bien que d'importantes marges de progrès existent encore, l'accumulation de capital-fertilité, au centre du processus de développement de l'agriculture burundaise, est aujourd'hui ralentie, entravée de mille manières. Détournement massif de biomasse au profit exclusif de la caféiculture au travers

de la technique imposée du paillage, pénurie de moyens de production, attaques parasitaires incontrôlées, en particulier sur les bananiers et les haricots, système de prix relatifs qui rend inaccessibles engrais et produits phytosanitaires, atteintes répétées et massives au libre accès aux ressources, autant d'obstacles qui rendent de plus en plus difficile la poursuite et l'approfondissement des dynamiques d'intensification en cours depuis les années cinquante. Ce qui fait aujourd'hui obstacle à la continuation de ces processus n'est donc pas à rechercher dans les pratiques paysannes elles même et la crise ne résulte nullement du dépassement d'un plafond démographique imposé par les capacités productives des systèmes de culture et d'élevage. C'est bien davantage les conditions dans lesquelles les producteurs se trouvent aujourd'hui intégrés aux échanges marchands et les rapports sociaux dans lesquels ils sont impliqués qui limitent la capacité productive du système agraire. Tout comme dans la société de l'ancien Burundi, le stockage et la concentration du carbone, son appropriation et sa gestion se trouvent à nouveau au centre des rapports sociaux.

Finalement, le développement agricole du Burundi a été peu extraverti et est resté en dépit du développement de la caféiculture, surtout basé sur le marché intérieur, même si celui-ci est resté limité aux produits agricoles, et fort restreint par l'étroitesse des marchés urbains. Protégé par les 1 500 kilomètres de mauvaises routes qui le séparent de l'océan Indien, le Burundi a pu maîtriser son intégration aux échanges internationaux et limiter ses effets destructeurs sur le secteur vivrier. Malgré une productivité du travail très faible, l'agriculture est toujours vivante, et le pays est resté longtemps autosuffisant. Les transformations agraires des dernières décennies constituent bien un exemple étonnant de développement endogène, seulement basé sur les ressources locales. Quant au café, nul besoin de réveiller un débat déjà ancien, et dépassé, sur la concurrence cultures vivrières/cultures d'exportation. Le café était sans doute le meilleur vecteur d'intégration aux échanges internationaux. Encore eut-il fallu que l'avantage comparatif certain dont bénéficiait le Burundi ne soit pas fortement réduit par le coût d'opportunité de la biomasse exigée pour le café par la technique imposée du paillage, et ses effets indirects extrêmement graves sur l'économie nationale.

Aux origines de la biodiversité : les ressources génétiques¹

Pierre-Henri Gouyon

Laboratoire Origine, structure et évolution de la biodiversité (OSEB, UMR 7205), équipe de botanique
Département de systématique et évolution, Muséum national d'histoire naturelle, CP39, 12 rue Buffon 75005 Paris

gouyon@mnhn.fr

« Nous n'avons le choix qu'entre deux solutions, ou bien un certain nombre de totalitarismes nationaux militarisés ayant comme racine la terreur de la bombe atomique et comme conséquence la destruction de la civilisation (ou, si la guerre est limitée, la perpétuation du militarisme) ; ou bien un seul totalitarisme supranational suscité par le chaos social résultant du progrès technologique. »

Aldous Huxley, *Le meilleur des mondes*, 1931

« Je désespère souvent de me faire seulement comprendre par la majorité des naturalistes. Des gens intelligents qui ne sont pas des naturalistes et qui n'ont pas une idée bigote du terme espèce font preuve de plus de clarté d'esprit ». Ces quelques mots écrits par Charles Darwin à son ami David Ansted témoignent de la difficulté rencontrée par le fondateur de la biologie moderne. Il serait sans doute désespéré s'il assistait aux débats actuels sur la biodiversité. Nous tenterons d'exprimer dans ce chapitre que, d'une part, la biodiversité ne peut être appréhendée comme l'existence d'un ensemble d'espèces ; d'autre part que sa préservation ne se résume pas au fait de tenter de sauver celles qui peuvent encore l'être et enfin que les enjeux de cette préservation vont bien au-delà de ce qui peut être imaginé tant que notre vision restera focalisée sur la notion d'espèces.

Darwin : une vision dynamique de la biodiversité

Dans son œuvre séminale, *L'origine des espèces*, écrite il y a 150 ans, Darwin présente sa théorie sous la forme d'un diagramme (fig. 1 ci-après) qu'il commente longuement et dans divers chapitres du livre. Ce diagramme se lit de bas en haut, l'axe vertical représentant le temps. Darwin représente des lignées qui, au cours du temps, produisent de nouvelles formes. Pour la facilité de l'exposé, le temps est discrétisé (c'est-à-dire rendu discontinu) par des lignes horizontales. À chaque pas de temps, de nouvelles formes apparaissent, beaucoup disparaissent. L'écartement horizontal des lignées représente leur divergence. Le fait que des lignées proches entrent plus fortement en compétition entre elles que des lignées différenciées a pour conséquence que les lignées les plus divergentes s'éteignent moins que les autres. De ce fait, par simple sélection des lignées les plus distantes, les lignées issues d'un même ancêtre divergent progressivement. Ce schéma présente donc le mécanisme de la divergence évolutive, il est le fondement de la vision actuelle de la biodiversité.

1. Ce texte a d'abord été publié sous la forme d'un chapitre dans l'ouvrage de P.H. Gouyon, *Aux origines de l'environnement*, paru aux Éditions Arthème Fayard, Paris, 2010. Nous le présentons ici avec l'aimable autorisation de l'auteur et de l'éditeur et nous les en remercions.

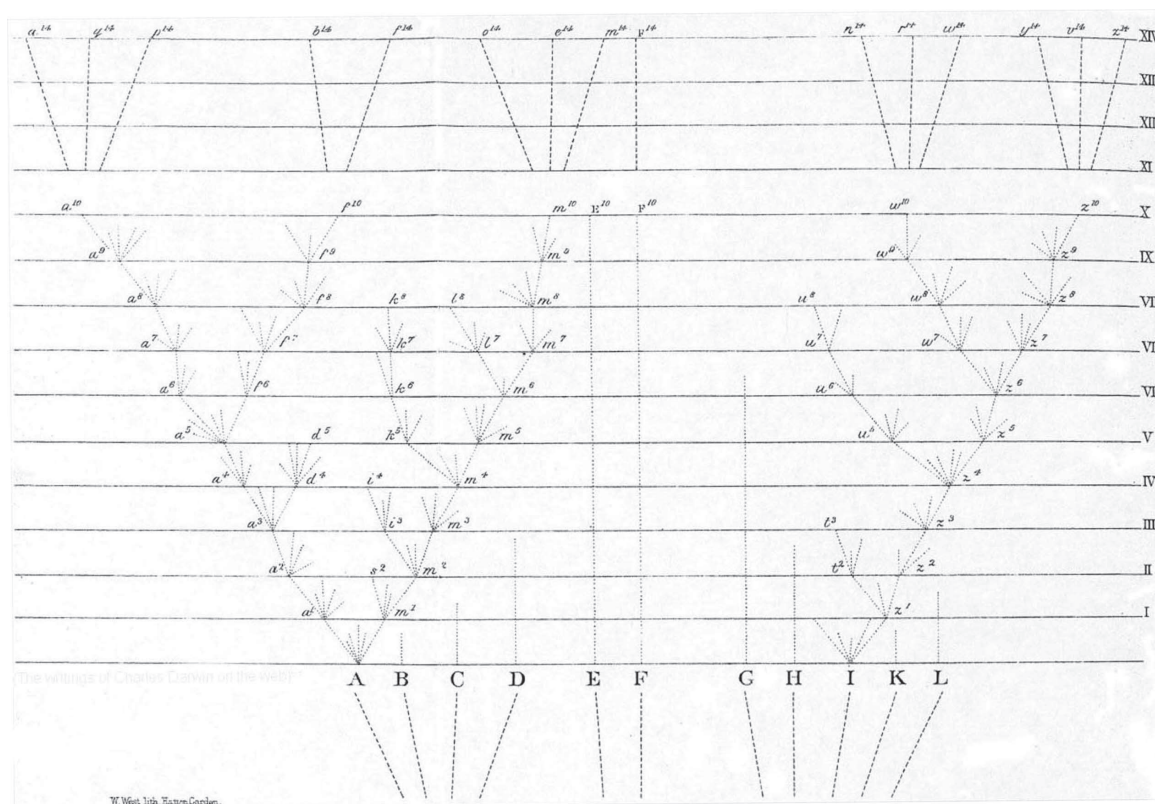


Figure 1. Le schéma de Darwin dans son ouvrage *L'origine des espèces* (1859).

Darwin commente ainsi la branche de gauche du diagramme (celle qui démarre par la lettre A). Au bout du processus, elle aura donné trois lignées ; le futur de ces lignées est dessiné au-dessus de façon moins détaillée : « Si nous supposons que le degré de changement entre deux lignes horizontales de notre diagramme est excessivement petit, ces trois formes peuvent encore, n'être que des variétés bien marquées ; ou bien elles peuvent avoir atteint la catégorie d'espèces putatives ; mais il nous suffit de supposer que les degrés du processus de modification sont plus nombreux, ou plus importants, pour transformer ces trois formes en espèces bien définies : le diagramme illustre donc les étapes par lesquelles de petites différences distinguant des variétés sont amplifiées en de plus grandes différences caractérisant des espèces. En poursuivant ce même processus pendant un plus grand nombre de générations (comme c'est montré dans le diagramme de manière condensée et simplifiée), nous obtenons huit espèces [...]. C'est ainsi, je pense, que les espèces se multiplient et que se forment des genres ».

On le voit, la vision de la biodiversité soutenue par Darwin présente deux caractéristiques fondamentales. D'abord, elle est dynamique. Elle est constituée d'un ensemble de processus héréditaires et écologiques impliquant les interactions entre les différentes formes et aboutissant à l'émergence de formes nouvelles et à l'extinction de certaines lignées. C'est l'ensemble émergences/extinctions, fondé sur les processus d'interactions écologiques, qui constitue la biodiversité. Ensuite, on constate que Darwin retire au niveau particulier qu'est « l'espèce » son statut majeur dans le processus et dans le résultat. Il écrit, entre autres : « Il est certain qu'aucune ligne de démarcation claire n'a encore été tracée entre des espèces et des sous-espèces – c'est-à-dire, des formes qui, de l'avis de certains naturalistes n'accèdent pas totalement au statut d'espèces, bien qu'elles en soient très proches ; ou, encore, entre des sous-espèces et des variétés très marquées, ou entre des variétés moins nettes et des différences individuelles. Ces différences se fondent l'une dans l'autre en une série imperceptible... »

Le fait de fonder la diversité du vivant sur celle des espèces n'a donc plus de sens dans le contexte de la biologie moderne. Il s'agit en fait d'une survivance de la perception de la nature du XVIII^e siècle. À cette époque, les scientifiques imaginaient que le créateur avait créé les espèces et que les individus en étaient les représentants plus ou moins imparfaits. Le grand naturaliste Carl von Linné écrit notamment : « Toutes les espèces tirent leur origine de leur souche, en première instance, de la main même du créateur tout puissant car l'Auteur de la Nature, en créant les espèces, imposa à ses créatures une loi éternelle de reproduction et de multiplication dans les limites de leur propre type ». Linné disqualifie ensuite les variations entre individus à l'intérieur de l'espèce pour établir une distinction entre « la différence vraie, la diversité née de la main sage du Tout Puissant » (la différence entre espèces) de « la variation de la coquille extérieure due au caprice de la nature » (la variation dans l'espèce).

Dans ce cadre ancien, la diversité correspondait donc au nombre des espèces. Il est étonnant, qu'aujourd'hui encore, la biodiversité soit présentée sous la forme de listes d'espèces. Il est, bien sûr, légitime, devant les disparitions massives auxquelles nous sommes confrontés, de tenter de sauver ce qui peut l'être (cf. les listes d'espèces protégées). Mais se contenter de ce type de démarche et fonder la vision scientifique que l'on se donne de la biodiversité sur de telles listes revient à s'appuyer, en fait, sur la vision linnéenne, fixiste, de la création. Dans un tel cadre, il est logique de se demander, parmi les espèces existantes, quelles sont celles qu'il est utile de maintenir, celles dont on souhaite se débarrasser et celles dont on se moque. En fait, le problème n'est pas là.

Si l'on admet le point de vue darwinien, au contraire, la diversité existe à toutes les échelles. Toutes les lignées y contribuent. Bien sûr, plus les lignées sont différenciées, plus lourd est leur poids dans la diversité globale. Le niveau de l'espèce n'apporte pas grand-chose de particulier dans cet ensemble ; les niveaux de différenciation supérieurs et inférieurs doivent également être considérés. Au sens de la systématique actuelle. C'est la diversité des clades qui constitue la biodiversité, pas particulièrement celle des espèces. Mais au-delà de ce point, la biodiversité doit être comprise comme un processus dynamique incluant à part entière les mécanismes génétiques et écologiques. Ce point de vue peut changer radicalement non seulement ce que l'on étudie et ce que l'on cherche à préserver mais aussi les raisons de le faire.

Un processus dynamique (la démographie en est un exemple) du type émergences/extinctions (les mathématiciens parlent de « modèles naissance-mort ») peut aboutir à deux sortes de cinétiques : ou bien une cinétique positive dans laquelle les perturbations peuvent créer des fluctuations mais qui a toujours tendance à favoriser une richesse importante et à compenser les pertes ; ou bien une cinétique négative dans laquelle le système se dirige progressivement vers sa perte parce que les extinctions sont structurellement supérieures aux émergences (comme par exemple, une population en décroissance démographique). Dans ce dernier cas, les fluctuations naturelles peuvent hâter ou retarder le résultat, mais celui-ci est déterminé de toute façon.

Aujourd'hui. C'est toute la dynamique du système qui semble être perturbée. Notre action sur la biosphère ne se résume pas à accélérer la disparition de certaines espèces ; elle semble bel et bien avoir modifié les paramètres dynamiques des systèmes vivants dans le sens d'une décroissance. Divers exemples peuvent illustrer ce point. Si le thon rouge de Méditerranée s'éteint c'est sans doute parce qu'il est trop pêché mais c'est aussi et surtout parce que les poissons dont il se nourrit sont devenus trop rares. Dans un autre domaine, on constate une diminution vertigineuse de la diversité des variétés cultivées à l'échelle de l'ensemble de la planète. À quoi ce phénomène est-il dû ?

L'un des aspects essentiels du processus darwinien réside dans le fait que l'ensemble de la biodiversité tire son origine de la diversité génétique au sein de l'espèce. C'est là que tout démarre. Pour comprendre la dynamique du système, il faut donc se préoccuper de ce qui favorise ou entrave l'éclosion de ces différences. Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur ce niveau. Il serait fastidieux de donner une liste exhaustive des mécanismes mis en jeu. Mais l'étude détaillée d'un cas particulièrement bien connu pourra nous éclairer.

Soulignons tout d'abord que le processus mis en évidence par Darwin dans son diagramme ne fonctionne qu'à deux conditions.

D'une part, les différentes entités (familles, populations, variétés, sous-espèces) considérées doivent être suffisamment isolées, que ce soit sur le plan écologique ou reproductif, pour pouvoir se différencier. Cette différenciation se mettra en place, sous l'action de la sélection naturelle s'exerçant dans des conditions différentes ou même sous l'effet de ce que les généticiens appellent la « dérive génétique ». La cause la plus courante d'un tel isolement est certainement géographique. L'isolement géographique protège les lignées naissantes de la compétition entre elles – qui pourrait amener l'une à éliminer l'autre – et de l'hybridation qui prévient leur divergence. Il peut aussi les exposer à des conditions d'existence qui, en sélectionnant des aptitudes différentes, créent une divergence adaptative.

D'autre part, les entités en question doivent rester suffisamment reliées pour ne pas s'appauvrir en termes de diversité génétique interne. Si chaque population restait totalement isolée des autres pendant de très longues durées, chacune d'entre-elles deviendrait, sous l'action de la sélection et de la dérive, trop homogène pour pouvoir continuer à évoluer.

On voit que la production de diversité biologique résulte d'un subtil équilibre entre isolement et interconnexion. Trop d'isolement homogénéise chaque population, trop d'échange homogénéise l'ensemble.

Une action humaine dévastatrice pour la biodiversité

Sur ce plan, l'action humaine sur la biodiversité est facile à analyser. Entre la globalisation des échanges et l'isolement de chaque lieu du fait de l'occupation humaine, nous avons, en de nombreux endroits, rompu la dynamique du système. Depuis les semences ou les légumes jusqu'aux animaux domestiques en passant par les insectes ou les algues, sans oublier, bien sûr, les bactéries et les virus, nous transportons chaque jour des milliards d'êtres vivants sur des distances immenses et sur toute la surface du globe. La compétition, le parasitisme, la prédation, ainsi induits, conduisent à la disparition de rameaux entiers de l'arbre de la biodiversité. De nombreux marsupiaux, comme la totalité des oiseaux d'Hawaï, en ont fait les frais. Mais si nous connaissions tout ce qui se passe pour des formes moins remarquables à nos yeux, ou moins visiblement différentes, la liste des extinctions serait infiniment plus troublante.

Dans le même temps, nous construisons des routes, des autoroutes, des villes, des zones industrielles ou même des parcs et jardins qui sont autant d'obstacles aux échanges naturels entre individus de nombreuses populations. Ceci a trois conséquences majeures.

D'une part, chaque population, si elle s'éteint, aura peu de chances d'être refondée par des individus venus d'une population voisine. Cette idée a été développée depuis quelques décennies grâce au concept de métapopulation. La plupart des espèces sont constituées d'un ensemble de populations dont chacune peut s'éteindre et dont l'ensemble ne se maintient que grâce aux recolonisations dues à l'arrivée de migrants dans les territoires laissés vacants par ces extinctions. On peut certes compenser ce problème grâce à la construction de ponts ou de tunnels pour animaux croisant les autoroutes, mais cela ne résout pas le problème posé par les autres infrastructures. Ce sont bien des corridors connectant toutes les zones « naturelles » qu'il faudrait ménager dans tous les projets d'aménagement du territoire.

D'autre part, du fait de diverses causes externes, comme le réchauffement climatique par exemple, les populations de nombreuses espèces ne peuvent se maintenir qu'en se déplaçant (vers le Nord pour ce qui concerne la situation actuelle). Or ces déplacements sont interdits non seulement par les infrastructures, mais même par le fait que nous attribuons à chaque zone une destination qui n'est pas prévue pour évoluer en fonction des conditions : ici une forêt, ici des champs, là, un parc jardiné...

Enfin, et c'est ce qui nous concerne le plus ici, cet isolement imposé aux populations conduit à leur appauvrissement génétique et les rend incapables d'évoluer.

Globalisation et fragmentation sont les deux mécanismes majeurs par lesquels nous enravons le fonctionnement de la mécanique de la biodiversité.

Une agriculture moderne non durable

L'exemple le plus frappant de ce processus est sans doute celui des semences par lesquelles nous reproduisons les plantes qui nous sont les plus nécessaires, car à la base de notre alimentation. Fait remarquable, la question de la sauvegarde de ce que nous appelons couramment « ressources génétiques » – c'est-à-dire la partie de la biodiversité qui concerne les espèces que nous cultivons ou élevons – a commencé à se poser au cours du XX^e siècle. Dans les années 1970, la question est devenue : « comment freiner l'érosion des ressources génétiques ? ». Qu'à l'époque même où nos sociétés occidentales pensaient que leur essor technologique leur permettait de contrôler de mieux en mieux le vivant et où l'on commençait à savoir étudier et manipuler les génomes, la question se soit posée en ces termes a de quoi surprendre. En effet, la question n'était pas de savoir comment produire ces ressources mais seulement comment en limiter l'érosion. Résumons ce point en nous concentrant sur les plantes.

En quelques centaines de millions d'années, le processus évolutif a produit une multitude de formes dont chacune possède des potentialités évolutives importantes. Pendant des milliers d'années, les paysans du monde entier ont cultivé certaines des plantes issues de ce processus et en ont encore augmenté la diversité. Les ressources génétiques ainsi produites nous sont précieuses. C'est sur elles que reposent les possibilités de sélection future de ces plantes. Sélection qui permettra d'en augmenter les potentialités, de mieux répondre à nos besoins, de résister à différentes contraintes (maladies, sécheresse, *etc.*)... Or nous les exploitons sans les maintenir. Ces ressources, manifestement renouvelables pendant longtemps, sont devenues épuisables. Certains spécialistes parlent à ce sujet d'une agriculture « minière », une agriculture qui a perdu sa durabilité, une agriculture qui exploite sans plus renouveler. Il est sans doute significatif, dans ce cadre, que les paysans soient devenus des « exploitants agricoles » dans la terminologie agronomique.

Comment les agriculteurs ont-ils, au cours des millénaires, produit toutes ces variétés ? En cultivant les espèces dans un cadre d'isolement et d'échanges permettant au processus de biodiversité de fonctionner. La domestication des plantes s'est effectuée en maintenant des échanges entre les formes cultivées et sauvages. Puis, lorsque les formes cultivées se sont répandues hors de leurs territoires d'origine, chaque cultivateur a sélectionné ses propres semences dans les différents champs dont il avait la charge. Chaque lot de semences avait donc son individualité génétique. Mais la diversité interne à chaque lot a été maintenue par un système d'échanges entre paysans. Le processus de base de la biodiversité était à l'œuvre et une immense diversité a ainsi été créée.

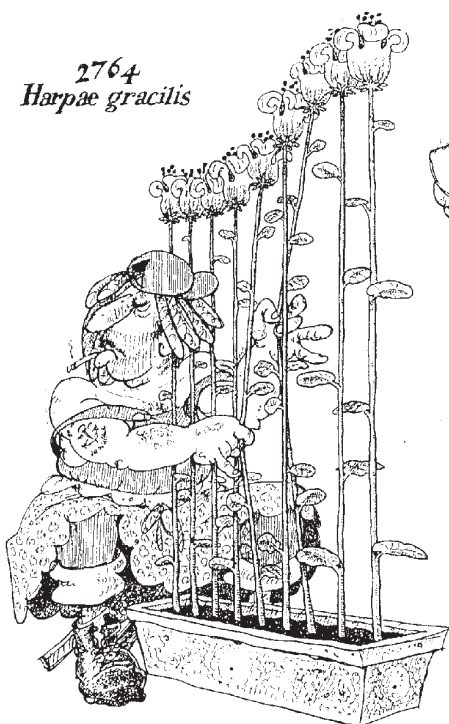
Au XIX^e siècle, tout cela a été bouleversé par une révolution dont les conséquences étaient difficiles à prévoir. Les agriculteurs se sont spécialisés : d'un côté ceux qui produisaient les semences, les semenciers, de l'autre ceux qui les exploitaient. À partir de ce moment, les plantes n'étaient plus reproduites que dans les champs des semenciers. Les récoltes de tous les autres champs étaient intégralement consommées pour produire de la nourriture, des aliments pour le bétail, puis des produits industriels. Du coup, aucune des nouveautés biologiques apparues dans ces champs n'avait d'avenir évolutif. L'innovation génétique ne pouvait plus se produire que chez les sélectionneurs, une toute petite partie de la communauté des agriculteurs qui avait seule en charge l'avenir des ressources génétiques. Cette pratique a eu des effets bénéfiques sur la production agricole. L'« amélioration des plantes » a permis des progrès de production immenses. Des pays comme la France sont ainsi passés du statut d'importateurs à celui d'exportateurs dans le domaine agricole. Tout semblait aller pour le mieux dans le meilleur des mondes. Mais tout cela reposait sur la diversité des formes vivantes sur lesquelles s'exerçait l'activité des sélectionneurs. Or aussi doués qu'ils aient pu être, ces sélectionneurs ne pouvaient, sur ce plan, remplacer l'immense territoire d'évolution représenté

Planche LXXVIII

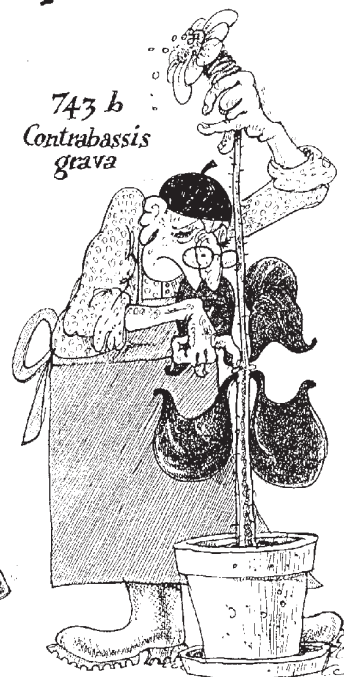
QUELQUES RARETÉS

Primées au Conservatoire botanique national

2764
Harpae gracilis



743 b
*Contrabassis
grava*



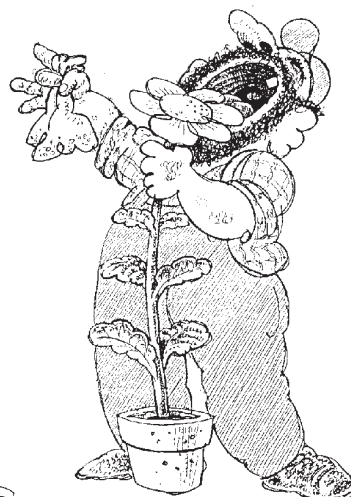
1295
*Estradivaria
mirabilis*



141
Trioraisnairi discordans



13822
*Fava rotta
var. belcantis*



— Rousso

Dessin de Robert Rousso paru dans le *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°44.

par l'ensemble des champs cultivés. Ils se sont, bien entendu, saisis du problème. C'est ainsi que la question des ressources génétiques est entrée dans l'agenda des questions agronomiques, de la recherche et des grandes institutions internationales.

Dans l'urgence, une solution a été trouvée : constituer des banques de gènes. Des enceintes réfrigérées contiennent des milliers de sachets ou de récipients dont chacun contient les semences d'une variété particulière de l'espèce conservée. Cette solution permet de parer au plus pressé. On congèle la diversité pour un temps... Ces graines mises au froid ne sont pourtant pas éternelles. Elles finissent par perdre leurs possibilités germinatives. Il faut alors les semer, bien isolées les unes des autres et récolter leurs descendants pour les remettre au frigo. Ce faisant, on perd un peu de diversité et, de toute façon, ce n'est pas d'une diversité congelée dont l'humanité a vraiment besoin. Mais bien d'une diversité vivante, capable d'évoluer avec les conditions climatiques, sanitaires, agronomiques... Ces banques ne peuvent constituer qu'une solution de sauvegarde provisoire en attendant qu'une vraie solution, durable, soit trouvée.

Dans le même temps, le nombre d'entreprises semencières n'a cessé de décroître, et avec elles, la diversité des variétés disponibles. Ceci est dû au fait que les entreprises semencières sont touchées par les phénomènes de concentration. En France, par exemple, une coopérative semencière – Limagrain – a connu une croissance remarquable au point d'éclipser pratiquement toutes les autres entreprises locales. Au niveau international, ce mouvement a été amplifié par le fait que les entreprises d'agrochimie ont décidé d'investir cette niche. Les phénomènes de concentration industrielle ont encore renforcé le processus, aboutissant à des géants dont le plus célèbre est sans doute la firme Monsanto. La conséquence, du point de vue de la biodiversité est que le nombre de populations des plantes cultivées reproduites effectivement est en chute libre et il en va de même de la diversité de ces plantes.

Quelles solutions ?

Deux types de solutions existent pour tenter de résoudre ce problème. Malheureusement, pour le moment, étant donné le contexte économique, juridique et politique, celles-ci sont incompatibles.

On peut penser que la technologie permettra de pallier la perte de ces ressources. En allant chercher chez des bactéries ou chez d'autres organismes (poissons, autres plantes, *etc.*), au coup par coup, les gènes dont nous avons besoin pour résoudre telle ou telle difficulté, nous pourrions nous passer d'une réelle diversité, vivante, des plantes cultivées. Nous pouvons d'ailleurs, dans ce cadre, nous contenter de congeler cette diversité dans un immense frigo souterrain, comme c'est déjà le cas à Svalbard, une île de Norvège, où sont entreposées les semences d'un grand nombre de variétés actuelles de nombreuses plantes cultivées. Comme on l'a vu, ces graines vont mourir, mais leurs gènes resteront disponibles longtemps. La présentation de l'opération : « Sauvegarder la diversité génétique des cultures vivrières de la planète pour les générations futures constitue une contribution importante à la lutte contre la faim et la pauvreté dans les pays en développement » repose clairement sur une vision fixiste de la diversité. Chaque forme n'est qu'un élément d'un ensemble figé et la dynamique du système n'est pas prise en compte.

L'image de l'« Arche de Noé » procède de cette même logique. Bien sûr, les tenants de ce type de démarche savent bien que le monde changera et qu'il faudra faire évoluer les cultures, mais ils font le pari que notre technologie deviendra à court terme, assez puissante pour remplacer les processus naturels d'évolution des espèces, que la diversité passée est suffisante pour couvrir les besoins du futur et que nous n'avons pas à nous préoccuper de maintenir le fonctionnement qui l'a produite. On voit bien l'aspect « minier » de la démarche. La diversité, comme le pétrole sera exploitée et, quand elle sera tarie, l'homme trouvera bien un « machin » pour la remplacer. C'est l'option prise par les firmes de biotechnologie et suivie par une majorité des États. Dans ce cadre, le progrès technologique doit être favorisé. En maximisant le profit des entreprises innovantes et, pour cela, en leur donnant la propriété des ressources génétiques qu'elles exploitent et produisent. C'est dans cet esprit que le brevet sur l'insertion de gènes dans des plantes, d'abord rejeté par l'office américain puis par

l'office européen des brevets a finalement été accepté, puis promu, ouvrant la porte à la production d'OGM commerciaux.

On peut au contraire penser que notre technologie naissante est loin de posséder les potentialités de la sélection opérée par des millions d'agriculteurs sur des millions de parcelles, de par le monde. Que dans cet esprit, il est urgent de remettre en route le processus dynamique de génération de biodiversité. Il ne s'agit pas, bien sûr, de revenir à l'époque néolithique. Il s'agit de développer des techniques de « sélection participative », dans lesquelles les connaissances modernes de la biologie, de la génétique, de l'écologie et de l'agronomie seraient mises en œuvre pour développer la production agricole en réponse à la demande croissante de l'humanité. Dans ce cadre, chaque agriculteur participerait à la sélection de façon concertée et optimisée, incluant, si besoin est, des démarches biotechnologiques, mais en ne laissant plus le monopole du contrôle des ressources génétiques à quelques entreprises au niveau mondial. Ceci suppose, bien sûr, que chaque agriculteur soit possesseur de ses semences, et qu'il en échange une partie avec ses voisins. Ceci est, par conséquent, incompatible avec la vision précédente fondée sur le brevet et l'appropriation de la diversité par quelques firmes.

Le problème est donc relativement bien cerné, en tout cas pour la partie de la biodiversité qui concerne les plantes cultivées. Nous connaissons les tenants et les aboutissants des décisions prises. Nous connaissons les solutions envisageables. Nous pouvons miser sur la technologie pour résoudre les problèmes qu'elle créera dans le futur et remplacer la durabilité des systèmes biologiques par une confiance aveugle en nos capacités techniques futures. Il est aussi possible de promouvoir une attitude plus humble où, sans rejeter la technique, les humains tenteront de maintenir la durabilité des processus fondamentaux dont sont issus les êtres vivants en les orientant dans la direction souhaitée. À cette échelle réduite, se présente toute la problématique de la biodiversité, et plus généralement de l'environnement. Il ne s'agit pas seulement de questions scientifiques mais de choix politiques, de la façon dont nous souhaitons voir notre monde évoluer. Au fond, toutes les options peuvent s'avérer bonnes si elles sont choisies en toute connaissance de cause ; si les humains réussissent à éviter de surestimer les capacités de leurs inventions à résoudre les problèmes qu'elles auront engendrés.

Dans tous les cas, si l'on souhaite qu'une réflexion construite émerge sur ces questions, il est urgent de remplacer notre vision ancienne de la diversité fondée sur des listes d'espèces fixes pour la remplacer par la vision dynamique proposée, il y a 150 ans, par Darwin et symbolisée par le diagramme du début de notre exposé. C'est seulement lorsque ceci sera bien compris qu'il deviendra possible pour les décideurs de comprendre quels sont les enjeux réels et pour les acteurs d'agir efficacement sur le système.

Cultiver la biodiversité¹

François Papy*, Isabelle Goldringer**

*Académie d'Agriculture, **UMR de génétique végétale, INRA Le Moulon

papy.francois@numericable.fr ; isa@moulon.inra.fr

Depuis le Néolithique, l'homme transforme un certain nombre d'espèces végétales en même temps que les milieux dans lesquels il les cultive. Cette co-évolution des espèces et des milieux de culture a connu des ruptures que les historiens dénomment révolutions agricoles. Le courant de recherche international dit « d'intensification écologique » qui, depuis plus de 10 ans, se fonde sur un usage intensif des processus écologiques (CIRAD, 2011 ; Griffon, 2010²) marque une de ces ruptures que nous allons présenter, mettant en commun les réflexions d'une généticienne et d'un agronome. Cette rupture consiste à réintroduire en agriculture une diversité écologique dans les paysages agricoles en même temps que des diversités inter- et intra-spécifique des plantes cultivées. C'est ce que nous désignons sous le terme de culture de la biodiversité.

Cette biodiversité cultivée permet de bien valoriser les ressources abiotiques (énergie lumineuse, matière minérale, eau, température, etc.) et de gérer, dans l'espace et le temps, les interactions entre les plantes cultivées, leurs bio-agresseurs et les ennemis naturels de ces derniers. Voilà l'idée maîtresse que nous développerons, argumentant cette proposition d'abord par un survol des deux dernières révolutions agricoles des temps modernes survenues en Europe du Nord, qui nous révèle qu'une première intensification écologique a été supplantée par des agricultures faisant un usage intensif d'intrants externes dont on mesure maintenant les limites. Suit un exposé de pistes de recherche sur la nouvelle intensification écologique qui émerge.

Les dernières ruptures dans la co-évolution de la sélection des plantes et des procédés de culture

Ces ruptures ont été décrites par Mazoyer et Roudart (1997) et Ferault et Le Chatelier (2009).

La première intensification écologique

• *Les systèmes de culture à jachère*

Dans le Nord de l'Europe dominant, au Moyen Âge, des systèmes de culture à base de céréales. Entre les cycles de culture s'intercalent de longues périodes sans couvert cultivé, plus ou moins longues selon qu'aux moissons succèdent, un peu plus d'un an après, les semailles de céréales d'hiver ou, un peu plus de six mois après, celles des céréales de printemps. La fonction première de ces périodes dites de jachère est la maîtrise des adventices que l'on obtient par une succession de façons culturales. Sans doute cette jachère joue-t-elle aussi un rôle, difficile à vérifier, de rupture des cycles

1. Ce texte publié dans le *Courrier de l'environnement* n°60 reprend une communication faite à l'Académie d'agriculture de France le 13 octobre 2010 à l'occasion d'une séance consacrée à la biodiversité. Il est possible de lire un résumé des différentes communications et des discussions de cette séance dans les *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, vol. 16, 4, 29-39 ou en se reportant au site : <http://www.academie-agriculture.fr/>

2. De nombreux Anglo-Saxons donnent un sens tout à fait voisin au concept de « *sustainable intensification* ».

de pathogènes dans les successions céréalières. Selon que la longue jachère revient tous les deux ou trois ans on a des rotations biennales ou triennales.

L'exportation de matière par les récoltes est compensée par le transfert de matière que permettent les animaux d'élevage à partir des espaces où ils s'alimentent : le saltus, espace herbacé non cultivé, et les sous-bois. La stabulation améliore la qualité du transfert. Fondé sur l'exploitation directe de la fertilité naturelle de l'ager et, par transfert, sur celle du saltus, ce système minier épuise les ressources naturelles. Au XIV^e siècle la production agricole régresse. Le rendement des cultures baisse ; le taux de matière organique du sol également. Pour compenser cette dégradation et nourrir une population qui croît, les hommes étendent l'ager. C'est au détriment des forêts et du saltus, sources de fertilité. L'ensemble du système n'est donc pas durable.

Au demeurant les ressources naturelles sont très mal utilisées puisque, pendant les longues périodes de jachères, le système de culture n'utilise pas la photosynthèse pour fabriquer de la biomasse et que les façons culturales répétées favorisent la minéralisation de la matière organique du sol et la perte d'azote par lessivage. En valorisant mieux les capacités productives des écosystèmes (énergie lumineuse, fixation de l'azote, résistance aux bio-agresseurs des plantes cultivées, *etc.*), les systèmes de culture continue, fondés sur l'usage d'une grande variété d'espèces cultivées, qui vont succéder aux systèmes à jachère, constitueront une véritable intensification écologique au sens moderne que l'on donne à ce terme d'utilisation intense des fonctionnalités naturelles des écosystèmes.

• *Les systèmes de culture continue et la polyculture-élevage*

Débutant par les Flandres, du XVI^e au XIX^e siècle, cette révolution va s'étendre progressivement à toute l'Europe. Au début, la jachère d'un an est remplacée par une légumineuse fourragère (trèfle violet, vesce, sainfoin, *etc.*) ou une graminée (raygrass), parfois le mélange des deux et la jachère courte de huit mois par des navets en culture dite dérobée. Plus tard, des prairies temporaires de plusieurs années, à base de luzerne ou de trèfle blanc et de graminées fourragères, s'inscrivent entre des cycles de culture d'espèces annuelles. La liste des espèces cultivées s'allonge : choux et maïs dans les régions méridionales, pomme de terre, betterave, lin et chanvre ailleurs. Les animaux trouvent ainsi sur l'ager une alimentation autre que les quelques fourrages résiduels qu'ils y glanaient précédemment. Les prairies permanentes (le saltus) sont cantonnées dans les terres difficiles à labourer, de par leur nature ou l'éloignement de l'habitat.

Ainsi se met en place un système de polyculture-élevage dans lequel la culture d'une grande diversité d'espèces permet de mieux valoriser les ressources naturelles. L'utilisation continue de l'énergie lumineuse par la photosynthèse produit plus de biomasse qui retourne partiellement au sol et accroît sa teneur en humus. La maîtrise des adventices qui justifiait naguère la jachère est assurée par la culture d'une succession d'espèces variées : espèces semées à grands écartements permettant d'éliminer les adventices par sarclage, d'autres, semées dense, permettant de les concurrencer pour la lumière. La culture de légumineuses, annuelles ou pérennes, assure la fixation de l'azote de l'air qui profite à l'ensemble du système de polyculture-élevage. C'est l'azote fixé par les surfaces fourragères que l'on retrouve dans le fumier. La succession d'espèces différentes régule les populations de bio-agresseurs.

De génération en génération les plantes sont sélectionnées par les agriculteurs qui choisissent de reproduire des mélanges de celles qui sont les plus adaptées aux usages qu'ils en font et aux milieux de culture. Des échanges entre régions assurent un renouvellement de la diversité intra-spécifique qui, sans cela, s'amenuiserait. La sélection des plantes est diversifiante.

Afin de produire toujours davantage pour une population qui ne cesse de croître, ce système rencontre cependant des limites. Les déficiences minérales des milieux de culture, comme celle en phosphore, ou encore l'acidité du sol ne peuvent être corrigées par un recyclage local des matières organiques. Dès le XVIII^e siècle se pratiquent en France du marnage et des épandages de phosphates moulus du Quercy. Quant à la quantité d'azote, élément primordial de la production de biomasse, elle est limitée par la capacité de fixation des microorganismes du sol.

La révolution technique du XX^e siècle

• Des systèmes de culture à usage intensif d'intrants

Au cours des XIX^e et XX^e siècles, le passage de la polyculture-élevage à des systèmes spécialisés à usage intensif d'intrants va se faire par étapes (Papy, 2008). Grâce à la théorie minérale qui émerge dans la deuxième moitié du XIX^e siècle et au développement des transports, les carences physico-chimiques des milieux de culture sont corrigées. Se généralisent alors les amendements calciques pour corriger l'acidité des sols, les marnages et le redressement des teneurs des sols en phosphore. Ces correctifs faits, l'augmentation des rendements se trouve limitée par le manque d'azote. L'emploi d'engrais azotés pallie alors l'insuffisance des quantités d'azote fixées, à partir de l'air, par les micro-organismes, même avec la culture de légumineuses. Mais le nitrate du Chili (minéral) et le guano (organique) sont des engrais fossiles qui s'épuisent vite.

L'augmentation de production de biomasse des écosystèmes cultivés se serait sans doute arrêtée là, si une découverte n'était pas survenue au début du XX^e siècle : la synthèse de l'ammoniac à partir de l'azote de l'air. Elle va servir à la production d'engrais azotés et permettre le forçage de la production de biomasse dans les écosystèmes cultivés, tout en modifiant les échanges gazeux entre biosphère et atmosphère. Dans la deuxième moitié du XX^e siècle, l'usage croissant de la fertilisation azotée, une modification radicale dans l'organisation de la sélection végétale, la motorisation, ainsi que le développement des pesticides, la poursuite de l'aménagement des terrains (irrigation, drainage) et l'accroissement des moyens de transport vont radicalement modifier les systèmes de production agricole. Ces différentes techniques d'aménagement des terrains, de culture et d'amélioration des plantes, s'adaptant de façon évolutive les unes aux autres, aboutissent à des systèmes productifs très cohérents. L'alimentation azotée abondante des plantes cultivées les fragilise. Les céréales à paille deviennent plus sensibles à la verse ; la découverte, au Japon, de gènes de nanisme dans une variété de blé, Norin 10, permet, grâce à des croisements avec du matériel américain puis avec les géniteurs du Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT) par Norman Borlaug, de sélectionner des variétés à paille courte. Elles assurent ainsi une bonne valorisation de plus forts apports d'azote (fig. 1 ; Evans et Fischer, 1999).

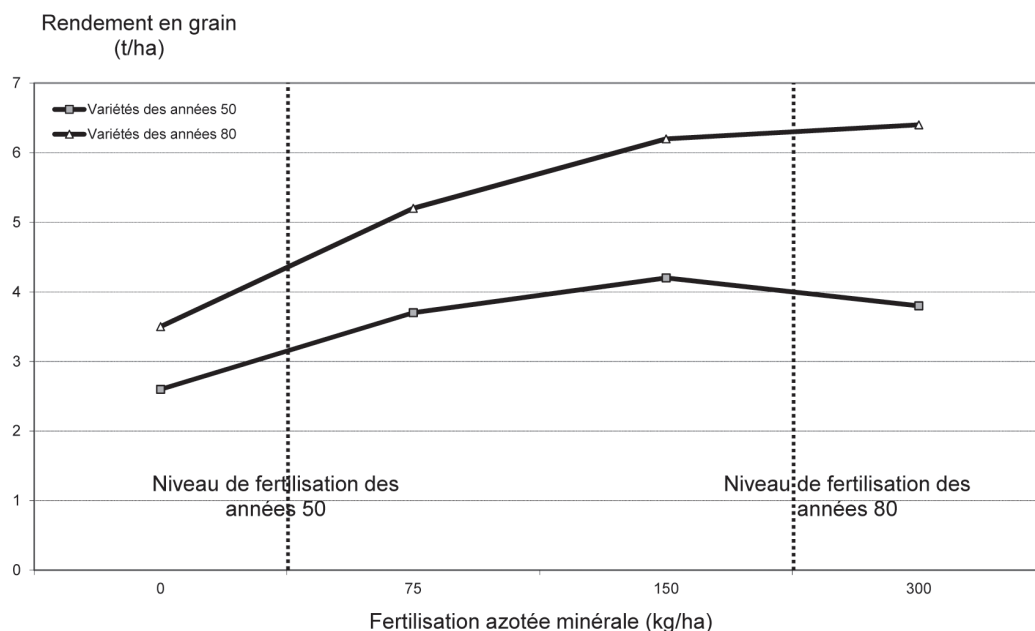


Fig. 1. L'interaction cultivar x pratique agronomique. À partir des années 1980 les gènes de nanisme introduits dans les variétés de blé leur donnent un meilleur rapport grain/paille, une moindre sensibilité à la verse et donc, à dose égale d'azote, une meilleure production de grains à l'hectare. D'après Evans et Fischer, 1999.

Face à ces variétés de courte taille, la concurrence des adventices devient plus forte ; les herbicides règlent le problème. Les modes de culture intensive rendent les plantes cultivées plus sensibles à différents bio-agresseurs ; les pesticides y remédient et dispensent les sélectionneurs de faire des efforts pour obtenir des variétés résistantes, afin de se consacrer à l'amélioration des performances marchandes en quantité et qualité technologique. La motorisation permet d'intervenir au bon moment sur de grandes surfaces, garantissant ainsi l'efficacité des différents intrants.

Le recours important aux intrants permet de se dispenser de cultiver une diversité inter-et intra-spécifique. La culture se sépare de l'élevage et des productions fourragères, les apports de fumier aux terres de culture n'étant plus nécessaires. L'emploi des pesticides permet de raccourcir les rotations et d'aller, dans certains cas, jusqu'à la monoculture. C'est ainsi qu'en un lieu donné diminue le nombre d'espèces cultivées. De plus, au sein de chaque espèce, la sélection restreint la base génétique des variétés. Les populations d'espèces cultivées sont devenues de plus en plus homogènes (lignée pure, hybride F1 ou clone, selon le mode de reproduction) pour être de plus en plus performantes dans des itinéraires techniques de plus en plus standardisés et adaptés au matériel végétal (Gallais, 2005 ; Bonneuil *et al.*, 2006). Enfin, la mécanisation pousse à accroître la taille des parcelles, par conséquent à supprimer des haies, des talus, des bordures de champs et, ainsi, à ségréguer les espaces cultivés des lieux de préservation de la biodiversité sauvage (Thenail *et al.*, 2009 ; Papy et Ambroise, à paraître). Homogénéisation des paysages, des variétés et des procédés de culture vont de pair.

En termes de bilan, ces systèmes de culture (tout comme les systèmes d'élevage) constituent une incontestable réussite au plan de l'accroissement de la production qui, ainsi, a largement dépassé la demande alimentaire d'une population en croissance. Ajoutons qu'en intensifiant son agriculture le territoire français a vu sa surface forestière augmenter de 35 % au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle, alors que, pour obtenir la même production avec les rendements du début de cette période, c'est le quart de la forêt qui aurait dû disparaître. C'est à mettre au crédit de cette intensification des terres de culture quand on sait le rôle que joue la forêt dans la régulation des gaz à effet de serre.

• *Les ambiguïtés d'un progrès*

On connaît maintenant suffisamment les limites de cette révolution technique ; il n'est pas utile de les développer ici. Au niveau local, la qualité de l'eau, des sols, a souvent été dégradée, la biodiversité sauvage très affectée ; au niveau global on a pris conscience que le bilan des gaz à effet de serre de l'agriculture intensive est mauvais, en raison des consommations directes d'énergie fossiles et de la fertilisation azotée ; en plus de la consommation d'énergie qu'elle implique dans le processus de fabrication, cette dernière favorise l'émission dans l'atmosphère du protoxyde d'azote (N₂O), très puissant gaz à effet de serre. Dès les années 1970, la fixation de l'azote atmosphérique par l'activité humaine, consacrée principalement à produire des engrais, a dépassé les capacités des écosystèmes à réduire les formes oxydées des composés azotés jusqu'à pouvoir réémettre dans l'atmosphère la même quantité d'azote sous la forme ultime N₂ (Galloway et Cowling, 2002).

Mais, outre que ce progrès technique s'est accompagné de dégâts sur ce qui fait notre environnement, sans doute ne dit-on pas assez la régression que constituent ces procédés de culture et de sélection des plantes par rapport au progrès de la première révolution agricole décrite plus haut. Des capacités de production et de résilience des écosystèmes cultivés ont été perdues. En effet, les périodes d'inter-culture où les sols sont laissés nus sous-utilisent la capacité photo-synthétique des couverts végétaux alors que le sol manque souvent de matière organique ; une forte fertilisation minérale réduit les symbioses bactériennes ou mycorrhiziennes et, par conséquent, les capacités naturelles de fixation de l'azote et de biodisponibilité des éléments minéraux ; si la capacité des plantes à capter l'énergie lumineuse a été prise en compte dans la sélection végétale, celle du système racinaire à capter les éléments minéraux et l'eau du sol a souvent été négligée ; dans les céréales à paille la sélection sur le nanisme a été accompagnée d'une réduction du système racinaire (Waines et Ehdaie, 2007). Les insecticides ont très souvent des effets néfastes directs sur les auxiliaires, notamment les pollinisateurs, ou encore sur les vers de terre et les arthropodes du sol ;

les fongicides sont plus toxiques encore ; les herbicides réduisent le nombre d'espèces adventices et indirectement des populations utiles de la méso-faune du sol (Collectif, 2009). L'usage continu de ces produits, ainsi que la réduction de la biodiversité inter- et intra-spécifique (tendance à la monoculture, variétés fixées) entraînent sur les populations de bio-agresseurs des pressions de sélection qui produisent l'apparition de populations résistantes aux pesticides et virulentes pour les plantes cultivées (Deguine *et al.*, 2008). La disparition de nombreuses structures paysagères comme les bordures de champs, les talus, haies, fossés, ont fait disparaître des habitats pour les auxiliaires des espèces cultivées.

Bref, pour faire face aux défis de demain, il faut maintenant progresser dans une synthèse des deux dernières révolutions agricoles. Diminuer les intrants et utiliser les capacités de production et de résilience des écosystèmes cultivés par la réintroduction de la diversité inter- et intra-spécifique des plantes cultivées, voilà les voies qu'il faut, désormais, prospecter.

Les recherches en cours...

...pour augmenter la biodiversité inter-spécifique, cultivée et sauvage

La diversification inter-spécifique consiste à organiser dans le temps et l'espace la culture de plusieurs espèces sélectionnées pour diverses fonctions de production ou de service et l'entretien d'espèces sauvages pour les services qu'elles jouent dans l'écosystème cultivé local.

• *Cultiver une diversité d'espèces*

Sans doute ne fait-on que réactiver le rôle des rotations longues sur la maîtrise du parasitisme tellurique et des adventices, celui des assolements diversifiés sur les maladies ou ravageurs à dispersion aérienne et des légumineuses sur la fixation de l'azote de l'air, *etc.* Cependant les mécanismes en jeu sont de mieux en mieux connus parmi lesquels les interactions biochimiques d'allélopathie¹ semblent avoir un rôle important dans les relations entre espèces voisines dans l'espace (par exemple entre la plante cultivée et les adventices) ou dans le temps (effet d'un précédent culturel sur l'espèce qui suit). Si de nombreux effets d'allélopathie sont établis en conditions contrôlées, démontrer leur réalité en conditions agricoles est une affaire délicate (Doré *et al.*, 2004). Les connaissances sur ces mécanismes au champ progressent cependant. La gestion des rotations en est un bon exemple ; le rôle de différentes crucifères comme précédents culturels sur la réduction de maladies comme la pourriture molle du pois ou le piétin échaudage des céréales par les composés chimiques qu'elle libère a été bien étudié (Reau *et al.*, 2005). Cette fonction de régulation des populations de bio-agresseurs peut être également confiée à des espèces mises en culture intercalée entre deux cultures d'espèces de rapport.

Dans la diversification des espèces cultivées, une attention particulière doit être accordée aux légumineuses qui, par symbiose avec le rhizobium, permettent d'économiser l'énergie de fabrication des engrais azotés, de réduire les pertes gazeuses et d'enrichir le sol en azote. Elles peuvent apporter jusqu'à 200-300 kg d'azote par hectare dans le cas des fourragères ou du soja (Brunel, 2005), à condition que les conditions de fonctionnement de la symbiose soient satisfaites, ce qui n'est pas le cas en sols battants et tassés. L'enrichissement azoté sert aux autres espèces mises en rotation.

La couverture continue du sol (très développée dans certaines agricultures tropicales) est obtenue par des plantes qui n'ont pas une fonction de rapport mais de service dans la prévention de l'érosion, la pénétration des eaux de pluie, le piégeage des nitrates, la séquestration du carbone et, par suite, l'augmentation de matière organique et de vie microbienne dans le sol. Elle est souvent pratiquée en inter-rang des vignes et vergers ; il peut être utile dans ce cas de contrôler mécaniquement ou chimiquement l'enherbement pour éviter, en été, la compétition pour l'eau (Dupraz, 2005). En grande culture des pays tempérés, la couverture continue du sol est pour l'instant peu pratiquée.

1. L'allélopathie désigne l'effet d'une plante sur une autre par la production de composés chimiques libérés dans l'environnement.

Cette diversification des espèces cultivées implique des efforts de sélection sur des plantes qui ont été jusqu'alors délaissées, non seulement sur des espèces de rapport mais aussi des espèces de service. C'est dire le défi qui est lancé à l'amélioration des plantes qui, comme le disent Meynard et Jeuffroy (2006) va se mesurer par l'adaptation des variétés disponibles à la diversité des demandes locales.

- *Entretenir une biodiversité sauvage*

L'entretien d'une biodiversité sauvage est aussi partie intégrante des principes de l'intensification écologique (Baudry et Papy, 2001 ; Dupraz 2005 ; Deguine *et al.*, 2008 ; Thenail *et al.*, 2009). L'aménagement de structures paysagères faites de haies composites, de bandes enherbées et fleuries, plus ou moins larges, ou de simples bordures de champ maintenues en végétation est conçu, selon les cas, pour servir d'habitat à des auxiliaires indigènes, d'obstacle au ruissellement ou au transfert de pollen indésirable, de zone tampon... L'exemple des bandes fleuries qui attirent les syrphes adultes dont les larves consomment les pucerons des céréales illustre bien l'intérêt de gérer les habitats de sorte à favoriser les ennemis des bio-agresseurs des espèces cultivées et défavoriser ces derniers.

La biodiversité inter-spécifique a donc des avantages agronomiques reconnus. Les freins à sa généralisation viennent de la nécessité, pour la mettre en œuvre, de reconsidérer profondément les filières tant à l'amont qu'à l'aval des exploitations agricoles, et de concevoir des dispositifs de coordination entre exploitations au sein des territoires agricoles. Mais qu'en est-il de la diversité intra-spécifique ?

... pour augmenter la biodiversité intra-spécifique

Avant d'aborder la question de savoir quel intérêt peut avoir l'accroissement de diversité intra-spécifique, il faut d'abord noter que les nouveaux procédés de culture impliquent de nouveaux idéotypes de variétés. La question a déjà été bien traitée dans une séance de l'Académie d'Agriculture en juin 2005² et dans Meynard et Jeuffroy (2006). On peut résumer comme suit les caractéristiques à rechercher : une meilleure résistance aux stress azoté et hydrique généralement obtenue par un meilleur développement en profondeur du système racinaire, alors que, nous l'avons vu, le raccourcissement des pailles de céréales l'a réduite ; une bonne compétitivité vis-à-vis des adventices, tout comme, bien sûr, des résistances aux multiples maladies et prédateurs. Mais les populations pathogènes contournent les résistances plus vite encore qu'on ne peut mettre au point de nouvelles variétés (Gallais, 2005). C'est là l'un des problèmes majeurs de l'amélioration des plantes cultivées qui en fait une activité qui ne peut avoir de cesse. C'est ainsi, par exemple, que l'usage du coton transgénique Bt aboutit, à cause de ce phénomène de contournement, à une course à la recherche de nouvelles entomotoxines contre les noctuelles ! (Deguine *et al.*, 2008).

Mais il existe plusieurs autres pistes de recherche jouant sur la diversité intra-spécifique.

- *La diversification des variétés dans l'espace et le temps*

On trouve un bon exemple de ce mode de prévention des résistances dans l'obligation faite par l'agence américaine de protection de l'environnement aux producteurs de coton Bt de maintenir des zones refuges indemnes de coton possédant le transgène Bt. Cette mesure d'intérêt public vise à diluer, par brassage génétique, d'éventuels gènes de résistance entre populations soumises à la pression de sélection (Deguine *et al.*, 2008). Elle est malheureusement contrecarrée par les intérêts à court terme des producteurs et les stratégies des semenciers³. Un autre exemple est donné par la mise en place par le CETIOM en 2003, après un travail de caractérisation génétique des résistances du colza au phoma, d'un outil d'aide au choix de variétés. Il comporte des recommandations pour éviter certains voisinages (ou certaines successions) de types de résistance (Aubertot *et al.*, 2006).

2. Communication de M.H. Jeuffroy à la séance du 1^{er} juin 2005.

3. On comprend bien toutes les ambiguïtés de la transgénèse pour réguler les résistances aux maladies. D'un côté, les agences administratives établissent des réglementations pour circonscrire la généralisation d'un type donné de résistance et de l'autre, pour valoriser leurs brevets, les entreprises semencières développent sur plusieurs espèces les mêmes gènes de résistance. C'est le contraire d'une diversification intra-spécifique ; cette pratique favorise le contournement des résistances par les bioagresseurs.

- *Le mélange de variétés au sein d'une même parcelle*

Le principe consiste à associer dans une même parcelle des variétés différentes par leurs gènes de résistance, mais homogènes pour les caractères qui déterminent le cycle cultural et la facilité de récolte. Les principaux facteurs de réduction de la sévérité des épidémies dans les associations variétales sont la faible densité de plantes sensibles, les effets de barrière des plantes résistantes et la résistance induite (Vallavielle- Pope, 2006 ; Finckh, 2008). Les associations d'espèces aux capacités différentes de résistance aux maladies et d'adaptation aux contraintes abiotiques procurent une meilleure stabilité des rendements que les cultures pures avec une qualité de produit qui peut être équivalente ou même supérieure. Mille *et al.* (2006) l'ont bien montré sur blé. À condition de renouveler les semences, l'association de variétés est une solution qui mérite d'être développée.

- *La maîtrise d'une certaine hétérogénéité intra-variétale*

Une dernière voie est également explorée. Puisque l'homogénéisation des variétés était justifiée par la standardisation des itinéraires techniques, on peut se demander si, ces derniers l'étant moins dans une optique d'adaptation des procédés de culture aux capacités des écosystèmes locaux, il ne serait pas judicieux d'utiliser la capacité évolutive des populations d'espèces cultivées (Bonneuil *et al.*, 2006). Ne permettrait-elle pas de s'adapter à l'évolution des caractéristiques biotiques et abiotiques d'un milieu ou encore aux différents milieux de culture ? Un réseau d'essais de populations composites de céréales a permis de montrer la rapide différenciation des populations en fonction des lieux de culture par une adaptation tant aux populations pathogènes qu'aux caractéristiques des milieux, notamment le climat (Paillard *et al.*, 2000 a et b ; Goldringer *et al.*, 2006 ; Rhoné *et al.*, 2008 et 2010 ; Döring *et al.*, 2010 ; Wolfe *et al.*, 2008). Elle justifie de se pencher sur des dispositifs éclatés de sélection de variétés populations à condition que soient bien maîtrisés l'évolution des caractères d'intérêt dans le sens désiré ainsi que les échanges de semences entre régions pour maintenir la diversité intra-variétale (Dawson *et al.*, 2010).

Conclusion

Les différentes pistes, pour l'instant juste ouvertes, qui consistent à inscrire (à réinscrire, pour dire vrai) les procédés de culture et d'amélioration des plantes dans le fonctionnement des écosystèmes, demandent de nouvelles relations entre agriculteurs, agriculteurs et industriels, agriculteurs et semenciers, agriculteurs et tout autre acteur des territoires ; relations de coordination et de coopération pour valoriser les capacités fonctionnelles des écosystèmes. Voilà tout ce qui fait obstacle à la mise en œuvre de cette intensification écologique (Meynard, 2010). Les agronomes vont devoir s'impliquer dans la conception de modalités de transition. Autre relation entre les hommes, autre relation des hommes aux ressources naturelles que celle qui s'emploie à les exploiter, puis à constater et déplorer qu'elles soient finies. Autre économie pour tout dire ! ■

Références bibliographiques

- AUBERTOT J.N., BRUN H., LEMARIÉ S., MÉSSÉAN A., PINOCHET X., RENARD M., ROUXEL T., 2006. Un exemple de recherche pluridisciplinaire au service d'une innovation : le cas de la gestion durable des résistances du colza au Phoma. In : J. Caneill (Ed.). *Agronomes et innovations*. III^e édition des Entretiens du Pradel. Paris, l'Harmattan, 356 p.
- BAUDRY J., PAPY F., 2001. The role of landscape heterogeneity in the sustainability of cropping systems. In : Nösberger J., Geiger H.H., Struik P.C. (Eds.), *Crop Science. Progress and Prospect*, Cabi Publishing, Oxon, 243-259.
- BONNEUIL C., DEMEULENAERE E., THOMAS F., JOLY P.B., ALLAIRE G., GOLDRINGER I., 2006. Innover autrement ? La recherche face à l'avènement d'un nouveau régime de production et de régulation des savoirs en génétique végétale. *Les dossiers de l'environnement de l'Inra*, n°30, 29-51.
- BRUNEL B., 2005. La microbiologie des sols, un champ prometteur pour l'agro-écologie. In : *Demeter 2006*. Éditions Club Demeter.
- CIRAD, 2011. Inventer une nouvelle agriculture, http://www.cirad.fr/cirad_fr/innovation-expertise/competences-et-expertises/inventer-une-agriculture-ecologiquement-intensive-pour-nourrir-la-planete
- COLLECTIF, 2009. *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies*. Expertise scientifique collective de l'INRA. Éditions Quae, 177 p.
- DAWSON J.C., RIVIÈRE P., GALIC N., PIN S., SERPOLAY E., MERCIER F., GOLDRINGER I., 2010. On-farm conservation and farmer selection as a strategy for varietal development in organic agricultural systems. *EUCARPIA 2nd Conference of the organic and low-input agriculture. Breeding for resilience: a strategy for organic and low-input farming systems ?* Paris, France, décembre 2010.

- DEGUINE J.P., FERRON P., RUSSEL D., 2008. *Protection des cultures. De l'agrochimie à l'agroécologie*. Éditions Quae, 187 p.
- DORÉ T., SENE M., PELLISSIER F., GALLET C., 2004. Approche agronomique de l'allélopathie, *Cahiers d'agriculture*, 13, 1-8.
- DÖRING T., WOLFE M., JONES H., PEARCE H., ZHAN J., 2010. Breeding for resilience in wheat - Nature's choice. *EUCARPIA 2nd Conference of the organic and low-input agriculture Breeding for resilience: a strategy for organic and low-input farming systems ?* Paris, France, dec. 2010, https://colloque.inra.fr/eucarpia2010_organic_li/Proceedings
- DUPRAZ C., 2005. Entre agronomie et écologie : vers la gestion d'écosystèmes cultivés. In : *Demeter 2006*. Éditions Club Demeter, Paris.
- EVANS L.T., FISCHER R.A., 1999. Yield potential : its definition, measurement, and significance. *Crop Science*, 39, 1544-1551.
- FÉRAULT C., LE CHATELIER D., 2009. *Une histoire des agricultures*. Éditions France agricole, Paris, 164 p.
- FINCKH M.R., 2008. Integration of breeding and technology into diversification strategies for disease control in modern agriculture. *European Journal of Plant Pathology*, 121, 399-409
- FOK M., 2010. Autant en emporte la culture du coton transgénique aux États-Unis. *Cahiers d'agriculture*, 19, 292-298.
- GALLAIS A., 2005. Progrès réalisés en amélioration des plantes et agriculture durable. *Comptes-rendus de l'Académie d'agriculture de France*, séance du 1^{er} juin 2005.
- GALLOWAY J.N., COWLING E.B., 2002. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. *Ambio*, 31, 64-71.
- GOLDRINGER I., PROUIN C., ROUSSET M., GALIC N., BONNIN I., 2006. Rapid differentiation of experimental populations of wheat for heading-time in response to local climatic conditions. *Annals of Botany*, 98, 805-817.
- GRIFFON M., 2010. *Pour des agricultures écologiquement intensives*. Éditions de l'Aube, 144 p.
- MAZOYER M., ROUDART L., 1997. *Histoire des agricultures du monde*. Éditions du Seuil, 543 p.
- MEYNARD J.M., JEUFFROY M.H., 2006. Quel progrès génétique pour une agriculture durable ? *Les dossiers de l'environnement de l'INRA n°30*, 15-25.
- MEYNARD J.M., 2010. Diffusion des pratiques alternatives à l'usage intensif des pesticides : analyse des jeux d'acteurs pour éclairer l'action publique. *Colloque Ecophyto R&D : Réduire l'usage des pesticides*, 28 janvier 2010, http://www.inra.fr/l_institut/etudes/ecophyto_r_d
- MILLE B., BELHAJ FRAJ M., MONOD H., DE VALLAVIEILLE-POPE C., 2006. Assessing four-way mixtures of winter-wheat cultivars from the performances of their two-way and individual components. *European Journal of Plant Pathology*, 114, 163-173.
- PAILLARD S., GOLDRINGER I., ENJALBERT J., DOUSSINAULT G., DE VALLAVIEILLE-POPE C., BRABANT P., 2000a. Evolution of resistance against powdery mildew in winter-wheat populations conducted under dynamic management. I. Is specific seedling resistance selected ? *Theoretical and Applied Genetics*, 101, 449-456.
- PAILLARD S., GOLDRINGER I., ENJALBERT J., TROTTET M., DAVID J., DE VALLAVIEILLE-POPE C., BRABANT P., 2000b. Evolution of resistance against powdery mildew in winter-wheat populations conducted under dynamic management. II. Adult resistance. *Theoretical and Applied Genetics*, 101, 457-462.
- PAPY F., 2008. Agriculture et industrialisation. In : *Encyclopaedia Universalis*, Universalis, Paris.
- PAPY F., AMBROISE R., à paraître. Projets agricoles, projets de paysage, entre découplage et jointure. Ouvrage en préparation à la mémoire de Jean-Pierre Deffontaines.
- PAPY F., GOLDRINGER I., 2010. Cultiver la biodiversité. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 60, 55-62.
- REAU R., DORÉ T., QUINSAC A., 2005. Comprendre et utiliser l'allélopathie pour améliorer la gestion des cultures dans les rotations. In : *Demeter 2006*. Éditions Club Demeter, Paris.
- RHONÉ B., REMOUÉ C., GALIC N., GOLDRINGER I., BONNIN I., 2008. Insight into the genetic bases of climatic adaptation in experimentally evolving wheat populations. *Molecular Ecology*, 17, 930-943.
- RHONÉ B., VITALIS R., GOLDRINGER I., BONNIN I., 2010. Evolution of flowering time in experimental wheat populations: a comprehensive approach to detect genetic signatures of natural selection. *Evolution*, 64-7, 2110-2125.
- THENAIL C., JOANNON A., CAPITAINÉ M., SOUCHERE 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, 207-219.
- VALLAVIEILLE-POPE (DE) C., 2006. Management of disease resistance diversity of cultivars of a species in single fields: controlling epidemics. *Compte-rendu de l'Académie des sciences. Biologies*, 327, 611-620.
- WAINES J.G., EHDAIE B., 2007. Domestication and crop physiology: roots of green-revolution wheat. *Annals of Botany*, 100, 991-998.
- WOLFE M. S., BARESEL J. P., DESCLAUX D., GOLDRINGER I., HOAD S., KOVACS G., LÖSCHENBERGER F., MIEDNER T., ØSTERGA H., LAMMERTS VAN BUEREN E.T., 2008. Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica*, 163, 323-346.

IV. Flux de connaissances entre Nord et Sud

L' « effet mâle » : une technique agro-écologique de maîtrise de la reproduction et une plateforme d'échanges scientifiques entre la Tunisie, le Mexique et la France

**Chemineau Philippe^{1,5}, Khaldi Gley², Lassoued Narjess³,
Delgadillo-Sanchez José Alberto⁴, Cognié Yves⁵, Thimonier Jacques⁵,
Poindron Pascal⁵, Malpaux Benoît⁶**

¹INRA, Délégation à l'expertise scientifique collective, à la prospective et aux études

²INAT, Chaire de productions animales, Tunis

³INRAT, Laboratoire de productions animales et fourragères, Ariana, Tunisie

⁴Universidad A. Narro, Centro de investigación en reproducción caprina (CIRCA), Mexico

⁵INRA, UMR85 Physiologie de la reproduction et des comportements et université François Rabelais (Tours)

⁶INRA, Département Physiologie animale et systèmes d'élevage

philippe.chemineau@tours.inra.fr

Pendant les années 1970 à 1990, en France, la maîtrise de la reproduction des brebis et des chèvres a fait l'objet de nombreux travaux de recherche et développement qui ont abouti à la mise au point de traitements hormonaux de synchronisation des chaleurs et des mise-bas, très largement utilisés par les éleveurs. Les coûts de ces traitements sont bien supportés par la forte valeur ajoutée de la production laitière et par le progrès génétique rapide permis par l'insémination artificielle (IA) souvent associée à la synchronisation. À cette époque, les éleveurs ovins et caprins des pays en développement ne disposaient pas des mêmes moyens financiers et une partie des programmes de coopération conduits avec les chercheurs de ces pays portaient sur des moyens moins coûteux de synchronisation, comme « l'effet mâle », introduction de mâles dans un troupeau de femelles après une période de séparation, qui ne nécessite que des manipulations de lots d'animaux, sans intervention hormonale.

Au contraire, en France, l'effet mâle ne suscitait d'intérêt que chez la minorité d'éleveurs et de professionnels ovins et caprins engagés dans l'agriculture biologique. Ainsi, pendant plus de vingt ans, des programmes solides de coopération scientifique se sont développés entre la France, la Tunisie et le Mexique pour mieux connaître les mécanismes sous-jacents de la réponse à l'effet mâle et les conditions de son utilisation chez ces petits ruminants. Ces programmes ont donné lieu à de nombreuses publications communes dans des revues internationales et permis la mise au point de techniques durables de maîtrise de la reproduction, lesquelles ont été adoptées avec succès par les éleveurs tunisiens et mexicains. L'émergence récente de préoccupations environnementales a changé le point de vue des professionnels de l'élevage français, désormais plus soucieux qu'autrefois de mettre en place des techniques durables de maîtrise de la reproduction. Les informations accumulées lors de ces programmes internationaux de coopération sont maintenant utiles dans les systèmes d'élevage français et européens, pour accélérer la mise au point de nouvelles techniques alternatives à l'utilisation des traitements hormonaux.

Maîtrise de la reproduction dans les pays industrialisés

La maîtrise de la reproduction chez les petits ruminants, c'est à dire le choix *a priori* du moment et du mode de fécondation, est intéressante à plusieurs titres (Chemineau, Malpaux *et al.*, 2007 ; Chemineau, 2012). C'est d'abord un outil qui procure une très forte accélération de la vitesse de progrès génétique, en particulier en utilisant l'insémination artificielle (IA) qui permet la détection puis la diffusion des gènes des meilleurs mâles dans l'ensemble des troupeaux. Elle autorise également le choix, par l'éleveur, du moment des mise-bas dans l'année, afin de les faire coïncider avec les disponibilités alimentaires et/ou les conditions de marché les plus favorables. Enfin, elle permet la synchronisation des naissances, qui induit une surveillance plus restreinte et plus facile des mise-bas, ainsi que la constitution de lots d'animaux plus homogènes pour l'alimentation ou pour la vente.

Dans les pays industrialisés et dans des systèmes d'élevage intensifs, en particulier en Europe, cette maîtrise a fait l'objet de nombreuses recherches après la découverte des rôles essentiels des hormones stéroïdes, en particulier la progestérone (P4) et des hormones gonadotropes (LH, FSH et eCG ou PMSG). La P4 permet un blocage des cycles ovariens puis, après arrêt du traitement, une synchronisation des cycles de toutes les femelles, ainsi qu'une sensibilisation du système nerveux central des animaux pour faciliter l'induction d'œstrus (comportement sexuel femelle) par l'œstradiol endogène, tout au moins pendant la saison sexuelle et plus difficilement ou plus rarement pendant les périodes d'anoestrus ou de moindre activité sexuelle spontanée. L'eCG (aussi appelée PMSG), extraite du sérum de jument gravide, stimule l'ovaire pendant le repos sexuel saisonnier ; la combinaison des deux hormones permet l'induction d'ovulations et de chaleurs (œstrus) pendant cette période. En s'appuyant sur ces observations, des traitements dits « hormonaux » ont été développés dans les années 60-70 en utilisant des analogues (hormones ayant les mêmes effets) de la P4 déposés sur une éponge vaginale laissée en place chez les femelles une douzaine de jours, puis retirée en même temps qu'on procède à une injection d'eCG à l'animal. Ces traitements, suivis d'une insémination artificielle à un moment pré-déterminé (dite « en aveugle » sans détection préalable des chaleurs) permettent d'atteindre des fertilités (taux de mise-bas) supérieures à 60% chez les brebis et chez les chèvres. Plusieurs centaines de milliers de traitements sont ainsi utilisés chaque année, une grande majorité d'entre eux sur des souches laitières (chèvres Alpines et Saanen, brebis Lacaune).

L'application des traitements hormonaux dans les pays en développement et les travaux sur « l'effet mâle »

Malgré de nombreux essais réalisés dans les élevages des PED, ces traitements n'ont pas connu le même succès qu'en Europe, essentiellement pour deux raisons : leur coût, difficile à amortir sur les ventes des produits et leur difficulté d'application sur des races locales. Pour ces raisons, les scientifiques de ces pays ont recherché assez vite des moyens moins onéreux et plus adaptés à leurs conditions, pour maîtriser la reproduction des troupeaux. C'est ainsi que « l'effet mâle », introduction de mâles dans un troupeau de femelles après une période de séparation, a fait l'objet dès les années 1970, de travaux en collaboration entre la Tunisie et la France chez les ovins, puis entre le Mexique et la France chez les caprins à partir des années, 1980.

L'effet mâle est mentionné très tôt dans la littérature scientifique du XIX^e puis XX^e siècle (Girard, 1813 ; Underwood, 1944 ; Shelton, 1960). À l'instar de ce qui est observé chez les cervidés dans les conditions naturelles, il permet une synchronisation efficace des ovulations et des œstrus dans les jours qui suivent la ré-introduction d'un mâle actif au sein d'un groupe de femelles. Ce mécanisme est particulièrement intéressant, car il ne nécessite que la simple manipulation des animaux d'un lot à l'autre, sans utilisation d'hormones. Considéré comme la « synchronisation du pauvre » il convient particulièrement bien aux élevages caprins et ovins des PED qui sont, en général, détenus par de petits éleveurs aux faibles moyens financiers.

Plusieurs travaux ont été réalisés au XX^e siècle sur l'utilisation de l'effet mâle et ses mécanismes, notamment par les équipes australiennes et françaises chez la brebis (Lindsay *et al.*, 1975 ; Signoret, 1976 ; Martin *et al.*, 1980 ; Signoret, 1980 ; Martin *et al.*, 1981 ; Signoret *et al.*, 1982) et la chèvre (Chemineau, 1983 ; Chemineau *et al.*, 1984 ; Chemineau, 1985 ; Chemineau *et al.*, 1986 ; Walkdenbrown *et al.*, 1993a, 1993b et 1993c).

Chez la brebis, ils ont permis de montrer que, lorsque l'effet bélier est réussi, toutes les femelles ovulent dans les 48 heures après l'introduction du mâle (J0). Cette première ovulation est suivie, chez environ la moitié des brebis, d'un cycle de durée normale (16 jours) sans apparition de chaleurs ; le reste des brebis qui ovulent à J2 manifestent un cycle de courte durée (6 jours), auquel succède une seconde ovulation suivie d'un cycle de durée normale (16 jours) toujours sans apparition de chaleurs. Dans les deux cas, c'est après ce cycle de 16 jours qu'une nouvelle ovulation a lieu avec cette fois, présence d'un comportement d'œstrus (= période de « chaleurs ») : le troupeau présente donc deux groupes, celui qui est en œstrus aux alentours de J18 (2+16) et celui qui l'est à J24 (2+6+16). Chez la chèvre, le mécanisme est identique mais la durée du cycle est de 21 jours au lieu de 16 et on observe des chaleurs à la première et à la seconde ovulation qui suit le cycle court, ce qui donne une répartition temporelle assez différente des chaleurs et des ovulations (fig. 1) (Thimonier *et al.*, 2000 ; Chemineau *et al.*, 2006). De nouveau le troupeau comporte deux ensembles synchronisés de façon différente, ce qui a fait l'objet des recherches.

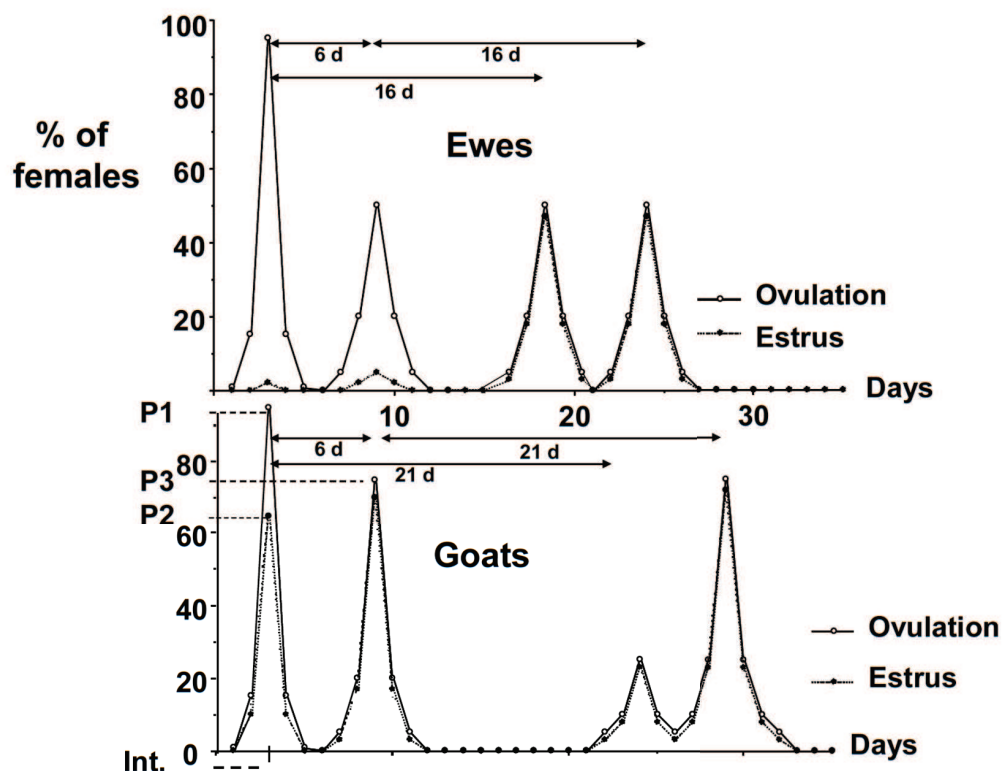
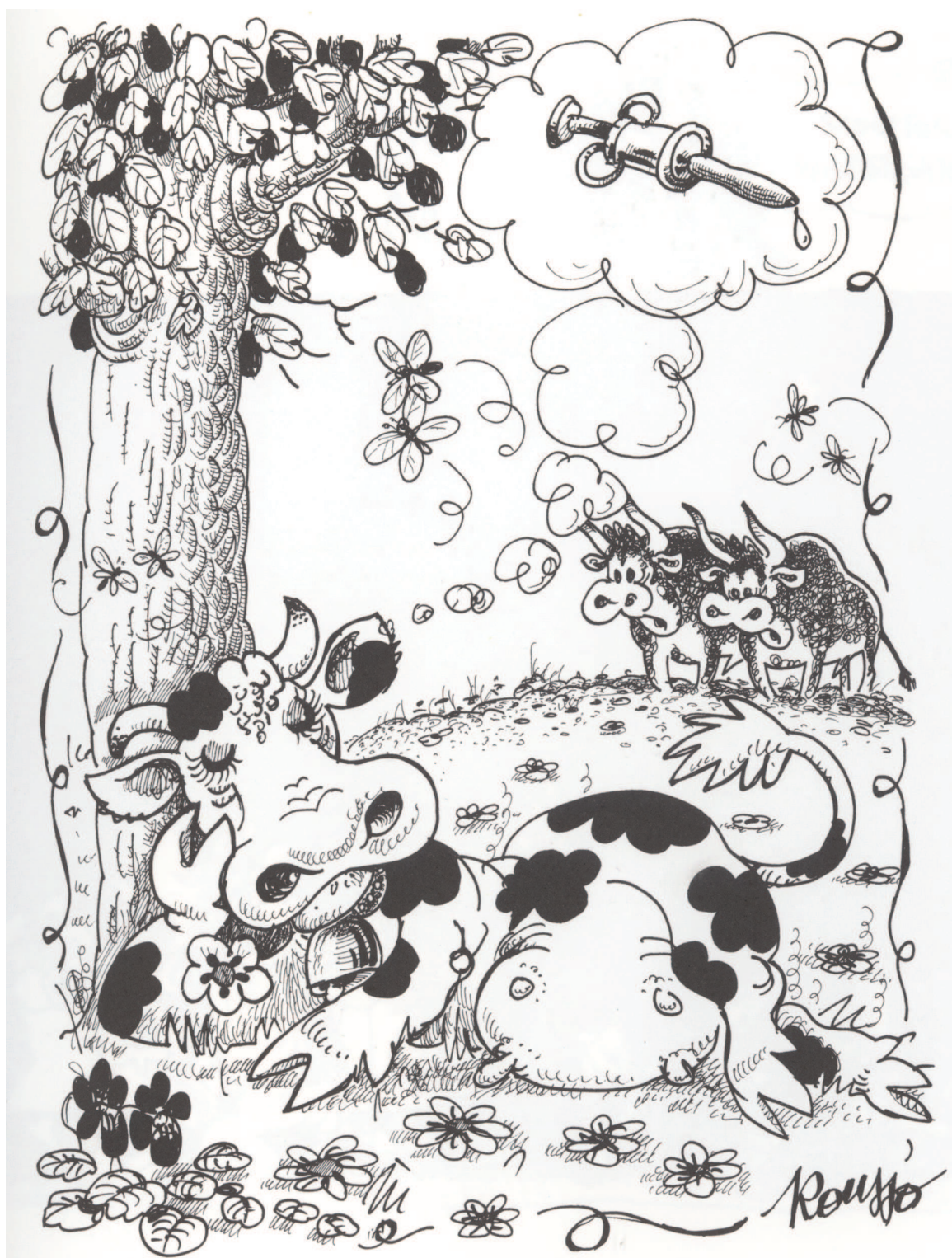


Figure 1. Représentation schématique de la réponse ovulatoire et oestrale des brebis et des chèvres à l'effet mâle. P1, P2, P3 et INT sont modulés par l'intensité de l'anoestrus (d'après Thimonier, Cognié *et al.*, 2000 et Chemineau, Pellicer-Rubio *et al.*, 2006).



Dessin de Robert Roussio paru dans *le Courrier de l'environnement de l'INRA* n°24.

À cette époque, l'utilisation sur le terrain de l'effet bélier dans les élevages français ne faisait pas l'objet d'un grand intérêt ; toutes les forces en recherche et développement dans ce secteur étant concentrées sur les perfectionnements à apporter aux traitements hormonaux. Par ailleurs, ces derniers bénéficiaient d'un appui du réseau des entreprises de la pharmacie vétérinaire et de celui des centres d'insémination artificielle pour leur développement, ce qui n'était pas le cas de l'effet bélier ou de l'effet bouc, bien souvent cantonné, en France, aux élevages produisant en agriculture biologique ou à des zones d'élevage extensif méditerranéennes (Crau). Cette technique était regardée avec curiosité, voire amusement, par les professionnels de l'élevage qui, à l'époque, nous indiquaient que si nous réussissions à la mettre au point, *in fine*, avec les mêmes résultats de fertilité que les traitements hormonaux, ils l'utiliseraient sans doute car elle leur éviterait le coût du traitement.

Il n'en était pas de même en Tunisie et au Mexique, où l'effet mâle suscitait l'intérêt des scientifiques locaux pour les mêmes raisons qui expliquaient leur désintérêt en France. Outre la preuve d'efficacité et l'adaptation aux conditions locales tunisiennes et mexicaines, plusieurs points concernant les conditions d'utilisation et la réponse ovulatoire et œstrale des femelles méritaient un investissement scientifique conjoint.

Développement de programmes conjoints entre la Tunisie et la France, puis entre le Mexique et la France

Dans les conditions locales de l'élevage en Tunisie, notamment avec la race ovine Barbarine à queue grasse, élevée sur parcours et sur des chaumes de céréales pour la production d'agneaux, il importe de maximiser la fertilité au printemps afin que les brebis et leurs agneaux puissent bénéficier des disponibilités alimentaires issues des pluies méditerranéennes d'automne. Les travaux conduits avec l'INRAT et l'INAT de Tunis, se sont focalisés sur plusieurs facteurs importants de réussite de l'effet bélier, sur la réponse ovulatoire et œstrale des brebis à l'introduction du bélier, ainsi qu'aux interactions entre ces deux facteurs.

Ainsi, il a été possible de préciser à partir de quel stade après la mise-bas l'effet bélier était efficace et quelles étaient les conditions d'alimentation autour de la mise-bas permettant d'aboutir à une condition corporelle adéquate pour la réponse à cette stimulation (Khaldi, 1984 ; Lassoued, 1989 ; Abdennebi et Khaldi, 1995 ; Naziha *et al.*, 2004). Plusieurs résultats très originaux ont été produits dans ce cadre par les scientifiques tunisiens. Le premier a trait aux effets de la condition corporelle des brebis aux alentours de la mise-bas en automne, qui module le pourcentage de cycles courts en réponse à l'effet bélier au printemps : lorsque la condition corporelle est faible en novembre, le pourcentage de cycles courts est élevé en mai (Khaldi, 1984 ; Abdennebi et Khaldi, 1995 ; Lassoued, 1998). Ce résultat assez inattendu est intéressant sur le plan scientifique et sur le plan appliqué, pour la conduite des troupeaux. Le second concerne l'utilisation d'une sur-alimentation temporaire avant la mise en reproduction (connue sous le terme de flushing) qui augmente, comme attendu, le taux d'ovulation lors de la première ovulation induite par le mâle, mais s'avère incapable de réduire le pourcentage de cycles courts qui suivent cette première ovulation et qui sont gênants si l'on souhaite réaliser des IA.

De nombreux travaux ont été conduits en Tunisie pour essayer de mieux comprendre le déterminisme physiologique de ces cycles courts qui suivent la première ovulation induite. Les prostaglandines d'origine utérine sont impliquées dans le contrôle de la lutéolyse précoce (disparition du corps jaune lors du cycle court) intervenant 6 jours après l'introduction du mâle (Lassoued et Khaldi, 1989 ; Lassoued *et al.*, 1997). La présence du mâle induit une première ovulation dans les 48 heures, suivie d'une vague de croissance des follicules ovariens vers J3-J4 qui s'accompagne d'une sécrétion d'œstradiol, elle-même très importante pour stimuler la sécrétion de ces prostaglandines utérines et induire le cycle court qui en résulte. Les mécanismes initiateurs de la sécrétion précoce de l'hormone lutéolytique entre J4 et J5 par l'utérus, ont donc pour origine l'œstradiol sécrété par la première vague de follicules ovariens aux jours 3-4 de la phase lutéale induite par effet mâle. Ce résultat contribue à l'explication de la constance dans la durée de ces cycles courts

induits. Il a été également démontré sur ces brebis que la progestérone appliquée avant l'introduction du bélier, connue dans d'autres travaux pour supprimer les cycles courts induits, agissait au niveau utérin, probablement pour inhiber cette sécrétion de prostaglandines et empêcher la lutéolyse précoce (Lassoued, 1998).

Simultanément avec ces travaux, l'effet bélier a été mis en œuvre plus systématiquement dans de gros troupeaux coopératifs ou d'État dans différents points de Tunisie, ce qui a conduit à une amélioration sensible de la productivité numérique de ces troupeaux.

Une démarche similaire a été entreprise chez la chèvre au Mexique, où l'effet mâle s'est révélé intéressant, sous ces latitudes sub-tropicales où les variations photopériodiques sont de moindre amplitude. Au nord du Mexique, dans la Comarca Lagunera, les chèvres Criolla, locales, à la base d'un système d'élevage « mixte », produisent du lait et des chevreaux pour assurer le revenu de petits éleveurs aux très faibles moyens. Dans la journée, les troupeaux sont conduits sur parcours. L'utilisation de l'effet bouc au printemps, période d'inactivité ovarienne saisonnière dans cette population caprine, permet un décalage des mise-bas à une période plus favorable pour la survie des chevreaux et la vente du lait. Après une description très soignée des caractéristiques de reproduction des populations locales, notamment quant à leur activité sexuelle saisonnière qui n'était pas connue jusqu'alors, les travaux ont consisté à mieux comprendre les facteurs déterminant cette saisonnalité (Delgadillo *et al.*, 1998 et 1999). Contrairement à ce qui était attendu, ce ne sont pas les fortes variations des disponibilités fourragères mais bien les variations photopériodiques qui induisent une assez longue période de repos sexuel chez la femelle entre février et août, et chez le mâle, entre janvier et juin (Delgadillo *et al.*, 2004). Ce résultat, ainsi que les faibles taux de réponse des chèvres à un effet bouc réalisé avec des mâles en repos sexuel, a conduit l'équipe mexicaine à tester la réponse des femelles à l'introduction de mâles rendus sexuellement actifs par des traitements photopériodiques simples, applicables et appliqués en bâtiments ouverts ou dans des parcs provisoires extérieurs (Flores *et al.*, 2000 ; Delgadillo *et al.*, 2001 et 2002).

Ce traitement photopériodique des boucs permet d'augmenter spectaculairement les taux de réponse des femelles et d'aboutir à des fertilités élevées au printemps, ce qui constitue l'effet recherché par les éleveurs. La robustesse de ce procédé a été démontrée, ainsi que ses conditions d'utilisation précisées, notamment quant aux stimuli sexuels du bouc qui sont responsables de la réponse des femelles (odeur, contact, comportement, vocalisations, vue). La mise en œuvre dans les conditions de la pratique a été précisée (Fitz-Rodriguez *et al.*, 2007 ; Delgadillo, 2011). Les boucs sexuellement actifs peuvent être introduits dans des troupeaux maintenus dans des conditions difficiles de parcours et peuvent être utilisés seulement pendant une fraction des 24 heures (par exemple la nuit, en chèvrie) avec des résultats de fertilité identiques à ceux de chèvres maintenues en présence continue avec les mâles (Rivas-Munoz *et al.*, 2007). L'importance de l'intensité de l'activité sexuelle du bouc dans la qualité de la réponse des chèvres et dans la réussite du traitement a été mise en évidence (Delgadillo *et al.*, 2006 et 2009).

Ceci a conduit à la mise au point d'une technique simple, peu coûteuse et efficace pour permettre aux éleveurs d'augmenter fortement la fertilité de leurs chèvres à contre-saison (Delgadillo, 2011).

Éléments essentiels pour la réussite des collaborations entre les différents laboratoires de Tunisie, du Mexique et de France

Les collaborations se sont appuyées, à notre avis, sur quatre éléments essentiels : la curiosité et la solidité scientifiques, la confiance réciproque, le temps et les moyens.

C'est d'abord la curiosité scientifique qui nous semble avoir guidé les travaux conduits au cours de toutes ces années. La tenue d'une réunion annuelle entre les participants, dans un des pays collaborateurs a été à chaque fois l'occasion de discuter des hypothèses de travail à tester dans les expérimentations au cours de l'année à venir. Nous avons tous le souvenir de réunions scientifiques plaisantes et joyeuses où la liberté de penser et d'imaginer était le principal moteur de la discussion.

Cette liberté a toujours été associée à une rigueur expérimentale forte visant à se donner les moyens de prouver statistiquement les effets attendus, ainsi qu'à l'objectif de publier ultérieurement les résultats dans de bonnes revues scientifiques internationales.

C'est ensuite la confiance réciproque entre les différents partenaires qui a constitué une des bases de ces collaborations. Cette confiance réciproque a permis de collaborer sans a priori, sans volonté hégémonique, avec le seul souci simultané de progresser scientifiquement et d'apporter des solutions concrètes et peu onéreuses aux problèmes locaux. La confiance s'exerçait aussi dans l'harmonisation et la complémentarité entre les expérimentations réalisées dans les différents sites, que nous avons toujours voulues fortes, ainsi que dans la rédaction des articles scientifiques issus des collaborations.

Le temps est également un facteur important pour ce type de collaborations qui mettent en place des expérimentations annuelles et nécessitent plusieurs années pour espérer démontrer, ou infirmer, solidement, les hypothèses avancées. Dans les deux cas mentionnés, cette collaboration s'est établie sur plus d'une vingtaine d'années.

Enfin, dernier point mais pas le moins important sur le plan pratique, ces collaborations ont nécessité des moyens financiers importants, d'abord pour financer en Tunisie, au Mexique et en France les salaires des chercheurs, ingénieurs et techniciens impliqués dans les travaux, et aussi les dépenses liées aux expérimentations réalisées, aux mesures effectuées sur les animaux, et aux déplacements entre les différents pays. Ces collaborations ont été soutenues par différents moyens, notamment par les institutions respectives des participants, par les programmes de coopération bilatéraux et, plus récemment, par des agences nationales de financement. Les résultats obtenus et appliqués au niveau des trois pays engagés sont un « bien public », utilisable gratuitement par les éleveurs de ceux-ci.

Intérêts réciproques des programmes conduits en Tunisie, au Mexique et en France

Ainsi qu'il a été indiqué ci-dessus, au moment du début de ces collaborations, l'intérêt pour de telles techniques dans les pays industrialisés était assez réduit et concernait plus la Tunisie et le Mexique que la France. Avec le temps, nous avons assisté à un retournement progressif de la situation. Les préoccupations environnementales associées au Grenelle de l'Environnement en France, la nécessité de mettre au point des techniques plus durables, moins invasives n'utilisant pas de stéroïdes exogènes, et pouvant fournir une meilleure image des élevages, ont renforcé l'intérêt pour ces méthodes.

Le gros capital scientifique et technique accumulé dans le cadre de ces collaborations pendant plus de vingt ans constitue une base solide pour développer de manière efficace des techniques durables de maîtrise de la reproduction dans les troupeaux ovins et caprins français et européens. Ainsi, l'importance des conditions corporelles aux alentours de l'agnelage pour la réponse à l'effet bélier, le rôle de l'activité sexuelle du bouc dans la qualité de réponse des femelles, l'élucidation d'une partie des mécanismes physiologiques sous-jacents à la réponse œstrale et ovarienne complexe qui suit la première ovulation induite, sont autant d'éléments qui permettent aux programmes actuellement conduits en France et en Europe de progresser plus vite et plus efficacement (Pellicer-Rubio *et al.*, 2008 ; Chanvallon *et al.*, 2011 ; Fatet *et al.*, 2011).

Dans une sorte d'effet « boomerang » assez inattendu il y a vingt ans, les travaux conduits en collaboration avec la Tunisie et le Mexique, nous reviennent donc en permettant non seulement une accélération probable de la mise au point de ces techniques alternatives, mais également une substantielle économie sur les coûts engendrés par ces recherches.

Pour les équipes tunisiennes et mexicaines, outre l'utilisation des résultats sur le plan local afin d'améliorer l'efficacité des systèmes d'élevage appuyés sur des races locales et sur des techniques durables et peu coûteuses, ces collaborations se sont traduites par des publications conjointes dans des revues internationales à comité de lecture, assurant à ces laboratoires une renommée

internationale. Dans le cas du Mexique, la forte activité de publication a permis la reconnaissance nationale et internationale et la création d'un Centre de recherches international en reproduction caprine (CIRCA) qui est actuellement, dans son secteur, un des plus reconnus au niveau mondial. La qualité appliquée des travaux réalisés a également permis la création d'un pôle d'intérêt nouveau au niveau des enseignements de troisième cycle auquel participe le CIRCA et une meilleure reconnaissance nationale de cet enseignement par les organismes de tutelle.

Publications conjointes des laboratoires

L'un des objectifs de ces collaborations était de réaliser des publications conjointes dans des revues internationales à comité de lecture à partir des résultats scientifiques et techniques issus des travaux conduits conjointement. À chaque réunion annuelle rassemblant les partenaires et pour chaque expérimentation mise en œuvre, une discussion approfondie avait lieu sur le journal de publication, le contenu de l'article en termes d'objectifs et de raisonnement scientifique, ainsi que sur la présence et l'ordre de signature des auteurs.

Il y a plusieurs raisons pour expliquer cette volonté de publier au niveau international les résultats obtenus. En premier lieu, il s'agissait de faire bénéficier l'ensemble de la communauté scientifique des résultats acquis sur ces techniques alternatives de maîtrise de la reproduction, en particulier les chercheurs des autres pays où des élevages ovins et caprins à faibles revenus sont présents. Nous nous rendons compte que ces publications sont désormais utiles aussi aux chercheurs des pays industrialisés qui souhaitent développer de telles techniques. En second lieu, il s'agissait de faire la preuve, *a priori* ou/et *a posteriori*, auprès des organismes financeurs que le travail réalisé était d'un bon niveau international et méritait d'avoir été ou d'être soutenu. Enfin, il était important de faire émerger au sein des deux pays considérés, un collectif de scientifiques capables à la fois d'agir localement pour développer des techniques efficaces de maîtrise de la reproduction, d'intervenir dans la communauté scientifique internationale et d'être nos interlocuteurs pour l'avenir du programme. Il est intéressant de constater que certains de ceux-ci sont maintenant invités, en France, dans des réunions nationales pour y exposer leurs résultats.

Conclusion

À l'aide de ces deux exemples de collaborations entre la Tunisie et la France et le Mexique et la France, nous avons voulu montrer que les questions biologiques qui se posaient il y a une trentaine d'années et qui visaient à développer des techniques peu onéreuses de maîtrise de la reproduction des petits ruminants dans des élevages « du Sud » à faibles revenus, sont, finalement, les mêmes que celles qui se posent actuellement dans les élevages français et européens soucieux de mettre en œuvre des techniques alternatives aux hormones exogènes.

Les travaux conduits dans ce cadre ont donné des résultats utiles aujourd'hui dans les élevages « du Nord » à plus forts revenus, ce qui n'était pas un résultat attendu. Ceci nous semble bien illustrer la nécessité d'établir des relations entre chercheurs appuyées sur la confiance, la réciprocité et la durée, en même temps que sur une exigence d'excellence scientifique.

Références bibliographiques

ABDENNEBI L., KHALDI G., 1995. Effect of body weight on reproductive performance in prolific Barbary ewes. Influence du poids vif sur les performances de reproduction des brebis prolifiques de race Barbarine. *Options Méditerranéennes*, 6, 43-50.

CHANVALLON A.L., SAGOT L., POTTIER E., DEBUS N., FRANÇOIS D., FASSIER T., SCARAMUZZI R.J., FABRE-NYS C., 2011. New insights into the influence of breed and time of the year on the response of ewes to the 'ram effect'. *Animal*, 5(10), 1594-1604.

- CHEMINEAU P., 1983. Effect on oestrus and ovulation of exposing creole goats to the male at 3 times of the year. *Journal of Reproduction and Fertility*, 67(1), 65-72.
- CHEMINEAU P., 1985. Effects of a progestagen on buck-induced short ovarian cycles in the Creole meat goat. *Animal Reproduction Science*, 9(1), 87-94.
- CHEMINEAU P., 2012. A foresight reflection on sustainable methods for controlling mammalian farm animal reproduction. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(1), in press.
- CHEMINEAU P.F., LEVY F., THIMONIER J., 1986. Effects of anosmia on LH secretion, ovulation and estrous behavior induced by males in the anovular Creole goat. *Animal Reproduction Science*, 10(2), 125-132.
- CHEMINEAU P., MALPAUX B., BRILLARD J.P., FOSTIER A., 2007. Seasonality of reproduction and production in farm fishes, birds and mammals. *Animal*, 1(3), 419-432.
- CHEMINEAU P., PELLICER-RUBIO M.T., LASSOUED N., KHALDI G., MONNIAUX D., 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reproduction Nutrition Development*, 46(4), 417-429.
- CHEMINEAU P., POULIN N., COGNIE Y., 1984. Progesterone secretion in the Creole goat during male-induced ovarian cycles. Seasonal effects. *Reproduction, Nutrition, Development*, 24(5), 557-561.
- DELGADILLO J.A., 2011. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropics. *Animal*, 5(1), 74-81.
- DELGADILLO J.A., CANEDO G.A., CHEMINEAU P., GUILLAUME D., MALPAUX B., 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 52(4), 727-737.
- DELGADILLO J.A., CARRILLO E., MORAN J., DUARTE G., CHEMINEAU P., MALPAUX B., 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *Journal of Animal Science*, 79(9), 2245-2252.
- DELGADILLO J.A., CORTEZ M.E., DUARTE G., CHEMINEAU P., MALPAUX B., 2004. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reproduction, Nutrition, Development*, 44(3), 183-193.
- DELGADILLO J.A., FLORES J.A., VELIZ F.G., DUARTE G., VIELMA J., HERNANDEZ H., FERNANDEZ I.G., 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reproduction, Nutrition, Development*, 46(4), 391-400.
- DELGADILLO J.A., FLORES J.A., VELIZ F.G., HERNANDEZ H.F., DUARTE G., VIELMA J., POINDRON P., CHEMINEAU P., MALPAUX B., 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *Journal of Animal Science*, 80(11), 2780-2786.
- DELGADILLO J.A., FLORES J.A., VILLARREAL O., FLORES M.J., HOYOS G., CHEMINEAU P., MALPAUX B., 1998. Length of postpartum anestrus in goats in subtropical Mexico. Effect of season of parturition and duration of nursing. *Theriogenology*, 49(6), 1209-1218.
- DELGADILLO J.A., GELEZ H., UNGERFELD R., HAWKEN P.A.R., MARTIN G.B., 2009. The 'male effect' in sheep and goats. Revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*, 200(2), 304-314.
- FATET A., PELLICER-RUBIO M.T., LEBOEUF B., 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*, 124(3-4), 211-219.
- FITZ-RODRIGUEZ G., HERNANDEZ-BUSTAMANTE J.D., DELGADILLO J.A., 2007. Nutritional supplementation improves embryo survival in goats submitted to the male effect under foraging conditions. *Reproduction in Domestic Animals*, 42, 138-138.
- FLORES J.A., VELIZ F.G., PEREZ-VILLANUEVA J.A., DE LA ESCALERA G.M., CHEMINEAU P., POINDRON P., MALPAUX B., DELGADILLO J.A., 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction*, 62(5), 1409-1414.
- GIRARD L., 1813. Moyens employés avec succès par M. Morel de Vindé, membre de la Société d'Agriculture de Seine et Oise, pour obtenir, dans le temps le plus court possible, la fécondation du plus grand nombre des rebis portières d'un troupeau. *Éphémérides de la Société d'agriculture du département de l'Indre pour l'An 1813*, séance du 5 septembre, Châteauroux, département de l'Indre, France VII, 66-68.
- KHALDI G., 1984. Variations saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement d'oestrus et de la durée de l'anoestrus post-partum des femelles ovines de race Barbarine : influences du niveau alimentaire et de la présence du mâle. Montpellier, université des Sciences et Techniques du Languedoc. Thèse de doctorat ès Sciences, 168 p.
- LASSOUED N., 1998. Induction de l'ovulation par « effet bélier » chez les brebis de race Barbarine en anoestrus saisonnier. Mécanismes impliqués dans l'existence du cycle ovulatoire de courte durée. PhD, Université Tunis II, 190 p.
- LASSOUED N., KHALDI G., 1989. Effect of indomethacin on the duration of the ovarian cycle induced by the ram effect. Influence de l'indométacine sur la durée du cycle ovarien induit par effet male chez la brebis. *Annales de l'Institut national de la recherche agronomique de Tunisie*, 62(9), 14 p.
- LASSOUED N., KHALDI G., CHEMINEAU P., COGNIE Y., THIMONIER J., 1997. Role of the uterus in early regression of corpora lutea induced by the ram effect in seasonally anoestrous Barbarine ewes. *Reproduction, Nutrition, Development*, 37(5), 559-571.
- LASSOUED N., KHALDI G., 1989. Influence du niveau alimentaire avant et après la mise-bas sur la réponse des brebis de race Barbarine à l'effet mâle. *Annales de l'Institut national de la recherche agronomique de Tunisie*, 63, 1-15.

- LINDSAY D.R., COGNIE Y., PELLETIER J., SIGNORET J.P., 1975. Influence of presence of rams on timing of ovulation and discharge of LH in ewes. *Physiology and Behavior*, 15(4), 423-426.
- MARTIN G.B., OLDFHAM C.M., LINDSAY D.R., 1980. Increased plasma-LH levels in seasonally anovular Merino ewes following the introduction of rams. *Animal Reproduction Science*, 3(2), 125-132.
- MARTIN G.B., SCARAMUZZI R.J., LINDSAY D.R., 1981. Induction of ovulation in seasonally anovular ewes by the introduction of rams. Effects of progesterone and active immunization against Androstenedione. *Australian Journal of Biological Sciences*, 34(5-6), 569-575.
- NAZIHA A., BOCQUIER F., KHALDI G., 2004. Performance of the fat-tailed Barbarine sheep in its environment: adaptive capacity to alternation of underfeeding and refeeding periods. A review. *Animal Research*, 53(3), 165-176.
- PELLICER-RUBIO M.T., LEBOEUF B., BERNELAS D., FORGERIT Y., POUGNARD J.L., BONNE J.L., SENTRY E., BRETON S., BRUN F., CHEMINEAU P., 2008. High fertility using artificial insemination during deep anoestrus after induction and synchronisation of ovulatory activity by the « male effect » in lactating goats subjected to treatment with artificial long days and progestagens. *Animal Reproduction Science*, 109(1-4), 172-188.
- RIVAS-MUNOZ R., FITZ-RODRIGUEZ G., POINDRON P., MALPAUX B., DELGADILLO J.A., 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *Journal of Animal Science*, 85(5), 1257-1263.
- SHELTON M., 1960. The influence of the presence of the male goat on the initiation of oestrous cycling and ovulation in Angora does. *Journal of Animal Science*, 19, 368-375.
- SIGNORET J.P., 1976. Effect of presence of male on LH surge and ovulation in ewe. *Annales de Biologie Animale, Biochimie et Biophysique*, 16(2), 168-168.
- SIGNORET J.P., 1980. Effect of the male presence on the reproductive mechanisms in female mammals. *Reproduction Nutrition Development*, 20(2), 457-468.
- SIGNORET J.P., FULKERSON W.J., LINDSAY D.R., 1982. Effectiveness of testosterone-treated wethers and ewes as teasers. *Applied Animal Ethology*, 9(1), 37-45.
- THIMONIER J., COGNIE Y., LASSOUED N., KHALDI G., 2000. The ram effect: an up-to-date method for the control of oestrus and ovulation in sheep. *Productions Animales*, 13(4), 223-231.
- UNDERWOOD E.J., SHIER F.L., DAVENPORT N., 1944. Studies in sheep husbandry in Western Australia. V. The breeding season of Merino crossbred and British Breed ewes in the agricultural districts. *Journal of the Department of Agriculture, West Australia*, 11, 135-143.
- WALKDENBROWN S.W., RESTALL B.J., 1993a. The male effect in the Australian Cashmere goat. 1. Ovarian and behavioral response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks. *Animal Reproduction Science*, 32(1-2), 41-53.
- WALKDENBROWN S.W., RESTALL B.J., HENNIWATI, 1993b. The male effect in the Australian Cashmere goat. 2. Role of the olfactory cues from the male. *Animal Reproduction Science*, 32(1-2), 55-67.
- WALKDENBROWN S. W., RESTALL B.J., HENNIWATI, 1993c. The male effect in the Australian Cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of estrous females. *Animal Reproduction Science* 32(1-2), 69-84.

Le développement de l'élevage au Maroc : succès relatifs et dépendance alimentaire¹

Mohamed Taher Sraïri

Institut agronomique et vétérinaire Hassan II
BP 6202, Madinate Al Irfane, 10 101, Rabat, Maroc

mt.srairi@jav.ac.ma

« Les problèmes ne viennent pas tant de ce que l'on ignore, mais de ce que l'on sait. »

Artemus Ward

Par sa position géographique remarquable aux extrémités Nord et Ouest du continent africain, et en raison de la grande variété d'écosystèmes agraires qu'il présente (façade méditerranéenne, hautes montagnes, oasis, piémonts, plaines atlantiques, plateaux sahariens, *etc.*), le Maroc dispose d'une importante diversité d'animaux domestiques. C'est le cas aussi bien pour les bovins (2,7 millions) que pour les ovins et caprins (respectivement 17 et 5 millions) et même pour les dromadaires (200 000). Cette diversité est issue de traditions millénaires, comme en témoignent des gravures rupestres disséminées à travers le pays. Au XX^e siècle, au tout début de la colonisation du pays, les très nombreuses races endémiques et leurs productions (viande, lait, poil, cuir, laine, *etc.*) ont été très convoitées. Les premiers travaux de recherche qui ont tenté de cerner cette richesse génétique ont rapidement souligné l'adaptation de ces animaux à des environnements souvent hostiles, marqués par un climat à variabilité poussée, et donc à des épisodes fréquents de disette (Vaysse, 1952). Ces ressources animales affichent le plus souvent des potentiels de production limités, mais elles arrivent à se maintenir – à survivre – moyennant des mécanismes de régulation remarquables : adaptation à la soif, perte de poids, recyclage de l'azote endogène, résistance aux parasites, *etc.* Ces facultés peuvent être exploitées par des stratégies d'élevage radicales lorsque les contraintes environnementales (surcharge animale, sécheresse pluriannuelle et/ou troubles politiques) durent longtemps : décapitalisation de masse et maintien de l'effectif au strict minimum, afin de rebondir lorsque le climat redevient plus clément (Tillon, 2000). Historiquement, ces logiques de production se sont avérées adaptées à leurs missions de contrôle et de mise en valeur du territoire ainsi que d'approvisionnement de la population en protéines animales. Elles ont même permis des exportations qui ont fait la réputation du pays : c'est, par exemple, l'origine du terme maroquinerie. De même, la race Mérinos, mondialement connue pour sa laine de qualité, est aussi originaire du Maroc, d'où elle a ensuite migré vers l'Andalousie puis vers toute l'Espagne, du temps de la

1. Ce texte a été publié une première fois dans le *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°60, mai 2011, p. 91-101.

dynastie des Mérinides (XIII^e - XV^e siècle), pour investir le reste de l'Europe et finalement l'Australie (Flamant, 2002).

Toutefois, avec les changements démographiques brutaux du XX^e siècle (de 11 millions d'habitants en 1960 à près de 34 millions en 2010) et l'urbanisation massive, le Maroc a dû rapidement intensifier ses productions animales pour garantir sa sécurité alimentaire. Il s'en est suivi, chez les agronomes et vétérinaires de la période du Protectorat, des réflexions poussées sur l'instauration de plans de développement de l'élevage, qui n'ont pris leur essor qu'à l'Indépendance, à partir des années 1960. Dans cette synthèse, nous souhaitons revenir sur les répercussions de ces politiques sur les ressources génétiques animales au Maroc et leur gestion, ainsi que sur les termes futurs de la sécurisation des approvisionnements protéiques.

L'essor de l'aviculture intensive

La première manifestation de la volonté d'intensifier les productions animales au Maroc s'est concrétisée dans l'émergence soudaine de l'aviculture moderne à partir des années 1960. Cette activité s'est développée surtout sous l'impulsion d'investisseurs privés, aux abords des grandes métropoles de la zone atlantique, entre l'axe Rabat/Casablanca et son arrière pays, à proximité du principal port (Casablanca). C'est d'ailleurs cette région qui rassemble aujourd'hui plus de 50 % de la population citadine totale, et donc l'essentiel des revenus à même d'assurer des achats réguliers de produits animaux. Le secteur avicole moderne a ainsi connu une croissance soutenue, que ce soit pour la poule pondeuse (de 201 à 2 700 millions d'œufs annuellement entre 1980 et 2008), ou le poulet de chair et, plus récemment, le dindon (de 70 000 à 440 000 tonnes de viande blanche de 1980 à 2008) (FISA, 2008). À l'instar de ce qui a été relevé au niveau mondial, l'accroissement de la disponibilité en protéines animales a été bien davantage axé sur les monogastriques, à un rythme plus de deux fois supérieur à celui des ruminants (Speedy, 2003). De par l'interdit religieux, l'élevage porcin était impossible au Maroc et l'aviculture s'est donc retrouvée en première ligne pour procurer aux consommateurs des protéines bon marché. Cette évolution rapide a eu de nombreuses retombées. En premier lieu, elle a signifié la marginalisation de l'aviculture fermière, qui n'occupe plus qu'une portion congrue : de près de 99 % des produits avicoles en 1970, à moins 20 % en 2010, même si les chiffres doivent être considérés avec précaution, étant donné les inconnues sur les niveaux exacts de production (Sarter, 2004). Par ailleurs, l'implantation de l'aviculture moderne s'est accompagnée d'une dépendance totale vis-à-vis des intrants importés. En effet, le Maroc ne produisant presque pas de maïs grain, ni de soja et encore moins les additifs et autres principes actifs des substances médicamenteuses utilisés par cet élevage, il est fortement tributaire des achats sur le marché mondial, et donc de la variabilité de la qualité et surtout des prix de ces matières premières. Plus prononcée encore est la dépendance du pays vis-à-vis des souches de poussins sélectionnées. Finalement ce sont près de 50 % des viandes totales (rouges et blanches) et plus de 85 % des œufs consommés par le citoyen marocain qui proviennent d'une filière de production extravertie.

Par ailleurs, l'aviculture est aussi très sensible aux caractéristiques du climat local. Ce dernier présente fréquemment des épisodes de canicule estivale (localement connus sous le nom de *chergui* - vent chaud d'origine saharienne) avec des températures diurnes et même nocturnes qui peuvent dépasser 50°C durant quelques jours. Cela provoque, outre des mortalités effroyables, des chutes prononcées de la performance des animaux et aboutit à des pertes économiques majeures. Récemment, pour mettre de l'ordre dans la profession, une charte d'installation des élevages avicoles a été édictée par l'État marocain, ce qui a eu pour conséquence l'adoption quasi systématique de moyens de ventilation. Ces équipements très onéreux ont définitivement écarté de la production les investisseurs à faibles capacités financières, quand ils n'ont pas été ruinés par un épisode de chaleur ou par des ventes à perte. De ce fait, l'aviculture a tendance à se concentrer : les projets d'installations maîtrisent toute la chaîne, du couvoir et de la provende jusqu'à l'élevage, pour finir avec l'abattage, voire la découpe et la transformation des produits.

L'essor de l'aviculture moderne a permis de mettre à la portée des consommateurs des protéines peu onéreuses qui ont presque totalement supplanté la volaille fermière dans les habitudes alimentaires (Sarter, 2004). Il a aussi permis de s'affranchir des incertitudes quant à la disponibilité de protéines animales lors des épisodes de sécheresse, mais cela au prix d'une autonomie minimale et avec des inconnues sanitaires et écologiques. La crise issue de l'influenza aviaire en 2006 est encore présente dans les esprits de nombreux opérateurs du secteur ; la possibilité de déclaration de nouveaux cas leur faisant craindre des difficultés financières ultérieures. De plus, l'implantation des élevages avicoles dans les zones limitrophes des grandes villes, incluses depuis dans les périmètres urbains, pose de nombreuses questions quant au traitement des fientes, des cadavres et autres effluents et à leurs effets sur l'environnement physique (cours d'eau et nappes souterraines, odeurs nauséabondes, qualité de l'air, *etc.*). Pour l'instant, en l'absence d'une conscience poussée des riverains de ces élevages, ces considérations semblent encore ignorées, comme sont souvent passés sous silence les abus dans l'utilisation d'antibiotiques et autres désinfectants et la présence de résidus dans les produits avicoles, tant ces denrées sont devenues stratégiques pour approvisionner les consommateurs.

Le développement de l'élevage laitier avec des races bovines importées

Parallèlement à la production avicole, les autorités en charge de l'élevage se sont aussi intéressées au lait. Au lendemain de l'Indépendance, le pays hérite d'une chaîne laitière embryonnaire, les colons ayant très peu investi à ce niveau et les villes, alors de faibles dimensions, étant approvisionnées par des circuits courts, directement « de l'étable à la table ». Sous l'impulsion de bailleurs de fonds internationaux, un « Plan laitier » s'élabore (Mara, 1975). Il cible en priorité la paysannerie des zones équipées en grande hydraulique, où un barrage en amont alimente un réseau de distribution de l'eau aux exploitations. Ces zones assurent aujourd'hui, sur moins de 15 % de la surface arable du pays, plus de 55 % de la production. En effet, dans un pays où le stress hydrique est prononcé, avec moins de 800 m³ d'eau par habitant et par an, et où la pluviométrie est très capricieuse, l'augmentation des productions agricoles (y compris l'élevage) passe nécessairement par une valorisation optimale de l'eau, surtout dans les zones irriguées. Le Plan laitier de 1975 visait ainsi une augmentation rapide des volumes de lait, avec comme axes majeurs la modification de la structure génétique du cheptel bovin, la promotion de la production de fourrages irrigués et la constitution d'une infrastructure de collecte. Bien entendu, des subsides étaient prévus pour accompagner cet élan, dans un pays où les traditions d'élevage ne vouaient qu'un intérêt limité au lait. En aval, l'État marocain a veillé à la promotion d'un outil industriel de transformation du lait de manière à assurer un débouché fiable au produit, tout comme il a joué un rôle d'arbitre pour garantir la répartition du revenu généré par la chaîne d'approvisionnement entre ses différents opérateurs (éleveurs, coopératives de collecte, transformateurs industriels et revendeurs). Par ailleurs, la protection de la filière a aussi été instaurée au moyen de taxes douanières lourdes.

Les conséquences de cette politique interventionniste n'ont pas tardé à porter leurs fruits. La production de lait bovin a attiré rapidement des acteurs nombreux et divers (notables ruraux, paysans, investisseurs urbains, *etc.*) séduits par une panoplie de subventions. Cela a induit une augmentation continue de la production annuelle (de 400 000 à plus de 1 700 000 tonnes de 1970 à 2009), toutefois perturbée par les aléas climatiques, qui influencent directement le disponible fourrager, même en régions irriguées.

À partir des années 1980, avec les premières mesures de libéralisation de l'économie et l'ajustement structurel, les aides allouées au secteur agricole ont été progressivement supprimées. Les prix des intrants se sont envolés, à commencer par les aliments de bétail qui représentent l'essentiel des dépenses, tandis que le prix du lait au départ de la ferme stagnait (Sraïri et Chohin Kuper, 2007).

En termes de ressources génétiques, l'absorption par croisement des races bovines locales par des laitières importées (races Holstein, Montbéliarde, Fleckvieh, *etc.*) a conduit à leur régression

marquée : de plus de 90 à moins de 55 % des effectifs totaux entre 1970 et 2010. Les bovins importés – plus de 350 000 génisses pleines, de 1970 à 2010 – se sont largement répandus dans les campagnes, jusqu'à atteindre plus de 15 % des effectifs totaux en 2010. Par ailleurs, l'adoption de l'insémination artificielle avec les semences de taureaux de races laitières a contribué à l'émergence d'un noyau de type croisé (local x importé) qui représente près de 30 % des effectifs totaux en 2010. Mais la régression de l'encadrement technique, due au brusque désengagement de l'État, a compromis les ambitions initiales. Certes l'activité laitière s'est imposée, même dans les élevages paysans de petite taille, mais les niveaux moyens de productivité demeurent limités, en raison de très nombreuses lacunes de gestion (insuffisances alimentaires, rations déséquilibrées, infécondité, mammites, *etc.*), avec à la clé une rentabilité souvent modique (Sraïri *et al.*, 2009a).

Par ailleurs, la volonté de créer un matériel génétique performant et adapté aux conditions locales a été définitivement freinée. Car, sans contrôle laitier digne de ce nom (moins d'une centaine d'étables en 2010) et en l'absence de programmes de sélection raisonnée qui pourraient en valoriser les résultats, le pays demeure entièrement dépendant des importations. Cela s'est plus particulièrement fait sentir de 2000 à 2004, au plus fort de la crise de l'encéphalopathie spongiforme bovine en Europe, avec le moratoire décrété par les autorités marocaines sur les importations de génisses. Il en est résulté un renouvellement insuffisant des troupeaux laitiers, du fait que la génisse importée, nourrie à l'herbe, revient nettement moins cher que celle qui est née au Maroc, principalement élevée avec force aliments achetés. Cela explique les importations massives (jusqu'à 30 000 génisses par an en cas de conjoncture climatique favorable) qui ont été opérées depuis 1975. Ces vaches ne réalisent cependant que rarement une carrière supérieure à trois lactations et leurs niveaux moyens de productivité culminent à moins de 2 500 kg de lait par an (Sraïri et Baqasse, 2000). Seul l'appui technique généralisé aux élevages bovins permettrait de récupérer ces manques à gagner et d'améliorer la rentabilité des ateliers lait et viande, pour peu qu'il y ait une volonté d'intervention dans les exploitations, (Sraïri *et al.*, 2011).

De plus, les rythmes d'amélioration génétique des bovins dans leur pays d'origine (Europe et Amérique du Nord), avec des vaches produisant communément plus de 10 000 kg par lactation, ont définitivement ancré chez l'éleveur laitier marocain qui voudrait se spécialiser la certitude qu'il vaut mieux s'adresser à l'étranger pour constituer et entretenir son troupeau. Cela induit donc une dépendance totale du secteur sur le plan génétique, que ce soit pour des génisses pleines ou des paillettes de sperme, quel que soit le prix à payer... Au bout du compte, les politiques de croisement intense des races locales avec des bovins importés ont eu comme effet spectaculaire l'émergence d'une majorité d'élevages de type mixte produisant lait et viande simultanément.

En effet, le développement laitier a eu pour corollaire une production de viande bovine plus importante. Ce co-produit de l'élevage laitier a même acquis une image très positive aux yeux de la majorité des exploitations, car beaucoup plus plastique en termes de commercialisation, à la différence du lait cru, dont le prix « départ ferme » est difficilement négociable. De plus, les races à lait importées affichant des potentiels de production de viande supérieurs aux races locales, de nombreuses exploitations les utilisent en élevage quasi allaitant, et réorientent les intrants (notamment les fourrages et l'eau pour les irriguer) vers les jeunes en croissance plutôt que vers les laitières. Des études de terrain démontrent que la valorisation économique de l'eau par l'élevage bovin en zones irriguées, en contexte de stress hydrique prononcé, est meilleure en production de viande qu'en production de lait, et ce dans de nombreuses exploitations paysannes a priori considérées comme laitières (Sraïri *et al.*, 2009b). Ainsi, en raison de l'organisation de la répartition des revenus générés dans la filière bovine (prix « départ ferme » respectifs du kg vif et du kg de lait), le lait bénéficie de moins d'attention que la viande dans de nombreuses exploitations. Ceci atteste que les différentiels de revenus des deux fonctions (lactation et gain de poids) semblent remettre en cause la meilleure efficacité métabolique de la lactation pour la valorisation des fourrages irrigués (Vermorel et Coulon, 1998).

Aussi, une réflexion sérieuse semble-t-elle s'être amorcée dans les bassins laitiers les plus importants du pays sur les scénarios possibles d'évolution de l'élevage bovin face à la raréfaction des ressources en eau. Dans la majorité de ces régions, notamment les plus au Sud et à l'Est du pays

(Souss Massa dans le Sud autour de la ville d'Agadir, Tadla à l'Est dans la région de Béni Mellal, Haouz de Marrakech et Doukkala à la périphérie de la ville d'El Jadida), la pluviométrie annuelle dépasse rarement les 300 mm, ce qui a entraîné une surexploitation, voire un épuisement des nappes phréatiques, à un moment où les dotations des barrages¹ n'arrivent plus à satisfaire toute la demande. Par conséquent, les systèmes fourragers basés sur du maïs irrigué en goutte-à-goutte destiné à l'ensilage afin de diminuer les consommations en eau dans les élevages bovins connaissent un engouement récent. Or, jusqu'ici les acteurs des chaînes d'approvisionnement laitier, notamment les éleveurs mais aussi les organismes étatiques du développement de l'agriculture, semblent avoir prêté peu d'attention aux mises en garde portant sur les risques associés à ces logiques de production : pollution des nappes (Landais, 1996), contamination du lait par des résidus de pesticides ayant justement servi à atteindre de hauts rendements de biomasse fourragère (Salas *et al.*, 2003) et dépendance totale vis-à-vis de sources protéiques importées comme les tourteaux de soja ou de tournesol (Pochon, 2008), *etc.*

Par conséquent, avoir encouragé l'émergence d'un élevage bovin laitier moderne au Maroc aura permis de s'affranchir de coûteuses importations et d'assurer les approvisionnements, alors que d'autres pays de la région sont restés tributaires du marché mondial et des variations des cours du lait (Sraïri *et al.*, 2007). Les répercussions en termes de production de viande ont été positives. L'élevage bovin à base de races laitières importées a aussi eu des implications sociales notables, créant des emplois et des revenus dans le monde rural.

Toutefois, le Maroc demeure très dépendant des importations de gènes bovins laitiers, car les programmes de contrôle de performances et de sélection du cheptel ont périclité. Par ailleurs, les épisodes de sécheresse imposent aussi de fréquentes importations d'aliments concentrés, qui peuvent s'avérer très préjudiciables pour la rentabilité des élevages, surtout en cas de renchérissement incontrôlé des denrées agricoles, comme l'a montré la crise alimentaire de 2007-2008. Cela, sans omettre les obligatoires et stratégiques importations d'intrants que le pays ne produit pas, comme le matériel de traite et de réfrigération du lait. Mais plus inquiétant est le calquage aveugle et à grande échelle de modèles basés sur le triptyque « irrigation en goutte-à-goutte, maïs ensilé intensif et vaches Holstein » dont les possibles répercussions sur l'environnement et la sécurité sanitaire des produits sont éludées.

Les récentes évolutions de l'élevage naisseur traditionnel

Outre l'aviculture et le bovin laitier, l'élevage extensif naisseur est pratiqué traditionnellement au Maroc, avec des bovins, des petits ruminants (ovins et caprins) et accessoirement des dromadaires. Ces derniers, cantonnés dans les zones les plus méridionales du pays, pourraient à l'avenir, en cas de changement climatique aigu et de sécheresses accrues, être appelés à jouer un rôle plus important dans la sécurisation des approvisionnements en lait et viande.

Chacun des systèmes d'élevage naisseur que nous allons décrire repose sur une espèce animale et ses ressources alimentaires.

● L'élevage bovin allaitant

La production de viande bovine issue de troupeaux naisseurs est surtout liée à des femelles allaitantes de races locales ou de type croisé. Elles sont nourries principalement à base de ressources pastorales, mais aussi avec de l'herbe de jachère, des sous-produits de céréaliculture (paille, chaumes, surplus de grains), ainsi que des adventices des terroirs cultivés. Toutes ces ressources, que les zootechniciens nomment Unités Fourragères Lait gratuites, nécessitent en fait un coût en travail

1. Quantités d'eau disponibles dans les barrages et destinées à l'irrigation, après avoir d'abord satisfait les besoins des villes et des activités industrielles. À l'origine, le pilotage des dotations se faisait selon la demande émise par les usagers (agriculteurs). Or, comme cette dernière est en constante augmentation, le pilotage est aujourd'hui surtout dicté par les volumes disponibles (l'offre hydrique), ce qui induit, en cas d'année sèche, des lâchers d'eau souvent insuffisants par rapport aux besoins optimaux des cultures installées.

humain considérable : gardiennage dans des zones enclavées, désherbage manuel, transport, *etc.* En périodes de disette (fin de l'été jusqu'à la première pousse d'herbe qui dépend de la précocité des pluies automnales) une complémentation avec des concentrés achetés est aussi pratiquée. Cette activité, surtout concentrée dans les zones pluviales (sans possibilité d'irrigation), donne aussi lieu à une production sommaire de lait qui est tétée par le veau, consommée à la ferme ou qui intègre les chaînes de transformation. Les quantités de viande ainsi que de lait issues de ces troupeaux bovins naisseurs dépendent fortement des niveaux de précipitations annuelles, qui déterminent les quantités de fourrages disponibles. Suite à une sécheresse prolongée, les vaches perdent du poids et affichent une fertilité réduite, compromettant leur fonction naisseuse première. Ces systèmes allaitants se distinguent par leur relative autonomie fourragère. Ils sont aussi peu dépendants de gènes et d'intrants importés. Mais étant donné l'importante population animale et la diversité génétique impliquée (races locales et différents niveaux de croisements avec des animaux importés) ainsi que la dispersion des troupeaux, les programmes de contrôle de performances et la sélection éventuelle qui aurait pu en résulter n'ont pu s'imposer. Au final, cette richesse animale demeure peu valorisée, tributaire des aléas climatiques et offre un réel potentiel d'amélioration génétique. Parmi les voies possibles d'intervention pour rehausser les performances de ces systèmes autonomes figurent la maîtrise de la reproduction des vaches (avec un meilleur suivi de leur alimentation et de leur santé), la promotion de leurs produits (par exemple, du lait de vache locale riche en matières grasses transformé en *smen*, beurre rance) moyennant des réseaux de vente efficaces, ainsi que la finition de jeunes animaux maigres. Ceci suppose un encadrement de proximité et la maîtrise de la commercialisation, actuellement absents dans la majorité des exploitations agricoles.



Troupeau de race D'man à Mirna, village oasien (province de Ouarzazate). © Taher Sraïri.

● L'élevage ovin naisseur

La production de viande ovine est encore plus fondamentalement marquée du sceau de la diversité des races. Plus de six sont dûment identifiées et un ensemble de populations locales sont peu caractérisées, notamment dans les zones de montagne. Les terroirs ainsi que les ressources alimentaires qu'ils offrent sont tout aussi divers. Tant la diversité de ses ressources génétiques que l'ampleur des effectifs (plus de 17 millions, soit le 12^e effectif ovin au monde), font du Maroc un pays moutonnier par excellence. En effet, cette espèce est bien plus adaptée aux variations climatiques que les bovins. Elle se déplace facilement sur les reliefs accidentés, dans un pays où 26 % de la surface sont situés à plus de 1 000 m d'altitude, de par son faible poids et ses rythmes de reproduction saisonnés. De plus, la laine constituait traditionnellement un produit stratégique, allant jusqu'à représenter l'épargne de nombreuses familles. Cela est désormais révolu, car les fibres synthétiques l'ont reléguée à un statut de matière encombrante et difficile à écouler. Le marché potentiel incarné par le tourisme de masse ne parvient pas à soulager cette situation car les produits de l'artisanat (tapis, habits traditionnels comme les djellabas, *etc.*) sont chers, hors de portée de très nombreuses bourses.

La majorité des races marocaines affichent un anneau saisonnier de janvier à avril, ce qui induit des agnelages groupés en automne, au moment où les disponibilités alimentaires sont à leur plus faible niveau. Il en résulte des performances contrastées. Schématiquement, trois types de systèmes d'élevage ovin ont été définis :

- l'élevage pastoral, surtout dans les zones de montagne et de piémont, avec des animaux alimentés en priorité à base de ressources issues des parcours (végétation naturelle quasi gratuite mais dont l'exploitation nécessite un dur labeur de gardiennage des troupeaux dans des conditions pénibles) ;
- l'élevage agro-pastoral, en régions de céréaliculture et aux abords des zones irriguées, où les troupeaux reçoivent, outre les produits des pâturages, une complémentation à partir des parcelles cultivées, notamment les résidus de céréales (son, paille, *etc.*) et parfois des fourrages (avoine, orge, luzerne, *etc.*) ;
- l'élevage oasien, dans les zones sahariennes, où l'existence d'une race mondialement connue pour sa prolificité (la D'man) couplée à des aliments spécifiques (résidus de dattes et luzerne irriguée) ont induit un mode de production, certes marginal, mais remarquable (Kerfal, 2005). Le caractère prolifique de la race ovine D'man (plus de 70 % des mises bas sont multiples, dont un quart compte au moins trois agneaux) induit cependant des poids limités à la naissance (inférieurs à 2 kg par individu). Ceci constitue une contrainte majeure pour assurer la viabilité des agneaux. Celle-ci nécessite une conduite zootechnique améliorée, qui passe par une hygiène adéquate et un allaitement artificiel (ce qui justifie souvent, dans de nombreux foyers, de garder une vache pour allaiter au biberon une portée d'agneaux nombreuse ...), le lait d'une seule brebis risquant d'être insuffisant pour une progéniture fournie. Aussi, dans les oasis, les troupeaux de la race D'man sont-ils généralement de petite taille (2 à 3 brebis et leur descendance). Les éleveurs les conduisent en zéro pâturage intégral, étant donné l'exiguïté de l'espace et les limites du disponible fourrager.

● L'élevage ovin spécifique à la fête de l'Aïd El Kébir

Les évolutions récentes de l'élevage ovin au Maroc et dans les autres pays du Maghreb (Algérie et Tunisie) convergent vers deux orientations importantes. Il s'agit d'abord de s'affranchir de la dépendance climatique, ce qui s'est traduit dans tous les systèmes par un surplus d'aliments achetés, particulièrement en périodes de sécheresse. Il faut ensuite concentrer l'essentiel des efforts sur la production d'anténas (mâles sevrés en croissance) finis, destinés à être valorisés sur le marché spécifique de la fête du sacrifice d'Abraham (Alary et Boutonnet, 2006), localement connue sous le nom de « Aïd El Kébir », littéralement : la grande fête.

Ces évolutions traduisent aussi les changements de comportements de consommation des produits carnés au Maroc, avec la prééminence de la volaille, suivie du bœuf, tandis que les quantités de mouton stagnent (Sarter, 2006). Parmi les hypothèses qui peuvent expliquer ces tendances, le coût élevé du mouton (le double du poulet de chair par exemple), son goût marqué qui ne serait plus



Béliers de race Timahdite au pâturage près de Aïn Leuh (1800 m d'altitude). En arrière-plan, la chaîne du Moyen Atlas. © Taher Sraïri.

apprécié par une majorité de consommateurs (une croyance largement répandue et qui reste à prouver lui attribue un taux élevé en cholestérol) et aussi une faible aptitude à se prêter à des repas individualisés. En effet, les récentes évolutions sociales ont entraîné des modifications dans les comportements de consommation (davantage de repas pris individuellement et/ou hors du domicile familial) qui pénalisent lourdement la viande ovine au bénéfice de la volaille, du bœuf et des laitages (plus adaptés pour des préparations de restauration rapide : pizzas, sandwiches, *etc.*). La viande ovine a cependant gagné le statut d'un mets surtout festif consommé collectivement (l'Aïd El Kébir en particulier mais aussi les mariages, les festivals - moussems -, *etc.* où le mouton rôti - méchoui - est quasi obligatoire), alors qu'elle constituait jusqu'au milieu du XX^e siècle la base de l'alimentation carnée.

C'est la concentration de la consommation du mouton autour de la fête de l'Aïd El Kébir qui représente l'évolution la plus notable de ce secteur. Cette manifestation draine en effet plus de 50 % des abattages annuels d'ovins et représente donc un marché stratégique pour les éleveurs. Elle donne lieu à un réel transfert de fonds vers le monde rural ainsi qu'à d'intenses transactions sur les ovins, qui n'ont été que peu analysées. En effet, les achats d'ovins lors de cette fête sont opérés directement par les ménages et l'apparence extérieure de l'animal vivant prime à cette occasion, ce qui concourt à des prix de vente généralement supérieurs à la valeur du poids de viande de l'animal. Car les textes islamiques régissant le rite du sacrifice d'Abraham insistent tous sur les indications relatives au standard de la bête à lui réserver : « L'offrande viendra intacte, avec cornes, sabots, poils et laine, le sang qui coule est estimé de Dieu avant même qu'il ne touche le sol » (*hadith* - communication orale - du prophète Mohammed). La symbolique des cornes est fondamentale ; elle garantit la possibilité de contenir l'animal en lieu et place du fils d'Abraham. Pour la majorité des ménages, l'achat d'un animal sans cornes est tout simplement impensable, le sacrifice devant respecter à la lettre les

indications des textes religieux. Toutefois, pour les familles les plus démunies, l'importance de participer à la fête justifie de se rabattre sur des animaux moins onéreux, comme les femelles (qui sont, dans la majorité des races ovines locales, sans cornes) ou des mâles de mauvaise conformation, qui trouvent preneurs en cette circonstance...

À cette occasion, les transactions sur les ovins sont aussi importantes que tout le reste de l'année et les critères d'achat n'ont plus rien à voir avec ceux des chevillards et bouchers qui sélectionnent sur le poids des bêtes et leur rendement de carcasse prévisible. Aussi, le secteur de l'élevage ovin est-il en passe de s'adapter à cette nouvelle donne, qui fait que la viande n'est pas le seul produit recherché. Cela s'est traduit ces dernières années par la promotion d'une race connue pour son esthétique, la Sardi, aussi appelée « race à lunettes » en raison de ses taches noires caractéristiques sur le museau et les yeux. Les variantes de choix de l'animal à sacrifier demeurent aussi largement régionales voire individuelles et chaque chef de ménage, selon ses origines, ses perceptions du standard à abattre et surtout son budget opérera l'achat qui lui permettra de combler les membres de sa famille. Les éleveurs ayant compris ces évolutions essaient de s'y conformer en mettant sur le marché des animaux qui plaisent aux acheteurs. Certains phénotypes et races ciblent des marchés spécifiques. Au Nord du Maroc, dans les villes de Tanger et Tétouan, les races à gueule de couleur acajou originaires du Moyen Atlas et de l'Oriental (la Timahdite et la Béni Guil) sont les plus prisées, tandis qu'au niveau du Maroc atlantique, surtout aux abords de l'agglomération de Casablanca, c'est la Sardi qui est la plus estimée. Il faut sûrement voir dans ces comportements d'achat des réminiscences d'habitudes de consommation, car la dynamique poussée d'urbanisation du pays (de moins de 20 % de citadins en 1900 à plus de 55 % en 2005) a résulté d'un intense exode rural qui a ramené en ville un ensemble de pratiques préétablies (Troin, 2002). Ainsi, à Casablanca, mégapole de 4 millions d'habitants qui a drainé la population d'un vaste arrière-pays, la race Sardi lui rappelle l'ovin de sa région d'origine, les plaines de la Chaouia et du Tadla et le plateau des phosphates de Khouribga. En bref, l'ovin de l'Aïd El Kébir acquiert non seulement une dimension festive, mais il atteint même un statut identitaire, expliquant la surenchère dont il est l'objet lorsqu'il s'agit d'acquérir une bête onéreuse et répondant le plus possible à des critères esthétiques.

Avec ces changements, il semble que la gestion de la richesse génétique ovine au Maroc soit dépassée. Certes, les autorités ayant très tôt compris le rôle fondamental de cette espèce dans les écosystèmes agraires ont favorisé la création d'associations d'éleveurs à même de gérer les races endémiques. Mais l'enjeu considérable représenté par l'Aïd El Kébir n'est pas encore intégré dans les actions menées pour la sélection des animaux ou la vulgarisation des pratiques d'élevage adaptées pour la préparation d'antennais pour cette fête. Plus grave, la recherche zootechnique semble totalement ignorer ces éléments de contexte, et s'inspirant de schémas théoriques d'amélioration des performances des animaux, elle en vient même à proposer des solutions opposées. Par exemple, reprenant les théories des bienfaits du croisement, la recherche a conçu de nombreux programmes prônant l'usage de la race prolifique nationale - la D'man des oasis - pour la multiplier avec des races rustiques locales (la Béni Guil, la Sardi, la Timahdite, *etc.*) ou des races à viande lourdes et importées (dans le cadre de croisements à double étage intégrant la D'man, une autre race nationale rustique et une race importée comme l'Île de France ou la Texel), ce qui augmenterait les potentiels d'efficacité pondérale des troupeaux. Ce faisant, la recherche zootechnique omet que les produits de ces croisements sont le plus souvent meusses (dépourvus de cornes), car la race D'man comme les races importées le sont, ce qui les élimine du choix des familles lors de l'Aïd El Kébir. Par ailleurs, une race n'est pas seulement un ensemble d'animaux avec des caractéristiques phénotypiques communes, mais elle est aussi le reflet d'un ensemble homogène intégrant gestion du territoire, produits animaux typés et références culturelles des hommes qui en ont la charge (Vissac, 1994). Or ce genre d'ovins croisés comporte une part d'inconnu quant au type de conduite zootechnique à lui réserver. En effet les races ovines du Maroc sont associées à des terroirs donc directement aux ressources alimentaires que consomment les troupeaux et qui assurent un goût et une qualité de viande spécifiques : la race Béni Guil de l'Oriental nourrie en steppe alfatière et dont les caractéristiques organoleptiques étaient réputées jusqu'en France métropolitaine, du temps du Protectorat, connue alors sous l'appellation d'« agneau petit Oranais » ; de même, la Sardi nourrie sur les pâturages



Troupeau Sardi au pâturage dans la subéraie (forêt de chênes-lièges) de la Maâmora. © Taher Sraïri.

des plaines céréalières de la Chaouia, ou encore la Timahdite sur les parcours forestiers du Moyen Atlas. Avec des ovins croisés dont les races parentales proviennent d'écosystèmes très différents (des ovins pastoraux adaptés à la marche comme la race Béni Guil, la Timahdite ou la Sardi, accouplés avec une race vivant en stabulation et en petits troupeaux, la D'man), il persiste un hiatus dans le type de conduite à leur réserver : faut-il les mettre au pâturage ou les destiner à une alimentation à l'auge ? C'est d'ailleurs ce genre d'inconnues qui pourraient expliquer que ces races dites synthétiques puissent faire long feu, inadaptées aux attentes des éleveurs, qui doivent composer avec des marchés très sélectifs.

D'intenses efforts demeurent donc nécessaires pour une gestion harmonieuse de la richesse génétique ovine au Maroc. Étant donné la régression constatée de la consommation de mouton relativement au poulet, au bœuf et au poisson (dans un pays doté de plus de 3 000 km de côtes très riches en ressources halieutiques) et la prépondérance de ses usages à des fins festives, il convient de cibler les interventions pour en promouvoir la valeur. À cet égard, la certification de viandes ovines selon les races qui les produisent et les terroirs spécifiques dont elles émanent serait salubre pour augmenter les revenus des éleveurs. Il faudrait viser en particulier les élevages extensifs des régions pastorales où le bilan fourrager est basé sur de l'herbe, et non pas les ceintures suburbaines où l'engraissement intensif d'antennais croisés repose principalement sur des ressources alimentaires achetées.

En termes de programmes de recherche sur l'ovine au Maroc, un nécessaire recentrage sur les fêtes et sur les caractéristiques désirées par les consommateurs à ces occasions est primordial. Cela renvoie à l'aspect extérieur des animaux (cornes, toison, queue, *etc.*) mais aussi à la qualité de la viande (types de graisses, saveur, *etc.*) et aux formats (taille et poids de carcasse) prisés. Autant de thématiques appelant à l'interaction entre diverses disciplines comme l'étude des pratiques d'élevage, l'économie de la production et ses impacts sur l'environnement, sans omettre la sociologie pour l'analyse de la consommation et ses déterminants.

En conclusion

Le développement de l'élevage s'est imposé comme une nécessité pour le Maroc après l'Indépendance, étant donné les perspectives d'augmentation de la demande qui se profilaient. Pour

concrétiser cet essor, différentes voies ont été explorées et elles ont permis d'assurer un minimum de sécurité alimentaire pour des denrées aussi stratégiques que les produits carnés, les oeufs et le lait. Toutefois, près de 50 ans plus tard, il est possible d'évaluer les réalisations avec un certain recul. En effet, les niveaux moyens individuels de consommation en protéines animales demeurent modestes et n'ont quasiment pas évolué. Par ailleurs, les disparités de consommation prouvent que de larges franges de la société n'accèdent pas suffisamment à ces produits. En effet, avec un pouvoir d'achat meilleur chez les très nombreux ménages à revenus limités, les volumes produits auraient été insuffisants pour couvrir les besoins, ce qui remettrait en cause les choix opérés.

La demande de viande rouge chute, en valeur relative, au profit principalement de la volaille, nettement moins chère. La production avicole reposant sur des intrants entièrement importés, la sécurité alimentaire est donc en trompe-l'œil. L'élevage bovin laitier avec des races importées s'est lui aussi imposé dans de nombreuses régions sous l'impulsion de l'État, mais ses performances technico-économiques sont plus que mitigées. De plus, le bilan de la valorisation de l'eau par cette activité démontre sa vulnérabilité en zones irriguées, où les disponibilités hydriques sont insuffisantes, aussi bien à cause des épisodes de sécheresse que d'une demande accrue, ce qui entraîne l'utilisation non durable des nappes souterraines.

Les systèmes ancestraux d'élevage naisseur ont été dédaignés et les ressources génétiques qu'ils mobilisent peu valorisées ou incluses dans des schémas de gestion qui s'éloignent des évolutions du contexte local, comme la montée en puissance de la fête de l'Aïd El Kébir. Il est à cet égard révélateur qu'aucune recherche zootechnique sérieuse n'ait été jusqu'ici menée sur les races bovines locales, en dépit de leurs caractères de rusticité ainsi que des possibilités de les sélectionner pour garantir une certaine indépendance vis-à-vis de gènes importés.

Quels pourraient être les enseignements à tirer de ces évolutions ? L'une des idées forces est qu'il est nécessaire de poursuivre l'effort d'augmentation de la production animale. C'est d'ailleurs une composante majeure de la stratégie de développement agricole qui vient d'être adoptée : le Plan Maroc vert². Mais cela ne peut plus se réaliser avec les options du passé, tant les enjeux de durabilité et de compétitivité sont devenus prégnants. Il y a des voies alternatives à explorer d'urgence pour une valorisation optimale des ressources (à commencer par l'eau) et des produits. Il est d'ailleurs dommage que l'ampleur des infestations de bovins par les myiases diminue la valeur marchande des peaux et conduise à ce que le pays soit devenu importateur de ce co-produit emblématique.

Pour s'affranchir de la dépendance, l'autonomie fourragère doit être recherchée au maximum dans les exploitations, ce qui revient à y généraliser les bonnes pratiques culturales et zootechniques, d'autant que l'élevage y assure un rôle clé dans la génération de revenus, même lors des années très sèches, quand les cultures sont improductives. Cela permettra aussi de dépasser la volatilité des prix des aliments importés, pour ne pas être otage d'augmentations inopinées sur les marchés mondiaux. Par ailleurs, la bonne gouvernance doit s'ériger en principe majeur de gestion des chaînes d'approvisionnement en produits animaux : répartition équitable des dividendes entre les opérateurs, évaluation des impacts environnementaux, traçabilité des productions pour une éventuelle rémunération à la qualité, *etc.* Cela constitue une condition majeure de résilience de l'élevage au Maroc, à un moment où se profile la fin de la protection des filières, puisque le pays négocie actuellement un accord de libre échange avec l'Union Européenne. Une réflexion approfondie doit être menée sur l'encadrement des élevages, actuellement peu élaboré : comment mettre en place un appui technique dans un contexte d'offre atomisée (des milliers d'exploitations avec des productions limitées) et avec un désengagement total des services de l'Etat ? Or, là est la clé de futurs succès pour récupérer les manques à gagner, gage de la lutte contre la pauvreté rurale.

2. Stratégie d'augmentation des productions agricoles au Maroc, aussi bien les denrées vivrières comme les céréales, le lait, la viande, *etc.*, que les produits destinés à l'exportation comme les primeurs et les agrumes, et ce, à l'horizon 2020. Le Plan Maroc vert se base sur une intensification de la production via la facilitation de l'accès aux moyens de financement et l'organisation des filières autour d'opérateurs capables d'encadrer les agriculteurs et de valoriser leurs produits (industriels, grandes unités de production, fournisseurs d'intrants, *etc.*). Le Plan Maroc vert a des objectifs très ambitieux qui visent à redynamiser tout le secteur agricole et à l'ériger en véritable locomotive de la croissance économique du pays.

Références bibliographiques

- ALARY V., BOUTONNET J.P., 2006. L'élevage ovin dans l'économie des pays du Maghreb : un secteur en pleine évolution. *Sécheresse*, 17(1-2), 40-46.
- FÉDÉRATION INTERPROFESSIONNELLE DU SECTEUR AVICOLE (FISA), 2008. *Documentation et statistiques*, 28 p., Casablanca, Maroc.
- FLAMANT J.C., 2002. *Histoires de races animales, histoire de sociétés humaines*. Mission d'animation des Agrobiosciences. ENFA Castanet Tolosan, www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/cahier_jcflamant.pdf
- KERFAL M., 2005. Performances zootechniques de la race ovine D'man. In : Boulanouar B., Paquay R. (Eds.), *L'élevage du mouton et ses systèmes de production au Maroc*. Institut de la recherche agronomique de Rabat, Maroc, 273-288.
- LANDAIS E., 1996. Élevage bovin et développement durable. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, n°29, 59-72.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA RÉFORME AGRAIRE (MARA), 1975. *Le Plan laitier*. Direction de l'Élevage, Rabat, Maroc. 83 p.
- POCHON A., 2008. *Agronomes et paysans : un dialogue fructueux*. Éditions Quae, « Sciences en questions », Paris, 72 p.
- SALAS J.H., GONZÁLEZ M.M., NOA M., PÉREZ N.A., DÍAZ G., GUTIÉRREZ R., ZAZUETA H., OSUNA I., 2003. Organophosphorus pesticide residues in Mexican commercial pasteurized milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(15), 4468-4471.
- SARTER G., 2004. Entre beldi et roumi : préférence des consommateurs urbains et production de poulets au Maroc. *Cahiers Agricultures*, 13(1), 75-78.
- SARTER G., 2006. *Manger et élever des moutons au Maroc. Sociologie des préférences et des pratiques de consommation et de production de viande*. Thèse de doctorat de l'université Paris I, 305 p.
- SPEEDY A.W., 2003. Global production and consumption of animal source foods. *Journal of Nutrition*, 133(11), 4048S-4053S.
- SRAÏRI M.T., BAQASSE M., 2000. Devenir, performances de production et de reproduction de génisses laitières frisonnes pie noires importées au Maroc. *Livestock Research for Rural Development*, 12(3), <http://www.lrrd.org/lrrd12/3/sra123.htm>
- SRAÏRI M.T., CHOHIN-KUPER A., 2007. Conséquences de la libéralisation des marchés sur les opérateurs de la filière laitière au Maroc. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 60(1-4), 117-187, http://remvt.cirad.fr/cd/der-niers_num/2007/EMVT07_177_187.pdf
- SRAÏRI M.T., EL JAOUHARI M., SAYDI A., KUPER M., LE GAL P.Y., 2011. Supporting small-scale dairy farmers in increasing milk production: evidence from Morocco. *Tropical Animal Health and Production*, 43(1), 41-49.
- SRAÏRI M.T., KIADE N., LYOUBI R., MESSAD S., FAYE B., 2009a. A comparison of dairy cattle systems in an irrigated perimeter and in a suburban region: case study from Morocco. *Tropical Animal Health and Production*, 41(5), 835-843.
- SRAÏRI M.T., RJAFALLAH M., KUPER M., LE GAL P.Y., 2009b. Water productivity of dual purpose herds (milk and meat) production in a Moroccan large-scale irrigated scheme. *Irrigation and drainage*, 58(3), 334-345.
- SRAÏRI M.T., BEN SALEM M., BOURBOUZE A., ELLOUMI M., FAYE B., MADANI T., YAKHLEF H., 2007. Analyse comparée de la dynamique de la production laitière dans les pays du Maghreb. *Cahiers Agricultures*, 16(4), 251-257.
- TILLON G., 2000. *Il était une fois l'ethnographie*. Éditions du Seuil, Paris, 292 p.
- TROIN J.F., 2002. *Maroc. Régions, pays, territoires*. Éditions Maisonneuve et Larose, Paris, 502 p.
- VAYSSE J., 1952. *L'élevage au Maroc. Trente-cinq années d'expérience zootechnique et de protection du cheptel*, vol. 1 : Ruminants. La Terre Marocaine, Rabat, Maroc, 356 p.
- VERMOREL M., COULON J.B., 1998. Comparison of the National Research Council energy system for lactating cows with four European systems. *Journal of Dairy Science*, 81(3), 846-855.
- VISSAC B., 1994. Populations animales et systèmes agraires. L'exemple des bovins laitiers. *INRA Productions Animales*, 7(2), 97-113.

Les Dossiers de l'environnement de l'INRA

Les *Dossiers* paraissent irrégulièrement : de taille variable, ils sont thématiques et rassemblent soit des articles (reprises de parutions dans *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* et contributions nouvelles), soit des communications présentées lors d'une manifestation scientifique.

Directeur de la publication : Jean-Luc Pujol ; rédacteur en chef : Anne Judas.

En diffusion :

n°10 : **AGRIGES** (Agriculture et gaz à effet de serre 1995, 98 p., coord. Alain Perrier). Consulter la MAR/S.

n°11 : **Animaux domestiques et gestion de l'espace** (1996, 106 p., coord. Alain Perrier et Patrick Legrand). Consulter la MAR/S.

n°12 : **La dissémination d'OGM : la prudence est-elle possible ?** (1996, 42 p., par Véronique Le Roy). Consulter la MAR/S.

n°13 : **La crise de la « vache folle »** (1996, 50 p., par Stéphane Petitjean). Consulter la MAR/S.

n°15 : **Forêts** (1997, 194 p., coord. Pierre Guy, Alain Fraval et Michel Arbez). Consulter la MAR/S.

n°17 : **Sciences de la société et environnement à l'INRA** (1998, 104 p., coord. Odile Vilotte et Danielle Barrès). Consulter la MAR/S.

n°18 : **Pratiques agricoles en France et OGM. Séminaire de la CGB (Dijon, 18-19 juin 1999)** (1999, 226 p., coord. Bernard Chevassus-au-Louis et François Hervieu). Consulter la MAR/S.

n°19 : **La lutte biologique (II)** (1999, 274 p., coord. Alain Fraval et Christine Silvy). Consulter la MAR/S.

n°20 : **Forêts et tempêtes** (2000, 336 p., coord. Sébastien Drouineau, Olivier Laroussinie, Yves Birot, Daniel Terrasson, Thomas Fornery et Bernard Roman-Amat). Consulter la MAR/S.

n°22 : **Johannesbourg** (2001, 212 p., coord. Patrick Legrand, Alain Fraval et Catherine Laurent) G, diffusé par Quae.

n°23 : **ATEPE – Agriculture, territoire et environnement dans les politiques européennes** (2003, 182 p., coord. Dominique Dron). Consulter la MAR/S.

n°24 : **Désintensification de l'agriculture – questions et débats** (2003, 190 p., coord. Danielle Barrès). Consulter la MAR/S.

n°25 : **AGREDE – Agriculture et épandage de déchets urbains et agro-industriels** (2003, 154 p., coord. Martine Tercé). Consulter la MAR/S.

n°26 : **Aquaculture et environnement** (2004, 110 p., coord. Thierry Boujard). Consulter la MAR/S.

n°27 : **Johannesbourg – l'INRA face au développement durable** (2004, 218 p., coord. Patrick Legrand, Alain Fraval et Catherine Laurent) N, diffusé par Quae.

n°28 : **ESB : radioscopie d'une tourmente : témoignages et analyses** (2004, 190 p., coord. Yves Le Pape, Yann Kerveno, Rémi Mer et Sophie Le Perchec). Consulter la MAR/S.

n°29 : **La Nature, singulière ou plurielle ? Connaître pour protéger** (2006, 62 p., Jacques Lecomte avec la collaboration d'Annette Millet). Consulter la MAR/S.

n°30 : **Quelles variétés et semences pour des agricultures paysannes durables ?** (2006, 188 p., Gasselin P. et Clément O. coord.). N, diffusé par Quae.

n°31 : **Face aux nouveaux enjeux : quelles politiques agricoles pour quels systèmes de production ?** (2010, 128 p., Butault J.P., Mouillet Y., Villain V., Experton C., coord.). N, diffusé par Quae.

Le Courrier de l'environnement de l'INRA

paraît 2 à 3 fois par an, sur 150 pages environ. Son service est gratuit.

Il est adressé sur demande écrite à INRA-MAR/S,

147 rue de l'Université,
75338 Paris cedex 07 ;
fax : 01 42 75 95 08 ;
lecourrier@paris.inra.fr

www.inra.fr/dpenv/do.htm

Les *Dossiers* sont diffusés par les Éditions Quae
c/o Inra – RD 10, 78026 Versailles cedex.
Tél. : +33 1 30 83 34 06 ; fax : +33 1 30 83 34 49 ;
serviceclients@quae.fr

Prix : 15,24 € (P = petit) ; 22,87 € (G = gros) ou 26 € (N = nouveau)
Frais d'envoi pour la France métropolitaine : 5 € pour 1 ex. Ajouter 1 € par ex. supplémentaire.
Allemagne, Belgique, Pays-Bas, Luxembourg, Royaume-Uni, Italie et Espagne :
10 € pour 1 ex., ajouter 1 € par ex. supplémentaire
DOM et autres pays : consulter les Éditions Quae.
Chèque à l'ordre des Éditions Quae.



Dessin de Robert Rousso. © INRA MaR/S.