

2011

ACADÉMIE DES SCIENCES

DÉMOGRAPHIE,
CLIMAT ET
ALIMENTATION
MONDIALE

Sous la direction de
HENRI LERIDON et
GHISLAIN DE MARSILY



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Démographie, climat et alimentation mondiale

RAPPORT SUR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE N° 32
Animateurs : Henri Leridon et Ghislain de Marsily

ACADÉMIE DES SCIENCES



17, avenue du Hoggar
Parc d'activités de Courtabœuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France

Rapports sur la science et la technologie

- *Sciences et pays en développement. Afrique subsaharienne francophone*
RST n° 21, 2006.
- *La recherche spatiale française*
RST n° 22, 2006.
- *L'épidémiologie humaine. Conditions de son développement en France, et rôle des mathématiques*
RST n° 23, 2006.
- *La maîtrise des maladies infectieuses. Un défi de santé publique, une ambition médico-scientifique*
RST n° 24, 2006.
- *Les eaux continentales*
RST n° 25, 2006.
- *La fusion nucléaire : de la recherche fondamentale à la production d'énergie ?*
RST n° 26, 2006.
- *Cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux*
RST n° 27, 2007.
- *Hormones, santé publique et environnement*
RST n° 28, 2008.
- *Événements climatiques extrêmes. Réduire les vulnérabilités des systèmes écologiques et sociaux*
RST n° 29, 2010.
- *Les sciences spatiales. Adapter la recherche française aux enjeux de l'Espace*
RST n° 30, 2010.
- *La Métallurgie, science et ingénierie*
RST n° 31, 2010.

Imprimé en France

© 2011, EDP Sciences, 17, avenue du Hoggar, BP 112, Parc d'activités de Courtabœuf,
91944 Les Ulis Cedex A

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et d'autre part, les courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (art. L. 122-4, L. 122-5 et L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle). Des photocopies payantes peuvent être réalisées avec l'accord de l'éditeur. S'adresser au : Centre français d'exploitation du droit de copie, 3, rue Hautefeuille, 75006 Paris. Tél. : 01 43 26 95 35.

ISBN 978-2-7598-0581-5

Académie des sciences

Rapport Science et Technologie

Le Comité interministériel du 15 juillet 1998, à l'initiative du ministre de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie, a confié à l'Académie des sciences l'établissement du rapport biennal sur l'état de la science et de la technologie.

Pour répondre à cette demande, l'Académie des sciences a mis en place en son sein le Comité « *Rapport Science et Technologie* » (RST), chargé de choisir les sujets d'étude et de suivre les travaux.

Chaque thème retenu est conduit par un groupe de travail animé par un membre ou un correspondant de l'Académie, entouré d'experts.

Chaque rapport est soumis au Comité RST, à un Groupe de lecture critique, et à l'Académie des sciences.

Depuis 1999, trente-et-un rapports ont ainsi été édités et remis au ministre chargé de la Recherche.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

COMPOSITION DU COMITÉ RST

Christian AMATORE

Membre de l'Académie des sciences – Professeur à l'École normale supérieure, université Pierre-et-Marie-Curie

Jean-François BACH

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences – Professeur à l'université René-Descartes

François BACCELLI

Membre de l'Académie des sciences – Directeur de recherche à l'Institut national de recherche en informatique et en automatique

Roger BALIAN

Membre de l'Académie des sciences – Conseiller scientifique au Commissariat à l'énergie atomique

Alain CARPENTIER

Vice-président de l'Académie des sciences – Professeur émérite à l'université Pierre-et-Marie-Curie

Patrick CHARNAY

Correspondant de l'Académie des sciences – Directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique

François CUZIN

Membre de l'Académie des sciences – Professeur à l'université de Nice-Sophia-Antipolis

Michel DAVIER

Membre de l'Académie des sciences – Professeur à l'université Paris-Sud Orsay

Jean DERCOURT

Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences – Professeur émérite à l'université Pierre-et-Marie-Curie

Henri DÉCAMPS

Membre de l'Académie des sciences – Directeur de recherche émérite au Centre national de la recherche scientifique

Christian DUMAS

Membre de l'Académie des sciences – Professeur à l'École normale supérieure de Lyon

Pierre ENCRENAZ

Membre de l'Académie des sciences – Professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie

Marc JEANNEROD

Membre de l'Académie des sciences – Professeur émérite à l'université Claude-Bernard

Jean-Pierre KAHANE

Membre de l'Académie des sciences – Professeur émérite à l'université Paris-Sud Orsay

Bernard MEUNIER

Membre de l'Académie des sciences – Président-directeur général de Palumed

Paul-Henri REBUT

Correspondant de l'Académie des sciences – Conseiller scientifique auprès du Haut commissaire à l'énergie atomique

Jean SALENÇON

Président de l'Académie des sciences – Ingénieur général honoraire des ponts et chaussées – Professeur honoraire à l'École polytechnique et à l'École nationale des ponts et chaussées

Erich SPITZ

Correspondant de l'Académie des sciences – Conseiller du groupe Thales

Pierre SUQUET

Membre de l'Académie des sciences – Directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique

Philippe TAQUET

Membre de l'Académie des sciences – Professeur au Muséum national d'histoire naturelle

Alain-Jacques VALLERON

Membre de l'Académie des sciences – Professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie

Jean-Christophe YOCCOZ

Membre de l'Académie des sciences – Professeur au Collège de France

Coordination éditoriale :

Joëlle FANON

Adjointe du directeur du service des publications de l'Académie des sciences

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

RÉSUMÉ

La grave crise alimentaire qu'a connue le monde en 2007-2008 était probablement le signe d'une situation alimentaire de la planète tendue, pré-occupante, complexe. Cette crise annonçait sans doute des crises bien plus larges et bien plus dramatiques, pouvant conduire, si rien n'est fait, à des famines aiguës, des émeutes de la faim violentes, à des tensions internationales, voire à des migrations importantes de population. La nouvelle montée des prix des denrées alimentaires fin 2010 et les événements de janvier 2011 dans certains pays confirment déjà, hélas, les craintes exprimées dans ce rapport.

Aujourd'hui, un milliard d'êtres humains sont sous-alimentés de façon chronique, et ce chiffre a crû de 150 millions d'individus en deux ans. Cette sous-alimentation et d'autres carences alimentaires engendrent, chez les jeunes enfants qui en souffrent, des retards de croissance irréversibles, les condamnant pour la vie – et même celle de leurs descendants – à des déficiences physiques et intellectuelles sévères. Cette situation, trop longtemps tolérée (on se satisfaisait d'une faible diminution du nombre absolu de personnes sous-alimentées, avant la remontée de 2008), est en fait intolérable.

La situation actuelle résulte de plusieurs facteurs : production insuffisante dans plusieurs parties du monde ; conditions de production défavorables au niveau local ; guerres et conflits civils ; augmentation de la part de l'alimentation d'origine animale, trop consommatrice en protéines d'origine végétale ; concurrence avec la production de biocarburants ; inégale répartition des ressources alimentaires entre les individus et les nations, c'est-à-dire l'injustice de la pauvreté : *la production agricole actuelle, si elle était plus équitablement répartie, permettrait de satisfaire les besoins de tous à un niveau acceptable*. Mais en ce début du XXI^e siècle, la production alimentaire est confrontée, dans un contexte de croissance démographique toujours soutenue malgré son ralentissement, à une conjonction inédite de facteurs structurels qui pose de nouvelles questions pour la sécurité alimentaire de la planète.

L'évolution des régimes alimentaires a conduit à l'apparition d'un problème de santé publique majeur : le développement de l'obésité, tant dans les pays industrialisés qu'émergents ou en voie de développement. On estimait en 2005 à 1,3 milliard le nombre d'adultes en surpoids, dont 400 millions d'obèses, soit respectivement 33 % et 10 % de la population adulte mondiale. Plus de 800 millions de ces personnes vivent dans les PED. Si les tendances récentes se poursuivent, la planète comptera 3,3 milliards de personnes en surpoids en 2030, dont 80 % dans les PED. Outre une

consommation accrue de nourriture et d'énergie pour la produire, ainsi que d'énergie pour se déplacer, l'obésité engendre un cortège de maladies non transmissibles graves, allant des affections cardiovasculaires au cancer colorectal. Cette évolution, jusqu'ici sous-estimée et tolérée, est aussi intolérable.

La production agricole résulte de la conjonction de quatre facteurs principaux : la disponibilité en sols arables, la disponibilité en eau de pluie ou d'irrigation, le climat, et enfin les techniques culturales (main d'œuvre, semences ou variétés culturales, intrants tels qu'engrais, pesticides, etc., et degré de mécanisation). De tous ces facteurs, il apparaît d'emblée que la disponibilité en sol est véritablement le facteur le plus limitant de la production agricole, bien plus que l'eau ; l'amélioration des techniques culturales reste la première et la plus importante façon d'augmenter la production. Parallèlement, la modification des habitudes alimentaires et le choix du type de production correspondant sont les clés pour résoudre les problèmes tant de carences alimentaires que d'obésité.

Nourrir convenablement 7 milliards d'hommes aujourd'hui et 9 milliards en 2050 reste possible à certaines conditions, notamment :

- mettre la question agricole au premier plan des préoccupations politiques et économiques des nations, avec des programmes ambitieux de développement agricole des pays les plus pauvres (en particulier en Afrique subsaharienne), notamment dans le domaine de la petite exploitation ; améliorer, à tous les niveaux, la productivité agricole ;
- soutenir temporairement certains marchés agricoles locaux, particulièrement dans les pays du Sud dont les populations vivent (ou devraient pouvoir vivre) en autosuffisance, avec un faible excédent de production ;
- limiter les effets de la spéculation sur les marchés agricoles, par une meilleure régulation des marchés à terme de matières premières (et tout spécialement des produits dérivés), sans toutefois en entraver le fonctionnement, car ils jouent un rôle économique essentiel tant pour les producteurs que les consommateurs ;
- constituer des stocks : les zones vulnérables devraient être incitées ou aidées à constituer des stocks régionaux ou même familiaux pour mieux combattre les risques de déficits chroniques ;
- maintenir impérativement les capacités de production importantes de la profession agricole européenne, en les réorientant vers des productions nutritionnellement favorables à la santé, et écologiquement acceptables ;

- inciter chacun à réduire sa consommation de produits d'origine animale ou contribuant au déséquilibre nutritionnel ; pour cela, renforcer en particulier la réglementation de l'industrie agroalimentaire et de la restauration collective. Par ailleurs, lutter, par l'incitation ou la réglementation, contre le gaspillage, qui pourrait représenter jusqu'à 30 % de la production ;
- contrôler fortement, voire proscrire totalement, la fabrication de biocarburants de *première génération* à partir de céréales ou d'oléagineux, vu leur faible rendement énergétique et leur concurrence directe avec l'alimentation, mais maintenir la recherche sur les produits de deuxième ou troisième génération ;
- créer un Observatoire Prospectif des Situations et Marchés Alimentaires Mondiaux ayant pour mission de suivre, de façon indépendante, les évolutions et en particulier les signaux faibles, d'interpréter ces évolutions en particulier celles des fondamentaux du système alimentaire mondial, de proposer des hypothèses et des scénarios, d'anticiper les dangers et de suggérer des voies de solution.

Ces recommandations s'adressent évidemment aux pouvoirs publics, mais elles sont également destinées à la société civile tout entière, qui est en fait concernée au premier chef : ce sont aussi (et d'abord) les comportements *individuels* qu'il faudra modifier.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

SUMMARY

The severe food crisis experienced in the world in 2007-2008 was probably a sign of the strained, worrying and complex food situation on the planet. This crisis doubtless heralded much greater and more dramatic crises to come which, if nothing is done, could lead to acute famines, violent food riots, international tensions, even large-scale migrations. The additional rise in food prices at the end of 2010 and the events in early 2011 in some countries unfortunately, already confirm the fears expressed in this report.

Today, one billion human beings are chronically undernourished and this figure has increased by 150 million in two years. Under-nourishment and other nutritional deficiencies cause, in the young children exposed to them, irreversible growth retardation, condemning them for life – and even their offspring – to severe physical and mental handicaps. This situation, which has been tolerated for too long (a slight decrease in the absolute number of undernourished individuals was considered sufficient before the increase in 2008) is, in fact, intolerable.

The present situation is the result of several factors: insufficient production in many parts of the world, locally unfavourable production conditions, wars and civil strife, increase in the consumption of animal products requiring too large quantities of vegetal proteins, competition with bio-fuel production, unequal distribution of food resources between people and countries, i.e., the injustice of poverty: *if it were fairly distributed, the present agricultural production would be sufficient to satisfy the needs of everybody at an acceptable level.* However, at the dawn of the 21st century, in a situation of continuing, albeit slowing, population growth, food production is faced with a hitherto unseen conjunction of structural factors raising new questions about the food security of the planet.

Changes in dietary habits have provoked a major public-health problem: the development of obesity, in industrialized as well as in emerging or developing countries. In 2005 the number of overweight adults was estimated at 1.3 billion of whom 400 million were obese, i.e., respectively 33% and 10% of the global adult population. Over 800 million of these people live in developing countries. If recent trends continue, the planet will harbour 3.3 billion overweight inhabitants in 2030 of which 80% in the developing countries. In addition to a greater consumption of food and of the energy to produce it, obesity causes a cohort of non transmissible, serious diseases, from cardio-vascular complaints to colorectal cancer. This evolution, so far underestimated and tolerated is also intolerable.

Agricultural production is based on the conjunction of four main factors: availability of arable land, of rainwater or irrigation, the climate and finally, farming techniques (labour, seed, plant variety, crop treatments such as fertilizers, pesticides, etc. and the degree of mechanization). Of all these factors, it is immediately clear that land availability is the most limiting factor in agricultural production, much more so than water; improvements in cultivation techniques remain the first and the most important means of increasing production. At the same time, the keys to solving the problems of both nutritional deficiencies and obesity are changes in food habits and the choice of corresponding production types.

It is possible to adequately feed 7 billion people today and 9 billion in 2050 but on certain conditions, including:

- Give priority to the agricultural question among the political and economic concerns of nations and set up ambitious programmes of agricultural development in the poorest countries (in particular, sub-Saharan Africa); for example, support small farms, improve the agricultural productivity at all levels.
- Subsidize, for short periods, certain local agricultural markets, especially in the southern countries whose populations live (or ought to be able to live) in self-sufficiency with a small production surplus.
- Attenuate the effects of speculation in agricultural markets by better regulation of raw-material futures markets (and especially of derivatives) without hindering their functioning, however, because they have an essential economic role for both producers and consumers.
- Build up stocks: people in vulnerable zones should be encouraged or helped to constitute regional, or even family, reserves to avoid the risks of chronic deficits.
- Maintain without fail the strong production capacities of European agriculture but redirect it towards healthy and ecologically acceptable food production;
- Encourage everybody to eat less food products of animal origin or contributing to nutritional imbalance; to achieve this, strengthen the regulations governing agro-food industries and collective food preparation. Furthermore, by incitement or regulation, combat waste, which might represent up to 30% of the production.
- Tightly control, even ban, *first-generation* bio-fuels produced from cereals or oleaginous plants because of their low energy yield and their direct competition with food production, but continue the research on the second- and third-generation products.

- Create an Observatory for Predicting World Food Situations and Markets whose role would be to independently observe developments, in particular, weak signals, interpret the evolution, especially of the fundamentals in the world food system, propose hypotheses and scenarios, anticipate dangers and suggest lines of solution.

These recommendations are obviously directed toward the public authorities but they are also addressed to the entire civil society which is, in reality, the most concerned: *individual* behaviour must also (and primarily) change.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

PRÉFACE

Erik Orsenna

de l'Académie française

Disons le tout de go : voici le livre que j'attendais.

Depuis le temps que je me passionne, et donc m'inquiète, pour notre planète, j'ai lu des dizaines, peut-être, l'âge venant, des centaines d'ouvrages sur ce vaste sujet.

Certains traitaient d'agriculture ou d'agronomie. D'autres tiraient la sonnette d'alarme en prévoyant de terribles lendemains démographiques. Les derniers, les plus récents, racontaient le réchauffement climatique et tentaient d'en évaluer les conséquences.

Aucun texte n'abordait l'ensemble de la question, la question la plus grave sans doute qui nous soit posée : comment allons-nous parvenir à nourrir neuf milliards d'habitants d'une planète de plus en plus chaude ?

Vous voulez des réponses, savoir quels sont les risques véritables, sans catastrophisme ni angélisme, savoir quels drames les plus probables éviter, quelles folies cesser, quelles politiques mener, quelle raison retrouver ?

Lisez ce livre.

Durant des mois et des mois, un groupe impressionnant de savants s'est réuni, de toutes les disciplines concernées. Ils savaient bien que, pour avancer, il fallait dépasser les spécialités, retrouver ou plutôt inventer une « culture générale ». Le monde d'aujourd'hui est complexe, infiniment, et religieux, au sens étymologique, c'est-à-dire relié. Ces savants ont discuté entre eux et chacun sait que les débats entre savants ne sont pas toujours de longs fleuves tranquilles. Ils ne sont pas restés entre eux, calfeutrés dans leurs compétences (par ailleurs indiscutables). Ils ont ouvert portes et fenêtres, invités à venir dialoguer les gens les plus divers, tous ceux dont l'expérience, ou l'expertise, pouvait éclairer l'étude. De nouveau, ils ont discuté, apprécié, réévalué, synthétisé, choisi des priorités, dénoncé des pratiques, proposé des actions... Car ces savants-là sont tout sauf des locataires de tours d'ivoire. Ils aiment agir ou aider à agir, en tout cas servir.

De cette belle vitalité, et de cette générosité, vous trouverez mille exemples dans les pages qui vont suivre.

Et surtout ne craignez rien : ces savants ont fait l'effort (rare chez eux, avouons-le) de la clarté. Je vous la garantis. C'est ainsi que nous travaillons ensemble (de plus en plus souvent, pour mon bonheur) avec les membres de l'Académie des sciences : ils savent que s'ils réussissent à clarifier leurs mystères devant quelqu'un de ma sorte, je veux dire enthousiaste mais ignorant, tout le monde comprendra.

Bref, si votre tempérament est celui de l'autruche et que l'avenir vous indiffère, passez votre chemin, on ne vous changera pas.

Mais si vous voulez en savoir plus, et aux meilleures sources, sur les années qui se préparent et sur la meilleure manière d'y vivre ensemble la meilleure des vies possibles, tournez ces pages. Non contentes d'expliquer, elles conseillent.

AVANT-PROPOS

Jean Dercourt

Secrétaire perpétuel

Ce rapport est le résultat d'un travail élaboré conjointement par l'Académie des sciences, l'Académie d'agriculture de France, et des membres de l'Académie des sciences morales et politiques. Le groupe de travail a été constitué de membres de ces trois Académies, auxquels se sont joints un certain nombre de collègues extérieurs. Le groupe a également auditionné un large panel d'experts qui ont, pour bon nombre d'entre eux, rédigé des textes qui ont ensuite été inclus dans le rapport : le nom des rédacteurs est indiqué au sein de chaque chapitre.

Cet ouvrage fait suite au rapport RST n° 25 *Les eaux continentales*, coordonné par G. de Marsily et publié en 2006 ; pour cette raison, le chapitre 5, « Les moyens techniques et ressources », se borne à résumer les principales conclusions du rapport de 2006 à ce sujet. Mentionnons aussi le tout récent rapport RST n° 29 (2010) *Événements climatiques extrêmes*, coordonné par H. Décamps, thème évoqué au chapitre 2. Par ailleurs, une réflexion est en cours à l'Académie des sciences sur la gestion des sols et les services écosystémiques.

Sur le plan de la démographie, les perspectives sont présentées et discutées au chapitre 1. L'évolution vers 9 milliards d'habitants en 2050 est considérée comme inéluctable par l'ensemble des experts, ce qui constituera une contrainte majeure sur les ressources alimentaires nécessaires à cet horizon.

Pour les évolutions climatiques à venir, le rapport s'appuie principalement sur les scénarios 2007 du Giec : à l'horizon 2050, les conséquences des évolutions projetées restent encore limitées, surtout au plan mondial. Quant aux conséquences sanitaires éventuelles des changements climatiques (diffusion d'épidémies hors de leurs zones géographiques actuelles, par exemple), elles sont trop incertaines pour pouvoir être convenablement prises en compte.

Le rapport comporte des recommandations pour chacun des chapitres ; elles s'adressent aux décideurs en France, en Europe et à l'International.

Ce document a été soumis au Comité RST de l'Académie des sciences, dont les remarques ont été incorporées dans la version actuelle, aux Secrétaires perpétuels de l'Académie d'agriculture de France et de l'Académie des sciences morales et politiques et enfin à un « Groupe de lecture critique ». Ce dernier

est constitué de représentants de structures nationales et internationales compétentes dans le domaine. Les commentaires de ce groupe de lecture ont été pour une large part pris en compte dans le rapport final, ou sont publiés *in extenso* comme des avis indépendants à la fin du rapport.

L'ensemble des textes a été soumis à un « sage » n'ayant pas participé à la rédaction du rapport : le Professeur François Gros, biologiste et spécialiste des pays en développement. Après l'avoir entendu, l'Académie des sciences a accepté le document, au cours de sa séance du 6 juillet 2010.

COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

Animateurs

Henri LERIDON

Correspondant de l'Académie des sciences
– Directeur de recherche émérite à l'Institut
national d'études démographiques (Ined)

Ghislain de MARSILY

Membre de l'Académie des sciences –
Professeur émérite à l'université
Pierre-et-Marie-Curie et à l'École
nationale supérieure des mines de Paris

Membres

Jean-Claude BERTHÉLÉMY

Correspondant de l'Académie des sciences
morales et politiques – Professeur
en sciences économiques à l'université
de Paris I – Panthéon-Sorbonne (économie
de développement, de la croissance,
économie africaine)

Francis DELPEUCH

Directeur de recherche à l'Institut
de recherche pour le développement (IRD) –
UMR Nutripass

Pierre DHONTE

Correspondant de l'Académie des sciences
morales et politiques – Représentant du Fond
Monétaire International auprès de l'Union
européenne

Michel GRIFFON

Chargé de mission auprès du Directeur
général pour le développement durable
au Cirad

Edmond MALINVAUD

Correspondant de l'Académies des sciences
– Professeur honoraire au Collège de France

Georges PÉDRO	Correspondant de l'Académie des sciences – Directeur de recherche émérite à l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) – Secrétaire perpétuel honoraire de l'Académie d'agriculture de France
Georges PELLETIER	Membre de l'Académie des sciences – Directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) – Membre de l'Académie d'agriculture de France
Bernard SAUGIER	Président de l'Académie d'agriculture de France – Professeur à l'université Paris-Sud – Laboratoire d'écophysiologie végétale
Daniel ZIMMER	Consultant – Ancien directeur du Conseil mondial de l'eau
Guy PAILLOTIN	Secrétaire perpétuel de l'Académie d'agriculture de France

Coordinateur

Jean DER COURT	Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences – Professeur émérite à l'université Pierre-et-Marie-Curie
----------------	---

Ont également participé à la rédaction du rapport

Chapitre 1

François Gemenne*	Institut d'études politiques de Paris
-------------------	---------------------------------------

Chapitre 2

Katia Laval	Laboratoire de météorologie dynamique – Université Pierre-et-Marie-Curie
-------------	--

*Auteur d'un encadré

Hervé Le Treut	Académie des sciences – Laboratoire de météorologie dynamique – Université Pierre-et-Marie-Curie
Nathalie de Noblet	Laboratoire des sciences du climat et de l’environnement – CEA-CNRS Saclay
Michel Petit	Académie des sciences – Président de la section scientifique et technique du Conseil général des technologies de l’information
Jean-Luc Redlsperger*	CNRS et Météo-France
Bernard Seguin*	Institut national de la recherche agronomique

Chapitre 4

Gilles Billen*	Directeur de Recherche au CNRS – UMR Sisyphe – Université Pierre-et-Marie-Curie
Christian Lévêque*	Institut de la biodiversité – Muséum national d’histoire naturelle – Directeur de recherche émérite à l’IRD
John Thompson	Directeur de recherche au CNRS – Centre d’écologie fonctionnelle et évolutive – Université de Montpellier II

Chapitre 5

Claude Béranger	Institut national de la recherche agronomique – Académie d’agriculture de France
Catherine Boyen*	Centre d’étude et de valorisation des algues (CEVA) – Pleubian
Philippe Cury	Institut de recherche pour le développement
Agneta Forslund	Institut national de la recherche agronomique

Lisa Gauvrit	Institut national de la recherche agronomique
Hervé Guyomard	Institut national de la recherche agronomique
Jérôme Lazard	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
Olivier Mora	Institut national de la recherche agronomique
Jean-François Renard [†]	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

Liste des personnes auditionnées

Claude Béranger	Institut national de la recherche agronomique et Académie d'agriculture de France
Jean-Noël Biraben	Institut national d'études démographiques
Ludovic Bourbé	Action contre la faim
Jean-Pierre Bradol	Médecins sans frontières
Philippe Collomb	Institut national d'études démographiques
Marc Cropper	Direction des analyses économiques et de l'évaluation, direction générale Agriculture – Commission européenne
Philippe Cury	Institut de recherche pour le développement
Francis Delpeuch	Institut de recherche pour le développement
Hervé Domenach	Institut de recherche pour le développement

Bruno Dorin	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
François Gemenne	Institut d'études politiques de Paris
Michel Griffon	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
Katia Laval	Laboratoire de météorologie dynamique – Université Pierre-et-Marie-Curie
Jérôme Lazard	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
Henri Leridon	Institut national d'études démographiques
Hervé Le Treut	Académie des sciences – Laboratoire de météorologie dynamique – Université Pierre-et-Marie-Curie
Christian Lévêque	Institut de la biodiversité – Muséum national d'histoire naturelle – IRD
Jean-Claude Mallet	Conseil d'État
Nathalie de Noblet	Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement – CEA-CNRS Saclay
Erik Orsenna	Académie française
Michel Petit	Académie des sciences – Président de la section scientifique et technique du Conseil général des technologies de l'information
Georges Pelletier	Académie des sciences – Institut national de la recherche agronomique – Académie d'agriculture de France

Jean-François Renard [†]	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
Alexander Sarris	Organisation des Nations unies pour l’ali- mentation et l’Agriculture (FAO)
John Thompson	CNRS – Centre d’écologie fonctionnelle et évolutive – Université Montpellier II
Sébastien Treyer	AgroParisTech
Jacques Weber	Institut de la biodiversité – Muséum national d’histoire naturelle
Daniel Zimmer	Consultant – Ancien directeur du Conseil mondial de l’eau

TABLE DES MATIÈRES

Rapport Science et Technologie	iii
Composition du Comité RST	v
Résumé	ix
Summary	xiii
Préface	xvii
Avant-propos	xix
Composition du groupe de travail	xxi
Introduction	xxxiii
Synthèse	xxxvii
Recommandations	lv
<i>Recommendations</i>	<i>lxxi</i>

PREMIÈRE PARTIE Les contraintes **1**

CHAPITRE 1 Les évolutions démographiques	3
1. Les contraintes démographiques	5
1.1. Méthodes et valeur des projections démographiques	5
1.2. Les projections actuelles et leurs variantes	7
1.3. Où les 3 milliards d'habitants supplémentaires vivront-ils ?	9
1.4. Le problème des migrations	13
2. Risques et conséquences d'évolutions démographiques non prévues . .	17

CHAPITRE 2	Les impacts potentiels des changements climatiques et des événements extrêmes sur la production agricole et effets réciproques	21
Introduction		23
1.	Conséquences des changements climatiques	24
2.	Effet sur la production agricole de l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO ₂ couplée à l'augmentation de la température	25
3.	Effet potentiel en retour de l'augmentation de la production agricole sur le climat	27
4.	Évolutions climatiques imprévues ou extrêmes	36
Conclusion		41
CHAPITRE 3	La demande alimentaire actuelle : facteurs d'évolution	45
1.	Situation alimentaire actuelle et inégalités	47
1.1.	Sous-alimentation chronique en énergie et disponibilités alimentaires	47
1.2.	Malnutritions maternelle et infantile	53
1.3.	Carences en micronutriments	57
1.4.	Impact de la hausse des prix alimentaires et de la crise économique mondiale sur les malnutritions	61
1.5.	Changements dans les régimes alimentaires et obésité	63
1.6.	Proposition	67
2.	Évolution des besoins 2000-2050	67
2.1.	Alimentation, environnement, changement climatique	68
2.2.	Quelles stratégies pour une alimentation durable en 2050 ?	71
CHAPITRE 4	Biodiversité, agriculture et environnement	79
1.	Qu'est-ce que la biodiversité ?	81
2.	Comment concilier la préservation de la biodiversité avec l'augmentation nécessaire de la production agricole ?	82
2.1.	Séparer les espaces d'agriculture intensive et de protection de la nature	83
2.2.	Promouvoir une agriculture respectueuse de l'environnement : une logique de fonctionnement écologique à l'échelle des territoires	85

2.3. Évolution des politiques de protection : espace et biodiversité . . .	85
2.4. Éviter la perte des surfaces agricoles : le problème des petits exploitants	86

DEUXIÈME PARTIE Les moyens de la production alimentaire en 2050 97

CHAPITRE 5 Moyens techniques et ressources 99	99
Introduction	101
1. Disponibilité en terres	102
1.1. Les chiffres bruts à l'échelle de la planète	102
1.2. Les situations par continent	103
1.3. Les pertes en terres agricoles	105
2. Nouveaux modes de production	107
3. Limitations physiques et biologiques à la production végétale – Le rôle de l'amélioration des plantes	117
3.1. Les contraintes de la production	117
3.2. Mieux utiliser les ressources	119
3.3. Mieux résister aux agresseurs	124
Conclusion	125
4. Élevage : perspectives et limites au développement des productions animales	127
5. Ressources halieutiques	131
5.1. La pêche fournit aux hommes un apport protéique essentiel, pour combien de temps encore ?	131
5.2. L'aquaculture : évolution des productions et enjeux de recherche	133
6. Réduction des pertes	138
6.1. Pertes et gaspillages : état des connaissances	139
6.2. Étape récolte et post-récolte	140
6.3. Étape transport et commerce de gros	141
6.4. Étape commerce de détail et consommation	141
6.5. Synthèse et impacts des pertes	148
6.6. Réduire les pertes ?	150
7. Marges de manœuvre concernant les ressources	151
8. Utilisations non alimentaires de la biomasse et concurrence pour l'utilisation des terres : belles promesses ou vraies craintes ?	152
8.1. Définitions et ordres de grandeur	153

8.2. Le développement des biocarburants de première génération et leur responsabilité dans la flambée 2006-2008 des cours agricoles	153
8.3. Perspectives de développement des utilisations non alimentaires de la biomasse	157
Conclusion	163

CHAPITRE 6 L'environnement économique 171

1. Conditions économiques	173
1.1. Les tendances longues des prix sur les marchés alimentaires internationaux	173
1.2. La question de la sécurité alimentaire	176
2. Causes économiques de déséquilibres, pauvreté	179
2.1. Conséquences de crises économiques majeures	179
2.2. La volatilité des prix	184
2.3. La question de la régulation des marchés internationaux	188
2.4. L'articulation entre marchés internationaux et marchés intérieurs	190
3. L'assurance contre les risques climatiques – Perspectives pour les pays en développement	191
3.1. Assurances fondées sur des index météorologiques	191
3.2. Obligations catastrophes (<i>Cat Bonds</i>)	192
3.3. Discussion	192

CHAPITRE 7 Les scénarios d'équilibre entre population, alimentation et climat 195

1. Les divers scénarios utilisés	197
2. Comparaison des scénarios. Synthèse	198
3. La question des calories d'origine animale	200

Conclusion générale 203

Annexes 205

ANNEXE 1	Présentation des scénarios du chapitre 7	
	Les scénarios d'équilibre entre population, alimentation et climat	207

ANNEXE 2	Données cartographiques	229
-----------------	--------------------------------	------------

Groupe de lecture critique	251
Composition du Groupe de lecture critique	253
Commentaire de l'Association « Équilibres et populations »	255
Commentaire de la Conférence des grandes écoles	257
Commentaire de la Fondation Ensemble	265
Commentaire du GRET (Groupe de recherche et d'échanges technologiques, association de solidarité et de coopération internationale)	269
Commentaire du Groupe Limagrain	275
Commentaire de l'Institut de recherche pour le développement	283
Commentaire du Ministère des Affaires étrangères et européennes	285
Commentaire du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche	291
À propos des commentaires reçus sur les aspects économiques du rapport	295
Présentation à l'Académie des sciences, par François Gros	299

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

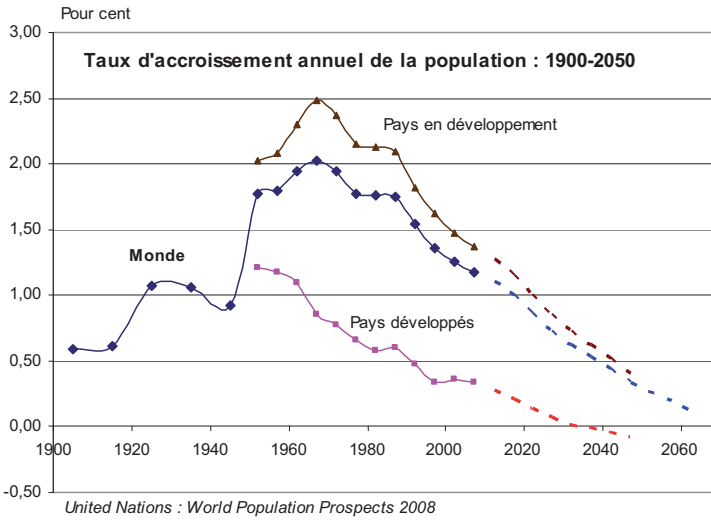
INTRODUCTION

L'humanité trouvera-t-elle encore de quoi se nourrir dans quelques dizaines d'années, dans un contexte climatique probablement plus difficile ? L'inquiétude n'est pas nouvelle. On peut même dire qu'elle a dû accompagner l'Homme dans toutes les étapes de son développement. Les contextes ont changé au fil des siècles, et les motifs d'inquiétude aussi. Depuis le XVIII^e siècle, c'est la croissance démographique qui a souvent servi d'indicateur d'alerte : au moment même où l'on commençait à théoriser l'idée de croissance économique, qui semblait devoir ouvrir une ère de progrès sans précédent, des voix s'élevaient pour s'inquiéter d'un possible décalage entre croissance démographique et disponibilités alimentaires. La plus célèbre est celle de Malthus.

Le pessimisme de Malthus n'était pas partagé par tous ses contemporains. Même s'ils hésitaient à mettre en doute l'idée que les progrès de l'agriculture étaient aussi limités que le suggérait Malthus, ils voulaient croire en la sagesse des populations et penser, comme Condorcet, que les couples comprendraient qu'ils devaient limiter leur descendance. L'histoire démographique française a donné raison à Condorcet : la fécondité a commencé de baisser dans les campagnes françaises dès la fin du XVIII^e siècle, et la croissance démographique est restée cantonnée, en France, nettement en-dessous de 1 % par an dans tout le XIX^e siècle. Mais ailleurs, la croissance a été plus forte, sans toutefois provoquer les catastrophes annoncées par Malthus, la production agricole ayant progressé plus vite qu'il ne l'imaginait.

Cependant la croissance démographique mondiale s'est emballée dans la seconde moitié du XX^e siècle, et la crainte d'une crise alimentaire à l'échelle globale est réapparue. L'alarme lancée par certains observateurs au début des années 1970 n'était pas infondée : le taux de croissance de la population mondiale augmentait continûment depuis 1950, et atteignait 2 % l'an (cf. figure page suivante). De 1930 à 1975, la population mondiale était passée de 2 à 4 milliards, et au rythme atteint en 1970 elle menaçait de doubler encore avant 2010. Mais ces observateurs ignoraient qu'un virage venait d'être pris : le taux de croissance avait amorcé sa décrue. Il devenait possible d'envisager une stabilisation de la population.

Certes, grâce aux progrès continus des technologies agricoles dans les pays les plus avancés, et à ceux de la Révolution verte dans certaines régions en développement (Asie, Amérique latine), les ressources alimentaires ont permis,

**Figure**

Taux d'accroissement de la population mondiale : 1900-2000 et projection 2000-2050 (Nations unies, 2008).

au plan mondial, de maintenir le niveau nutritionnel moyen pendant une trentaine d'années. Mais la situation était loin d'être satisfaisante, puisqu'environ 850 millions de personnes étaient considérées comme sous-alimentées au début du XXI^e siècle. Or de nouvelles inquiétudes se font jour : les surfaces cultivables ne sont plus guère extensibles, la productivité des sols atteint des niveaux qui risquent de les endommager de façon irréversible, les prix de l'énergie et des intrants indispensables à l'agriculture moderne se situent à la hausse... Et les perspectives de changements climatiques ne sont pas rassurantes. Le XXI^e siècle pourrait-il finalement donner raison à Malthus ? Ou de nouveaux progrès technologiques permettront-ils de dépasser, une fois encore, les contraintes naturelles et démographiques ?

On s'intéressera donc dans ce rapport successivement aux contraintes démographiques, puis aux contraintes climatiques et environnementales qui pèsent sur la disponibilité de ressources alimentaires à l'horizon 2050, aux facteurs d'évolution de la demande alimentaire, aux moyens techniques et économiques d'y faire face, et finalement aux conditions d'un équilibre possible. Une synthèse est proposée en début de volume.

Les recommandations présentées dans les pages qui suivent sont destinées tout d'abord aux pouvoirs publics français pour les éclairer sur leurs politiques nationales dans divers secteurs, ainsi que vis-à-vis des organisations internationales ; ces recommandations sont également destinées à la société civile tout

entière, qui est en fait concernée au premier chef et très concrètement par l'ensemble de ces questions, car ce sont aussi (et d'abord) les comportements individuels qu'il faudra modifier.

Les problèmes rencontrés ne sont pas seulement scientifiques ou technologiques, ils sont au premier chef politiques. Potentiellement, aujourd'hui, nous avons la technologie pour nourrir 6,9 milliards d'habitants et pourtant, nous n'y arrivons pas, puisque près d'un milliard d'êtres humains sont actuellement sous-alimentés. Demain, nous aurons peut-être les technologies pour nourrir 9 milliards d'habitants, mais y arrivons-nous mieux ? Le risque existe de voir, du fait de la non mise en place des politiques adéquates, à l'échelle locale, régionale ou globale, ce nombre de sous-alimentés continuer à croître, et franchir peut-être la barre des deux milliards... Cependant, cet aspect politique de la mise en œuvre ou non des mesures technologiques ou sociétales qui seront proposées ici dépasse le cadre de ce rapport.

Nous retiendrons d'abord, dans les recommandations, trois domaines où il faut agir sans tarder : la nutrition et les habitudes alimentaires, à nos yeux le point le plus important, puis la démographie, et enfin l'économie et le commerce mondiaux. Nous poursuivrons par la production agricole et les questions d'environnement, et terminerons par la prévention, l'anticipation et la gestion des situations de crise, hélas quasi inévitables.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

SYNTHÈSE

Nous résumons ci-dessous, en dix points principaux, les enseignements tirés des grandes questions examinées dans les sept chapitres de ce rapport. Nous en tirerons ensuite une série de recommandations.

1 | Croissance démographique, migrations

La Terre comptait, en 2000, environ 6,2 milliards d'habitants (6,9 milliards en 2010), contre 1,5 milliard en 1900, correspondant à un peu plus qu'un quadruplement en un siècle. *La croissance démographique entre 2000 et 2050 devrait être limitée à + 50 % (9,2 milliards en 2050)*, compte tenu des évolutions envisagées tant pour la fécondité que la mortalité. La perspective d'une stabilisation à un niveau peu supérieur, voire d'une diminution, au cours des 50 années suivantes, est assez probable. Une croissance un peu inférieure est possible, mais une limitation de la croissance à + 30 % (soit 8 milliards, hypothèse « basse » des Nations unies) supposerait une diminution de la fécondité à la fois très rapide et jusqu'à un niveau moyen très bas (1,35 enfant par femme), qui paraît difficile à envisager. On peut cependant chercher à atteindre un niveau intermédiaire (+ 40 ou + 45 %, soit 8,6 à 8,9 milliards), ce qui réduirait déjà significativement la pression sur les besoins alimentaires et sur toutes les ressources à l'horizon 2050. Il faudra pour cela encourager les gouvernements des pays où la fécondité est encore la plus forte (Afrique subsaharienne, Pakistan, Inde, Philippines...) à sensibiliser leurs populations à ce problème et à aider les couples à avoir un nombre limité d'enfants (en réduisant, notamment, le nombre de naissances qu'ils n'ont pas souhaité), comme cela avait déjà été proposé par 25 Académies en 1995.

Des crises de toute nature pourraient entraîner une hausse, au moins temporaire, de la mortalité. Toutefois, *l'impact d'accidents planétaires ou locaux à récurrence décennale ou centennale (climatiques, sismiques, volcaniques, sanitaires, etc., et même conflits armés) resterait très limité*, si les mesures sont prises à temps pour fournir l'alimentation nécessaire aux populations concernées. Seuls des événements réellement exceptionnels (catastrophe naturelle rarissime, épidémie inconnue jusqu'ici, etc.), ou une répétition exceptionnelle de tels événements, pourraient affecter tangiblement la croissance démographique envisagée.

La croissance de 2000 à 2050 concernera essentiellement l'Asie (+ 1,5 milliard), l'Afrique (+ 1,2 milliard), l'Amérique latine (+ 210 millions) et l'Amérique du Nord (+ 130 millions), l'Europe pouvant quant à elle diminuer légèrement (- 36 millions). Ce sont les villes, surtout moyennes, qui absorberont l'essentiel de l'accroissement de population, la proportion d'urbains par rapport aux ruraux pouvant croître de la valeur actuelle de 50/50 à plus de 70/30 en 2050, avec un fort impact sur les équilibres alimentaires et la production. Dans ces villes, les questions de logement, de sécurité alimentaire, d'accès à l'eau potable et d'assainissement... poseront d'importants défis en termes de gouvernance. Actuellement, l'alimentation de ces villes dépend trop souvent des importations, les cours des marchés mondiaux étant (hors périodes de crise) nettement inférieurs à ceux des marchés intérieurs. Il serait pourtant essentiel d'appuyer davantage l'approvisionnement de ces villes sur les zones rurales environnantes, en favorisant le maintien ou le développement de ces cultures et en organisant des marchés appropriés, à l'abri des aléas des marchés mondiaux. C'est aussi de cette façon qu'on luttera contre l'affaiblissement des agricultures locales, et que l'on réduira la migration vers les villes qui en résulte directement.

Cette croissance, ainsi que les changements climatiques annoncés, sont susceptibles d'engendrer des migrations de population, qu'il faudrait pouvoir suivre et évaluer. Cette question est difficile. D'après les estimations des Nations unies, la croissance démographique pourrait engendrer entre 2000 et 2050, hors effets du climat, un flux migratoire entre continents : de l'ordre de 63 millions (en flux nets cumulés) venant d'Asie, d'environ 37 millions en provenance d'Amérique latine et de 23 millions en provenance d'Afrique, soit au total 123 millions d'habitants. Les populations d'Europe et d'Amérique du Nord devraient donc augmenter d'autant. Au sein d'un même continent, en particulier en Afrique subsaharienne, les migrations ont été de tout temps et peuvent continuer à être plus importantes. En ce qui concerne les migrations engendrées par les changements climatiques, sans être négligeables, elles devraient rester modérées d'ici 2050, par rapport à celles engendrées par la croissance démographique. Il est en effet possible de se prémunir, par des aménagements relativement modestes, d'une remontée du niveau de la mer qui serait de l'ordre de 20 à 50 cm d'ici 2050 (voire 1 m en 2100), et de lutter contre les changements de température et de précipitations en produisant ailleurs la nourriture nécessaire, comme nous allons le voir.

2 | Nutrition, obésité, carences alimentaires

Une poursuite des tendances actuelles en matière de nutrition, à la fois dans les pays industrialisés (PI) et dans les PED, rendrait très difficile la mise en adéquation de l'offre alimentaire potentielle avec la demande, du fait de la

forte croissance démographique et de la forte augmentation tendancielle de la consommation de viande. *Les scénarios réalistes d'estimation des besoins alimentaires supposent généralement une certaine limitation de la consommation de calories dans les PI, et de la consommation carnée dans ces pays comme dans les PED.* Il faut donc à la fois alerter les gouvernements sur cet aspect du problème alimentaire, souvent négligé, et initier – dans les PI – des campagnes visant à favoriser des régimes alimentaires plus équilibrés, moins riches en produits animaux (notamment en graisses saturées). En tout état de cause, la consommation de kcal¹ d'origine végétale plutôt qu'animale réduit la demande globale, en raison du faible rendement (trophique) de la conversion des produits végétaux par les animaux.

Une politique plus drastique serait de s'efforcer de limiter la disponibilité alimentaire quotidienne à 3 000 kcal par habitant partout dans le monde (ce qui est la moyenne mondiale actuelle, mais allant de 2 400 en moyenne en Afrique subsaharienne à plus de 4 000 dans certains pays de l'OCDE), avec un « quota » de calories d'origine animale de l'ordre de 500 kcal². Ceci impliquerait une diminution de la consommation dans les PI et une limitation dans les autres. Une telle évolution serait de plus favorable à (et même nécessaire pour) la santé des populations concernées (réduction des problèmes de surpoids/obésité, de maladies cardiovasculaires et de cancer colorectal), mais elle exigerait une adhésion forte des pouvoirs publics, des autorités de santé et de la population mondiale, un enseignement généralisé de l'hygiène alimentaire, et une action coordonnée entre les secteurs de l'agriculture, de la santé et de l'environnement. Il faudrait orienter progressivement les politiques alimentaires et nutritionnelles vers la limitation de la consommation de viandes, plus particulièrement de celles qui peuvent présenter des dangers pour la santé, ou celles

¹ Contrairement aux recommandations officielles, sera utilisée dans ce rapport l'unité « kcal » qui est traditionnelle en nutrition, au lieu du Joule, en rappelant que 1 kcal = 4,185 × 10³ J.

² Consommation de produits d'origine animale en kcal/j par habitant donnés par l'OMS pour 1997-1998

Produits	Végétaux	Animaux	Total
Pays en développement	2 344	337	2 681
Pays en transition	2 235	671	2 906
Pays industrialisés	2 437	943	3 380

En 2005, la FAO estimait que globalement, en apport calorique, les produits d'origine animale (soit 17 % de l'apport total) sont consommés pour moitié sous forme de viande, et pour moitié sous forme de produits laitiers et d'œufs. Ces produits d'origine animale représentent plus de 38 % de l'apport moyen en protéines, dont à nouveau une petite moitié est fournie sous forme de viande.

qui utilisent de grandes quantités de grains et qui peuvent s'en passer (retour au pâturage), ou enfin celles qui sont produites à partir de surfaces qui pourraient convenir à une production alimentaire végétale directe pour l'homme. La banalisation des régimes alimentaires trop uniformes est aussi à éviter.

Modifier les comportements alimentaires n'est évidemment pas une mince affaire, et il ne faut pas oublier leurs dimensions culturelles et même parfois religieuses. Face à une offre multiple, fréquemment renouvelée, souvent trop peu informative, et en raison des contraintes de la vie sociale qui imposent des solutions d'alimentation rapide ou prête à consommer, les consommateurs ont pris des habitudes qui ne favorisent pas le meilleur équilibre alimentaire. Il faudra donc améliorer leur éducation et leur information, pousser les producteurs, les distributeurs et les restaurateurs à mieux intégrer la dimension diététique dans leurs activités, en particulier dans « l'invention » de nouveaux produits. Face à une menace immédiate, les consommateurs peuvent modifier rapidement leurs comportements, comme on l'a vu dans le cas de la vache folle. Il existe donc des marges de manœuvre, mais seule une transformation culturelle profonde permettra d'obtenir des résultats durables.

Des mesures spécifiques pour combattre les carences alimentaires et la sous-nutrition dans certains PED sont, par ailleurs, indispensables, et portent essentiellement : sur l'augmentation de la production alimentaire dans les zones concernées ; sur l'amélioration des revenus des paysans pauvres ; sur des interventions nutritionnelles directes pour les femmes et les jeunes enfants, ainsi que l'amélioration du statut et du niveau d'éducation des femmes ; sur une meilleure organisation des marchés locaux pour augmenter la disponibilité et la commercialisation des produits, et enfin sur la constitution de stocks familiaux ou de garanties collectives (mécanismes d'assurance) pour permettre la continuité de l'alimentation dans les périodes de soudure entre récoltes, et surtout en cas de pénuries liées à des extrêmes climatiques.

3 | Possibilité de nourrir la planète en 2050

Sous la réserve d'une limitation de la consommation de calories et de produits d'origine animale tant dans les PI que les PED, ainsi qu'indiquée ci-dessus, *il sera techniquement possible d'assurer, au moins globalement, une alimentation suffisante et diversifiée à 9 milliards d'habitants en 2050, mais au prix d'un accroissement des productions alimentaires d'un facteur un peu inférieur à 2, en fonction des succès remportés sur l'éradication de la malnutrition, sur l'adoption de régimes alimentaires moins riches et enfin sur la réduction des pertes. Un tel*

accroissement semble techniquement possible en augmentant simultanément les rendements agricoles, les superficies cultivées (aux dépens des prairies et des forêts) et les superficies irriguées bénéficiant d'une meilleure gestion de l'eau, la part prise par chacune de ces options pouvant varier considérablement d'un continent à l'autre, en fonction des politiques qui seront mises en œuvre et des ressources disponibles. De nombreux scénarios existent, qui font varier la part prise par chacun de ces moyens. L'augmentation de l'aquaculture et l'utilisation des produits naturels de la mer viendront également en renfort de ces augmentations de la production à terre, mais dans une faible mesure (surtout pour ces derniers).

Une contrainte majeure de la production agricole d'ici 2050 sera que l'auto-suffisance alimentaire, jamais atteinte à ce jour dans un certain nombre de pays ou de régions du monde, deviendra inatteignable dans un plus grand nombre encore, faute de disponibilités en sols et en eau. Le tableau de la page suivante donne le taux de déficit/excédents pour les grandes régions du monde, en négatif pour la part importée dans la consommation pour les pays en déficit, et en positif pour la part de la production exportée pour les régions en excédent. Les deux scénarios prospectifs du projet Agrimonde pour 2050 (tendancier, dit Agrimonde GO, et de rupture, dit Agrimonde 1, qui sont décrits dans le chapitre 7) sont résumés, en regard de la situation de 2003 (estimée par Agrimonde), ces taux étant calculés sur les productions végétales converties en kcal, les productions animales étant dans ces deux scénarios, par principe, équilibrées par région ; pour 2003, les kcal animales ont été converties en kcal végétales en leur affectant le facteur 3,83 basé sur les chiffres estimés pour la région OCDE.

On constate que les taux de dépendance pourront atteindre, dans certaines régions, plus de 60 %, et près de 20 % dans le scénario Agrimonde 1 pour l'ensemble de l'Asie. L'Afrique subsaharienne disposerait des ressources en eau et en sol pour être autosuffisante, malgré sa forte croissance démographique, si elle mettait en œuvre les moyens nécessaires à l'augmentation de sa propre production, mais ceci paraît problématique, et elle est supposée importatrice dans ces scénarios, comme elle l'est aujourd'hui. L'Amérique latine possède les conditions nécessaires pour devenir un exportateur majeur d'aliments, tandis que les pays de l'OCDE, la Russie et la CEI (Communauté des États Indépendants, ex-URSS) seront également de gros exportateurs. Cette évolution forte et inévitable donnera un rôle majeur aux échanges commerciaux mondiaux, et donc aux contraintes économiques et politiques (marchés, disponibilités financières pour acheter la nourriture, lutte contre la pauvreté...) et éclaire d'un jour nouveau les conséquences des changements climatiques, qui vont réduire par endroits la disponibilité alimentaire, et ailleurs l'augmenter, et qui doivent donc être examinées dans un contexte de mondialisation accrue.

Régions	Agrimonde 2003	Agrimonde GO	Agrimonde 1
Afrique du Nord – Moyen-Orient	– 32 %	– 52 %	– 63 %
Afrique subsaharienne	– 12 %	– 18 %	– 53 %
Amérique latine	+ 11 %	+ 26 %	+ 32 %
Asie	– 2 %	– 4 %	– 19 %
Ex-URSS	– 2 %	+ 10 %	+ 77%
OCDE-1990	+ 6 %	+ 19 %	+ 46 %

Tableau

Déficit (-) ou excédents (+) de la production agricole végétale mondiale en 2050, en pourcentage de la production ou consommation en kcal, pour deux scénarios d'Agrimonde en 2050, et pour la situation de 2003.

Pendant les premières prochaines décennies au moins, les scénarios prévisionnels conduisent à dire que l'accroissement de la production alimentaire se ferait plutôt de façon conventionnelle par augmentation des rendements, l'augmentation des surfaces cultivées pouvant éventuellement prendre ensuite le relais. Cette augmentation des rendements pourra poser des problèmes de durabilité, de pollution, de disponibilité en intrants divers, et de protection des écosystèmes naturels et de la biodiversité. Il faudra donc expliciter les choix effectués et en tirer toutes les conséquences utiles (mesures de prévention contre des effets secondaires, agriculture dite doublement verte...). Le facteur limitant de la production alimentaire sera essentiellement la disponibilité en sols cultivables (particulièrement en Asie, au Moyen-Orient et Afrique du Nord), la concurrence entre productions alimentaires et énergétiques, et le maintien des services écologiques au sens large fournis par les milieux naturels, particulièrement quand il deviendra nécessaire d'augmenter les surfaces cultivées. La disponibilité en eau ne sera globalement qu'un facteur secondaire, même s'il est vrai qu'environ 96 % des consommations nettes d'eau de la planète (eau prélevée et eau de l'agriculture pluviale) sont dues à l'agriculture. Il est clair que l'eau sera cependant un facteur majeur dans les pays de la zone aride.

4 | Conditions économiques et politiques pour assurer cette alimentation

La répartition de l'offre alimentaire, dans l'hypothèse où celle-ci pourrait équilibrer globalement la demande d'ici 2050, soulève principalement des questions d'ordre économique et politique. Tout d'abord, *tous les scénarios conduisant à un équilibre global entre l'offre et la demande alimentaires reposent sur l'hypothèse – vérifiée au cours des dernières décennies – que les échanges internationaux augmenteront fortement*, les régions déficitaires devant importer massivement leur nourriture en provenance des régions excédentaires. La réalisation de ces scénarios se fera dans un contexte de maintien, voire de renforcement, de la libéralisation du commerce mondial^{3,4}, dans tous les secteurs, agricoles et non agricoles. C'est ainsi que les pays en déficit alimentaire pourront se procurer les recettes en devises nécessaires pour financer leurs importations alimentaires et que les pays en excédent pourront effectivement écouler ces excédents sur le marché mondial⁵.

Il faut, cependant, ne pas précipiter la confrontation des acteurs des marchés locaux ou régionaux les plus faibles à la concurrence du marché international, et favoriser des aides bien ciblées vers les agriculteurs des PED. En effet, plus de 2 milliards d'habitants vivent de l'agriculture traditionnelle, et parmi eux 600 millions sont chroniquement sous-alimentés. Des stratégies d'aide à la petite paysannerie ont déjà été affichées dans le passé dans de nombreuses institutions internationales, mais n'ont pas toujours eu l'action escomptée, les investissements dans l'agriculture ayant globalement décliné. Il existe un écart de 1 à 500 entre les productivités des agricultures les plus faibles des pays pauvres et celles les plus fortes des pays développés, qui ne permet pas de mettre en concurrence directe ces deux types d'agriculture. *Il est pourtant indispensable de maintenir une activité agricole (à vocation alimentaire) soutenue dans les pays concernés, pour éviter un exode rural encore plus massif vers les villes, pour*

³Cette condition de libéralisation nécessaire du commerce mondial est, nous le savons, fortement controversée par certains, voir par exemple les commentaires reçus du « Groupe de lecture critique », en annexe. Mais notre conviction est qu'il faut maintenir, dans certaines limites, ce point de vue, voir en particulier les remarques « À propos des commentaires reçus sur les aspects économiques du rapport », par les auteurs du chapitre 6, en annexe après ces commentaires.

⁴Le commerce international des produits alimentaires ne porte actuellement que sur 15 % de la production mondiale et représente moins de 10 % des échanges de marchandises dans le monde (soit 700 milliards de \$ en 2003, sur un total de 7 500 milliards de \$, selon Parmentier (*Nourrir l'humanité*, La Découverte, 2009)).

⁵La question des impacts négatifs que peut avoir le subventionnement des agricultures des pays riches sur le développement des agricultures des pays pauvres est très complexe et importante (voir par exemple Parmentier, 2009). Elle est discutée dans les remarques « À propos des commentaires reçus sur les aspects économiques du rapport », en annexe, mais dépasse de beaucoup les ambitions de ce rapport.

nourrir les populations rurales, et pour permettre à ces ruraux de contribuer à l'alimentation des citadins. Il ne s'agit pas pour cela d'ériger des barrières étanches avec le monde extérieur, mais de donner à ces exploitations familiales l'opportunité historique de se nourrir convenablement et de vendre leurs surplus dans les villes voisines. Résoudre cette contradiction au moins apparente entre la nécessaire libéralisation du commerce et le maintien de marchés locaux ou régionaux viables ne sera pas aisé..., mais est indispensable, au moins pour un certain temps.

Même si l'équilibre peut être atteint en tendance, *il y aura toujours des phases de baisse de disponibilité au niveau mondial*, comme celle observée en 2007-2008, qui risquent de s'avérer plus fréquentes et plus marquées qu'au cours des dernières décennies en raison de la montée en puissance éventuelle des bio-carburants, des effets de la volatilité des marchés (éventuellement spéculatifs), particulièrement stimulée par la faiblesse chronique des stocks, et enfin du fait du changement climatique ou par l'occurrence d'événements El Niño intenses, comme en 2007-2008. Le monde est donc sous la menace de nouvelles crises conjoncturelles marquées par de fortes hausses des prix alimentaires. Pour faire face à ce risque, *il est essentiel de limiter les effets de la spéculation, qui peuvent amplifier fortement les chocs de prix, et de ne pas laisser se réduire trop les stocks*. Cela passe par une meilleure régulation des marchés à terme des matières premières, et plus encore des marchés de leurs produits dérivés. Cette régulation ne doit pas cependant entraver le fonctionnement des marchés à terme, qui jouent un rôle économique essentiel pour les producteurs comme pour les consommateurs. Il est nécessaire également d'assurer la fluidité des marchés, avant que n'émerge la prochaine crise, ce qui passe par la négociation d'un engagement multilatéral (ou d'accords régionaux) à ne pas avoir recours à des mesures de restriction des exportations, dont on a vu qu'elles ont significativement aggravé la crise de 2007-2008. L'OMC reste sans doute l'organisation la mieux placée pour avancer dans cette direction.

Atteindre l'équilibre en tendance entre l'offre et la demande pourrait par ailleurs exiger des producteurs et des consommateurs des efforts d'adaptation significatifs. Il est possible que des hausses tendancielle des prix relatifs des produits alimentaires soient nécessaires pour conduire à de telles adaptations des comportements.

Il faut enfin signaler que *s'opèrent actuellement des achats internationaux préoccupants de terres agricoles*. Même si les superficies concernées sont globalement réduites (on cite le chiffre de 0,2 % des terres arables mondiales), elles peuvent devenir localement significatives, et être une source majeure de conflits en cas de pénurie. Parce qu'elles sont faiblement peuplées ou exploitées, ces terres sont achetées par les pays qui manquent de ressources en terre et en aliments. Des protestations locales et internationales se sont élevées car cela peut

entraîner des « pertes » de terre pour les usages utiles aux populations locales. Les entreprises acheteuses ou locataires viennent d'Asie (le Japon le fait depuis longtemps) et du Moyen-Orient. Les achats ou locations ont été effectués souvent en Amérique latine ; ils le sont de plus en plus en Afrique dans les régions à faible densité de population. Enfin, les transactions sont souvent faites sans aucune transparence, un code de bonne conduite ou un règlement international seraient nécessaires en la matière.

5 | Agriculture et biodiversité

L'augmentation de la production agricole suppose d'accroître les rendements, là où c'est encore possible, et les surfaces cultivées. La FAO prévoit une augmentation modeste des surfaces (8 %), mais d'autres scénarios vont jusqu'à + 40 %. Que l'augmentation porte sur le rendement ou sur les surfaces, elle aura un impact certain sur les milieux et en particulier sur la biodiversité, qu'il faut prendre en compte.

On désigne par biodiversité la diversité des organismes vivants, qui s'apprécie en considérant la diversité des espèces, celle des gènes au sein de chaque espèce, ainsi que l'organisation et la répartition des écosystèmes dans l'espace. *Il est important de maintenir une grande biodiversité, d'abord parce que c'est un patrimoine inestimable et indispensable à la vie qui nous a été légué, même s'il a fait l'objet de très forts changements naturels au cours des temps géologiques. Mais aussi pour des raisons pratiques et économiques : nous dépendons du vivant pour notre alimentation, pour nos fibres textiles, pour le bois, pour nos médicaments en partie, pour la pollinisation de nos arbres fruitiers, etc. Outre les services directs, il faut considérer les services indirects : régulation de la concentration en oxygène et en dioxyde de carbone de l'atmosphère, régulation du cycle de l'eau limitant inondations et érosion, régulation du climat, des cycles biogéochimiques (épuration de l'eau par les forêts), etc.*

Face à la croissance mondiale de la demande alimentaire, les solutions offertes par notre mode de développement pour satisfaire cette demande sont limitées. Deux approches principales sont proposées pour concilier la conservation de la biodiversité avec la production agricole et ses besoins en espace :

- séparer le plus possible les terres agricoles à production intensive des aires de protection de la biodiversité, c'est la politique de l'agriculture intensive et des parcs naturels protégés ;

- ou bien adopter partout des méthodes agricoles respectueuses de la biodiversité. Ces deux options sont le reflet de deux logiques contrastées qui sont au cœur des grandes questions de société pour le XXI^e siècle.

Intermédiaire entre les deux approches, l'idée d'une « *Révolution doublement verte* » (ou encore d'agriculture « écologiquement intensive », qui est synonyme) *promeut l'objectif d'accroître la production, mais d'une manière « durable », c'est-à-dire acceptable en termes d'environnement, de viabilité économique et d'équité sociale.* Ce principe repose sur l'utilisation d'intrants mais à doses plus modestes qu'en agriculture moderne classique et en s'appuyant simultanément sur les différentes fonctionnalités des écosystèmes pour mieux utiliser leur potentiel de synergie. La mise en œuvre de ces principes est supposée procurer une croissance significative des rendements, mais elle ne pourra s'effectuer que très progressivement, car elle implique un fort investissement scientifique et technologique.

La deuxième ligne de pensée repose sur une autre logique. Les espaces protégés font partie d'un territoire et sont « connectés » au paysage alentour au travers des flux d'éléments, de l'organisation spatiale de la diversité et des déplacements de la faune et flore. Leur isolement par l'agriculture intensive constitue une menace pour la pérennité des faunes et des flores qui les peuplent. Il faut donc *rétablir la continuité entre les espaces ordinaires et les espaces naturels protégés* en favorisant les haies, bandes enherbées, bosquets, etc. Au cœur de ce raisonnement naît l'idée d'abandonner la dichotomie entre espaces protégés à nature remarquable et espaces de productions à nature ordinaire ; en favorisant la biodiversité des espaces ordinaires, on agit aussi bien pour conserver la biodiversité présente dans les espaces naturels que pour maintenir une agriculture productive au sein des parcelles cultivées. Cette continuité entre les espaces peut parfois prendre une dimension régionale ou transfrontalière.

Ces deux approches de la préservation de la biodiversité devront être utilisées conjointement, en proportions variables selon les situations.

6 | Moyens techniques à mettre en œuvre pour augmenter la production alimentaire

Au début du XXI^e siècle, il y avait selon la FAO environ 1,6 milliard d'ha cultivés, 3,9 de forêts, et 4,6 de surface herbacée et arbustive, le reste étant du désert ou de la toundra (3 milliards d'ha, pour 13,1 milliards d'ha de terres émergées hors glace). Seulement 15 % des espaces de culture n'exercent pas de contraintes physicochimiques particulières sur les plantes : 45 % ont une faible

disponibilité en eau, 17 % sont trop humides, 16 % sont trop froids, et 7 % sont salés ou alcalins. Les surfaces en terres agricoles cultivées annuellement s'accroissent par déforestation ou réduction des surfaces en jachère, mais elles diminuent aussi en raison de l'urbanisation et de la perte de terres arables par salinisation, érosion, etc., qui peuvent affecter des surfaces considérables. La population urbaine, en 2050, représentera les deux tiers de la population mondiale, occupant une part de plus en plus importante des territoires. Les villes sont généralement situées dans des plaines où les sols sont fertiles et dans des lieux où il existe une abondance relative d'eau ; elles sont donc concurrentes des activités agricoles. L'urbanisation comprend également l'ensemble de la voirie, dont le développement peut devenir très important dans les pays où l'automobile et les transports par camion se développent rapidement.

La question des ressources en eau, de première importance, a déjà été traitée par l'Académie des sciences dans le rapport RST n° 25 *Les eaux continentales* coordonné par Ghislain de Marsily, et ne sera que brièvement évoquée dans ce rapport. La problématique de la conservation des sols, tout aussi fondamentale, n'est presque pas abordée dans ce rapport, mais fait l'objet d'une autre étude.

L'augmentation de la production globale pour répondre à la demande se fera à la fois par une amélioration des rendements et par une augmentation des surfaces cultivées. Pour les rendements, il faut être conscient du fait qu'en moyenne mondiale, les experts prévoient la poursuite de la diminution progressive du taux de croissance des rendements, amorcée depuis plus de 20 ans, après les succès de la « Révolution verte ». L'augmentation des surfaces cultivées sera d'autant moins importante que des progrès seront réalisés dans la productivité des cultures ; les estimations varient entre 120 et 600 millions d'hectares supplémentaires (soit une augmentation allant de 8 à 40 % par rapport aux superficies exploitées aujourd'hui). La maîtrise de l'extension de l'agriculture pluviale, principalement aux dépens de la forêt tropicale, est l'un des enjeux majeurs de la conservation de la planète. On a déjà pu constater la très grande difficulté de mettre en culture de façon performante les sols tropicaux précédemment recouverts de forêts, qui sont des sols pauvres, et marqués par une dégradation très rapide de leur fertilité, notamment par épuisement de leur contenu en matière organique, érosion et salinisation. L'augmentation de l'agriculture irriguée devra être favorisée, malgré ses « coûts » indirects environnementaux, car, à superficie égale, ses rendements sont très supérieurs à ceux de l'agriculture pluviale.

De très grands espoirs peuvent cependant être mis dans l'amélioration des plantes pour l'augmentation des rendements (résistance aux déficits en eau, au sel, aux agresseurs, meilleure productivité), en particulier grâce à une méthode récemment développée, la « sélection génomique ». Celle-ci permet de très fortement accélérer la sélection des espèces végétales (ou animales) grâce à la connaissance quasi complète du génome d'un individu, chose que l'on peut

aujourd'hui obtenir en quelques jours et à faible coût, et à la corrélation qu'on peut établir entre un gène donné et une performance recherchée. Plus généralement, le génie génétique présente aussi d'immenses perspectives. Il y a là des domaines de recherche stratégiques, où il est indispensable de soutenir et dynamiser les recherches en cours, en s'intéressant également à leur acceptabilité sociale.

Dans le domaine de la production végétale, on peut résumer la diversité des exploitations agricoles par deux grands ensembles : les *exploitations mécanisées* et les petites exploitations pratiquant une *agriculture manuelle*. Les premières ont des problèmes communs : la perspective de coûts de plus en plus élevés de l'énergie, en particulier du labour, des engrais azotés (issus du gaz naturel) et des phosphates et potasse issus de gisements dont les coûts d'exploitation augmentent en raison des prix de l'énergie et de la raréfaction des gisements à haute teneur. Ces exploitations ont déjà réagi en expérimentant ou adoptant diverses techniques, dont le semis direct sans labour, la rotation d'espèces, l'agriculture de précision, la sélection végétale avec ou sans OGM pour l'amélioration des plantes, la résistance aux agresseurs, et la création de variétés végétales plus économes en eau, capables de surmonter des épisodes de déficit hydrique et ayant une meilleure efficacité d'utilisation des éléments minéraux ; l'*agriculture « écologiquement intensive »* fait l'objet de nouvelles recherches et consiste à *intensifier l'utilisation de l'ensemble des processus naturels des écosystèmes*, et subsidiairement d'utiliser les techniques conventionnelles. On en attend en Europe des rendements physiques équivalents à l'agriculture conventionnelle, mais surtout une grande amélioration des effets environnementaux en produisant des services écologiques pour le stockage et la qualité de l'eau, le stockage du carbone dans les sols, et l'amélioration de la biodiversité...

Dans les petites exploitations familiales non ou peu mécanisées, l'enjeu est d'accroître les rendements. En simplifiant, trois cas se présentent :

- les exploitations irriguées ayant connu la Révolution verte ont déjà des rendements élevés et devront faire face aux hausses des prix de l'énergie et des engrais, ce qui les amènera à pratiquer une agriculture plus « raisonnée » puis à devoir inventer des systèmes économes en eau ;
- les exploitations en système pluvial ayant connu la Révolution verte vont aussi devoir rationaliser les dépenses en engrais ; la technologie qui leur correspond le mieux est celle de l'agriculture « écologiquement intensive », évoquée plus haut. Cette agriculture recouvre une très grande gamme de techniques depuis les agricultures de zone tropicale humide (agroforesterie, systèmes complexes du type biovillages), passant par le tropique de savanes (agriculture de couverture) et allant jusqu'au tropique sec

(intensification autour de la conservation des eaux du sol) et des régions méditerranéennes ;

- les exploitations marginales n'ayant pas évolué, où les producteurs n'ont souvent pas assez de ressources pour alimenter leur famille : ce système concerne 600 millions de personnes. L'enjeu est de les faire accéder à un niveau suffisant de production par l'intensification.

Pour la production de viande, estimée à 218 millions de tonnes en 1997-1999 (soit en moyenne 36 kg par habitant et par an, variant de 5 pour l'Asie du Sud à 88 pour les PI), on assiste depuis quarante ans à un accroissement des effectifs et des produits animaux, particulièrement marqué chez les granivores (porcins et surtout volailles) notamment en Asie. *Environ 38 % de la production mondiale de céréales va à l'alimentation du bétail (56 % dans les PI).* Les besoins et la demande en protéines animales devraient continuer à croître fortement, principalement dans les pays émergents et les PED, même si l'on se fixe un objectif de 500 kcal fournies par des produits animaux par habitant et par jour à l'échelle globale. Cette croissance devrait entraîner la poursuite de l'intensification de ces productions et de l'utilisation accrue des céréales dans l'alimentation animale.

La diversité des systèmes d'élevage devrait se maintenir ou se redessiner, faisant coexister une agriculture paysanne adaptée à la diversité des conditions naturelles, économiques et sociales, et de grandes structures spécialisées d'élevage industriel. Un équilibre agrosylvopastoral dans les divers territoires, reposant principalement sur l'association des cultures et de l'élevage, à bénéfices réciproques, devrait pouvoir être maintenu ou reconstruit dans l'avenir. La question de la rémunération par le marché ou par l'intervention publique des services environnementaux et sociaux de l'élevage doit être placée au cœur des politiques agricoles et environnementales.

Pour l'aquaculture, la production mondiale aquacole est passée de 4 millions de tonnes en 1970 à 65 millions en 2007 (végétaux aquatiques inclus), ce qui ne représente encore qu'une faible part des calories d'origine animale. Cette croissance est pourtant parmi les plus élevées de toutes les productions agricoles et dépasse nettement celle des volailles et des porcins. Les productions aquacoles proviennent pour 50 % des eaux de mer (principalement mollusques et végétaux aquatiques), pour 45 % des eaux douces (principalement des poissons) et pour 5 % des eaux saumâtres (principalement des crevettes). La contribution de l'aquaculture à l'alimentation humaine est ainsi passée de moins de 1 kg/habitant par an, dans les années 1970, à plus de 6 kg aujourd'hui. Ce « boom » aquacole est essentiellement le fait des PED (90 %) avec une part prépondérante de l'Asie (93 %) et en particulier de la Chine (71 %) : poissons d'eaux douces herbivores, principalement en étangs, et mollusques

en zones côtières. Les productions de poissons marins et de crustacés en eaux saumâtres sont encore nettement inférieures en volume, même si leur part en valeur est nettement plus élevée. La pisciculture d'eau douce d'espèces de faible valeur (~1 \$/kg) demeurera une composante majeure de l'aquaculture, notamment dans les PED et pays émergents. L'intensification raisonnée de ces systèmes constitue un enjeu considérable et complexe dans la mesure où il devra combiner savoir-faire traditionnels et démarches scientifiques (nutrition, écologie, limnologie, génétique, sociologie, économie, etc.).

Cette évolution contraste très fortement avec celle des *captures liées à la pêche dont les débarquements stagnent, voire régressent*, depuis une dizaine d'années à un niveau de 85 à 90 millions de tonnes par an. Il faut y ajouter les rejets en mer de captures d'espèces accessoires à peu d'intérêt commercial représentant jusqu'à 30 % des captures déclarées. Les projections de pêche sont en décroissance, de 16 kg/habitant de poisson sauvage dans les années 1980 à 8 kg/habitant dès 2020. *La surexploitation des stocks est chronique*. Au niveau de nos mers européennes, le bilan est désastreux avec 88 % des stocks surexploités en Mer du Nord et 100 % en Méditerranée pour les espèces démersales (lotte, merlu, mérrou...). Face à la surexploitation généralisée des écosystèmes marins par les pêcheries industrielles mais aussi artisanales, et face au constat que la capacité de résilience des océans n'est pas aussi importante qu'on le pensait, il est urgent de mettre en place des mesures de gestion qui prennent en compte les impacts de la pêche sur le fonctionnement des écosystèmes.

7 | Réduction des pertes

Les pertes et gaspillages de produits alimentaires mondiaux sont colossales et méritent une analyse approfondie : on estime qu'au moins 30 à 40 % de la production alimentaire n'est pas consommée. Les pertes se répartissent en deux fractions de même ordre de grandeur, les pertes à la récolte et les pertes de transformation, de distribution et de consommation. Les pertes à la récolte sont prépondérantes dans les PED et sont marquées par une très grande variabilité : suivant les types de produits, périssables ou non ; suivant les régions et le niveau de développement, l'organisation des filières de production-transport-stockage est ici critique ; suivant les climats, ceux humides et chauds sont synonymes de menaces par toutes sortes d'agresseurs ; suivant les années, il existe une variabilité interannuelle liée à des invasions de ravageurs ou à des catastrophes naturelles.

Il conviendrait tout d'abord de réduire en partie, pendant la culture, la part des récoltes perdue sans aucune utilité pour les sociétés et les écosystèmes, c'est-à-dire essentiellement les maladies (champignons, bactéries, virus, et en partie

les insectes) ou les envahisseurs (plantes adventices), qui réduisent les rendements au niveau de la parcelle. Afin de limiter le recours aux pesticides, il faudrait privilégier la lutte intégrée (lutte biologique, lutte génétique et subsidiairement lutte chimique).

Les pertes de transformation et de consommation ont lieu principalement dans les PI et dépendent beaucoup des modes de consommation. On en distingue trois types : les pertes non évitables (épluchures, parties non mangeables, etc., transformations induisant des pertes obligatoires comme cuisson ou séchage) ; les pertes évitables (produits périmés, non commercialisables pour raisons sanitaires, culturelles ou autres) ; les gaspillages : produits jetés bien qu'étant a priori propres à la consommation. Elles ne peuvent être réduites qu'avec l'installation d'une véritable culture « anti-gaspillage ». Les consommateurs et tout particulièrement les services de restauration collective sont responsables de 93 % des pertes de transformation et de consommation. Les 7 % de pertes dans le commerce de détail sont dues essentiellement aux laitages, fruits et légumes frais.

8 | Biocarburants, chimie verte

La production de bioénergie, quand elle est consommatrice d'espaces qui pourraient être utilisés pour la production d'aliments, est nécessairement en compétition avec cette production ou avec l'objectif de préserver la plus grande biodiversité possible. Elle ne devient complémentaire de la production alimentaire que si elle utilise une partie des résidus de récoltes, de production forestière, ou des déchets de la consommation domestique ou industrielle, ou encore si elle résulte de la culture d'espèces particulières sur des terrains sans intérêt pour les cultures alimentaires : c'est la bioénergie dite de deuxième génération.

Cependant, en ce qui concerne les résidus de récolte, il est important d'en conserver une partie sur place afin de recharger les sols en matière organique, qui assure leur fertilité et stabilité. La recharge des sols en carbone organique est devenue aujourd'hui une véritable priorité, pour enrayer une dégradation continue commencée à l'échelle mondiale depuis des décennies. C'est aussi une bonne façon de piéger le CO₂ dans les sols sous forme de carbone solide.

La raréfaction du pétrole, les fluctuations de prix de l'énergie, les incitations qui en découleront pourraient détourner les destinations des productions agricoles vers l'énergie (ou la chimie verte, en quantité a priori bien moindre) plutôt que vers l'alimentation. À l'inverse, les augmentations de prix alimentaires pourraient réorienter la production de bioénergie vers l'alimentation. Si une instabilité s'installait dans les prix de l'énergie et de l'alimentation, il pourrait en résulter

des troubles sociaux dans les grandes villes des PED où la survie des populations dépend largement des prix des denrées alimentaires. *Des principes de régulation devront donc être élaborés pour éviter la déstabilisation permanente du système énergie-agriculture*, mais sans que la restriction des échanges imposée par certains grands États ne vienne créer des entraves dommageables au commerce des productions. C'est aussi une bonne façon de piéger le CO₂ agricole.

9 | Changements climatiques

Les évolutions climatiques envisagées à l'horizon 2050 n'affecteront vraisemblablement que faiblement la disponibilité alimentaire à l'échelle mondiale, mais elles aggraveront les déficits régionaux. Il est en effet estimé qu'à la fin du XXI^e siècle, une superficie de 160 millions d'ha deviendra cultivable dans les territoires septentrionaux, pour les céréales ou éventuellement les herbages, par recul du pergélisol, tandis que 110 millions d'ha deviendront improductifs par aridification dans les zones climatiques où les précipitations vont diminuer, comme dans la zone méditerranéenne. Les changements climatiques devraient rendre les situations plus critiques en Asie et en Afrique, et plus favorables dans les régions septentrionales de la planète, sauf si la mise en valeur des sols autrefois gelés y pose des problèmes environnementaux, ce qui n'est pas encore établi. Ces changements viendront renforcer la dépendance des pays arides dans leur nécessaire importation alimentaire, mais ne devraient pas affecter très fortement la capacité globale de production agricole.

L'augmentation de la température et de la teneur de l'atmosphère en CO₂, dans l'hypothèse de son doublement, devraient faire croître d'environ 10 à 20 % la production de biomasse, dans les zones de latitudes moyennes et élevées. Mais pour un réchauffement de plus de 3 °C, ou une plus forte teneur en CO₂, les rendements pourraient chuter sérieusement, bouleversant l'agriculture au Nord et provoquant des situations dramatiques au Sud.

La montée des eaux marines en raison du changement climatique pourrait aussi commencer à réduire les surfaces disponibles, surtout dans les zones des deltas des grands fleuves d'Asie et d'Afrique, mais serait quand même réduite d'ici 2050 (environ 20 à 50 cm). *Les risques principaux seront les destructions de récoltes lors des cyclones*, en particulier en Asie du Sud et du Sud-Est. Les événements extrêmes (gel, sécheresse, dont l'impact sera potentiellement accentué, ainsi que celui les températures excessives, inondations, tornades...) vont tirer ce tableau moyen vers un bilan plus négatif. Il faudra se prémunir contre ces aléas, principalement par le biais de l'assurance ou par la constitution de stocks familiaux ou collectifs, et par une meilleure organisation de l'aide internationale.

Le risque de pertes importantes de récoltes se produisant simultanément sur différents continents, du fait d'accidents climatiques corrélés par des mécanismes naturels comme El Niño, ne peut être exclu ; ils seraient capables d'engendrer des pénuries mondiales, aux conséquences difficiles à imaginer, éventuellement dramatiques.

10 | Les zones critiques

L'équilibre alimentaire mondial passe aussi par l'amélioration de la capacité des pays les moins avancés, principalement en Afrique et en Asie, à se nourrir. Le problème de ces pays est double. D'une part, leur offre alimentaire est insuffisante et, s'agissant de l'Afrique, ne parvient pas à suivre la hausse des besoins en raison de la forte croissance démographique. D'autre part, l'appétitude de ces pays à se procurer des ressources alimentaires par le biais de l'importation bute sur le fait qu'ils n'ont pas non plus la capacité d'offrir sur les marchés internationaux des produits non alimentaires compétitifs, et donc de se procurer des recettes en devises suffisantes. Seuls les pays miniers ont cette capacité, mais celle-ci diminuera à long terme, avec en particulier l'épuisement prévisible des gisements de pétrole. *La problématique du développement économique de l'Afrique et celle de ses crises alimentaires futures ne sont donc en réalité que deux faces d'un même problème, celui de sortir d'une situation durable de sous-développement.* Il existe des voies d'amélioration, mais la complexité des problèmes à résoudre dépasse largement l'ambition de ce rapport. Quelques voies d'amélioration dans le secteur agricole peuvent néanmoins être proposées ici qui, si elles ne permettront pas nécessairement de stimuler le décollage économique de l'Afrique, du moins contribueront à un meilleur équilibre alimentaire.

La faible productivité des petites exploitations paysannes africaines est une réalité, mais qui ne doit pas inciter à s'orienter vers un modèle productiviste avec des exploitations à grande échelle. En effet, une grande majorité de la population vit dans le monde rural, et travaille dans l'agriculture. Compte tenu de la faiblesse des perspectives de développement industriel, cette caractéristique démographique ne pourra changer que lentement. Pour les décennies à venir, les voies d'amélioration passent donc par des progrès de productivité dans cette agriculture paysanne. L'histoire de la Révolution verte, qui a réussi en Inde et ailleurs en Asie ou en Amérique latine mais pas en Afrique, est là pour nous rappeler qu'une recherche agronomique adaptée aux caractéristiques locales est susceptible de produire des progrès considérables. Le CGIAR (Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale) a renforcé ses dépenses en matière de recherche agronomique adaptée aux conditions de production en Afrique, et cet effort doit être encouragé et soutenu financièrement.

Stimuler la production sera cependant inutile si *les infrastructures de marché* permettant de commercialiser les excédents vivriers au profit des citadins et des régions déficitaires ne sont pas mises en place. À l'heure actuelle, ces infrastructures *sont d'une extrême faiblesse*, qu'il s'agisse des voies de communication, des capacités de conditionnement et de stockage, ou des marchés eux-mêmes. Il est nécessaire et même indispensable de les renforcer, ce qui passe par des politiques nationales soutenues financièrement par la communauté internationale, mais aussi par la redynamisation des politiques d'intégration régionale qui sont restées pour l'instant peu actives malgré l'existence de nombreux accords.

Le grand défi de l'Afrique à l'horizon 2050 restera celui du contrôle de sa démographie. Le paradoxe est que globalement la densité de la population africaine est faible, ce qui est en soi un handicap économique, mais que la croissance démographique rapide observée depuis plusieurs décennies (2 à 3 % par an, voire plus) n'est pas une réponse appropriée à cette situation. La croissance démographique rapide a une forte responsabilité dans l'aggravation de la pauvreté, et les risques de voir apparaître des flux migratoires internes (exode rural) de grande ampleur ne sont pas minimes, sans parler des migrations internationales. Les tensions politiques qui pourront en résulter devront être le plus possible atténuées, ce qui passe par une meilleure gouvernance politique, l'établissement d'un État de droit, et une meilleure coopération transfrontalière et internationale. Beaucoup des conflits africains des dernières décennies ont été associés à des conflits d'accès aux ressources foncières, ou plus généralement d'accès aux ressources naturelles. Il faut en tirer les leçons, et tout faire pour prévenir ces conflits avant qu'ils ne deviennent incontrôlables.

En Asie, où la population sous-alimentée est aujourd'hui très nombreuse (l'Inde et la Chine ont, chacune, autant de personnes sous-alimentées que l'Afrique), la situation est différente en raison d'une plus grande dynamique des progrès dans l'agriculture, associée en particulier aux bénéfices de la Révolution verte. Toutefois, ces performances globalement plus favorables ne doivent pas masquer que de larges segments de la population y sont touchés par la sous-alimentation en raison d'inégalités croissantes. Il existe aussi en Asie des risques sérieux d'insécurité alimentaire, en raison de la grande diversité et variabilité des conditions agroclimatiques, notamment dans le sous-continent indien.

RECOMMANDATIONS

Nous avons résumé précédemment les principaux enseignements tirés de ce travail de réflexion sur l'alimentation mondiale en 2050 dans un contexte de croissance démographique et de changements climatiques, et les premières conclusions que cette réflexion inspire. Nous en déduisons ici un nombre limité de recommandations, choisies en fonction de leur importance et de l'urgence à commencer leur mise en œuvre. Les problèmes de l'alimentation mondiale sont complexes, et comportent de nombreuses facettes, politiques, techniques, sociétales, économiques et culturelles ; ils ne se résoudront qu'avec la mise en place de politiques à long terme, inscrites dans une vision globale d'un développement durable, et touchant à de nombreux pans de l'activité de la société, depuis les comportements individuels de chacun, dans les pays du Nord comme dans ceux du Sud, jusqu'aux accords internationaux du commerce global, en passant par les pratiques agricoles et la préservation de l'environnement. Nous retiendrons d'abord trois domaines où il faut agir sans tarder : la nutrition et les habitudes alimentaire, à nos yeux le point le plus important, puis la démographie, et enfin l'économie et le commerce mondial. Nous poursuivrons par la production agricole et les questions d'environnement, et terminerons par la prévention, l'anticipation et la gestion des situations de crises, hélas quasi inévitables.

Les recommandations portent sur des politiques à mettre en œuvre soit au niveau national, soit au niveau européen, soit au niveau mondial. Nous n'opérerons pas de distinction ici, mais un tableau récapitulatif en fin de chapitre permettra de les situer à ces divers niveaux. Les recommandations portent successivement sur l'alimentation (groupe A), la démographie (D), l'économie (E), la production (P) et la gestion des crises (C).

1 | Nutrition et habitudes alimentaires

Nous avons vu qu'il faut infléchir et rendre plus efficaces, dans les pays du Nord, les politiques publiques en matière de nutrition et les coordonner avec l'agriculture, la santé et l'environnement, avec deux objectifs conjoints : d'abord limiter le régime calorique et l'optimiser pour combattre l'obésité, améliorer la santé en diminuant l'occurrence des maladies qui lui sont liées ; puis réduire la consommation, les pertes et les gaspillages, afin de restreindre les ponctions exercées par les pays riches sur les ressources alimentaires du globe, en voie de

devenir rares ou de dépasser les ressources dites durables. Il s'agit en somme de réduire la disponibilité alimentaire individuelle (dans les pays développés) de plus de 4 000 kcal/jour à environ 3 000 kcal/jour, dont seulement 500 kcal de produits animaux, au lieu des 1 000 kcal/jour actuels. Ceci doit être un objectif à atteindre à long terme, mais qu'il faut dès aujourd'hui viser. Cette politique générale passe par des mesures incitatives et réglementaires vis-à-vis du consommateur, et par une orientation nouvelle à donner à la politique agricole. Le détail des mesures proposées est donné au chapitre 3, et comprend en particulier :

A1 – Donner une incitation très forte à ce que *chacun réduise sa consommation de viande et produits d'origine animale*¹, tout particulièrement de viande rouge produite à partir d'animaux nourris aux grains² ; ceci passe par l'éducation du public (hommes, femmes et enfants), la formation et l'implication des professionnels de la santé et des travailleurs sociaux, et enfin par l'exemple que peuvent donner les pouvoirs publics, comme dans les cantines des établissements publics³ ;

A2 – Amplifier l'incitation et la réglementation de l'industrie agroalimentaire et de la restauration collective afin de réduire très fortement la part des sucres et des graisses saturées dans les aliments préparés ; il faut également agir sur les messages publicitaires ;

A3 – Lutter, par l'incitation ou la réglementation, contre le gaspillage de nourriture, en particulier dans les marchés de gros et les grandes surfaces, dans la restauration collective mais aussi chez les particuliers. Notamment, une trop grande diversité de l'offre, souhaitée à la fois par les producteurs et les consommateurs, contribue aux pertes par la péremption des dates de consommation.

Dans les pays émergents et dans les pays en développement à faible revenu, où peuvent coexister une sous-alimentation chronique et des carences alimentaires, avec simultanément un essor de l'obésité, la politique de la France devrait être :

A4 – Soutenir les actions directes de prévention de la sous-nutrition, favoriser la problématique nutritionnelle dans la définition des programmes sectoriels

¹ En 2005, la FAO estimait que globalement, en apport calorique, les produits d'origine animale sont consommés pour moitié sous forme de viande, et pour moitié sous forme de produits laitiers et d'œufs.

² Les animaux d'élevage nourris à l'herbe par pâturages sur des territoires impropres à d'autres usages agricoles ne sont pas directement en concurrence avec la production agricole mondiale.

³ Le « *green day* » anglais, ou « jour vert », jour par semaine où les cantines collectives (d'entreprises, scolaires, hôpitaux, maisons de retraite, centres de vacances, etc.) servent du bio, pourrait par exemple être transposé à la réduction de la consommation de viande.

(agriculture, éducation, transferts sociaux) et la croissance des revenus des populations pauvres pour qu'elles puissent accéder à une alimentation plus complète, notamment pour les groupes vulnérables, en augmentant chez ces populations la part de produits animaux pour réduire les carences. **Inciter de même ces pays à réduire la consommation de graisses saturées**, de sucres et éventuellement de produits animaux pour la fraction de la population qui en consomme déjà trop. La tendance à l'adoption par ces populations des régimes alimentaires déséquilibrés des pays du Nord devrait aussi être enrayerée.

A5 – Renforcer la recherche sur la nutrition humaine, les déséquilibres alimentaires par carences et par excès, les régimes alimentaires favorables à la santé et à l'environnement dans différents contextes (milieu rural, urbain, différences géographiques et génétiques), l'alimentation durable, l'obésité, l'épigénétique, sans oublier la dimension culturelle et même parfois religieuse de l'alimentation.

2 | Démographie

Il est hautement souhaitable et possible d'atteindre un niveau de population plus réduit de l'ordre de 8,6 milliards d'habitants en 2050, au lieu des 9,2 milliards que prévoient les Nations unies, ce qui réduirait déjà significativement le poids de la croissance des besoins alimentaires à cet horizon. Les taux de croissance actuels dans certains pays (2 % et plus) rendent en effet presque impossible tout espoir d'un développement durable local, sans même parler des problèmes d'alimentation. Ceci engendre un désir de migrations lointaines vers des pays plus développés, qui se heurte aux barrières mises en place par ces pays pour s'en protéger. Une telle situation n'est pas durable, et est génératrice de conflits ou de drames humanitaires. Il faudra donc :

D6 – Inciter les gouvernements des pays où la fécondité est encore forte à sensibiliser leurs populations à ce problème et à aider les couples à avoir un nombre limité d'enfants (en réduisant, notamment, le nombre de naissances qu'ils n'ont pas souhaité). Ces moyens de sensibilisation des populations à la baisse de la fécondité ne peuvent cependant être efficaces que dans un contexte de **meilleure éducation et d'amélioration de la santé et du statut des femmes**⁴.

Par ailleurs, les gouvernements de certains pays devront faire face à un nouveau type de déplacements de populations : ceux induits par les changements

⁴Sur ce sujet, voir en annexe les commentaires du Groupe de lecture critique, notamment ceux de Mme Tesson-Millet (Association Équilibres et Populations), de Mme Almeras (Fondation Ensemble) et de M. Charmes (IRD).

climatiques, qui pourront commencer avant 2050 mais deviendront très préoccupants pendant la deuxième moitié de ce siècle. Il faudra :

D7 – Étudier les possibilités de doter ces « réfugiés climatiques » d'un statut international convenable, mais aussi d'encourager et aider les politiques d'adaptation locale de ces pays à ces changements, qui seront progressifs : modifications de l'habitat ou relocalisations proches (quand elles sont possibles), modes de production agricole, protections physiques (digues...), aménagement du cours des grands fleuves. Là où l'adaptation n'est pas possible, il faut aussi préparer certaines populations à se déplacer (en précisant où aller).

3 | Économie et commerce mondial

La possibilité de nourrir la planète en 2050 ne peut se concevoir que grâce à des transferts massifs d'aliments entre tous les continents. Il est en effet inéluctable, avec la croissance démographique et les changements climatiques, que des territoires entiers, voire des continents entiers, comme l'Asie (soit plus de la moitié de l'humanité) et l'Afrique, deviennent dans un avenir très proche incapables de l'autosuffisance alimentaire, comme c'est déjà le cas aujourd'hui, par exemple, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. Certains pays dépendront à plus de 60 % des importations pour se nourrir. Cette contrainte impose de réfléchir à l'avance à l'organisation et à la réglementation des marchés mondiaux agricoles, afin d'éviter que ne se reproduisent, avec beaucoup plus d'ampleur, des crises comme celle, annonciatrice, qui a sévi en 2007-2008. *En un mot, il faut tenter de limiter la « volatilité » des prix mondiaux agricoles.* Il est cependant établi par les études économiques sur les exemples passés qu'une réglementation arbitraire des marchés par le biais de stocks, de quotas, ou de subventions peut avoir des effets négatifs plus forts que les bénéfices escomptés.

Un objectif de réduction de la volatilité des prix ne peut passer que par un effort conjoint des nations d'organiser le commerce international dans une approche multilatérale, notamment à travers l'OMC.

Les recommandations qui suivent ont fait l'objet de nombreux commentaires de la part du « Groupe de lecture critique », qui figurent en annexe. Ces commentaires ont été examinés avec soin, et, pour beaucoup d'entre eux, pris en compte ci-dessous. Pour les autres, le lecteur est invité à se reporter aux remarques « À propos des commentaires sur les aspects économiques du rapport », rédigées par les auteurs du chapitre 6, figurant en annexe après lesdits commentaires.

Nous recommandons plus particulièrement les points suivants :

E8 – Maintenir la libéralisation du commerce mondial, dans tous les secteurs, agricoles ou non, sous les réserves indiquées ci-après ; c'est une condition nécessaire pour que les pays en déficit alimentaire puissent se procurer les recettes indispensables à leurs importations, et que les pays en excédents alimentaires puissent les écouler sur le marché mondial. Un volet peu couvert pour l'instant, et qui mériterait d'être abordé dans ce cadre, ou dans un cadre régional, est celui de la prévention des mesures unilatérales de restrictions des exportations, dont on a vu l'effet désastreux en 2007-2008 sur l'équilibre des marchés mondiaux de produits alimentaires. Mais il faut être conscient que la libéralisation des marchés implique de réduire les subventions dans les pays riches, qui nuisent au développement des agricultures des pays pauvres.

E9 – Soutenir fortement et pendant le temps nécessaire certains marchés agricoles régionaux ou locaux, particulièrement dans les pays du Sud dont les populations vivent (ou devraient pouvoir vivre) en autosuffisance, avec un faible excédent de production (voir aussi **E11**). Ce soutien, qui peut prendre des formes variées, du soutien aux producteurs à des mesures temporaires de protection, est nécessaire aujourd'hui afin d'éviter que la concurrence du marché international ne décourage durablement l'effort d'accroissement de production dans ces pays, qui est nécessaire à long terme pour leur sécurité alimentaire, pour freiner l'exode rural, comme pour l'équilibre d'ensemble des marchés internationaux.

E10 – Limiter les effets de la spéculation sur les marchés agricoles, par une meilleure régulation des marchés à terme de matières premières (et tout spécialement des produits dérivés), sans toutefois en entraver le fonctionnement, car ils jouent un rôle économique essentiel tant pour les producteurs que les consommateurs. Cela passe notamment par l'incitation par les pouvoirs publics à un renforcement de l'autorégulation des bourses de matières premières, et à la protection de ces bourses contre l'intervention de spéculateurs purement financiers.

Si ces actions sur les marchés sont indispensables, il est encore plus important de développer les capacités productives locales, la survie de plusieurs milliards d'habitants dépendant *d'abord* de l'agriculture dans leur environnement le plus proche :

E11 – Mettre en œuvre des programmes ambitieux de développement agricole et rural des pays les plus pauvres, en particulier en Afrique subsaharienne, notamment dans le domaine de la petite exploitation agricole (voir paragraphe 4 ci-après), où les femmes jouent souvent un rôle déterminant, et par le développement des infrastructures de marché permettant de transformer et commercialiser les productions vivrières locales (voies de communication, capacité

de conditionnement et de stockage, marchés eux-mêmes), éventuellement dans le cadre d'une intégration régionale. Les marchés locaux ou régionaux d'intrants agricoles (engrais, eau, semences...) doivent également être mieux organisés. Il est par ailleurs souhaitable que, dans ces pays pauvres, la petite paysannerie reçoive des aides pour augmenter sa production, notamment par des prêts pour mobiliser davantage d'intrants, et pour *réduire sa vulnérabilité aux risques, en particulier climatiques*, par l'amélioration des variétés végétales, plus résistantes, productives ou économes en eau et par la mise en place de mécanismes d'assurance. Ces programmes devraient aussi avoir une dimension de coopération régionale. Il faut enfin que ces programmes soient fortement soutenus financièrement par les grandes agences d'aide au développement. Des stratégies d'aide à la petite paysannerie ont déjà été affichées dans le passé dans de nombreuses institutions internationales, mais n'ont pas toujours eu l'ampleur escomptée, les investissements dans l'agriculture ayant globalement décliné.

Il apparaît impératif **d'aider en priorité cette petite paysannerie à intensifier ses pratiques**, pour d'une part améliorer son niveau de vie, d'autre part permettre de nourrir la population urbaine qui dépend d'elle, et enfin pour freiner l'exode rural qui, dans les pays où ne s'est pas encore mise en place une activité industrielle capable d'absorber ces flux de nouveaux urbains, conduit à une paupérisation extrême des populations. À cet égard, l'augmentation de la production doit de façon privilégiée, au moins dans la phase actuelle, se faire par **le maintien des moyens de production à forts besoins en main d'œuvre**, et non par la mise en place de la grande agriculture mécanisée et à faible main d'œuvre. On connaît les difficultés sociales que rencontre par exemple le Brésil, qui tente de faire cohabiter ces deux types de pratiques. L'introduction de la traction animale, ou des micro-tracteurs, comme cela s'est fait progressivement en Chine, peut servir d'exemple. La recherche agronomique peut enfin apporter des solutions innovantes, mais c'est principalement l'aide économique qui est le point initial dominant. La réduction des pertes à la production et à la récolte doit rester un objectif majeur de la recherche et de la formation des exploitants.

E12 – Créer un observatoire prospectif des situations et marchés alimentaires mondiaux. Si le danger principal est celui d'une « course de vitesse » entre la progression de la population et de ses besoins, d'une part, et des capacités de production et propensions aux pertes et gaspillages d'autre part, cela devrait se traduire par des risques de pénuries et de grande volatilité des prix. Pour éviter ces situations, il faut se doter de capacités d'anticipation. Un observatoire à caractère prospectif des situations alimentaires et des marchés répondrait partiellement à ces risques. Il aurait pour but de suivre les évolutions et en particulier les signaux faibles, d'interpréter ces évolutions en particulier celles des fondamentaux du système alimentaire mondial, de proposer des hypothèses et des scénarios, d'anticiper les dangers et de suggérer des voies de solution.

Cet observatoire indépendant pourrait servir d'appui au « Groupe d'experts de haut niveau » (*High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition*) récemment mis en place auprès du Comité de la sécurité alimentaire à la FAO, ou encore à la *High Level Task Force* des Nations unies chargée de coordonner les politiques agricoles et les acteurs au niveau régional et national. L'ICSI (International Council for Science, organisme scientifique totalement indépendant) serait bien placé pour une telle initiative qui devrait rassembler des chercheurs disposant d'une audience internationale. Il suivrait de manière détaillée les variables clés comme par exemple :

- l'évolution des politiques agricoles, alimentaires, nutritionnelles et environnementales ;
- l'évolution pour les pays fragiles des rapports entre la croissance de la population, la consommation, la production alimentaire et les importations ;
- l'évolution de la production et des stocks dans les zones à risque climatique et les situations de crises simultanées dans plusieurs zones géographiques ;
- l'évolution de la consommation de produits animaux dans les différents pays ;
- l'évolution des prix des marchés agricoles, afin de pouvoir établir des projections.

Il pourrait construire et tenir à jour des modèles de production agricole s'appuyant sur une cartographie détaillée (50 × 50 km) de tous les paramètres intéressants en agriculture. Un tel outil améliorerait l'efficacité des projections et aiderait à mesurer l'impact d'une crise locale ou régionale.

De façon complémentaire, le **travail de prospective** réalisé conjointement par l'Inra et le Cirad (projet **Agrimonde**) pour éclairer l'évolution possible de l'équilibre alimentaire de la planète, qui a donné lieu à un premier rapport en 2009, devra être poursuivi et amplifié.

À terme, une politique agricole et alimentaire mondiale forte devrait être mise en place.

4 | Production agricole et environnement

La réduction de la consommation de produits animaux et celle de la ration alimentaire dans les pays développés, si elle est mise en œuvre, vont diminuer

de façon significative les besoins agricoles, et donc la pression sur l'environnement. Malgré cela, la production alimentaire mondiale doit en première approximation doubler d'ici 2050, mais très significativement moins si les régimes alimentaires responsables que nous avons préconisés au paragraphe 1 sont mis en place, ou significativement plus s'ils ne le sont pas. Or les années récentes ont montré que l'augmentation continue des rendements agricoles, qui a permis sur les 50 années passées d'augmenter plus vite la production que ne croissait la population, est en train de se ralentir ; de plus, le renchérissement de l'énergie, le progressif épuisement des gisements d'engrais d'origine minière (phosphates, potasse...), et la dégradation de certains sols agricoles, en particulier en régions tropicales, incitent à dire que *la solution des problèmes de l'alimentation mondiale ne pourra pas résulter de l'évolution « normale » de la production.*

Par conséquent, **il faut mettre la question agricole au premier plan des préoccupations politiques et économiques des nations.** En particulier :

P13 – Il est impératif que soient **maintenues les capacités de production importantes de la profession agricole européenne**, mais réorientées vers des productions nutritionnellement favorables à la santé, et écologiquement acceptables vis-à-vis des milieux naturels et de la biodiversité, ainsi que vis-à-vis de l'empreinte carbone. **Cette politique devrait être à la base de la reformulation de la PAC.** L'Europe, qui a des capacités de production agricole importantes, se doit de les utiliser, tant pour assurer ses propres besoins que pour prendre la part qui lui revient dans l'alimentation des pays structurellement déficitaires, en particulier les pays voisins de la région méditerranéenne, avec lesquels elle est très liée, c'est une question de solidarité mondiale, d'éthique et de coopération économique. À cet égard, la protection des sols cultivables vis-à-vis de l'urbanisation ou de l'aménagement industriel ou de transport doit devenir une priorité en Europe, où l'on perd actuellement chaque année l'équivalent d'un département français de terres cultivables⁵ !

P14 – Plus généralement, dans les pays ayant déjà atteint des rendements agricoles élevés, l'action doit être maintenant de **faire évoluer les pratiques agricoles vers les productions « écologiquement intensives »**, telles qu'elles ont été abordées dans ce rapport et dans bon nombre d'autres publications. Les technologies pour ce faire sont pour partie connues, ou font pour partie l'objet de programmes de recherches ambitieux mis récemment en place, notamment par l'Inra en France. Il s'agit donc de les poursuivre et d'inciter à leur mise en œuvre. Il faut noter que, dans ces pays, la place importante qu'il faut accorder à la protection de l'environnement et de la biodiversité (y compris des espèces cultivées) doit se concevoir comme une intégration des systèmes de production au sein d'un ensemble plus vaste, comprenant les espaces naturels, et non comme une

⁵Ou encore, pour la France, d'un département tous les 10 ans !

opposition inéluctable entre deux systèmes séparés ; le capital écologique doit être réhabilité, les services écologiques rendus par l'environnement doivent en particulier être pris en compte et rémunérés.

La réussite d'un tel projet passe évidemment par une politique adaptée de *formation* des agriculteurs.

P15 – Pour rendre ces évolutions possibles, **des recherches et mises au point (i) de pratiques agricoles nouvelles** comme, par exemple, l'agriculture de précision pour la gestion des intrants et **(ii) de variétés nouvelles** (obtenues par sélection conventionnelle ou génomique, ou par transgénèse), plus productives, plus efficaces dans l'utilisation de l'eau et des engrais, plus tolérantes au stress biotique et abiotique, doivent être soutenues. Cet objectif serait en parfait accord avec les approches écologiques de l'agriculture définies, il y a déjà près de 30 ans, par l'Inra sous la plume d'André Cauderon⁶. L'effort de recherche à consentir est important, et la France peut et doit y contribuer au travers de ses instituts comme le Cirad, l'Inra et l'IRD, en relation étroite avec le secteur privé qui, depuis plusieurs décennies, est le principal acteur qui assure la mise à disposition des agriculteurs des innovations de la recherche. Mais les chercheurs devront travailler en étroite relation avec les agriculteurs et l'ensemble des parties prenantes.

P16 – Il faut favoriser l'organisation de la production des semences des variétés améliorées, obtenues grâce aux travaux de recherche, dans les pays où elles seront cultivées, quand cette industrie est inexistante, ce qui est le cas de nombreux pays en développement.

P17 – **La gestion de l'eau agricole devra être nettement améliorée** dans toutes ses dimensions : amélioration de l'efficacité et des superficies d'agriculture irriguée, lorsque cela reste possible, amélioration des techniques de collecte et d'utilisation d'eau de pluie dans les zones d'agriculture pluviale, recours à l'irrigation de complément, amélioration de la qualité du drainage, réduction des impacts sur la qualité de l'eau et sur la salinisation des sols, gestion écologique des territoires. **L'agriculture irriguée**, grâce à ses rendements très supérieurs à ceux de l'agriculture pluviale, limite les besoins d'augmentation des surfaces cultivées et est donc favorable au maintien de territoires naturels. Il faudra cependant inciter les États à choisir avec soin les aménagements hydrauliques et à minimiser leurs impacts environnementaux ; la France peut y contribuer en offrant son expertise en matière de gestion des bassins versants et de prévision des impacts écologiques de leurs aménagements. Lancer des grands programmes de coopération sur de tels sujets (bassin du Mékong, bassins des grands fleuves

⁶A. Cauderon (1981). Sur les approches écologiques de l'agriculture. *Agronomie*, 1 (8), 611-616.

africains, par exemple) bien avant que ne se décident de tels aménagements, est devenu urgent.

P18 – Un effort important de recherche est à faire sur les **systèmes agroforestiers** associant des arbres et des cultures vivrières, ou des arbres et des pâturages. Ces systèmes permettent de conserver la matière organique du sol après déboisement, de réduire les apports d'engrais et les traitements phytosanitaires, et contribuent au maintien de la biodiversité. Répandus en Indonésie et dans les jardins créoles des Antilles, ils ont été encore peu étudiés scientifiquement. La France a les équipes de recherche et l'expérience tropicale nécessaires (notamment en Guyane et aux Antilles) pour développer des programmes d'envergure, en partenariat avec les pays d'Afrique et d'Amérique du Sud intéressés.

P19 – **L'aquaculture en eau douce doit être encouragée**, notamment en Afrique, où elle est peu développée. La surexploitation des océans par la pêche doit être contrôlée, ainsi que les pertes par capture d'espèces accessoires, comme l'Académie des sciences n'a pas manqué de le souligner dans plusieurs de ses rapports spécifiques⁷. La possibilité de développer la culture des algues et leur utilisation (alimentaire, chimique ou énergétique), doit faire l'objet de programmes de recherche soutenus.

P20 – **L'élevage**, principalement celui des granivores doit être favorisé dans les PED où la disponibilité des produits d'origine animale est insuffisante. Pour les ruminants, on peut favoriser les animaux nourris à l'herbe, en particulier sur des espaces de pâturages impropres à d'autres cultures ; en revanche, la fabrication de viandes rouges par engraissement des animaux au moyen des grains est très sérieusement à limiter⁸. L'amélioration génétique animale doit être encouragée en recherchant une meilleure efficacité d'assimilation des nutriments.

P21 – Vu leur faible rendement énergétique, leur concurrence directe avec l'alimentation, **la fabrication de biocarburants de première génération** à partir de céréales ou d'oléagineux **doit être très fortement contrôlée sinon proscrite**. Les carburants de deuxième génération, à base de résidus de récoltes ou de cultures sur des terres impropres à la production alimentaire ou au pâturage, doivent faire l'objet de recherches accélérées, mais l'extension des surfaces cultivées aux dépens des cultures alimentaires, du pâturage ou des espaces naturels à protéger doit être également contrôlée. La recherche sur les biocarburants de troisième génération (production d'huiles à partir de micro-organismes, tels les microalgues), qui offrirait de meilleurs rendements sans concurrence avec les plantes alimentaires, doit être encouragée.

⁷Dont *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes* (L. Laubier, coordinateur), RST N 17, déc. 2003 – Éditions Tec&Doc.

⁸Une partie de la viande rouge provient cependant de la réforme des vaches laitières, qui ne sont en général pas nourries en pâturages extensifs.

P22 – Enfin, il serait utile de **demander à la FAO qu'elle s'intéresse à nouveau à la réduction des pertes** entre récolte et distribution des produits alimentaires (les Nations unies lui avaient fixé des objectifs dans ce domaine en 1975 et la FAO a produit un programme d'action en 1977, mais presque rien depuis). Il faut encourager une vision intégrée de la production agricole permettant de mettre en évidence ses maillons faibles.

P23 – Concernant les **locations ou achats internationaux de terres agricoles** aujourd'hui faiblement peuplées ou exploitées, elles peuvent à terme devenir une source majeure de conflits en cas de pénurie. Un code de bonne conduite ou un règlement international serait à élaborer en la matière pour préciser les conditions contractuelles de ces actions, et en garantir la transparence.

5 | Prévenir puis gérer les crises

Les risques de crises alimentaires récurrentes sont sérieux. Rappelons que les dernières grandes famines de l'Inde au XIX^e siècle et dans la première moitié du XX^e siècle (avant l'essor de la Révolution verte) ont toutes été associées à des problèmes de répartition et non à des pénuries absolues de denrées alimentaires. Il en ira de même au niveau planétaire, avec de plus ce risque nouveau que, du fait de la croissance de la population et des risques accrus d'événements climatiques extrêmes hors des fréquences de retour classiques, une pénurie absolue de denrées agricoles ne peut être totalement exclue.

Quatre types de recommandations peuvent être faites :

C24 – Réduire la sous-alimentation saisonnière : il s'agit du déficit alimentaire, lors de la soudure entre deux saisons successives. La solution de ce problème passe par l'augmentation de la capacité de production, dont nous avons déjà parlé plus haut à propos du soutien à la petite paysannerie, et dans certains cas par la mise en place de mécanismes d'assurance pour les années très déficitaires, en particulier pour les populations les plus fragiles.

C25 – Constituer des stocks : outre la nécessité de maintenir des stocks mondiaux à un niveau convenable (de l'ordre de six mois de consommation), les zones vulnérables devraient aussi être incitées ou aidées à constituer ces stocks au niveau régional ou même à l'échelle familiale pour mieux combattre ces risques de déficits accidentels. Il peut s'agir de stocks de produits alimentaires, mais aussi de réserves de terres à mettre rapidement en culture, ou de capitaux.

C26 – Réviser le programme de l'aide alimentaire mondial. La logistique et l'efficacité du programme d'aide alimentaire mondial ont permis de minimiser les épisodes de pénuries régionales des cinquante années passées, mais ce programme doit encore évoluer, pour mieux remplir ses objectifs, à savoir :

- la surveillance des déficits potentiels de denrées alimentaires et le déclenchement accéléré des procédures d'aide, en liaison avec les pays demandeurs ;
- une redéfinition de la nature de l'aide alimentaire apportée, qui souffre de deux défauts :
 - les rations alimentaires ne sont pas conçues pour apporter une alimentation équilibrée, et peuvent conduire à des carences alimentaires graves. Elles sont en réalité un exutoire aux surproductions alimentaires des pays du Nord,
 - l'apport d'aliments gratuits peut entrer en compétition avec la commercialisation des productions d'aliments locales ou régionales, et de ce fait réduire ultérieurement d'autant la capacité de production alimentaire autonome des régions concernées. Cette question demande un examen attentif, qui dépasse le cadre de ce rapport, mais il est possible que l'aide alimentaire doive être donnée dans certains cas sous forme monétaire (à condition que les fonds arrivent aux réels destinataires) plutôt que sous forme de rations. Des exemples performants ont été donnés en Amérique latine pour faire reculer les malnutritions carenciales, en dirigeant ces aides vers les femmes, avec des conditions.

	France	Europe	Monde	Recherche
Alimentation :				
A1- Réduire la consommation de viande et produits d'origine animale	X	X		
A2- Réglementer l'usage des sucres et graisses dans l'industrie agroalimentaire	X	X		
A3- Lutter contre les gaspillages de nourriture	X	X	X	
A4- Soutenir les actions directes de prévention de la sous-nutrition			X	
A5- Renforcer la recherche sur la nutrition humaine				X
Démographie :				
D6- Diminuer la taille des familles, là où nécessaire, par une meilleure éducation et un meilleur statut des femmes			X	
D7- Définir une politique pour prévenir, puis accompagner, les « migrations climatiques »			X	
Économie :				
E8- Maintenir la libéralisation du commerce mondial, sauf exceptions nécessaires		X	X	

Tableau

Récapitulatif des recommandations, avec le niveau d'action requis.

	France	Europe	Monde	Recherche
E9- Soutenir fortement et pendant le temps nécessaire certains marchés agricoles régionaux ou locaux			X	
E10- Limiter les effets de la spéculation sur les marchés agricoles		X	X	
E11- Mettre en œuvre des programmes ambitieux de développement agricole dans les pays les plus pauvres			X	
E12- Créer un Observatoire prospectif des situations et marchés alimentaires mondiaux			X	X
Production agricole :				
P13- Maintenir les capacités de production importantes de la profession agricole européenne	X	X		
P14- Faire évoluer les pratiques agricoles vers les productions « écologiquement intensives »	X	X	X	
P15- Développer les recherches de variétés (obtenues par sélection naturelle, génomique ou par transgénèse) et de gestion nouvelle des intrants				X

Tableau
Suite.

	France	Europe	Monde	Recherche
P16- Développer puis produire les semences dans les régions d'utilisation			X	X
P17- Améliorer la gestion de l'eau agricole			X	
P18- Développer les recherches sur les systèmes agroforestiers			X	X
P19- Encourager l'aquaculture en eau douce			X	
P20- Favoriser l'élevage (non intensif) dans les PED			X	
P21- Contrôler, voire proscrire, les agrocarburants de première génération	X	X	X	
P22- Relancer les efforts de réduction des pertes avant et après récolte			X	
P23- Réglementer les locations et achats internationaux de terres agricoles			X	
Gestion des crises alimentaires :				
C24- Combattre la sous-alimentation saisonnière			X	
C25- Constituer des stocks régionaux et familiaux			X	
C26- Réviser le programme de l'aide alimentaire mondiale			X	

Tableau
Fin.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

RECOMMENDATIONS

This report summarizes the main lessons learned from our discussions concerning world food supplies in 2050, in the context of demographic growth and climate change, as well as the first conclusions drawn from these discussions. In the following, we present a few recommendations. They were chosen for their importance and the urgency of their implementation. The problems of feeding the world are complex and have many facets including political, technical, social, economic and cultural ones. They can only be solved by long-term policies, implemented within a framework based on sustainable development affecting many activities in society, both in developed and developing countries, from individual behaviour to international trade agreements, agricultural practices and environmental conservation. Three areas are highlighted where action is needed without delay: firstly, nutrition and dietary habits, which for us, are the most important issues; secondly, demographics and finally, global trade. The report continues by treating agricultural production and environmental issues and ends with prevention, forecasting and management of crisis situations which are, unfortunately, inevitable.

The following recommendations concern policies to be implemented at the national, European or world level. In the following, we will not distinguish between them. The table at the end of this chapter specifies the different levels. The recommendations concern successively nutrition (A), demographics (D), economy (E), production (P) and crisis management (C).

1 | Nutrition and dietary habits

In the developed countries, public policies in matters of nutrition must be reoriented towards higher efficiency and harmonized with those pertaining to agriculture, health and environment. Two common objectives should be targeted. The first is to restrict high-calorie foods and optimize diets in order to combat obesity, thus improving overall health by lowering the incidence of obesity-related diseases. The second objective is to reduce consumption, food loss and waste in order to prevent rich countries from claiming too much of the world's food resources, which are about to become scarce or exceed the availability of so-called sustainable resources. Individual calorie intake (in developed countries) should be reduced from 4 000 kcal/day to about 3 000 kcal/day,

and the contribution of animal products should be only 500 kcal instead of the current 1000 kcal/day. This should be a long-term objective, but action is needed today in order to reach this goal. This general policy should be implemented by incentives and regulatory measures that will affect consumers and by a new orientation of agricultural policy. The proposed measures are detailed in Chapter 3 and include in particular:

A1 – A strong incentive to lower individual consumption of meat and animal-derived products¹, in particular red meat produced from cereal-fed animals² must be put in place. To reach the objective, education of the general public (including children) is needed as well as training and involvement of health professionals and social workers. Public authorities must also set an example, for instance regarding public-school cafeterias³;

A2 – Incentives as well as regulation in the food and agriculture industries and in institutional catering must be increased in order to significantly lower the proportion of sugar and saturated fat in prepared foods; actions are also required to restrict promotional food messages;

A3 – Incentives and regulations should be devised to fight food waste, in particular by wholesale markets, supermarkets, caterers as well as by individuals. In particular, the great diversity of food choices, due to pressure by producers and consumers alike, contributes to waste through expiry of “sell-by” dates.

Regarding emerging countries and low-income developing countries, where chronic undernutrition and dietary deficiency coexist alongside an increase in obesity, we recommend that France’s policies be to:

A4 – Support direct actions in favour of the prevention of undernutrition, keeping in mind dietary issues when defining sector-based programs (agriculture, education, social benefits). French policies must also favour income growth for poor populations to enable them to access a more varied diet, especially the vulnerable groups, which should have access to a higher proportion of animal products in order to decrease dietary deficiencies. **In these countries, consumption of saturated fats**, sugar and in some cases animal products by the fraction

¹In 2005, FAO estimated that globally half the calorie intake from animal products was from meat and half from eggs and dairy products.

²Livestock fed on grass in pastures that are improper to other agricultural uses are not in direct competition with global food production.

³The English “green day”, day in the week where collective catering (for example, in companies, schools, hospitals, nursing homes, holiday centers) serve organic meals, could be shifted to promoting a decreased consumption of meat.

of the population already consuming these foodstuffs in excess should be discouraged. The trend in these countries to adopt the unbalanced diets prevalent in developed countries should be stopped.

A5 – Research on human nutrition must be strengthened, covering dietary imbalances due to deficiencies or excesses, diets with favourable impacts on health and the environment in various settings (rural areas, urban areas, geographical and genetic differences); sustainable diets, obesity, epigenetics without forgetting the cultural and even religious aspects of diets.

2 | Demography

It is highly desirable and possible to reach a lower population level, of the order of 8.6 billions in 2050 instead of the 9.2 billions projected by the United Nations. This would already significantly reduce the pressure on food production. The current population growth rate in some countries (2% and above) makes any hope of local sustainable development impossible, not to mention of overcoming nutrition problems. This generates a desire to emigrate towards more developed countries who, in turn, try to protect themselves from immigrants by erecting barriers. Such a situation is not sustainable and generates conflicts and humanitarian tragedies. Hence, it will be necessary that:

D6 – Governments of countries where population growth rates are still high be encouraged to engage in population awareness programs to help couples reduce the number of children (in particular, to decrease the number of unwanted births). Increased population awareness of the need to reduce birth rates can only come about in a context where the **education, health and status of women are improved**⁴.

Governments of some countries will be confronted with a new type of migration, induced by climate change, which could start before 2050 and will become truly worrisome during the second half of this century. It is necessary to:

D7 – Study the possibilities of giving “climate refugees” an acceptable international status, encourage and support policies favouring local adaptation of countries to these changes, which will be progressive: habitat modification or nearby relocation (when possible), changes in agricultural production systems, physical protection (for instance, dams), management of the biggest rivers.

⁴On this topic, see the annex for comments of the Critical Reading Group, in particular those of Mrs. Tesson-Millet (Association Équilibres et Populations), Mrs. Almeras (Fondation Ensemble) and Mr. Charmes (IRD).

Where adaptation is not possible, it is necessary to prepare populations for migration (towards a specific destination).

3 | Economy and global trade

It will be possible to feed the planet in 2050 but only with massive food transfers between continents. It is inevitable that in the near future, due to population growth and climate change, whole regions and even continents such as Asia (more than half of humanity) and Africa will no longer be food self-sufficient, as is already the case for example in the Middle East and North Africa. Some countries will depend by more than 60% on imports to feed themselves. Such a constraint requires planning ahead and regulating of global agriculture markets to avoid crises, such as the precursory crisis in 2007-08 but only much worse. *In a few words, attempts must be made to limit the "volatility" of global agricultural commodity prices.* Economic studies have established, from past examples, that the negative effects of arbitrary market regulation through stocks, quotas and subsidies can be stronger than the expected benefits.

The goal of reducing price volatility can only be reached through a joint effort of nations to organize international trade in a multilateral approach supported by the WTO.

The following recommendations were the focus of many comments by the Critical Reading Group. They can be found in the annex. These comments were examined closely and most of them were taken into account. The reader is also invited to review additional remarks ("À propos des commentaires sur les aspects économiques du rapport") written by the authors of Chapter 6 and placed in the annex after the comments.

We recommend that particular attention be given to the following points:

E8 – Global trade liberalization should be maintained for all activity sectors, both agricultural and non-agricultural, providing that the following conditions are fulfilled. Trade liberalization allows food-deficit countries to obtain the monetary resources needed to pay for imports and food-surplus countries to sell food on the world market. A point seldom discussed until now, which deserves to be debated in this context or in a regional one, is that of preventing from unilateral measures restricting exports, which had a disastrous impact in 2007-8 on the equilibrium of the world food market. One should keep in mind that market liberalization implies that subsidies are decreased in rich countries because their impact works against the development of poor countries.

E9 – A number of regional or local agricultural markets should be strongly supported for the necessary length of time, in particular in developing countries where populations are or should be self-sufficient and produce a small surplus (see also **E11**). Support can be given in various forms, from subsidies to producers to temporary protection measures. Support is required to make sure that competition from international markets does not completely discourage the efforts by these countries to increase production, which is necessary in the long term for their food security, to slow rural exodus and to maintain the global equilibrium of international markets.

E10 – The effects of speculation on agricultural markets should be restricted, through better regulation of agricultural futures markets (especially concerning processed products) without hampering their functioning. They play an essential economic role for producers and consumers alike. This requires incentives from public authorities to strengthen self-regulation of commodity stock exchanges and to protect them against the intervention of purely financial speculators.

Although regulation of markets is unavoidable, it is even more important to develop local production capacities because the survival of billions of people depends *above all* on agriculture in their own neighborhood:

E11 – Ambitious programs for agricultural and rural development of the poorest countries, in particular sub-Saharan Africa, must be implemented, especially those benefiting small farms (see section 4 below) where women often play a major role. Marketing infrastructures must be developed to process and commercialize the local food production (roads, packaging and storage facilities, markets); these public works might be integrated into a regional framework. Local or regional markets for agricultural inputs (fertilizers, water, seeds...) must be better organized. It is also desirable that in poor countries, small farmers receive help to increase production, in particular through loans to obtain more inputs and to *lower their vulnerability to risks, especially to climate risks*, through improved plant varieties that are more resistant, higher-yielding and requiring less water *and through the creation of insurance mechanisms*. Such programs should also have a regional cooperative facet. Finally, these programs must be strongly supported financially through the major development agencies. Plans to support small farmers have already been implemented in the past by international institutions but have not always had the expected impact because investments in agriculture have declined globally.

It is critical **that small farmers be helped to intensify their farming practices**, to improve their standard of living and to feed the urban populations that depend on them. This would also slow rural exodus that leads to extreme poverty in countries where industrial activity is not yet sufficiently developed and not yet capable of absorbing the influx of new city dwellers. Increased production must

be achieved, at least at the current stage, **while maintaining labour-intensive production** and not by implementing labour-saving mechanized agriculture. The social problems encountered by Brazil, which has both types of practices side by side are well known. The introduction of animal traction or micro-tractors, as done progressively in China, can serve as an example. Finally, agricultural research can provide innovative solutions, but the main initial contribution must be financial support. Decreasing the losses at the production and harvest stages must be the major objectives for research and farmer education.

E12 – An observatory to monitor and forecast trends in the global food situation and markets must be created. The main danger would be that of a race between the growing needs of an increasing global population and higher production capacities with a propensity for losses and waste. Such competition poses a risk of scarcities and high prices volatility. To avoid such situations, it is important to be able to anticipate developments. A possible defence against these risks is to create a forecasting body for food commodities and their markets. The goal will be to monitor the trends and subtle signals, to interpret these trends especially those concerning the basic parameters of the global food system, to put forward hypotheses and scenarios, and to anticipate dangers and suggest solutions.

This independent monitoring body would support the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition recently created by FAO and the UN High Level Task Force in charge of coordinating agricultural policies, as well as other agencies at the regional and national levels. The International Council for Science (ICSU), an independent science organization, would be ideally placed to undertake such an initiative which would bring together internationally recognized scientists. It could closely monitor key variables such as:

- trends in agricultural, dietary and environmental policies;
- the evolution of the relationships between population growth, consumption, food production and imports in fragile countries;
- evolution of production and stocks in areas of climate risks and situations of simultaneous crises in several geographical areas;
- trends in animal product consumption in different countries;
- price trends in agricultural markets, in order to make projections;

The monitoring body would build and update models of agricultural production based on detailed maps (50 × 50 km) showing all the parameters that affect agriculture. Such a tool would improve the efficacy of projections and help measure the impact of any local or regional crisis.

Additionally, the **prospective work** undertaken jointly by INRA and CIRAD (“**Agrimonde**” project) to study the possible evolution of the world food balance should be pursued and expanded. The first report was published in 2009.

Finally, the goal should be to reach a strong global agricultural and food policy.

4 | Agricultural production and the environment

The decreased consumption of animal products and smaller food intake in developed countries, if they are implemented, will significantly lower agricultural needs and in turn the pressure on the environment. Nonetheless, world agricultural production must double by 2050, significantly less if the healthy diets recommended in section 1 become widely accepted and significantly more if they are not. The continuous increase in yields over the last 50 years that has outpaced population growth has recently slowed. The increased costs of energy, the progressive depletion of fertilizer deposits (for example, phosphates, potassium chloride) and the deterioration of certain farming soils, in particular in tropical regions, prompt us to state that *the world food problems cannot be solved by a “normal” evolution of the production.*

Consequently, **agricultural issues must be at the forefront of political and economic concerns of all nations.** In particular:

P13 – The considerable production capacities of European farming must be maintained and redirected towards the production of healthy foods that are nutritionally and ecologically sound and have a low impact on natural environments, biodiversity and carbon footprints. **This policy should be the basis for reformulating the Common Agricultural Policy.** Europe must use its high agricultural production capacities to satisfy its own needs and to contribute its share to providing food to countries that have structural production deficits, in particular countries in the Mediterranean region with which it has strong ties. It is a question of global solidarity, ethics and economic cooperation. In this respect, protecting farm land from urban, industrial and transportation development must become a priority in Europe, where each year the amount of lost arable land is equivalent to the surface area of a French department⁵ (administrative region)!

P14 – More generally, in countries that have already reached high agricultural yields, a change in agricultural practices towards “ecologically intensive”

⁵In other terms, compared to France’s surface area, one department every ten years!

productions must now be encouraged, as discussed in this report and in several other publications. The technologies are well known and are the objects of ambitious research programs recently initiated, in particular by INRA in France. They should be developed further and their implementation encouraged. In these high-yield countries, considerable space has been given to environmental protection. Biodiversity, including that of cultivated species, must be incorporated into integrated production systems where wilderness areas are included and not considered as part of a distinct and antagonistic system. Ecological assets must be rehabilitated and the ecological benefits provided by the environment must be specifically taken into account and priced.

This project cannot be successful without an appropriate policy for *educating* farmers.

P15 – For such changes to occur, we must **support research and development on (i) new agricultural practices**, such as precision agriculture based on careful management of inputs, and **(ii) new varieties** (obtained by classical plant breeding, genomic and transgenic methods) that are more productive and more efficient in their use of water and fertilizers, and more tolerant to biotic and abiotic stress. This objective is in perfect agreement with the ecological approaches to agriculture defined 30 years ago by André Cauderon, INRA⁶. The research effort is considerable and France can and must contribute through institutes such as CIRAD, INRA and IRD in close association with the private sector, for decades the main channel for bringing research innovations to farmers. Researchers must work in close association with farmers and all parties involved.

P16 – Production of seeds from improved varieties obtained through research must be organized in the countries where they will be cultivated and where the seed industry is non-existent, a common situation in many developing countries.

P17 – **Agricultural water management must be improved** at all levels: improved efficiency, expansion of areas of irrigated agriculture where possible, improved collection and use of rain water in areas of rainfed agriculture, emergency irrigation, improved drainage, reduced impact on water quality and soil salinization, ecological land management. **Irrigated agriculture**, due to its greatly superior yields compared to rainfed agriculture limits the need to increase cultivated areas and thus favours the conservation of natural environments. Nonetheless, states must be encouraged to choose their water infrastructures carefully and minimize their environmental impacts. France can contribute by offering its expertise in matters of watershed management and ecological impact projections. It has become urgent to launch cooperative programs on

⁶A. Cauderon (1981). Sur les approches écologiques de l'agriculture. *Agronomie*, 1 (8), 611-616.

these topics (for example, concerning the Mekong basin, the major African river basins) ahead of any management project.

P18 – Considerable research effort needs to be made on **agroforestry systems** that associate trees and food crops or trees and grazing. Such systems allow preservation of soil organic matter after deforestation, reduce fertilizer input and crop treatments. Although these systems are widespread in Indonesia and the creole gardens in the Antilles (French Caribbean Islands), but have not yet been studied scientifically. France has the research teams and the necessary tropical expertise (especially in Guyana and the Antilles) to develop wide-ranging programs in partnership with the African and South American countries that are interested.

P19 – **Freshwater aquaculture must be encouraged**, particularly in Africa where its development is weak. Overfishing in the oceans must be controlled as well as losses tied to by-catch, as the Académie des sciences has mentioned in several specific reports⁷. The possibility to develop farming of seaweed and its dietary, chemical and energetic uses must be the focus of sustained research programs.

P20 – **Livestock farming** must be encouraged in developing countries where the availability of animal products, in particular from grain-eating animals, is not sufficient. Regarding ruminants, grass-fed animals should be favoured, in particular in pasture areas that cannot support other cultures. The production of red meat by fattening animals on grain must be very severely curtailed⁸. Genetic improvement of animals should be encouraged in order to reach higher nutrient assimilation efficiency.

P21 – Because of low energy yields and direct competition with food crops, **first-generation biofuel production** from cereals or oilcrops **must be severely controlled and even banned**. Second-generation biofuels, derived from harvest residues and cultivation on land unsuitable for both food crop production and pasture must be the focus of accelerated research. The expansion of cultivated areas at the expense of food crops, pasture or protected natural areas must also be controlled. Research on third-generation biofuels (production of oil from microorganisms such as microalgae) resulting in better yields without competing with food crops must be encouraged.

P22 – Finally, **the FAO should be asked to focus once again on a reduction of losses** that occur between harvesting and retailing of food products (the United

⁷Among which *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes* (L. Laubier, coordinator), RST N 17, December 2003 – Éditions Tec&Doc

⁸Some red meat is produced from culled dairy cows, which in general are not fed on extensive pastures.

Nations had set objectives addressing this topic in 1975 and the FAO produced a Plan of Action in 1977, but close to nothing since). An integrated vision of agricultural production which emphasizes a strengthening of weak points must be encouraged.

P23 – International leasing or purchasing of agricultural land that is today sparsely populated or little exploited may, in the long term, lead to major sources of conflict in case of food shortages. A code of conduct or international regulations must be drawn up to detail the contractual terms and conditions of these actions and guarantee their transparency.

5 | Crisis prevention and management

The risks of recurrent food crises are serious. The last famines in India in the 19th century and first half of the 20th century (before the Green Revolution) were all associated with food distribution problems rather than real scarcity. The situation will be the same at the planetary scale, albeit with new and added risks. Because of population growth and increased risks of extreme climatic events occurring at a higher frequency, the possibility of an absolute scarcity of food cannot be totally excluded.

Four types of recommendations can be made:

C24 – Seasonal undernutrition must be reduced. This is the food deficit occurring between two successive seasons. The solution to this problem is to increase production capacity, as already mentioned regarding small farmers, and in some cases to develop insurance mechanisms against years of severe deficits, in particular for the most fragile populations.

C25 – Stocks must be built up. In addition to maintaining world stocks at appropriate levels (on the order of six months of consumption), vulnerable areas must be encouraged or helped to build up stocks at the regional and even family levels in order to better face risks of accidental deficits. These reserves can be stocks of food, land that can be quickly put into cultivation, or monetary funds.

C26 – The World Food Programme must be revised. The logistics and efficiency of the world food aid program have minimized the periods of regional food scarcity in the last fifty years, but the program must be developed to better accomplish its goals, in particular:

- monitoring of potential food commodity deficits and accelerated triggering of aid procedures jointly with requesting countries;

- redefining the nature of food aid, which has two flaws:
 - food rations are not designed to provide balanced nutrition and can lead to serious dietary deficiencies. They are in reality an outlet for overproduction in developed countries;
 - the flow of free foodstuffs can compete against the marketing of local or regional food production and as such further reduce the autonomous food production capacity of the regions concerned. This issue requires careful examination, which goes beyond this report. In some cases, it may be better to distribute food aid in monetary form (provided that funds reach the intended beneficiaries) rather than in the form of rations. Successful examples can be found in Latin America, where such programs were introduced to reduce deficiency-induced malnutrition, and the aid given to women provided certain conditions were met.

	France	Europe	World	Research
Nutrition:				
A1- Reduce consumption of meat and meat-derived products	X	X		
A2- Regulate the use of sugars and fats by the food industry	X	X		
A3- Combat food waste	X	X	X	
A4- Support direct actions to prevent undernutrition			X	
A5- Strengthen research on human nutrition				X
Demography:				
D6- Decrease family size where necessary, through better education and improved women status			X	
D7- Design policies of prevention and assistance related to climatic migrations			X	
Economy:				
E8- Maintain world trade liberalization, with necessary exceptions		X	X	

Tableau
Summary of recommendations, and level of action required.

	France	Europe	World	Research
E9- Strongly support certain regional or local agricultural markets for as long as necessary			X	
E10- Limit the effects of speculation on agricultural markets		X	X	
E11- Implement ambitious programs for agricultural development in the poorest countries			X	
E12- Create an observatory to monitor and forecast the status of food commodities and world agricultural markets			X	X
Agricultural production:				
P13- Maintain the considerable agricultural production capacities of European farmers	X	X		
P14- Encourage a shift towards intensive ecological farming practices	X	X	X	
P15- Develop research on plant varieties (obtained by natural selection, genomic and transgenic production) and management of inputs				X

Tableau
Continued.

	France	Europe	World	Research
P16- Develop and produce seeds in regions of use			X	X
P17- Improve agricultural water management			X	
P18- Develop research on agroforestry systems			X	X
P19- Encourage freshwater aquaculture			X	
P20- Favour (non-intensive) livestock farming in developing countries			X	
P21- Control, even ban, first generation biofuels	X	X	X	
P22- Re-launch efforts to decrease pre- and post-harvest losses			X	
P23- Regulate international leasing and purchase of agricultural land			X	
Management of food crises:				
C24- Fight seasonal under-nutrition			X	
C25- Constitute regional and family food stocks			X	
C26- Reexamine the World Food Programme			X	

Tableau
Continued.

PREMIÈRE PARTIE

Les contraintes

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

CHAPITRE 1

Les évolutions démographiques

HENRI LERIDON

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

1 | Les contraintes démographiques

La plupart des études sur les conséquences des changements climatiques éventuels, des besoins en ressources alimentaires ou en énergie à l'horizon 2050 ou 2100, s'appuient sur les projections de population produites par les organismes internationaux, le plus souvent celles de la Division de la population aux Nations unies. On retient ainsi très habituellement le chiffre de « 9 milliards d'habitants en 2050 ». C'est en effet l'ordre de grandeur de la projection centrale (medium scenario) de cet organisme, qui prévoit 9,1 milliards dans ses toute dernières projections (base 2008). Les estimations proposées par d'autres organismes ne s'éloignent pas beaucoup de ce chiffre, et il existe aussi un consensus pour penser qu'un maximum pourrait être atteint autour de 9-10 milliards peu après 2050.

Il est cependant légitime de ne pas prendre pour argent comptant ces estimations. Après tout, il est arrivé (aussi) aux démographes de se tromper dans le passé, et un écart de plus ou moins un milliard ne saurait être considéré comme négligeable. Nous allons donc brièvement rappeler la méthodologie des projections démographiques, les sources d'incertitude et le degré de précision des résultats proposés.

1.1 Méthodes et valeur des projections démographiques

Une projection de la population mondiale consiste à suivre, année après année, l'évolution de la population de chaque pays du monde, par sexe et âge, compte tenu des hypothèses faites pour ce pays en termes de fécondité, mortalité et migrations, puis à agréger au niveau régional et mondial les résultats obtenus. Les risques d'erreur sont de deux ordres : soit sur les effectifs ou les autres paramètres initiaux relatifs aux divers pays, soit sur la vraisemblance des hypothèses retenues.

Il existe en effet toujours *une incertitude sur la population initiale*. On l'estime à 2 % pour la population mondiale, et la précision n'est pas meilleure à l'échelle de chaque pays : on donne un taux d'incertitude à peu près égal pour la population française, par exemple, l'estimation de l'erreur étant basée sur une opération de contrôle du recensement. Il arrive que l'on doive réviser fortement, dans un sens ou dans l'autre, la population d'un pays après un recensement : la population chinoise avait été révisée à la hausse de plus de 100 millions en 1953. D'autres « surprises », de moindre ampleur, ont été observées dans divers pays : ainsi, la population « officielle » du Nigeria est-elle passée de 122 à

88 millions en 1991, soit une perte relative de 28 %... Dans l'ensemble, néanmoins, l'incertitude a diminué dans les décennies récentes grâce aux efforts déployés pour réaliser des recensements convenables un peu partout. Les *niveaux de la fécondité* sont assez bien connus, par les statistiques de l'état civil là où celui-ci existe, par des enquêtes démographiques ailleurs. Ceux de la *mortalité* sont moins bien connus, les enquêtes suppléant plus difficilement l'absence de données d'état civil. Il existe toutefois des méthodes de comptage des décès ou d'estimations indirectes qui ne reposent pas sur un enregistrement de type état civil.

Le second risque d'erreur réside dans le *choix des hypothèses d'évolution* pour la fécondité, la mortalité et les migrations. Pour la *mortalité*, on extrapole l'espérance de vie initiale en se guidant sur l'expérience des pays plus avancés dans leur évolution. L'hypothèse de « catastrophes », voire de simples reculs qui pourraient résulter d'une détérioration des systèmes de soins (comme on en a observé en Russie et dans d'autres pays de l'ex-Union soviétique) n'est pas envisagée ; seul le sida fait l'objet d'un traitement spécifique dans les projections onusiennes. Pour la *fécondité*, on procède un peu de la même façon, avec une difficulté particulière quand la baisse n'est pas du tout commencée (c'est le cas dans une douzaine de pays, presque tous en Afrique subsaharienne) : il faut alors décider d'une date de début de baisse, sans éléments déterminants pour guider ce choix. Mais ces situations ne concernent qu'environ 3 % de la population mondiale. Pour les *migrations*, enfin, les Nations unies retiennent des hypothèses prudentes, avec des flux annuels nets plutôt inférieurs à ceux observés dans la période récente ; nous y reviendrons mais, évidemment, ces hypothèses sont sans effet au niveau de la population mondiale.

Reste un point important : *le choix de l'horizon de la projection*. C'est habituellement 2050, en particulier dans les projections proposées par les Nations unies tous les deux ans. Mais l'exercice a été parfois poussé jusqu'en 2100, voire 2150 et même 2300 dans une étude récente dont l'utilité nous paraît bien maigre. En effet, il faut comprendre que dans une projection :

- à l'horizon 25 ans : l'évolution de la mortalité peut être assez bien prévue, et la part de la population à naître après la date de départ t_0 (part qui est plus difficile à estimer en raison des incertitudes sur la fécondité) est limitée ;
- à 50 ans : plus de la moitié des effectifs dépend des hypothèses de fécondité, qu'il faut déjà appliquer à deux générations successives (une femme née en $t_0 + 20$ peut avoir des enfants à partir de $t_0 + 40$) ;
- au-delà : on ne sait plus gérer convenablement les hypothèses. Un écart très limité sur la fécondité, par exemple, a des conséquences énormes au bout de 100 ans (au moins 3 générations de naissances successives

sont concernées!). Du coup, on décide généralement de « geler » les hypothèses à des niveaux assurant une croissance proche de zéro, et la projection perd tout intérêt.

En conclusion, on dispose aujourd'hui de bons outils pour faire des projections raisonnables à 30-50 ans, si les données initiales sont de bonne qualité et si des hypothèses réalistes peuvent être posées pour l'évolution des variables comportementales pendant cette période. La projection peut éventuellement être prolongée sur quelques dizaines d'années, à paramètres constants, pour mesurer les effets de l'inertie démographique encore présente après 50 ans.

1.2 Les projections actuelles et leurs variantes

Après un mauvais départ (en 1950 et 1954), largement excusable par la quantité et la qualité limitées des données disponibles, les projections successives de l'ONU ont été rapidement capables d'encadrer l'évolution réelle entre les hypothèses « haute » et « basse ». Pour l'hypothèse centrale, l'écart (excédent) à la valeur observée a été inférieur à 4 % depuis 1978, et la valeur observée se trouvait bien plus proche de la projection centrale que des autres.

Sur quoi reposent les variantes haute et basse proposées? Essentiellement sur des hypothèses alternatives pour la fécondité. En pratique, les données le plus largement diffusées combinent le scénario central de mortalité avec quatre scénarios de fécondité :

- une hypothèse centrale (*medium*), dans laquelle la fécondité de chaque pays est supposée tendre vers une valeur commune, valeur atteinte le plus souvent avant 2050 ;
- une hypothèse de fécondité plus forte (*high*) ;
- une hypothèse de fécondité moins élevée (*low*) ;
- l'hypothèse d'une fécondité restant, dans chaque pays, au niveau observé en début de projection (*constant*).

Dans les dernières projections, la fécondité limite de l'hypothèse centrale est 1,85 enfant ; l'hypothèse « haute » consiste à augmenter cette valeur limite en fin de période de 0,5 enfant par femme, et l'hypothèse « basse » à la diminuer d'autant. Ces écarts peuvent sembler faibles, mais ils génèrent de grosses différences dans l'effectif de la population mondiale en 2050 : celle-ci se situerait entre 8,0 et 10,5 milliards selon ces deux hypothèses (figure 1.1). Avec une fécondité inchangée de 2,6 enfants par femme (valeur actuelle de la moyenne mondiale),

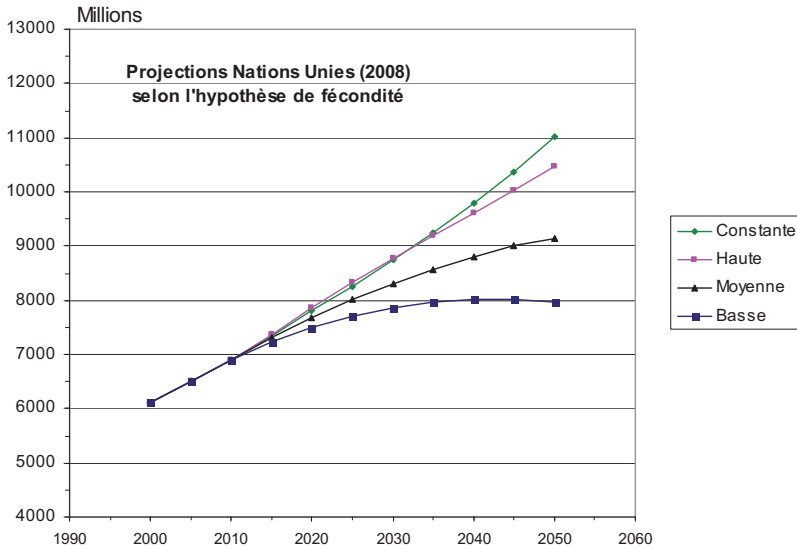


Figure 1.1

Projections démographiques 2000-2050 (Nations unies, 2008).

la population atteindrait 11,0 milliards en 2050. Mais en fait, comme nous l'avons dit, l'analyse des projections réalisées depuis les années 1960 montre que la valeur observée s'est toujours située assez près de l'hypothèse centrale.

On pourrait imaginer une réduction de la fécondité un peu moins rapide que prévu, mais la réalisation de l'hypothèse « haute » représenterait une erreur de prévision énorme sur la fécondité (2,5 enfants en 2050 au lieu de 2,0). De même, la réalisation intégrale de l'hypothèse basse supposerait que la fécondité s'établisse autour de 1,3 enfant par femme en Inde et en Chine comme en Europe ou dans les Amériques, et un peu en dessous de 2 en Afrique subsaharienne (5,4 actuellement). À quelles conditions peut-on envisager une baisse aussi rapide ? L'exemple chinois a montré qu'une politique de quasi-coercition pouvait avoir des résultats. C'est en effet dans les années 1970-1978, celles de la mise en œuvre de la politique « *wan, xi, shao* » (naissances plus tardives, plus espacées, moins nombreuses), que la baisse a été la plus spectaculaire, la fécondité passant de 5,7 à 2,7 enfants par femme en 9 ans ! La politique de « l'enfant unique », implémentée en 1979, n'a fait que poursuivre cette tendance à un rythme plus lent, le niveau actuel de la fécondité chinoise étant de l'ordre de 1,7 à 1,8 enfant. Ces résultats ont été obtenus au prix d'une mise sous surveillance étroite de la population (fixation de quotas de naissances à respecter au plan local, par exemple), et particulièrement des femmes (dont les grossesses, et même les menstruations, sont contrôlées dans les usines). En Chine, la pratique

contraceptive n'est pas un droit, mais un devoir, et une grossesse « illégale » doit être interrompue.

Des résultats significatifs peuvent cependant être obtenus sans actions aussi contraignantes de la part de l'État. En Iran, par exemple, la fécondité a aussi chuté de moitié en 9 ans, passant de 5,3 en 1989 à 2,6 en 1998 (2,0 aujourd'hui). Or un programme de diffusion de la contraception, non contraignant, avait été lancé fin 1989 par les autorités politiques, et les enquêtes ont confirmé la forte augmentation des pratiques contraceptives au cours des années 1990. Il faut cependant noter que la fécondité avait déjà sensiblement baissé antérieurement, puisqu'elle était voisine de 7 enfants au début des années 1980 : d'autres facteurs étaient donc en jeu, parmi lesquels le décollage économique du pays et les progrès de la scolarisation. Leur effet s'est certainement poursuivi dans les années 1990.

Une réduction rapide de la fécondité là où elle est encore forte n'est donc pas impossible. Si l'on exclut les politiques coercitives, elle suppose surtout des évolutions culturelles majeures : plus la fécondité approche le seuil de 2 enfants, et *a fortiori* pour passer en-dessous, plus la détermination des femmes doit être forte pour surmonter les derniers obstacles culturels (résistance des maris ou de la parenté, par exemple). Leur faciliter l'accès à des méthodes contraceptives efficaces est alors une condition nécessaire, mais non suffisante.

Notons, finalement, que, si l'hypothèse basse de fécondité n'était réalisée que dans les pays actuellement les plus avancés économiquement (Europe, Amérique du Nord), avec 1,3 enfant à l'horizon 2050, la population mondiale ne serait diminuée que de 133 millions en 2050, soit 1,5 %, par rapport à l'hypothèse centrale. Par comparaison, l'Afrique contribuerait à cette diminution pour 250 millions, et l'Asie pour près de 700 millions.

1.3 Où les 3 milliards d'habitants supplémentaires vivront-ils ?

La croissance **sera concentrée sur l'Asie**, où la fécondité a déjà beaucoup baissé mais où l'inertie accumulée dans les décennies récentes reste élevée (sa population augmentera en 50 ans de 1,53 milliard, soit + 41 %, représentant 50 % du total de la croissance mondiale), et **en Afrique** où la fécondité est encore forte (+ 1,18 milliard, soit + 144 %, représentant 39 % de la croissance mondiale) (figure 1.2). L'Amérique latine augmentera de 40 % (+ 208 millions) tout comme l'Amérique du Nord (+ 40 % soit + 129 millions). La population européenne, quant à elle, est supposée diminuer légèrement (- 36 millions).

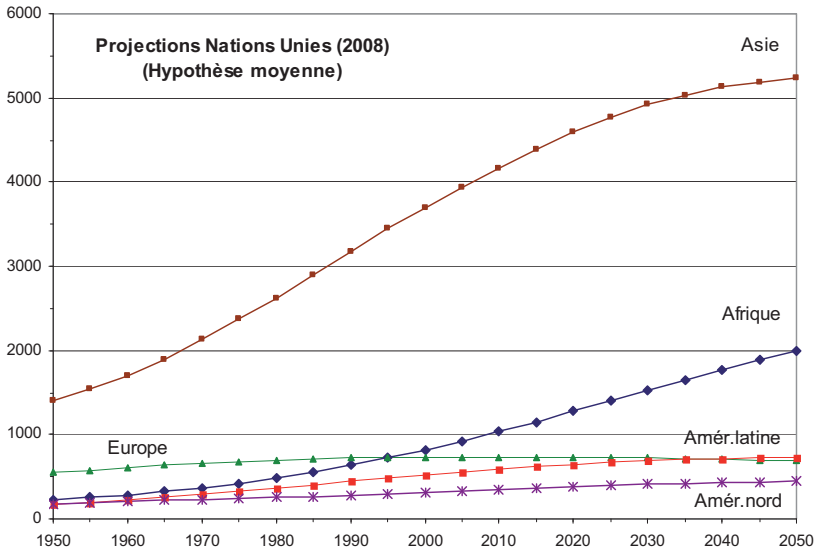


Figure 1.2

Populations des grandes régions du monde en 2000-2050 (Nations unies 2008, Hypothèse moyenne).

En Asie, la croissance concernera principalement le sous-continent indien (+ 890 millions, dont 600 en Inde). La fécondité a déjà beaucoup baissé en **Inde** : 2,7 enfants par femme aujourd'hui. Dans sept États (sur les 15 les plus peuplés), la fécondité est inférieure à 2,5 enfants par femme, avec un minimum au Kérala (1,8) (Véron, 2006). Dans cinq autres États, en revanche, elle dépasse encore 3 enfants (avec un maximum au Bihar : 4,3) : à l'évidence, les évolutions qui expliquent la basse fécondité des États du sud, comme le Kérala (alphabétisation, développement économique, bonne information sur les méthodes de régulation des naissances, baisse de la mortalité infantile...) tardent à produire tous leurs effets dans les États du nord. Mais, globalement, la forte croissance à venir de la population indienne doit beaucoup à un mécanisme d'inertie : même le Kérala, par exemple, affiche encore une croissance annuelle de 1 %. Les populations du **Bangladesh** (141 millions en 2000) et de **l'Indonésie** (205 millions) augmenteront chacune de 82 millions d'ici à 2050.

La **Chine** ajoutera 150 millions d'habitants au total mondial. La fécondité chinoise est déjà nettement inférieure à celle de l'Inde (environ 1,8 enfant actuellement), et comme la baisse de la fécondité a été plus rapide en Chine l'inertie démographique y est moindre. On a aussi assisté à une assez forte homogénéisation géographique des comportements, en dehors des grandes « municipalités » de la côte est (Shanghai, Beijing et Tianjin) où la fécondité ne dépasse pas 1,2 enfant par femme (Li Jianmin, 2002). C'est là, en effet, que la politique

de l'enfant unique a été réellement appliquée à grande échelle. Ailleurs, des exceptions sont tolérées (notamment pour les ethnies minoritaires dans les provinces de l'ouest et du nord) ; l'objectif des autorités chinoises n'est d'ailleurs pas d'aboutir à un taux de fécondité proche de 1 enfant au plan national, notamment en raison de l'aggravation du processus de vieillissement qui en résulterait.

En **Afrique**, la croissance concernera surtout l'Afrique subsaharienne, à l'ouest comme à l'est (+ 388 et + 458 millions respectivement), mais la population d'Afrique du Nord et celle d'Afrique centrale augmenteront aussi sensiblement. C'est en Afrique que l'on trouve une douzaine de pays n'ayant pas encore connu de baisse de leur fécondité.

L'Europe perdra 36 millions d'habitants (sur 726), essentiellement dans la Fédération de Russie qui devrait voir sa population diminuer de 21 %.

On assistera donc à une « redistribution » internationale des populations, mais une autre évolution majeure sera la **concentration urbaine**. En effet, sur la période 2007-2050, la population des villes augmentera davantage que la population mondiale (+ 3,1 milliards contre + 2,5), et sa part dans la population totale passera de 49 à 70 %¹ (tableau 1.1). Comme pour la population totale, la croissance de la population urbaine se situera essentiellement **dans les pays en développement** (+ 3,0 milliards). À l'horizon 2015, si Tokyo restera de loin la mégalopole la plus peuplée (36 millions), trois autres métropoles dépasseront légèrement 20 millions (Bombay, Mexico et San Paolo) et deux autres en seront proches (New York et Dehli). Toutefois, la croissance des agglomérations de plus de 10 millions d'habitants ne représentera qu'une faible part de la croissance urbaine : le plus gros (près de la moitié) se fera dans des villes de moins de 500 000 habitants, et une bonne partie (30 %) dans les villes de 1 à 5 millions d'habitants.

Cette forte croissance urbaine posera d'importants défis en termes de gouvernance : problèmes de logements, de sécurité alimentaire, d'accès à l'eau potable... La situation sera particulièrement critique dans les métropoles d'Afrique subsaharienne, dont beaucoup sont des villes nouvelles, sans activité économique particulière, et incapables dès lors de fournir à leurs population un accès aux services de base et des ressources en quantités suffisantes. Il faut aussi être conscient du fait que la population des grandes métropoles est supérieure à celle de nombreux États.

¹ Bien que l'estimation de la population urbaine soit difficile à vérifier, la notion de « ville » n'étant pas un concept statistique ayant une définition universelle.

Région	Population (milliards)					Taux d'accroissement annuel (%)			
	1950	1957	2007	2025	2050	1950-1975	1975-2007	2007-2025	2025-2050
Monde	2,54	4,08	6,67	8,01	9,19	1,90	1,54	1,02	0,55
Régions plus développées	0,81	1,05	1,22	1,26	1,25	1,01	0,48	0,16	-0,04
Régions moins développées	1,72	3,03	5,45	6,75	7,95	2,26	1,84	1,19	0,65
Population urbaine									
Monde	0,74	1,52	3,29	4,58	6,40	2,89	2,42	1,84	1,33
Régions plus développées	0,43	0,70	0,91	0,99	1,07	1,98	0,81	0,49	0,30
Régions moins développées	0,31	0,82	2,38	3,59	5,33	3,88	3,35	2,27	1,58
Population rurale									
Monde	1,80	2,56	3,38	3,43	2,79	1,41	0,87	0,08	-0,82
Régions plus développées	0,39	0,35	0,31	0,26	0,17	-0,44	-0,32	-0,94	-1,67
Régions moins développées	1,41	2,21	3,06	3,16	2,62	1,80	1,02	0,17	-0,70
Population urbaine (% du total)									
Monde	29,1	37,3	49,4	57,2	69,6				
Régions plus développées	52,5	67,0	74,4	79,0	86,0				
Régions moins développées	18,0	27,0	43,8	53,2	67,0				

Tableau 1.1

Urbanisation : projections 2007 des Nations unies.

1.4 Le problème des migrations

Selon les chiffres de l'Organisation internationale pour les migrations (OIM), on dénombre aujourd'hui plus de 200 millions de migrants internationaux dans le monde, définis comme des personnes résidant dans un pays différent de celui où elles sont nées. Ces 200 millions de migrants représentent un peu moins de 3 % de la population mondiale, mais ce chiffre est très vraisemblablement sous-estimé. L'OIM estime par exemple que les migrants irréguliers pourraient constituer 10 à 15 % du total des migrants, soit entre 20 et 30 millions. Par ailleurs, il faut souligner que les statistiques sur les migrations sont souvent peu fiables et restent peu harmonisées entre les différents pays, y compris en Europe.

Les projections de migrations *internationales* sont difficiles, d'autant qu'il faut alors assurer une cohérence globale : les émigrés d'un pays doivent se retrouver dans les immigrés des autres pays. Par ailleurs, on ne dispose en général de statistiques ou d'estimations que sur la *différence entre les nombres d'immigrés et d'émigrés*, non sur chacune des composantes : la plupart des pays n'enregistrent pas les sorties « définitives » de leur territoire. On mesure donc un « solde net », le plus souvent estimé à l'occasion des recensements.

Les hypothèses retenues dans les projections récentes des Nations unies sont très prudentes, probablement trop prudentes car le rythme des migrations semble plutôt s'accélérer. En effet, les taux de migrations nettes sont, pour la plupart des pays ou régions, plutôt inférieurs en 2040-50 à ceux de 2000 : en fait, ce sont les effectifs absolus de migrants (nets) qui sont maintenus constants tout au long de la projection, pour chacune des grandes régions du monde, et non les taux. L'Asie devrait perdre le plus grand nombre d'habitants (13 millions), suivie de l'Amérique latine (7) et de l'Afrique (5). Le nombre total de migrants **net** serait de l'ordre de 2 millions par an, soit **100 millions sur les 50 ans de projection**. Mais ce nombre représente la différence entre les entrées et les sorties dans chaque région : *le nombre réel de migrants devrait être deux à trois fois plus élevé*.

À titre de comparaison, rappelons que sur un peu moins d'un siècle, de 1850 à 1930, environ 50 millions d'Européens ont migré outre-mer, dont la moitié aux États-Unis. 40 % de ces émigrants ont quitté la Grande-Bretagne ou l'Italie, et 14 % l'Irlande : pour ce dernier pays, le nombre total de migrants (7,3 millions) est proche de l'effectif de la population à la veille de la grande crise alimentaire de 1846-1850, dont l'Irlande ne se remettra jamais, plus de la moitié du flux migratoire ayant eu lieu après 1850 (Anderson *et al.*, 1998). Les mouvements entre l'Europe et l'outre-mer ont donc été importants au cours de cette période, mais ils se sont faits principalement vers de grands espaces encore très peu peuplés (et dont on a d'ailleurs évincé les populations existantes).

C'est dans le domaine des migrations que les **effets démographiques des changements climatiques annoncés** pourraient se faire le plus sentir. Deux causes principales sont envisagées : la désertification de certaines régions, en raison d'une baisse des précipitations, et la montée des eaux, couplée à une plus grande fréquence et une intensité accrue des cyclones ou tornades en bord de mer² et aux débordements de rivières. Le réchauffement pourrait aussi rendre cultivables des zones actuellement stériles, et provoquer un « appel » de populations vers ces nouveaux territoires.

Rappelons d'abord qu'une migration de masse ne s'effectue pas toujours hors des frontières nationales, et quand c'est le cas le déplacement s'opère le plus souvent vers un pays voisin. S'il n'est pas organisé, ce type de mouvement peut engendrer de graves difficultés, d'abord alimentaires, mais aussi des conflits sérieux avec le pays « d'accueil » qui n'est pas toujours volontaire pour jouer ce rôle ; on peut par exemple penser aux problèmes de voisinage entre le Bangladesh, particulièrement menacé par la montée des eaux, et l'Inde. Reste l'éventualité de mouvements à plus longue distance, comme de l'Afrique vers l'Europe, de certains pays d'Asie vers d'autres (de la Chine, voire du sous-continent indien, vers des terres du nord de la Sibérie, par exemple). La pression exercée actuellement aux frontières de l'Europe pourrait être le signe avant-coureur de tels mouvements, tout en montrant la difficulté : les moyens de transport utilisés par ces clandestins n'ont que des capacités limitées, outre les risques considérables qu'ils font courir aux passagers. **Il faudrait donc imaginer plutôt une migration voulue, organisée par les États concernés, dans un contexte d'intérêt réciproque** (besoin de main d'œuvre dans les pays du Nord, par exemple, en raison du recul démographique).

La question plus spécifique de *la montée des eaux* est difficile³. Il est un fait que le peuplement tend à se concentrer le long des côtes, pour de multiples raisons : meilleures terres agricoles (deltas des fleuves...), géographie moins tourmentée, facilités des communications (par mer et sur les fleuves), etc. Des estimations de la population potentiellement exposée à la montée des eaux ont été proposées. On lit par exemple dans le dernier rapport du Giec (p. 414 du volume *Contributions of Working Group II*) qu'un quart de la population du monde vit à moins de 100 km du bord de la mer **et** à moins de 100 m d'altitude. Or la montée du niveau moyen des mers n'excède pas, dans les scénarios du Giec, 1 m : la référence aux « 100 m » semble donc peu utile, même en tenant compte des phénomènes d'entrée violente des eaux dans les territoires (vagues de plusieurs mètres).

²On pourrait ajouter les déplacements de populations induits par certains projets de développement, comme les grands barrages, ces projets étant impulsés par des déficits en eau dans d'autres régions.

³La montée du niveau des eaux entraîne une réduction des superficies cultivées et de l'habitat, mais affecte aussi l'ensemble des activités humaines liées à ces surfaces et habitats perdus.

D'autres estimations ont été proposées. Elles divergent souvent sur l'ampleur de la montée des eaux. Le 4^e rapport du Giec table sur une hausse de l'ordre de 60-70 cm en 2100, mais on considère généralement aujourd'hui que la vitesse de fonte des glaces du Groenland et antarctiques y était sous-estimée. Pfeffer *et al.* (2008) proposent une estimation minimale de 80 cm, avec une fourchette allant jusqu'à 2 m. Selon Dasgupta *et al.* (2007), 56 millions de personnes seraient impactées par une hausse de 1 m (dont 15 au Bangladesh), 89 millions avec une hausse de 2 m, et 245 millions avec 5 m. L'estimation de McGranahan *et al.* (2007) pour une montée de 10 m est en continuité avec ces valeurs : 634 millions de personnes concernées.

Il semble donc raisonnable de supposer que **50 à 100 millions** de personnes, dans une hypothèse déjà pessimiste, pourraient être poussées à migrer en raison du réchauffement climatique, **à l'horizon 2100**. Cette dernière précision est essentielle : la montée des eaux sera progressive, et l'adaptation devra se faire sur plusieurs générations. Le chiffre de ces migrants forcés resterait nettement inférieur à celui des migrants « spontanés » (ils seront sûrement plus de 200 millions, d'après les projections faites sur 2000-2050) – sauf à envisager une montée des eaux océaniques beaucoup plus importante.

Il faudrait ajouter des migrations induites par la *destruction des sols* (désertification, érosion, etc.). Myers (2002) estime à 50 millions le nombre de personnes menacées par ces dégradations. Les *événements climatiques extrêmes* (inondations, cyclones, etc.) entraînent aussi des déplacements de population, partiellement réversibles : le tsunami de 2004 a déplacé 2 millions de personnes en Asie, l'ouragan Katrina 1,5 million de personnes en 2005 aux États-Unis. Lors des inondations catastrophiques de 1998 au Bangladesh, une grande partie du pays s'est trouvée (temporairement) sous l'eau et 30 millions de personnes ont perdu leur habitation. On peut envisager une augmentation de la fréquence de tels événements, qui frapperaient d'ailleurs en partie les zones inondables évoquées plus haut.

Redisons enfin que, contrairement à une idée reçue, les populations les plus vulnérables et les plus pauvres sont les moins susceptibles de migrer spontanément, en particulier de se déplacer en dehors des frontières nationales.

Migrants et réfugiés

François Gemenne, Institut d'études politiques de Paris

En premier lieu, les migrations *volontaires* doivent être distinguées des migrations *forcées*. Cette distinction, bien qu'elle paraisse simple, est en réalité malaisée : dans les flux migratoires se mêlent de plus en plus des personnes forcées à la fuite, et d'autres qui choisissent volontairement de partir.

De surcroît, pour chaque migrant, les facteurs migratoires sont généralement divers et multiples, mêlant à la fois des éléments de coercition et des éléments de choix personnel. Cette distinction emporte pourtant des conséquences importantes, car les régimes internationaux de protection des migrants ne s'appliquent généralement qu'aux migrants forcés, et non aux migrants volontaires. Ces derniers restent aujourd'hui très peu protégés par le droit international. Il existe aujourd'hui environ *16 millions de réfugiés* dans le monde, dont 4 millions de réfugiés palestiniens. À ce chiffre, il faut ajouter *25 millions de personnes déplacées* à l'intérieur de leur pays (IDPs), qui connaissent souvent des situations très semblables à celles des réfugiés, sans bénéficier de ce statut. La Convention de Genève de 1951 est supposée protéger au moyen du statut de réfugié ceux qui fuient leur pays à cause de persécutions liées à leur religion, leur nationalité, leur ethnicité, leurs opinions politiques ou leur appartenance à un groupe social particulier (un syndicat...), tandis que ceux qui fuient à l'intérieur de leur pays sont censés être protégés par les principes directeurs des Nations unies sur les déplacements internes, adoptés en 1998. Les réfugiés dits « climatiques » n'entrent donc pas dans la définition actuelle des réfugiés.

Une autre distinction concerne la *légalité* du processus migratoire. À côté des migrations qui s'effectuent dans le cadre prévu par la loi, un certain nombre de migrants entrent ou séjournent illégalement dans le pays d'accueil. Ils se placent dans l'illégalité en franchissant illégalement les frontières du pays, en y restant après l'expiration de leur visa, ou en effectuant un mariage blanc. L'Office international des migrations estime que les migrants irréguliers constituent entre 10 et 15 % du total des migrants, soit entre 20 et 30 millions. Il est évidemment hasardeux par nature d'évoquer des estimations du nombre de migrants irréguliers, mais il semble que leur nombre soit en augmentation, suite au durcissement important des politiques migratoires dans la plupart des pays occidentaux.

Enfin, une dernière distinction naturelle, mais majeure, s'impose entre migrants *internationaux* et migrants *internes*. Le nombre de migrants internes n'est pas connu, mais on peut raisonnablement supposer qu'il dépasse celui des migrants internationaux. Ces migrations internes restent pourtant relativement peu connues, tant dans leurs dynamiques que dans leurs effets et leurs déterminants. Si beaucoup s'effectuent sur de relativement faibles distances, certaines sont bien plus distantes et ont un profond impact social – c'est par exemple le cas des exodes ruraux, qui s'intensifient en Afrique.

2 | Risques et conséquences d'évolutions démographiques non prévues⁴

Les projections habituelles, nous l'avons vu, n'intègrent pas d'hypothèses de discontinuités fortes. On pourrait imaginer divers scénarios : une épidémie particulièrement meurtrière et se répandant dans de nombreux pays ; un événement naturel exceptionnel et dévastateur ; une crise alimentaire massive, en liaison peut-être avec le réchauffement climatique...

Il meurt chaque année environ 55 millions de personnes, et l'excédent des naissances sur les décès est de l'ordre de 80 millions. **Une catastrophe** tuant ce nombre de personnes annulerait donc la croissance d'une année : à l'horizon 2050, cependant, elle n'affecterait qu'à peine la première décimale du nombre d'habitants en milliards. L'exemple le plus récent de grande *épidémie* mal contrôlée est celui de l'épidémie de sida : elle a tué environ 2 millions de personnes en 2007, et 25 millions en total cumulé depuis le début de l'épidémie. Une « *grande famine* » peut faire 1 million de morts ; il faut remonter aux sombres épisodes de la Chine du Grand Bond en avant, de l'Union soviétique des années 1920 ou des grandes famines de l'Inde au milieu du XX^e siècle pour devoir compter le supplément de décès en dizaines de millions. Dans le cas de l'URSS, par exemple, une estimation assez précise du bilan des années 1918-1922 a été proposée récemment (Adamets, 2009) : environ 7 millions de décès liés aux épidémies, plus 2,4 parmi les militaires, et 7,8 en raison des famines et autres conséquences des troubles, le tout sur cinq ans et rapporté à une population totale d'environ 150 millions d'habitants (soit 11 % de décès). Deux catastrophes récentes ayant fortement marqué les esprits, le tsunami de décembre 2004 en Asie et le tremblement de terre de Port-au-Prince en janvier 2010, ont fait chacune environ 200 000 morts.

Deux événements ont été particulièrement dévastateurs au XX^e siècle. *La Seconde Guerre mondiale* a fait entre 50 et 80 millions de victimes, civiles et militaires, sur 5 ans (la Première Guerre mondiale avait causé la mort de 10 à 13 millions de personnes). Quant à la terrible *grippe espagnole* de 1918-19, les estimations du nombre de décès vont de 40 à 100 millions (Séguy, 2009). On atteint là l'ordre de grandeur d'une année de croissance démographique actuelle, mais à l'époque cela représentait de 3 à 5 années de croissance. Indiquons aussi que sur l'ensemble du XX^e siècle, les *tremblements de terre* ont fait entre 1 et 1,5 million de morts.

⁴Nous n'évoquons pas ici certaines conséquences parfaitement prévisibles, comme le vieillissement des populations, ses relations avec la demande alimentaire et avec le changement climatique étant très limitées.

Les périodes plus anciennes donnent des exemples de catastrophes importantes. Outre la disparition des populations précolombiennes d'Amérique, probablement due à l'importation de maladies européennes, on cite volontiers le cas de la peste en Europe au XIV^e siècle, parce qu'il est assez bien documenté : une succession d'épidémies aurait pu décimer *un tiers* de la population (Séguy, 2009). La maladie aurait en fait trouvé un terrain particulièrement propice, les populations concernées étant alors déjà en proie à des famines sévères et à d'autres causes de mortalité ; le même siècle a d'ailleurs été aussi marqué par une succession de conflits (la Guerre de cent ans). La peste ayant aussi frappé en Asie et en Afrique du Nord, son impact est visible sur la courbe de croissance de la population mondiale.

Il faut donc une catastrophe naturelle ou induite par l'homme particulièrement sévère pour qu'elle affecte significativement la croissance démographique mondiale.

Les auteurs de certaines projections démographiques ont tenté de prendre en compte un **niveau d'incertitude sur l'évolution des paramètres**. Il s'agit surtout de tenter de définir un intervalle d'évolution possible, pour la mortalité et la fécondité, cet intervalle pouvant éventuellement inclure des épisodes catastrophiques. Mais comme ces derniers sont supposés rares, ils n'influencent que faiblement l'intervalle de confiance. On voit donc la difficulté : ou bien l'on tient pour certaine l'occurrence d'un tel épisode au cours des 50 prochaines années, et son impact précis ne dépendra que de sa date ; ou bien l'événement n'est affecté que d'une faible probabilité, et il est « noyé » dans la projection. Il faut imaginer, en tout cas, une intensité extrêmement forte, donc probablement un impact simultané sur de larges régions du monde, pour que l'effet sur la population mondiale soit sensible.

On peut aussi évoquer une hypothèse rarement citée dans les scénarios des Nations unies : le **maintien de l'espérance de vie à son niveau actuel pendant 50 ans**, la fécondité évoluant selon l'hypothèse moyenne. La réduction de population attendue en 2050 serait forte, de l'ordre du milliard, mais avec une perte d'espérance de vie de 12 ans en fin de projection (64 ans au lieu des 76 attendus dans l'hypothèse centrale). Annuler un tel gain serait équivalent à l'annulation de tous les progrès réalisés dans la lutte contre la mortalité entre 1960 et 2000. Ce serait aussi équivalent à ce qui est projeté pour un des pays les plus atteints par l'épidémie de VIH-sida : le Zimbabwe. Dans ce pays de 12 millions d'habitants, l'espérance de vie était estimée à 61,4 ans en 1985-90. Après une chute spectaculaire sous l'effet du sida, elle devrait retrouver cette valeur vers 2025-30, soit après une quarantaine d'années.

Faudrait-il aussi considérer comme un autre type de « catastrophe » **une baisse moins rapide de la fécondité**, comme par exemple dans l'hypothèse

haute des Nations unies (2,35 enfants en 2050), qui conduirait à 11 milliards d'hommes en 2050 ? Cette situation serait, de fait, difficile à gérer sur de multiples plans, à commencer par l'alimentation : comme le montrera ce rapport, nourrir 9 milliards d'hommes représentera déjà un défi difficile. Il faudra donc surveiller les tendances de la fécondité dans le monde, et réagir si l'on s'écarte sensiblement de la tendance centrale. Une telle divergence semblerait cependant encore moins probable dans un contexte de crise climatique, économique ou alimentaire.

Reste le scénario d'une **catastrophe prolongée**, telle que décrit par le Club de Rome en 1972 par exemple. Sous l'effet d'une crise alimentaire généralisée, la population mondiale se trouverait réduite de plusieurs milliards d'habitants en quelques dizaines d'années. Certains experts estiment ce scénario de plus en plus probable en raison du réchauffement climatique. L'un des buts du présent rapport est précisément de montrer comment il peut être évité, en se préparant à temps à faire face à la croissance démographique attendue tout en prenant en compte, autant que possible, les évolutions climatiques probables.

Références bibliographiques

- Adamets S. (2009). Famines et épidémies dans les territoires de l'URSS entre 1918 et 1923. In : *Vers une anthropologie des catastrophes* (dir. par L. Buchet, C. Rigeade, I. Séguy et M. Signoli). Ed. APDCA et INED, Paris, pp. 237-249.
- Anderson M., O'Grada C., Wrigley E.A., Woods R.I. (1998). Les îles Britanniques. In : *Histoire des populations de l'Europe, tome II* (éd. Par J.P. Bardet et J. Dupâquier). Fayard, Paris, pp. 327-347.
- Dasgupta S., Laplante B., Meisner C., Wheeler D., Yan J. (2007). *The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis*. In : World Bank Policy Research Working Paper n° 4136. The World Bank, Washington D.C.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007. Synthesis Report*. IPCC, Geneva.
- IPCC (2008). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report). Cambridge Univ. Press.
- Li Jianmin (2002). La population de la Chine à l'horizon 2050. In : *La Chine au seuil du XXI^e siècle* (dir. par I. Attané). INED, Paris, pp. 255-277.

- McGranahan G., Balk D., Anderson B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization*, **19** (17) : 17-37.
- Myers N. (2002). Environment and refugees: a growing phenomenon of the 21st century. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 357 : 609-613.
- Pfeffer W.T., Harper J.T., O'Neel S. (2008). Kinematic constraints on glacier contributions to 21st century sea-level rise. *Science*, **321** : 1340-43.
- Séguy I. (2009). La catastrophe naturelle : le regard de l'historien-démographe. In : *Vers une anthropologie des catastrophes* (dir. par L. Buchet, C. Rigeade, I. Séguy et M. Signoli). Ed. APDCA et INED, Paris, pp. 77-97.
- United Nations (2008). *World Populations Prospects: the 2008 Revision*. United Nations, New York.
- United Nations (2008). *World Urbanization Prospects: the 2007 Revision*. United Nations, New York.
- Véron J. (2006). Stabiliser la population de l'Inde : plus facile à dire qu'à faire. *Populations et sociétés*, **423**, mai.

CHAPITRE 2

Les impacts potentiels des changements climatiques et des événements extrêmes sur la production agricole et effets réciproques

HERVÉ LE TREUT, GHISLAIN DE MARSILY, JEAN-LUC REDELSPERGER,
BERNARD SEGUIN AVEC DES CONTRIBUTIONS DE KATIA LAVAL,
NATHALIE DE NOBLET ET MICHEL PETIT

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

Introduction

Les effets des changements climatiques sont très largement débattus dans la communauté scientifique (par exemple Académie des sciences, 2006, ou le Giec en 2007, ou Le Treut *et al.*, 2008, Le Treut, 2009). Il subsiste cependant sur ce sujet de larges incertitudes :

- sur les scénarios d'émission de gaz à effet de serre dans l'avenir ;
- sur les modèles de calculs des évolutions climatiques : résolution spatiale très grossière qui ne permet pas de simuler numériquement les phénomènes de petite échelle (contenu en vapeur d'eau et couverture nuageuse, en particulier) et représentation incertaine de certains phénomènes physiques dont la dynamique est encore mal connue (aérosols, variations future de l'activité solaire, rôle de la végétation et du vivant...), etc. Il faudra attendre vraisemblablement environ 15 ans de travaux soutenus en modélisation du climat et validation des modèles sur d'une part des états antérieurs reconstitués par paléoclimatologie, et d'autre part sur les données actuelles (qui deviennent progressivement suffisamment détaillées pour donner accès à tous les processus complexes évoqués plus hauts) pour réduire sensiblement les incertitudes actuelles ;
- sur les réactions des systèmes physiques et biologiques aux changements climatiques.

On sait cependant que, depuis le début de la révolution industrielle, les humains ont considérablement modifié la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère (CO_2 , CH_4 , N_2O), augmentant son opacité pour les émissions infrarouges de la Terre, ce qui équivaut, aujourd'hui, à une augmentation du flux de chaleur incident de l'ordre de $2,8 \text{ W/m}^2$ depuis 1750, et ayant conduit à une augmentation moyenne observée de la température à la surface de la Terre estimée à $0,8 \text{ }^\circ\text{C}$ au cours des 100 dernières années. L'analyse conduite par l'Académie des sciences (2006, 2010) conclut que les changements climatiques possibles en l'absence de politique volontariste sont relativement connus (mais avec de fortes incertitudes) pour la température (augmentation moyenne globale de la température de l'ordre (à $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) de $2 \text{ }^\circ\text{C}$ pour 2050 et $4 \text{ }^\circ\text{C}$ pour 2100, pouvant aller jusqu'à $6 \text{ }^\circ\text{C}$ pour certains scénarios à fortes émissions de GES et les modèles climatiques les plus sensibles), mais que leurs effets hydrologiques et sur les cultures sont bien moins certains. Néanmoins, la prédiction actuelle est une accélération significative du cycle de l'eau, avec une évaporation plus forte et une augmentation de la quantité de vapeur d'eau présente dans la troposphère tandis que l'humidité relative resterait plus ou moins constante. Les précipitations globales seraient donc plus abondantes,

avec un déplacement apparent vers les pôles des zones climatiques actuelles dû au réchauffement global, mais leur distribution dans l'espace reste beaucoup plus incertaine. Les zones désertiques s'intensifieraient en fait plus qu'elles ne se déplaceraient (ce qui peut se passer au Sahel, donc au sud du Sahara, n'est pas très clair, mais une sécheresse n'est pas à exclure). Simultanément, il pleuvrait plus aux latitudes septentrionales et sous les tropiques. De plus, l'intensité et/ou la probabilité des événements climatiques extrêmes seraient probablement plus grandes qu'aujourd'hui (il y a cependant plus d'études qui concluent à des cyclones plus intenses qu'à des cyclones plus fréquents). Si c'est bien le cas, la probabilité de crues aussi bien que celle de sécheresses pourrait augmenter simultanément. Le Congrès sur le Climat de Copenhague (2009) note de son côté que les émissions de gaz à effet de serre évoluent plus vite que prévu, avec également quelques signes d'évolution climatique plus rapide dans les régions arctiques.

1 | Conséquences des changements climatiques

Les conséquences majeures des changements sur la distribution des ressources en eaux et sur l'agriculture mondiale, pendant ce siècle, sont résumées ci-dessous. Il s'agit de tendances générales, qui peuvent être contredites localement :

– Pour l'Europe du Sud, les zones des latitudes méditerranéennes, l'Amérique du Sud et l'Australie du Sud :

- une baisse importante, en moyenne, de la teneur en eau du sol (évapotranspiration plus forte et précipitations plus faibles, particulièrement en été) avec un effet important sur les cultures pluviales ;
- risques accrus de sécheresses agricoles survenant pendant les mois de printemps et d'été et affectant principalement la végétation. Risques accrus d'incendies de forêts ;
- risques accrus de sécheresses hydrologiques se produisant en automne et en hiver, compromettant l'alimentation des aquifères, et le débit des rivières le reste du temps ;
- risques accrus de crues violentes, les précipitations intenses devenant probablement plus fréquentes.

– Pour l'Europe du Nord, la Russie et l'ex-URSS du Nord, le nord de l'Amérique du Nord :

- ressources en eaux plus abondantes, aussi bien en été qu'en hiver ;
- risques plus grands de crues, particulièrement en hiver ;

- malgré cela, probabilité accrue d'épisodes de sécheresse en été ;
- fonte du pergélisol au nord du 60° parallèle.

- Pour la zone tropicale :

- augmentation des ressources en eau, mais avec des variations locales importantes.

- De façon générale :

- fonte des glaciers de montagne et des marges des calottes polaires (mais peut-être accroissement des glaces aux pôles, en raison de précipitations plus fortes) ;
- augmentation de la température à la surface de la mer, avec probablement une intensification (plutôt en force) des ouragans dans les zones tropicales ;
- fréquence peut-être accrue des événements El Niño - La Niña ? Ceci est encore incertain, mais aurait des conséquences considérables, en particulier dans la zone de mousson ;
- augmentation du niveau de la mer (approximativement 0,50 m en 2050, actuellement 3 mm/an), en raison du réchauffement général des mers (expansion thermique) et de la fonte des glaces.

2 | Effet sur la production agricole de l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO₂ couplée à l'augmentation de la température

Photosynthèse, gaz carbonique atmosphérique, température et disponibilité de l'eau

Bernard Seguin, Inra

La photosynthèse des couverts végétaux pourrait s'accroître de 20 à 30 % dans l'hypothèse d'un doublement du CO₂, produisant une augmentation de l'assimilation nette de l'ordre de 10 à 20 % en prenant en compte l'augmentation de la respiration avec celle de la température. La biomasse produite et les rendements potentiels des plantes d'intérêt agricole pourraient croître.

La transpiration pourrait ne pas être modifiée, et il en résulterait une amélioration de l'efficacité de l'eau. Cette réponse positive de la photosynthèse à la croissance du CO₂ dépend toutefois de différents facteurs : type de métabolisme carboné, température, disponibilité en eau. Ainsi les plantes en C3 – riz, blé, betterave, pois, etc. –, majoritaires dans les zones tempérées, répondent fortement à une augmentation de la teneur en carbone atmosphérique dans la gamme de 400 à 700 ppm, mais les plantes en C4 – maïs, sorgho, canne à sucre – répondent très faiblement au-delà de 400 ppm, valeur proche de la teneur actuelle de l'atmosphère (385 ppm). Les effets d'un léger réchauffement peuvent également être favorables pour la plupart des processus physiologiques, au moins dans les régions tempérées tant qu'un optimum n'est pas dépassé (déjà atteint, sinon dépassé, dans les régions tropicales). Un autre effet porte sur l'accélération du calendrier phénologique qui accompagne l'élévation de température : pour les cultures annuelles, elle raccourcit les cycles de culture et donc le temps de travail de la photosynthèse, alors que, pour les prairies et les forêts, l'avancée des stades de développement au printemps et le retard dans l'arrêt physiologique à l'automne augmentent la durée de la saison de végétation.

L'idée se dégage d'un effet variable selon les régions et les productions. Certaines zones des latitudes moyennes et élevées gagneront à un réchauffement modéré (1 à 3 °C), mais celles des faibles latitudes y perdront vraisemblablement. L'adaptation pourra permettre de valoriser les aspects positifs dans le premier cas (gains de rendement de 10-20 %) et de limiter les pertes dans le second, la disponibilité en eau restant un enjeu majeur dans les zones à climat sec. Au-delà, pour un réchauffement supérieur à 3 °C, les rendements des différentes productions pourront chuter sérieusement, bouleversant l'agriculture au nord et provoquant des situations dramatiques au sud.

Les événements extrêmes vont intervenir pour tirer ce tableau moyen vers un bilan plus négatif : l'effet du gel, même s'il n'est pas forcément atténué, n'apparaît pas comme un fléau dominant. Par contre, les sécheresses vont voir leur impact potentiellement accentué, ainsi que celui, souvent associé, de températures excessives, encore mal connu dans le climat actuel.

Modification des surfaces cultivables

On estime que le changement climatique ferait croître de 160 millions d'hectares les terres cultivables dans les pays du nord d'ici 2100, par remontée de la zone du permafrost, mais en ferait en même temps perdre 110 millions dans les pays du sud, par aridification¹, c'est-à-dire un gain net de 3 % de la surface

¹ Cette prévision est cohérente avec les observations visibles sur le terrain dans ces zones de l'abandon des terres cultivées et de la désertification.

cultivée actuelle (Giec, Gr. 2, 2007). Enfin la remontée du niveau des mers ferait perdre, d'ici 2100, environ 10 millions d'hectares de terres (selon le Giec, 2007, partie cultivable non précisée), principalement dans les grands deltas asiatiques (Bangladesh, Indonésie, Myanmar, Vietnam). Un rapport du Delft Hydraulics (Hoozemans *et al.*, 1993) estime dans ces grands deltas asiatiques, qui produisent 85 % du riz mondial, que 4 % des zones productrices pourraient être affectées négativement par une remontée du niveau de la mer de 1 m.

Dans le tableau 2.1, repris des travaux d'Agrimonde (2009), sont résumés les effets de l'ensemble de ces changements pour les six régions du Monde définies par le Millennium Ecosystem Assessment (Carpentier *et al.*, 2005)^{2,3,4}. On donne les variations de température moyenne et de précipitations (2080-2099 par rapport à 1980-1999), les fourchettes prenant en compte les incertitudes sur les scénarios d'émission. Les variations de rendement (2050 par rapport à 1990) sont estimées à technologie constante, c'est-à-dire sans prise en compte de mesures d'adaptation, pour deux scénarios d'émission de gaz à effet de serre (B1, à émissions faible, et A1FI à émission forte). Les références de ces estimations sont principalement : Giec (2007) et Parry *et al.* (2004). Les estimations des variations de rendement sont cependant très différentes d'un auteur à l'autre, incitant à prendre ces chiffres avec prudence.

3 | Effet potentiel en retour de l'augmentation de la production agricole sur le climat

Si la notion d'impact du climat sur la productivité des écosystèmes est assez familière, celle de l'influence d'un changement d'usage des terres sur le climat, sa variabilité et sa modification est probablement moins connue. Pourtant, plusieurs mécanismes sont susceptibles d'engendrer un effet de couplage entre l'augmentation de la production agricole et le climat :

- la modification de l'albédo des surfaces, qui influe sur la température ; les forêts ont en général un albédo plus faible que les surfaces cultivées ou prairiales, si bien qu'une déforestation devrait *a priori* refroidir le climat, et ce de façon plus marquée dans les latitudes tempérées/boréales que

²Afrique du Nord et Moyen-Orient, Afrique subsaharienne, Amérique latine, Asie, Ex-URSS, OCDE-1990.

³Dans ses deux scénarios prospectifs, Agrimonde n'a pas pris en compte explicitement l'effet de ces changements sur la production alimentaire.

⁴Ce tableau ne tient pas compte de l'occurrence d'événements extrêmes (sécheresse catastrophique...).

Scénarios			B1	A1F1
	Élévation des températures (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des précipitations (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)
Afrique du Nord et Moyen-Orient	+ 3° à 5°			
-Pourtour méditerranéen	+ 3° à 3,5°	- 30 % et - 50 % en été	0 à - 2,5 %	- 2,5 % à - 5 %
-Sahara et Moyen-Orient	+ 4° à 5°			
-Sud Arabie Saoudite, Yémen, Oman		+ 20 %		
-Turquie			0 à + 2,4 %	+ 2,4 % à + 4,8 %
-Est de la Méditerranée			+ 2,4 % à + 4,8 %	- 4,8 % à - 10,2 %

Tableau 2.1

(d'après Agrimonde, 2009) – Élévation des températures, variation des précipitations (2080-2099 par rapport à 1980-1999). Variation des rendements 1990-2050 selon deux scénarios du Giec, B1 et A1F1. Découpage du Monde en six grands ensembles (Millennium Ecosystem Assessment, Carpentier et al., 2005).

Scénarios			B1	A1F1
	Élévation des températures (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des précipitations (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)
Afrique subsaharienne¹			- 2,5 %	- 2,5 % à - 5 %
-Pointe Sud de l'Afrique	+ 4°	- 5 % à - 10 % (- 50 % juin-juillet)	- 5 % sud Afrique, Côte d'Ivoire, Ghana, Cameroun	
-Côte Est, Tanzanie, Éthiopie	+ 2° à 3°	+ 5 à + 20 % (+ 50 % J-F-M)		
-Pourtour du Golfe de Guinée	+ 2° à 3°	0 à + 5 %	- 10 % Nigeria	- 5 % à - 10 % Nigeria et Guinée Bissau
Amérique latine			- 2,5 % à - 5 %	- 2,5 % à - 5 %
-Amérique Centrale	+ 2,5° à + 4°	- 5 % à - 15 %		
-Bassin Amazonien	+ 4° et + 5° D-J-F	0 à + 5 %	- 5 % à - 10 % Équateur, Guyane, Suriname, Uruguay	- 5 % à - 10 % Équateur, Guyane, Suriname, Uruguay

¹ Selon Agoumi (2003), chute de 50 % en agriculture pluviale pour toute la région, accroissement de 5 % à 8 % des terres arides et semi-arides, situation critique en Afrique Centrale, de l'Ouest et du Sud, mais plus favorable sur les hautes terres éthiopiennes.

Tableau 2.1
Suite.

Scénarios			B1	A1F1
	Élévation des températures (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des précipitations (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)
-Nord-est du Brésil	+ 2,5° à + 3°	- 5 % à - 50 %		
-Chili et Argentine	+ 1,5° à + 3°	0 à - 20 %	0 à + 2,5 % Argentine	5 à + 10 % Argentine
-Zones de pampa	+ 2° à + 3°	+ 5 % à + 15 % (+ 20 % D-J-F)		
-Zone Andine	+ 2,5° à + 3°	+ 5 % à + 15 % (+ 20 % D-J-F)		
Asie	Vagues de chaleur plus longues, intenses, fréquentes	Pluies plus extrêmes, cyclones tropicaux, affaiblissement mousson	0 à - 2,5 %	0 à + 2,5 %
-Chine du Nord, Mongolie, Plateau Tibétain	+ 3,5° à + 5° (+ 7° D-J-F)	+ 5 % à + 15 % (+ 50 % D-J-F)	- Inde - 2,5 % à - 5 % - Indochine + 2,5 % à + 5 % - Céréales + 20 % en Asie de l'Est et du Sud-Est	- Inde - 2,5 % à - 5 % - Indochine + 2,5 % à + 5 %
-Reste de l'Asie	+ 2° à + 3,5°	0 à + 10 % - 20 % D-J-F au Myanmar et péninsule indochinoise	- Céréales - 30 % en Asie du Sud - Riz : - 3,8 % par stress thermique et hydrique	

Tableau 2.1

Suite.

Scénarios			B1	A1F1
	Élévation des températures (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des précipitations (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)
Ex-URSS				
-Nord du 60° Parallèle	+ 4° à + 7° à l'Est (+ 10° en hiver)	+ 15 % à + 30 % (croissant d'Ouest en Est) + 50 % en Dec-Jan- Fev	- 5 % à - 10 % - Dégel du pergélisol, translation de 300 à 400 km vers le Nord de la limite sud du pergé- lisol d'ici à 2100 ² (Roy, 2007)	- 5 % à - 10 % idem pour le pergélisol
-Entre 50° et 60° parallèle	+ 4° à + 5° à l'Ouest + 4° à + 5° à l'Est	+ 15 % + 20 % Dec-Jan-Fev		
-Sud du 50° parallèle (Asie Centrale)	+ 3,5° à + 4° à l'Ouest + 3,5° à + 4°	+ 10 % (Nord Mer Caspienne) et + 15 % en hiver) - 10 % (Mer Caspienne et - 30 % en été)		

² Augmentation des terres arables de 98 millions d'ha (de 216 à 314 millions d'ha), selon la FAO, ou + 64 % selon Romanenkovi *et al.*, 2003

Tableau 2.1
Suite.

Scénarios			B1	A1F1
	Élévation des températures (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des précipitations (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)
OCDE-1990				
-Amérique du Nord		- 30 % en Juin-Juil-Août		
Nord 50° parallèle	+ 3,5° à + 7° (+ 10° D-J-F)	+ 1 % à + 30 %	+ 5 % à + 10 % au Canada	+ 5 % à + 10 % au Canada
Sud 50° parallèle	+ 3,5° à + 4°	+ 15 %	0 à - 2,5 % céréales USA	0 à - 2,5 % céréales USA
Sud des USA		- 30 %		
-Europe Façade atlantique	+ 2,5° à + 3,5°	+ 5 % à + 20 % Nord 50° parallèle	+ 2,5 % à + 5 % en céréales Europe Ouest	+ 5 % à + 10 % en céréales en Europe de l'Ouest

Tableau 2.1

Suite.

Scénarios			B1	A1F1
	Élévation des températures (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des précipitations (2080-2099 par rapport à 1980-1999)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)	Variation des rendements (2050 par rapport à 1990)
<i>Côte Méditerranée</i> <i>Europe Est et Nord</i>	+ 3° à + 3,5° (+ 3,5° à + 4° été) + 3,5° à + 7°	0 à - 30 % Sud 50° parallèle ³	- 10 % à - 30 % en céréales Europe de l'Est	- 5 % à - 10 % en céréales Europe de l'Est
-Australie à l'intérieur sur les côtes	+ 3° à + 4° + 2° à + 2,5° Oc Indien + 2,5° à + 3,5° reste des côtes	0 à + 5 % Nord-est - 5 % à - 20 % Sud-ouest	+ 2,5 % à + 5 %	+ 5 % à + 10 %
-Nouvelle Zélande	+ 1,5° à + 2,5°	+ 10 % au Nord	+ 2,5 % à + 5 %	+ 5 % à + 10 %

³ Ligne de partage au 55° parallèle en été, au 45° en hiver. Gradient croissant des pluies du Sud au Nord.

Tableau 2.1
Fin.

tropicales ; la saison d'hiver marquée par la présence d'un manteau neigeux dans les moyennes/hautes latitudes conduit en effet à un contraste d'albédo encore plus marqué entre forêts et herbacées ;

- la modification du bilan hydrologique : la déforestation augmente en général le ruissellement et diminue l'évapotranspiration, pouvant conduire (par exemple dans la zone de mousson) à une réduction des précipitations et à une augmentation de l'érosion (donc une baisse de la productivité) ; elle diminue aussi la rugosité de surface et modifie les échanges sol-atmosphère ;
- inversement, l'augmentation de l'irrigation augmente l'évapotranspiration, et donc peut augmenter l'humidité de l'atmosphère et les précipitations ;
- la mise en culture et le mode de culture modifient le bilan carbone des sols, et peuvent réduire ou augmenter la séquestration du CO₂ par les surfaces continentales ; de même, les émissions de N₂O sont fonction du type de fertilisation et des conditions de mise en place de la dénitrification naturelle ;
- si la mise en culture résulte d'une déforestation, elle s'accompagne d'une émission importante de CO₂ dans l'atmosphère résultant d'une part du devenir des résidus du bois, d'autre part d'une modification de l'intensité des flux nets de carbone échangés entre la surface et l'atmosphère ; ces effets conduisent à une augmentation de l'effet de serre et donc à un réchauffement ;
- le mode de développement agricole (agriculture mécanisée, à fort taux de fertilisation...) peut augmenter fortement les besoins en énergie fossile et donc le bilan des GES ;
- le développement de l'élevage, en particulier des bovins, augmente fortement la consommation d'énergie et produit des quantités importantes de méthane, qui contribue de façon substantielle à l'augmentation de l'effet de serre.

Ces effets en retour sont aujourd'hui très complexes à étudier et mal connus. Nous donnons ci-dessous quelques premiers éléments de réponse obtenus dans les années récentes, principalement sur le rôle de la forêt.

Gibbard *et al.* (2005) montrent qu'une reforestation totale de la planète à la teneur actuelle en CO₂ ferait augmenter la température moyenne de 1,3 °C, alors que le remplacement de toutes les forêts actuelles par des prairies ferait chuter la température de 0,4 °C, à l'équilibre (soit quelques décennies après

le changement de végétation). L'amplitude du réchauffement lié à la reforestation est plus importante que celle du refroidissement lié à la déforestation, car les zones géographiques affectées par ces changements d'usage des terres sont très différentes. La reforestation a lieu dans les moyennes/hautes latitudes où l'influence de l'albédo prédomine sur la réponse en température. La déforestation a lieu dans les zones tropicales où l'effet refroidissant d'une augmentation de l'albédo est plus que compensé par l'effet réchauffant du ralentissement du cycle hydrologique, et plus particulièrement par la diminution de l'évapotranspiration. Mais ces expériences restent toutefois incomplètes et ne peuvent traduire le réel effet d'une déforestation (ou reforestation) puisqu'elles ne tiennent pas compte des modifications de la concentration en CO_2 de l'atmosphère. Une reforestation conduirait à une augmentation de l'absorption de CO_2 par les écosystèmes terrestres, et donc à un refroidissement par diminution de l'effet de serre, refroidissement s'opposant au réchauffement issu des changements d'albédo. Inversement, une déforestation conduirait à une diminution de l'absorption de CO_2 , donc à un réchauffement par augmentation de l'effet de serre. Il n'existe aujourd'hui aucune étude réalisée avec des modèles tridimensionnels climatiques, similaires à ceux utilisés dans le cadre du Giec, qui ait réalisé des expériences similaires en considérant simultanément les effets biogéophysiques et biogéochimiques liés aux processus de reforestation ou déforestation.

Davin et de Noblet-Ducoudré (2010) ont réalisé des expériences similaires et décomposé les effets des différents paramètres biogéophysiques liés à une déforestation sur la température de l'air. Ils montrent que le remplacement total de la forêt par la prairie superpose trois effets principaux :

- augmentation de l'albédo, engendrant une réduction de la température globale de $1,36\text{ °C}$;
- réduction de la rugosité de la surface, engendrant une augmentation de la température de $0,29\text{ °C}$;
- réduction de l'efficacité de l'évapotranspiration, augmentant la température de $0,24\text{ °C}$.

La somme de ces trois effets est un refroidissement d'environ 1 °C à l'équilibre (soit après quelques décennies), avec cependant des variations entre les latitudes. Mais localement, les variations de température peuvent être très différentes. Des mesures en micrométéorologie en Amazonie ont en effet montré qu'on observe une diminution du rayonnement solaire absorbé et de l'évapotranspiration ainsi qu'une augmentation du flux de chaleur sensible après une déforestation, conduisant à une température de l'air plus élevée, en particulier en été. Des modélisations du climat montrent également, en cas de défrichage de l'Amazonie, un réchauffement et une aridification du climat régional. Mais l'effet sur le climat global est très incertain. Des expériences numériques,

en nombre encore très limité, ont tenté d'estimer les conséquences climatiques d'une variation réaliste de l'occupation des sols sur la planète, à toutes les latitudes. Elles montrent des divergences notables entre elles, interdisant d'en tirer aujourd'hui des conclusions robustes sur les effets biophysiques potentiels des variations d'occupation des sols sur le climat. Cependant Davin (2008) a étudié le rôle de la déforestation historique dans les moyennes latitudes (de l'ère pré-industrielle à nos jours) et montre que cette déforestation aurait réduit de 20 % (parfois localement de 50 %) les effets d'augmentation de températures par les gaz à effet de serre de la même période. À la fin du xxi^{e} siècle, la déforestation anticipée des zones tropicales pourrait en revanche conduire à un renforcement du réchauffement, de 10 % à 50 %, par exemple en Amazonie. En période ENSO⁵, ce réchauffement supplémentaire pourrait s'avérer délétère pour la productivité agricole. La déforestation amplifie d'autre part les variations saisonnières et interannuelles du climat, et joue donc sur les événements extrêmes et potentiellement sur la fréquence et le déroulement du phénomène El Niño.

Vu ce rôle de la forêt sur la température, on pourrait se demander si la déforestation n'aurait pas somme toute un effet bénéfique sur les températures, indépendamment de son effet négatif du point de vue de l'intérêt écologique et de la biodiversité, de son rôle pour la protection des sols, pour le bilan hydrologique et contre l'érosion. Cependant, la déforestation conduit à un refroidissement global par ses effets sur l'albédo et à un réchauffement global par ses effets sur le cycle du carbone. L'effet carbone l'emporte dans le cas d'une déforestation tropicale, et donc entraîne un réchauffement. Dans les zones tempérées à boréales, l'effet albédo l'emporte mais de peu. La déforestation n'est donc pas une solution pour lutter contre l'effet de serre ! D'autre part, dans les zones tropicales, si le refroidissement est global (par l'effet albédo), localement sur la zone déforestée, on simule un réchauffement qui va se rajouter au réchauffement lié à l'augmentation des gaz à effet de serre... et pourrait donc devenir désastreux pour la production agricole.

4 | Évolutions climatiques imprévues ou extrêmes

De tous temps, le climat a connu des variations temporelles importantes, dues pour l'essentiel à l'instabilité de la circulation générale atmosphérique, ainsi qu'à des oscillations aperiodiques liées aux circulations océaniques, comme le phénomène El Niño dans l'Océan Pacifique, ou son équivalent dans l'Atlantique Nord. Jusqu'ici, nous avons résumé les effets potentiels du changement climatique en raisonnant surtout sur le climat moyen. Mais qu'en sera-t-il de sa variabilité ?

⁵El Niño et Southern Oscillation (oscillation australe).

Variabilité climatique de la mousson et conséquences sur les ressources naturelles et cultivées au Sahel

Jean-Luc Redelsperger, CNRS et Météo-France

Depuis les années 1970, une sécheresse d'une ampleur et d'une durée sans précédent au XX^e siècle a affecté la région de l'Afrique de l'Ouest et sa population. À l'origine de cette crise climatique majeure, des variations interannuelles marquées de la mousson africaine, source vitale de pluie dans la région.

Après une période humide d'une vingtaine d'années (1950-1969), la région a été marquée par une sécheresse pratiquement ininterrompue sur l'Afrique de l'Ouest et notamment le Sahel. Au cours du siècle passé, il s'agit du plus fort « accident » climatique observé en termes de pluie sur la planète. Les conséquences sur les ressources en eau, agricole et les populations ont été dramatiques.

Ce déficit pluviométrique a entraîné un déficit deux fois plus fort du débit du fleuve Niger. La superficie de grands lacs de cette région a diminué de manière impressionnante : le Lac Tchad, 6^e plus grand lac du monde avant 1970, a perdu 70 % de sa superficie et ses ressources piscicoles ont chuté de moitié.

La diminution des pluies dans ces pays a affecté l'agriculture pluviale dont dépendent 70 % de la population et une division du nombre de têtes de bétail par deux. Les deux paroxysmes secs 1971-1973 et 1981-1987 ont ainsi entraîné des famines, des migrations massives vers les villes. À la variabilité climatique et ses conséquences sur les ressources s'ajoute une forte pression démographique, à l'origine de bouleversements socio-économiques entraînant l'exode de millions de familles vers le Nord et le Sud et contribuant au développement de conflits comme celui du Darfour.

Par ailleurs, le niveau de nos connaissances du climat de cette région ne permet pas actuellement d'appréhender ses évolutions futures et ses conséquences environnementale. Confirmant ces incertitudes, le dernier rapport du Giec (2007) indique que les modèles sur cette région prédisent pour le siècle à venir des évolutions des précipitations allant d'une diminution à une augmentation par rapport à la fin du siècle dernier. Basé sur une initiative française, le programme fédérateur international AMMA (Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine) a été mis en place (<http://www.amma-international.org>). Les scientifiques impliqués ont développé la recherche sur le climat, l'environnement, et les liens avec la société, notamment pour les ressources en eau, la sécurité alimentaire et la santé en veillant à ce que cette recherche pluridisciplinaire soit intégrée dans les activités de prévision, de prise de décision et de systèmes d'alerte précoce pour les ressources.

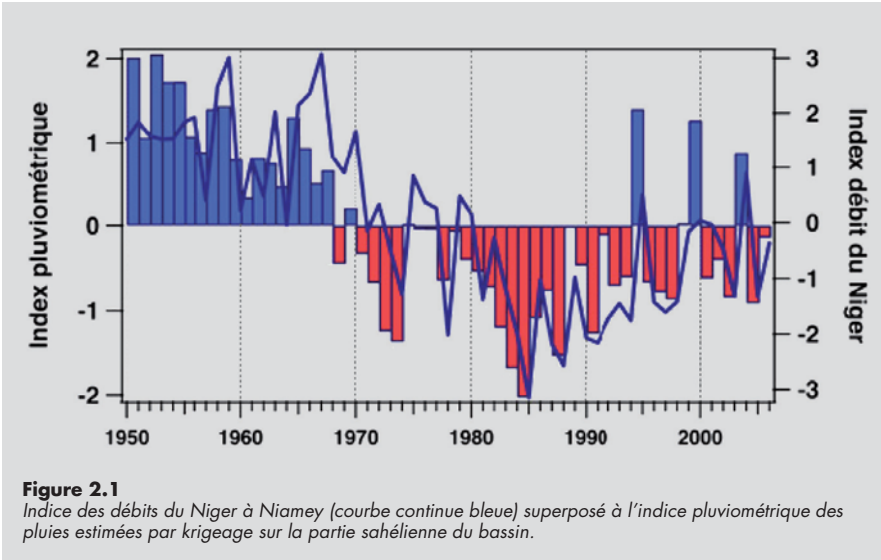


Figure 2.1

Indice des débits du Niger à Niamey (courbe continue bleue) superposé à l'indice pluviométrique des pluies estimées par krigeage sur la partie sahélienne du bassin.

Sur la variabilité future du climat, il est difficile d'avoir aujourd'hui des certitudes, mais les climatologues s'accordent à considérer que, pour la répartition des précipitations :

- quand le climat se modifie en moyenne pour devenir plus sec ou plus humide, la variabilité naturelle qui accompagne ce climat aujourd'hui se trouvera elle aussi translatée, dans le même sens que la moyenne ; autrement dit, un climat plus sec verra la fréquence des extrêmes secs augmenter, et celle des extrêmes humides diminuer (plus de sécheresses et moins de crues), et vice versa pour un climat plus humide (plus de crues et moins de sécheresse) ;
- il est cependant très probable que la variabilité du climat soit elle-même amplifiée, indépendamment du changement de la moyenne. Ainsi, la fréquence des événements extrêmes devrait augmenter, tant pour les crues que pour les sécheresses, et ceci que l'on soit en climat sec ou humide ; de façon équivalente, on peut craindre que l'amplitude des événements extrêmes à une fréquence donnée ne vienne à augmenter (par exemple sécheresses de récurrence centennale plus intenses que par le passé, ou crues centennales plus violentes) ;
- l'évolution de la fréquence ou de l'intensité des événements El-Niño (ou de leur équivalents dans l'Atlantique Nord) est pour l'instant inconnue, il est cependant possible qu'elle change, dans un sens ou un autre.

Quelles conséquences peut-on attendre de ce type d'événements extrêmes en ce qui concerne la production alimentaire mondiale ? Trois risques peuvent être considérés.

1. **Risque de pertes des récoltes à l'échelle régionale.** Sous l'effet de la variabilité naturelle (ou probablement renforcée) du climat, il est certain que les récoltes sur un territoire donné vont, certaines années, être fortement affectées par des sécheresses intenses, ou par des destructions massives par des intempéries ou tempêtes. Cependant, si ces événements extrêmes sont limités à une zone géographique donnée (un pays, un sous-continent...), vu la mondialisation croissante des échanges et la relative rapidité des moyens de transport disponibles, pouvant atteindre des points éloignés de la planète en peu de temps, il est probable que ces événements isolés ne soient pas générateurs de catastrophes humanitaires à l'échelle mondiale. À cela trois conditions :
 - que les pays frappés puissent se procurer sur les marchés mondiaux et à des coûts financiers acceptables les aliments nécessaires à leur population, chez les producteurs non atteints par ces événements – autrement dit que les carences locales de production ne se traduisent pas par une augmentation incontrôlée des prix agricoles – il faudrait donc mettre en place des mécanismes de stabilisation de ces prix, pour éviter la volatilité constatée pendant la crise alimentaire de 2007-2008, par exemple. Alternativement, les pays susceptibles de connaître ce type d'événements extrêmes pourraient se constituer des stocks pour se protéger ;
 - qu'au niveau local, l'apport alimentaire importé soit mis à la disposition des plus démunis ; en effet, comme l'a montré A. Sen (1999) dans l'étude des famines passées, y compris celle de 1975 en Éthiopie, les victimes des épisodes de famines sont en général les paysans pauvres, dont les récoltes ont été anéanties, et qui n'ont plus les moyens financiers de se procurer de la nourriture, par pauvreté ;
 - que les pays frappés anticipent les besoins pour que puisse être organisée l'aide alimentaire à temps. Les moyens d'alerte existent aujourd'hui, par exemple par observations satellitaires, ou par surveillance des cultures (par exemple en cas d'invasion de parasites). Si les pays tardent à demander de l'aide, comme cela s'est produit par exemple au Niger en 2006, les secours peuvent arriver tardivement, avec des conséquences sociales dramatiques.
2. **Risques de pertes de récoltes à l'échelle globale.** La probabilité que des événements extrêmes se produisent simultanément en plusieurs pays ou continents est évidemment plus faible qu'à l'échelle locale, mais elle n'est pas négligeable. On sait par exemple qu'au XIX^e siècle, deux épisodes

dramatiques de famines, ayant engendré chacun environ 30 millions de morts, ont eu lieu simultanément en Inde, en Chine, au Brésil et en Éthiopie (soit simultanément sur trois continents), étant entendu que d'autres zones géographiques ont pu être touchées également, mais non répertoriées dans les archives. Cela s'est produit en 1876-1877 et en 1899. La cause de cette simultanéité est à mettre sur le compte d'événements El-Niño très intenses, qui ont affecté simultanément toute la zone de mousson, et peuvent engendrer des sécheresses très graves pouvant se poursuivre sur plusieurs années. Au XX^e siècle, deux épisodes semblables se sont également produits, en 1940 et en 1998, mais sans conséquences aussi dramatiques, en particulier pour celui de 1998, où la Chine et l'Indonésie ont connu des déficits de production agricole très importants, mais que ces pays ont su maîtriser par des importations massives de produits alimentaires sur les marchés mondiaux (les stocks s'en sont trouvés très fortement entamés). Une recherche bibliographique sur la fréquence de ces événements El-Niño très intenses à partir des archives paroissiales en Amérique du Sud (Ortlieb, 2000) indique qu'en moyenne ils se produisent deux fois par siècle, peut-être plus sous l'effet du changement climatique, déjà cité. Dans ce cas, la disponibilité de produits alimentaires sur les marchés mondiaux pourrait ne pas être suffisante pour satisfaire tous les besoins, et une véritable crise alimentaire globale pourrait voir le jour, aux conséquences difficiles à prévoir. Il serait peut-être judicieux, à l'échelle de la planète, de prévoir un renforcement des stocks alimentaires, qui n'ont fait que décroître depuis une décennie (niveau actuel : deux mois de consommation mondiale de céréales). Constituer de tels stocks est coûteux (construction et immobilisation de l'investissement en aliments), leur gestion l'est également (conservation, reprise...) mais ces difficultés doivent être mises en balance avec le risque couru en leur absence.

- 3. Déficit de récolte récurrents régionaux.** À l'échelle de la planète, il y a lieu de penser que les prévisions de modifications du climat pourront localement être erronées : les conséquences probables pourraient avoir été, ici ou là, sous-estimées. Un exemple actuel est la forte aridité qui sévit depuis environ 6 ans en Australie. Ce pays, de position d'exportateur majeur de céréales sur le marché mondial, est devenu importateur. S'agit-il d'une simple anomalie climatique, qui va ensuite s'effacer, ou d'une modification pérenne du climat ? L'année 2009 a déjà été meilleure que les précédentes. La même question aurait pu être posée pour la sécheresse débutée au milieu des années 1970 au Sahel Africain, qui s'est atténuée dans les années récentes en Afrique de l'Est, mais perdure en Afrique de l'Ouest. Anomalie ou changement pérenne ? À l'échelle de la planète, il est probable que des zones *a priori* non menacées se mettent à connaître des récurrences d'événements extrêmes non prévues, remettant en cause les possibilités de production agricole, et la possibilité d'y alimenter de

façon durable une population, ce qui pourrait engendrer des migrations climatiques.

La prudence en matière de production alimentaire mondiale sera donc de produire, là où c'est possible, des excédents, éventuellement utilisables à d'autres fins (bioénergie), pour pouvoir y faire appel en cas de pénurie, ou pour constituer des stocks tampon.

Conclusion

Les études des effets de l'évolution du climat sur l'agriculture n'ont démarré que depuis peu, soit à partir de corrélations historiques, soit par modélisation. Il est acquis qu'il y aura de tels effets, mais ni leur amplitude exacte ni leur localisation précise ne sont connues. On peut cependant émettre l'hypothèse que ces effets sur l'agriculture seraient **globalement** inférieurs, comparés à ceux nécessités par l'augmentation des besoins de production (due à l'augmentation de la population), avec toutefois des effets régionaux (désertification, submersion de certaines régions littorales) certains et graves.

Pour les effets en retour, de nombreux mécanismes de couplage existent, mais leur quantification est encore incertaine ; ces incertitudes viennent s'ajouter à celles sur les scénarios d'émission des GES ; ils seront néanmoins probablement beaucoup moins importants que les impacts eux-mêmes, sauf si des zones immenses pour l'agriculture ou les biocarburants étaient déforestées. Ils constituent cependant le lien essentiel entre les négociations internationales sur le climat, la déforestation, le maintien de la biodiversité, et le développement au sud. Pour les événements extrêmes de type canicules et sécheresses, leur intensité et leur fréquence sont susceptibles d'augmenter. Pour les cyclones, leur intensité pourrait augmenter, pas nécessairement leur fréquence. Ils constituent une menace réelle pour la continuité de la fourniture alimentaire globale. La mondialisation des échanges permet de rendre plus solidaires les pays, et de pallier les déficits locaux ou régionaux, mais pourrait être insuffisante en cas de déficits liés à des événements extrêmes affectant simultanément plusieurs régions ou continents (déficit de précipitation dans la zone de mousson par exemple).

Références bibliographiques

Académie des sciences (2006). *Les eaux continentales*. Rapport sur la science et la technologie n° 25. EDP Sciences, Paris.

- Académie des sciences (2010). *Événements climatiques extrêmes : réduire les vulnérabilités des systèmes écologiques et sociaux*. Rapport sur la science et la technologie, n° 29, EDP Sciences, Paris.
- Agoumi (2003). Vulnerability of North African countries to climate changes: Adaptation and implementation strategies for climatic change, IISD/Climate Change Knowledge Network, http://www.cckn.net/pdf/north_africa.pdf/
- Agrimonde (2009). *Agriculture et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*. Rapport INRA-CIRAD, Paris, Février 2009, 194 pages.
- AMMA (Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine) (<http://www.amma-international.org>)
- Carpentier SR., Pingali PL., Bennett EM., Zurek MB., Eds. (2005). *Ecosystems and human well-being: Scenarios*. Vol. 2. The millennium Ecosystem Assessment, Washington, DC, <http://www.millenniumassessment.org/>
- Copenhagen Climate Congress (2009). Synthesis Report. *Global risk, challenges & decisions*. www.climatcongress.ku.dk
- Davin E. (2008). *Étude de l'effet biophysique du changement d'occupation des sols sur le système climatique*. Thèse Université Paris VI et Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Saclay.
- Davin E., de Noblet-Ducoudré N. (2010). Climatic impact of global-scale deforestation: radiative versus non-radiative processes. *Journal of Climate*, **23** : 97-112, DOI 10.1175/2009JCLI3102.1.
- Gibbard S., Caldeira K., Bala G., Phillips TJ. et Wickett M. (2005). Climate effects of global land cover change. *Geophysical Research Letters*, **32** : L23705, doi:10.1029/2005GL024550, 2005
- GIEC-IPCC (2007). *Fourth assessment report*. Intergovernmental panel on climate change, Genève, Suisse.
- Hoozemans FMJ. et al. (1993). *Sea level rise. A global vulnerability assessment*. 2nd ed. Delft Hydraulics Laboratory and Rijkswaterstraat, Delft, NL
- Le Treut H., Gastineau G. et Li L., 2008. Uncertainties attached to global or local climate changes, *Comptes Rendus Geoscience*, **340**, 9-10, 584-590.
- Le Treut H. (2009). *Nouveau climat sur la Terre : comprendre, prédire, réagir*. Flammarion, Paris.

- Ortlieb L. (2000). The documented historical period of El-Niño events in Peru: an update of the Quinn record (16th to 19th centuries). Dans : *El Niño and the southern oscillation. Multiscale variability and local and regional impacts*. Diaz, H.F. et V. Markgraf (éditeurs). Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 207-295.
- Romanenkovi *et al.*, 2003. Constructing regional scenarios for sustainable agriculture in European Russia and Ukraine for 2000 to 2070, in *Regional Environmental Change*, Springer, Berlin, p. 93-104.
- Sen A. et Drèze J. (1999). *Omnibus*. Oxford University Press, New Delhi, India.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

CHAPITRE 3

La demande alimentaire actuelle : facteurs d'évolution

FRANCIS DELPEUCH

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

1 | Situation alimentaire actuelle et inégalités

La situation alimentaire mondiale est caractérisée par la persistance, malgré les efforts et certains progrès, d'une insécurité alimentaire massive qui se traduit par des problèmes multiples et dévastateurs pour le développement et la santé publique : problème quantitatif comme la sous-alimentation chronique en énergie (qualifiée de « faim dans le monde » ou « chronique » par la FAO), mais aussi problèmes liés à la qualité de l'alimentation, comme la malnutrition maternelle et infantile ou les carences en micronutriments (vitamines et minéraux essentiels). Au-delà de la production d'aliments en quantité suffisante, la nécessité de fournir une alimentation d'une qualité nutritionnelle adéquate constitue une contrainte incontournable si l'on veut éviter des handicaps physiques et intellectuels majeurs pour les prochaines générations. La situation actuelle reste aussi dominée par une triple inégalité, ces problèmes touchant principalement les pays du Sud à faible et moyen revenus, puis dans ces pays, d'abord les ménages pauvres, et enfin au sein de ces ménages, les groupes vulnérables, femmes et jeunes enfants. La récente hausse des prix alimentaires et la crise économique actuelle à l'échelle mondiale renforcent encore ces inégalités. Mais depuis quelques années, la situation alimentaire mondiale est également marquée par des changements rapides dans les régimes alimentaires, particulièrement dans les pays émergents et dans les milieux urbains des pays pauvres ; l'indicateur le plus visible en est la montée épidémique de l'obésité et des maladies non transmissibles associées. Ces changements modifient la demande alimentaire et font peser de nouvelles contraintes sur les ressources de la planète.

1.1 Sous-alimentation chronique en énergie et disponibilités alimentaires

Le dernier rapport sur l'état de l'insécurité alimentaire dans le monde (FAO, 2008) estimait que 923 millions de personnes étaient sous-alimentées en 2007, soit une augmentation de plus de 80 millions par rapport à la période de référence 1990-92. La presque totalité de cette augmentation (75 millions de personnes, dont 24 en Afrique subsaharienne et 41 en Asie), s'est produite entre 2005 et 2007 dans les pays en développement (PED), en relation avec la hausse des prix alimentaires. Des progrès sensibles, mais inégalement répartis, avaient été accomplis dans les années 1970 (moins 37 millions) et 1980 (moins 100 millions). Ils se sont fortement ralentis entre 1990 et 2005, avec une quasi-stagnation du nombre de sous-alimentés. Cependant, la proportion de sous-alimentés dans les PED a quand même baissé de 20 % à 16 % pendant la même période, la population de ces pays passant de 4 à 5 milliards. En 2009, la FAO a annoncé que la sous-alimentation avait franchi le cap du milliard de

personnes, nous ramenant au niveau de 1970. Ce milliard représentait cependant environ 27 % de la population mondiale en 1970, contre moins de 15 % en 2009, la croissance de la production alimentaire au cours des 40 dernières années ayant été supérieure à celle de la population (facteurs de respectivement 2,5 et 2).

Méthode d'estimation de la sous-alimentation (« la faim »)

La FAO a mis au point une méthode permettant d'estimer, en valeur absolue et en pourcentage, la population qui, chaque année et dans chaque pays, n'a pas accès à une quantité suffisante d'aliments pour couvrir ses besoins énergétiques. La méthode est basée sur la quantité moyenne de nourriture disponible par personne, l'apport énergétique requis par personne et le degré d'inégalité dans l'accès. Les disponibilités énergétiques alimentaires sont calculées pour chaque produit alimentaire en additionnant la production nationale et les importations, et en soustrayant les quantités exportées, les pertes, ce qui est donné au bétail et tout ce qui est utilisé à des fins autres qu'alimentaires. Le total des calories est divisé par le nombre d'habitants. Le calcul des besoins énergétiques tient compte de la composition démographique par âge, sexe et taille corporelle. La FAO considère comme sous-alimentées les personnes dont la consommation est inférieure à l'apport minimum. La proportion de ces personnes est estimée à partir de distributions observées dans les pays pour lesquelles des enquêtes alimentaires ont pu être réalisées auprès des ménages : à un niveau moyen de disponibilités alimentaires correspond donc une proportion (unique) de personnes sous-alimentées, ce qui est assez arbitraire. La FAO publie chaque année un rapport sur l'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Le principal avantage de la méthode est qu'elle repose sur des données que les pays consignent régulièrement et de manière à peu près semblable : des comparaisons entre pays et dans le temps sont ainsi possibles. Mais cette méthode comporte aussi quelques inconvénients : les estimations dépendent de la fiabilité des statistiques nationales de production et de commercialisation dont la qualité est variable selon les pays ; les disponibilités incluent les calories qui sont perdues entre l'achat et la consommation ; elles constituent donc une approximation de la consommation alimentaire, mais ne fournissent pas le nombre de calories réellement ingérées ; elle ne permet pas d'estimation au niveau infranational, par région ou par groupe socio-économique ; elle ne permet pas d'identifier les sous-alimentés (qui sont-ils et où sont-ils ?), contrairement aux enquêtes en population. *En 2008, la FAO a intégré les nouvelles normes de besoins, et les statistiques démographiques des Nations unies. D'une manière générale, on manque encore beaucoup de données représentatives, fiables et comparables pour établir des indicateurs d'accès et de consommation alimentaire (par exemple consommation réelle, nombre de repas, qualité de l'alimentation, diversité alimentaire).*

La sous-alimentation actuelle résulte de divers facteurs – inégalité de la répartition des disponibilités alimentaires, conditions défavorables de production au niveau local, pauvreté et problèmes d'accès économique aux aliments, guerre et conflits civils – *plutôt que d'une insuffisance globale de production* et d'une incapacité de la planète à fournir assez de nourriture. Dans son rapport mondial sur l'alimentation et l'agriculture en 2000, la FAO avait relevé que la production d'aliments était plus que suffisante pour nourrir convenablement les 6 milliards d'habitants de la planète à l'époque, alors que 800 millions de personnes continuaient d'être sous-alimentés. Plus de 98 % de la population sous-alimentée vit dans les PED. Avant la hausse des prix alimentaires¹, ils étaient 832 millions, dont 542 millions en Asie (tableau 3.1) ; cinq pays asiatiques (Inde, Chine, Bangladesh, Indonésie et Pakistan) rassemblent à eux seuls plus de la moitié des sous-alimentés. L'Afrique subsaharienne est la région qui possède la plus forte proportion de sous-alimentés par rapport à la population totale (près d'une personne sur trois), et est la seule avec le Proche-Orient où le nombre de sous-alimentés a augmenté entre 1990 et 2005. Ceci est dû en grande partie à un seul pays, la République Démocratique du Congo (du fait de conflits répétés dans ce pays) ; en revanche, la situation s'est plutôt améliorée dans plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest, la proportion de sous-alimentés y étant passée de 20 % en 1990-92 à 14 % en 2005. La situation alimentaire s'est aussi améliorée en Amérique latine avec 8 % de sous-alimentés en 2005.

Ces chiffres sont à mettre en regard des disponibilités énergétiques alimentaires² sur lesquelles ils sont d'ailleurs largement basés (figure 3.1). Entre les années 1960 et 2003, ces disponibilités sont passées en moyenne de 2 300 à 3 000 kcal/pers.j (par personne et par jour) au niveau mondial, et de 2 000 à 2 800 kcal/pers.j dans le monde en développement. Elles ont progressé dans toutes les régions du monde, mais surtout en Asie de l'Est, Chine notamment, où elles dépassent 2 900 kcal/pers.j ; c'est en Afrique subsaharienne que la progression a été la plus faible (2 200 kcal/pers.j) avec de fortes disparités : de 1 960 kcal/pers.j en Afrique de l'Est à 2 370 kcal/pers.j en Afrique de l'Ouest. Un des faits marquants est la poursuite de la croissance des disponibilités alimentaires dans les pays de l'OCDE (en moyenne 3 900 kcal/pers.j), alors qu'elles avaient déjà dépassé 3 000 kcal/pers.j à la fin des années 1960. On estime qu'au-delà de 3 000 kcal/pers.j, une grande partie des calories est gaspillée, mais l'excès des disponibilités a également été mis en relation avec la montée des prévalences d'obésité. Selon la FAO, les disponibilités continuent à progresser partout, et atteindront 3 000 kcal/pers.j en moyenne en 2030 dans les PED, la plupart des pays disposant d'au moins 2 700 kcal/pers.j, à l'exception de l'Afrique subsaharienne qui serait, si rien ne change, à peine au-dessus

¹Voir plus loin le paragraphe 1.4 consacré à l'impact de la hausse des prix et de la crise économique sur la situation alimentaire, et également chapitre 5, paragraphe 8.

²La ration calorique est l'une des premières définitions nationales de la pauvreté, plus pertinente que la définition monétaire actuelle de 1,25 \$ par personne et par jour.

Régions et sous-régions	Nombre de personnes sous-alimentées (millions)		Proportion de personnes sous-alimentées (%)	
	1990-92	2003-05	1990-92	2003-05
Pays en développement	822,8	832,2	20	16
Asie & Pacifique	582,4	541,9	20	16
Asie de l'Est	183,5	131,8	15	10
Asie du Sud-Est	105,6	86,9	24	16
Asie du Sud	282,5	313,9	25	21
Asie centrale et de l'Ouest	10,1	8,7	15	12
Afrique subsaharienne	168,8	212,1	34	30
Afrique centrale	22,0	53,3	34	57
Afrique de l'Est	77,1	86,0	45	35

Tableau 3.1

Évolution du nombre et de la proportion des sous-alimentés dans les PED entre 1990-92 et 2003-05, en fonction des grandes régions (source : FAO, 2008).

Régions et sous-régions	Nombre de personnes sous-alimentées (millions)		Proportion de personnes sous-alimentées (%)	
Afrique australe	32,4	36,8	45	37
Afrique de l'Ouest	37,3	36,0	20	14
Proche-Orient, Afr. du Nord	19,1	33,0	6	8
Proche-Orient	15,0	28,4	7	11
Afrique du Nord	4,0	4,6	<5	<5
Amérique latine & Caraïbes	52,6	45,2	12	8
Amérique centrale	9,3	8,8	8	6
Caraïbes	7,5	7,6	26	23
Amérique du Sud	35,8	28,8	12	8

Tableau 3.1

Fin.

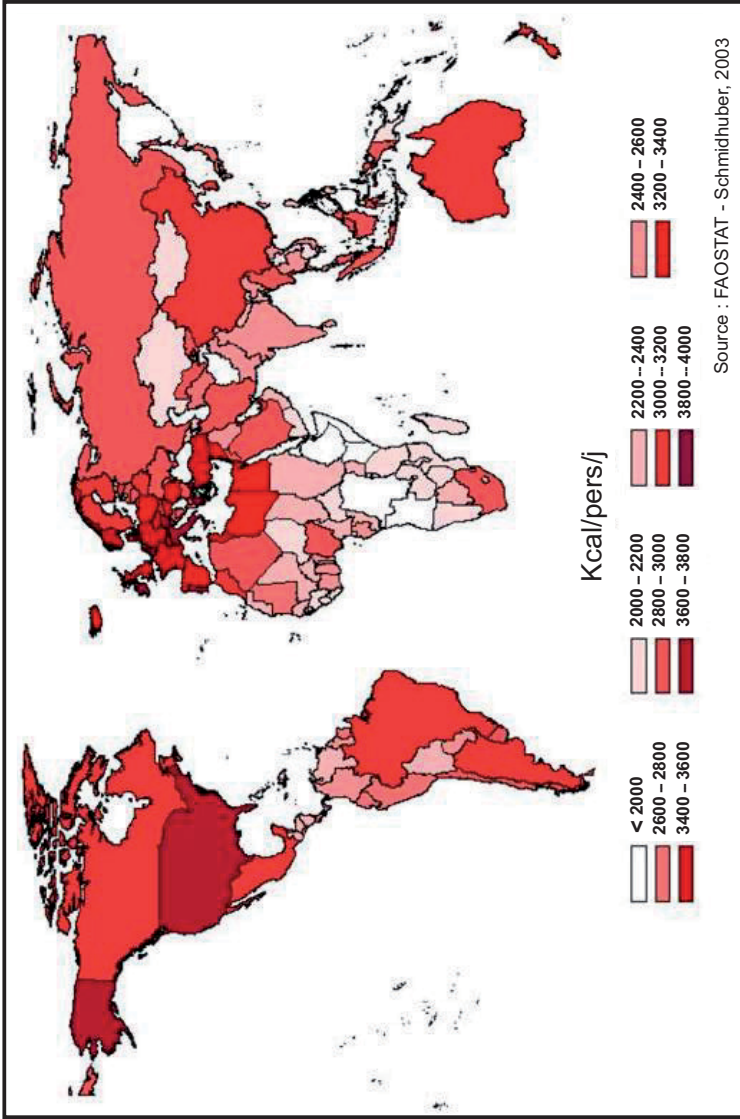


Figure 3.1
Disponibilités énergétiques alimentaires par pays en 1999.

de 2 500 kcal/pers.j. Or la FAO considère qu'une disponibilité moyenne de 3 000 kcal/pers.j est nécessaire pour assurer une véritable sécurité alimentaire (moins de 5 % de sous-alimentés) compte tenu de l'inégalité d'accès à l'alimentation et de la diversité des régimes alimentaires (FAO, 2003).

1.2 Malnutritions maternelle et infantile

Près de 180 millions d'enfants de moins de 5 ans (presque un sur trois dans les PED) sont atteints par un retard de croissance, et 55 millions souffrent d'émaciation (un poids trop faible pour la taille) dont 20 millions de formes sévères (Black *et al.*, 2008). Environ 90 % des enfants atteints d'un retard de croissance vivent dans 36 pays et 80 % dans seulement 20 pays. L'Asie centrale a le plus grand nombre d'enfants touchés et l'Afrique subsaharienne les plus fortes prévalences. Quarante pays ont une prévalence de retard de croissance supérieure à 40 % dont 23 en Afrique subsaharienne (figure 3.2). L'insuffisance pondérale chez les moins de 5 ans a bien reculé de 32 % à 27 % entre 1990 et 2006, mais ces progrès sont insuffisants pour atteindre une des cibles du premier « Objectif du millénaire pour le développement » qui était de diminuer de moitié la proportion d'enfants atteints d'insuffisance pondérale entre 1990 et 2015. De plus, ces progrès n'ont pas été équitablement répartis puisque, sur les 58 pays qui étaient en bonne voie, seulement 6 se trouvaient en Afrique subsaharienne (seule région du monde où le nombre d'enfants atteints d'un retard de croissance a augmenté au cours des 20 dernières années, bien que la prévalence y ait diminué).

Les malnutritions sont responsables de la mort de 3,5 à 5 millions d'enfants de moins de 5 ans par an (soit plus d'un tiers de la mortalité dans cette tranche d'âge) et de 20 % de la mortalité maternelle. Elles sont également responsables de 35 % des maladies chez les moins de 5 ans. Elles altèrent le développement physique et cognitif des individus, les séquelles étant irréversibles après l'âge de 2 ans. La crise alimentaire de 2008 aurait augmenté de plus de 40 millions le nombre d'enfants souffrant de ce type de séquelles. De plus, le retard de croissance « se transmet » d'une génération à l'autre : un retard de croissance débutant au stade foetal peut perdurer jusqu'à l'âge adulte, et augmente le risque chez la femme affectée dans son enfance de donner à son tour naissance à des enfants souffrant de retard de croissance intra-utérin. Quant aux malnutritions subies *in utero* et dans la petite enfance, elles augmentent le risque d'obésité et de maladies chroniques non transmissibles à l'âge adulte (maladies cardiovasculaires et certains cancers notamment) et influent sur le vieillissement et la durée de vie.

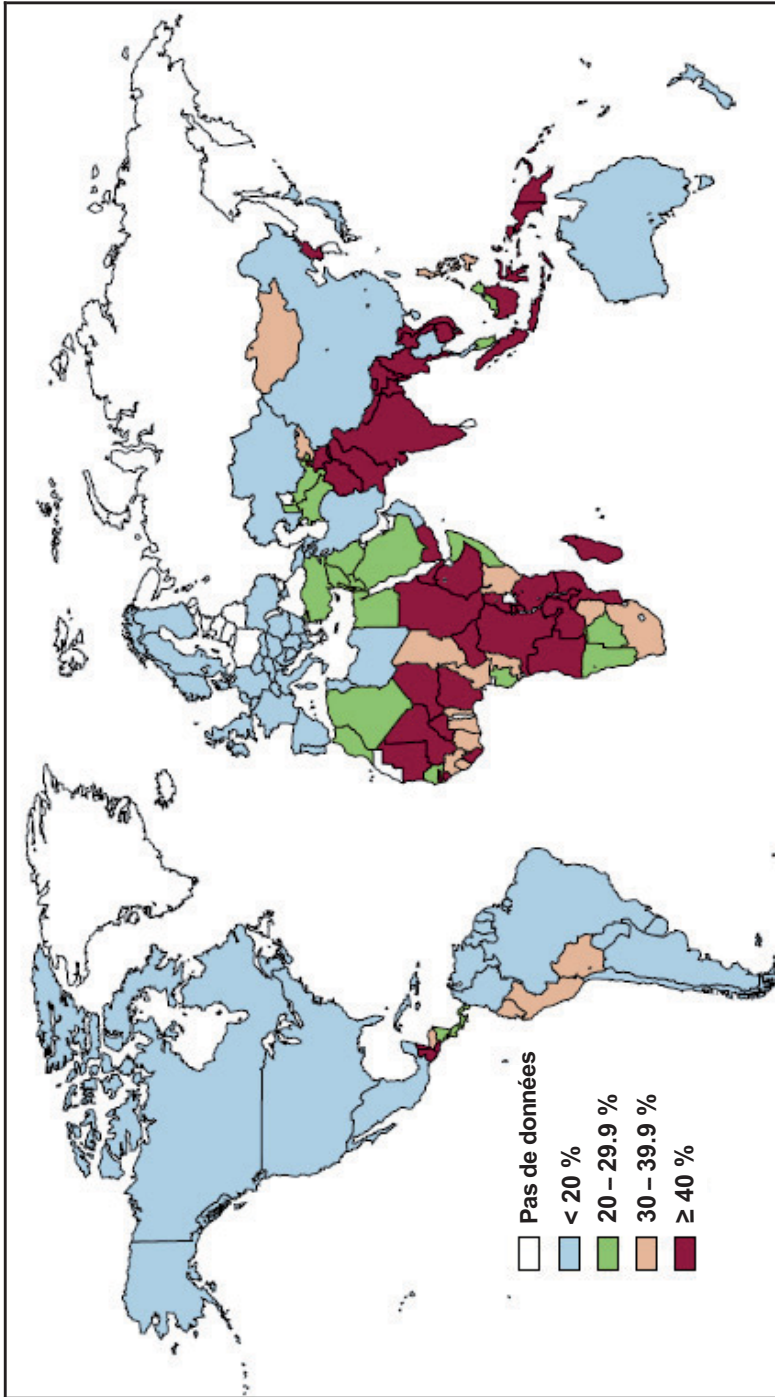


Figure 3.2
Prévalence des retards de croissance chez les enfants de moins de 5 ans (source : Black et al., 2008).

*Les causes immédiates des malnutritions sont un apport alimentaire qui ne fournit pas suffisamment d'énergie et/ou de nutriments et les maladies infectieuses. Le retard de croissance s'installe avant l'âge de 2 ans, ce qui met en lumière l'importance de la qualité de l'alimentation chez les femmes, notamment juste avant et pendant la grossesse, et chez les enfants de la naissance à 2 ans ; apporter de l'énergie en excès après cet âge peut au contraire être néfaste et entraîner notamment un risque d'obésité (Uauy et Kain, 2002). Des actions nutritionnelles directes ont fait la preuve de leur efficacité, le problème actuel étant de les mettre en œuvre à l'échelle nationale. Dans les pays à revenu faible et intermédiaire, seulement 250 à 300 millions de dollars américains, provenant en grande partie de l'aide internationale, sont consacrés chaque année à des actions de nutrition de base (Morris *et al.*, 2008) ; en comparaison, l'aide des donateurs est de l'ordre de 1,4 milliard de dollars américains pour l'aide et la sécurité alimentaire, et de 5,7 milliards de dollars américains pour lutter contre le VIH alors que celui-ci ne représente pas davantage de perte d'années de vie sans incapacité que la malnutrition maternelle et infantile. La Banque mondiale a estimé récemment que 10,3 milliards de US \$ de fonds publics étaient nécessaires pour combattre la malnutrition maternelle et infantile et les carences en micronutriments, à travers la mise en œuvre à grande échelle de 13 interventions nutritionnelles directes ayant fait leurs preuves (Horton *et al.*, 2009).*

Mais la malnutrition résulte aussi d'interactions entre des facteurs multiples, et les causes sous-jacentes et fondamentales portent sur un ensemble de facteurs économiques, sociaux et culturels souvent liés à la pauvreté. Une réduction des malnutritions sur le long terme dépend aussi d'actions « indirectes » sur ses causes sous-jacentes et fondamentales : développement agricole et sécurité alimentaire ; amélioration des ressources (statut, éducation) des donneurs de soins, en général les mères ; systèmes de santé et hygiène du milieu. Il s'agit de combiner des actions directes et des actions sur les facteurs sous-jacents appropriées aux conditions locales et aux besoins des populations. L'orientation des politiques agricoles et l'appui à ce secteur dans le sens d'une intégration d'objectifs alimentaires et nutritionnels a un grand potentiel pour réduire les malnutritions : promotion de certains types de cultures, ciblage des populations les plus vulnérables en zone rurale, prise en compte prioritaire des questions de genre (accès au foncier, formation, charge de travail...), formation des décideurs et prestataires du développement agricole, suivi et évaluation de l'impact des actions sur les malnutritions (DOS, 2009). Le rapport de l'IAASTD (Évaluation internationale des connaissances, des sciences et des technologies agricoles pour le développement) attire notamment l'attention sur l'importance des femmes dans l'agriculture par rapport aux questions de nutrition (IAASTD, 2008). Voir le résumé des méthodes d'estimation de la malnutrition maternelle et infantile et des carences en micronutriments dans l'encadré suivant.

Méthodes d'estimation de la malnutrition maternelle et infantile et des carences en micronutriments

Insuffisance alimentaire chez les jeunes enfants et chez les femmes

La malnutrition des jeunes enfants comprend deux formes principales : *le retard de croissance* (parfois appelé malnutrition chronique) caractérisé par une faible taille par rapport à l'âge, et *la maigreur ou émaciation* (encore appelée malnutrition aiguë) caractérisée par un faible poids par rapport à la taille. L'insuffisance pondérale mesurée par un faible poids par rapport à l'âge peut être due à un retard de croissance ou à une émaciation. Les indices et indicateurs de poids-taille sont établis à partir de mesures anthropométriques et des normes de croissance internationales élaborées par l'Organisation mondiale de la santé. La malnutrition maternelle est caractérisée par un Indice de Masse Corporelle ($IMC = \text{Poids}/\text{Taille}^2$) inférieur à 18,5.

Carences en micronutriments

– Fer

La carence en fer peut être mesurée avec précision au niveau individuel par une batterie de paramètres biochimiques sanguins, mais en pratique, tous ces indicateurs ne sont pas disponibles au niveau des populations. Le seul qui est mesuré dans de nombreuses enquêtes, car relativement peu coûteux et facile à collecter, est la concentration d'hémoglobine. C'est aussi l'indicateur le plus fiable pour établir la prévalence d'anémies dans une population. Une des causes les plus importantes de l'anémie étant la carence en fer, la prévalence d'anémies est très souvent utilisée pour estimer les anémies ferriprives et par extension l'ampleur de la carence en fer. On estime généralement que dans les PED au moins 50 % des cas d'anémie sont dus à la carence en fer (mais cette proportion peut varier selon les situations, par exemple présence de paludisme), et que pour chaque cas d'anémie ferriprive, il y a entre 1 et 2,5 cas de carence en fer sans anémie. La base de données la plus complète est celle de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (WHO, 2008) : elle porte sur des données d'enquêtes épidémiologiques réalisées dans 93 pays ; ces données ont également été utilisées pour estimer des prévalences nationales à partir de modèles statistiques dans les pays sans données d'enquêtes.

– Vitamine A

Les deux indicateurs utilisés pour mesurer la prévalence de carences en vitamine A sont la cécité nocturne et la teneur sérique en rétinol. L'OMS a élaboré une base de données estimant la carence en vitamine A dans 156 pays

à partir d'enquêtes épidémiologiques ou d'un modèle de régression pour les pays sans données d'enquête (WHO, 2009).

– Zinc

Le risque de carence en zinc dans une population est estimé à partir de deux indicateurs indirects : *la prévalence de retard de croissance* qui est une des manifestations clinique de la carence ; et *l'insuffisance de zinc absorbable dans les disponibilités alimentaires* au niveau national. 166 pays ont été ainsi classés à risque élevé, moyen ou faible par le groupe consultatif international sur le zinc (IZiNCG, 2004). Dans les pays classés à risque, tous les enfants sont considérés à risque de carence.

1.3 Carences en micronutriments

Même lorsque les disponibilités alimentaires en énergie sont suffisantes, l'alimentation peut être déficiente en un ou plusieurs micronutriments. C'est le cas pour une grande partie de la population des PED, en particulier dans les zones où la diversité des régimes alimentaires est faible. Les carences en fer, vitamine A, zinc et iode³ sont les plus répandues et ont les conséquences les plus importantes à court et long termes, du fait de leur implication dans de multiples fonctions biologiques : par exemple, le fer est essentiel pour le transport de l'oxygène sanguin (production d'hémoglobine) et l'utilisation de l'oxygène cellulaire (production d'ATP) ; la vitamine A est indispensable pour la croissance et la réparation des tissus corporels, pour l'intégrité des cellules épithéliales, et pour le fonctionnement des systèmes immunitaire et visuel ; le zinc est nécessaire aux fonctions catalytiques de plus de 100 enzymes, et participe à toutes les grandes voies métaboliques. *On estime qu'un tiers de la population mondiale est touchée à des degrés divers, notamment les femmes et les enfants des couches pauvres de la population.*

Carence en fer

La carence en fer affecterait entre 1,6 et 3 milliards de personnes, ce qui en fait la carence la plus répandue. L'anémie, qui est une des principales conséquences de cette carence, toucherait 1,6 milliard de personnes, soit environ 25 % de la population mondiale (WHO, 2008). Elle concerne notamment 47 % des enfants de moins de 5 ans, 42 % des femmes enceintes et 30 % des femmes en âge de reproduction (figure 3.3). La comparaison avec les estimations

³Le présent rapport ne développera pas davantage la carence en iode dont la cause est spécifique, à savoir un environnement où la teneur en iode dans le sol et dans l'eau est insuffisante. Une stratégie universelle d'iodation du sel a été adoptée à l'échelle mondiale.

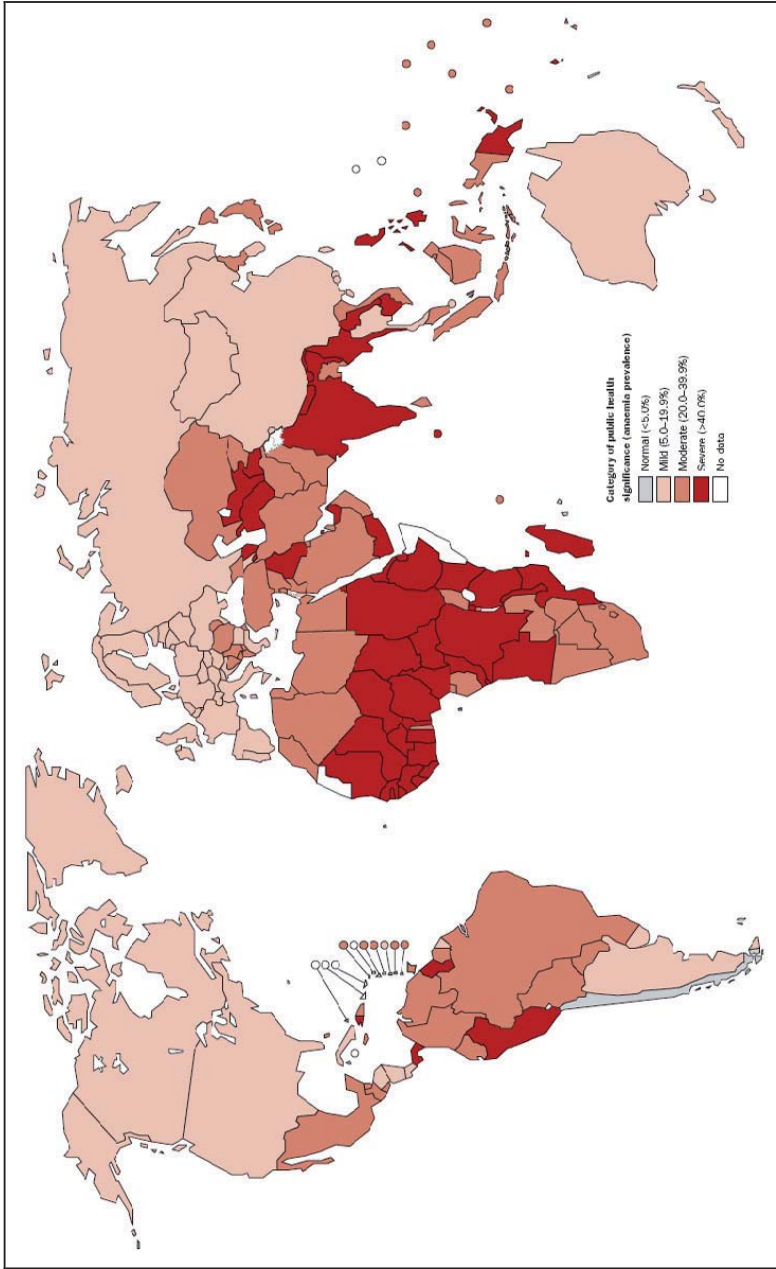


Figure 3.3
Prévalence d'anémies par pays chez les femmes en âge de reproduction (source WHO, 2008).

antérieures est particulièrement difficile, en raison de changements dans les méthodes de mesure et de l'évolution du nombre de pays couverts, mais peu de progrès semblent avoir été accomplis. La carence en fer est une cause majeure de mortalité maternelle ; elle entraîne aussi une altération du développement cognitif et des capacités d'apprentissage des enfants, et une diminution de la productivité des adultes. Elle est principalement due à une faible consommation de produits animaux (viandes et poissons), notamment dans les couches pauvres de la population, et/ou à une faible absorption de fer lorsque les régimes sont riches en phytates ou en composés phénoliques. Les risques de carence sont très élevés lors des périodes de la vie pendant lesquelles les besoins en fer sont augmentés, telles que la grossesse et la croissance au cours des premières années de la vie. La supplémentation médicamenteuse en fer est indiquée pour les jeunes enfants et les femmes enceintes. Mais les stratégies visant à augmenter l'ingéré en fer à travers la diversification de l'alimentation (produits animaux) et l'enrichissement en fer de certains aliments sont essentielles pour un contrôle durable de cette carence.

Carence en vitamine A

Selon la dernière estimation de l'OMS (WHO, 2009), la carence en vitamine A affecte 190 millions d'enfants de moins de 5 ans (33 %) (figure 3.4) et 19 millions de femmes enceintes (15 %). Cinq millions d'enfants (dont la moitié en Afrique) et 10 millions de femmes enceintes souffrent de cécité nocturne. La carence en vitamine A constitue un problème de santé publique pour les enfants de moins de 5 ans dans 122 pays et pour les femmes enceintes dans 88 pays. L'appréciation des tendances est difficile en raison de changements dans les méthodes de mesure par rapport aux estimations antérieures ; on peut cependant affirmer que les lésions oculaires ont diminué depuis les années 1990. La carence en vitamine A est en effet une des premières causes de cécité évitable ; c'est aussi un déterminant important de la morbidité et de la mortalité infectieuses dans les pays à faible et moyen revenus. Ses conséquences sont particulièrement marquées lors des périodes de la vie où les besoins nutritionnels sont les plus élevés (jeune enfance, grossesse, allaitement). Elles se développent en général dans des environnements pauvres sur les plans écologique, social et économique, où coexistent de façon chronique des consommations faibles en vitamine A et des infections. Les régimes alimentaires carencés en vitamine A manquent d'aliments contenant des esters de rétinol préformés (lait, fromages, œufs, foie, produits enrichis) ou d'aliments végétaux (fruits et légumes orange ou à feuilles vert sombre) contenant des caroténoïdes précurseurs (principalement du bêta-carotène). Dans ce dernier cas, les régimes exclusivement basés sur des fruits et légumes peuvent quand même conduire à des carences en vitamine A, du fait du faible taux de bioconversion des caroténoïdes en rétinol. Trois types d'approches complémentaires peuvent réduire la carence : la diversification

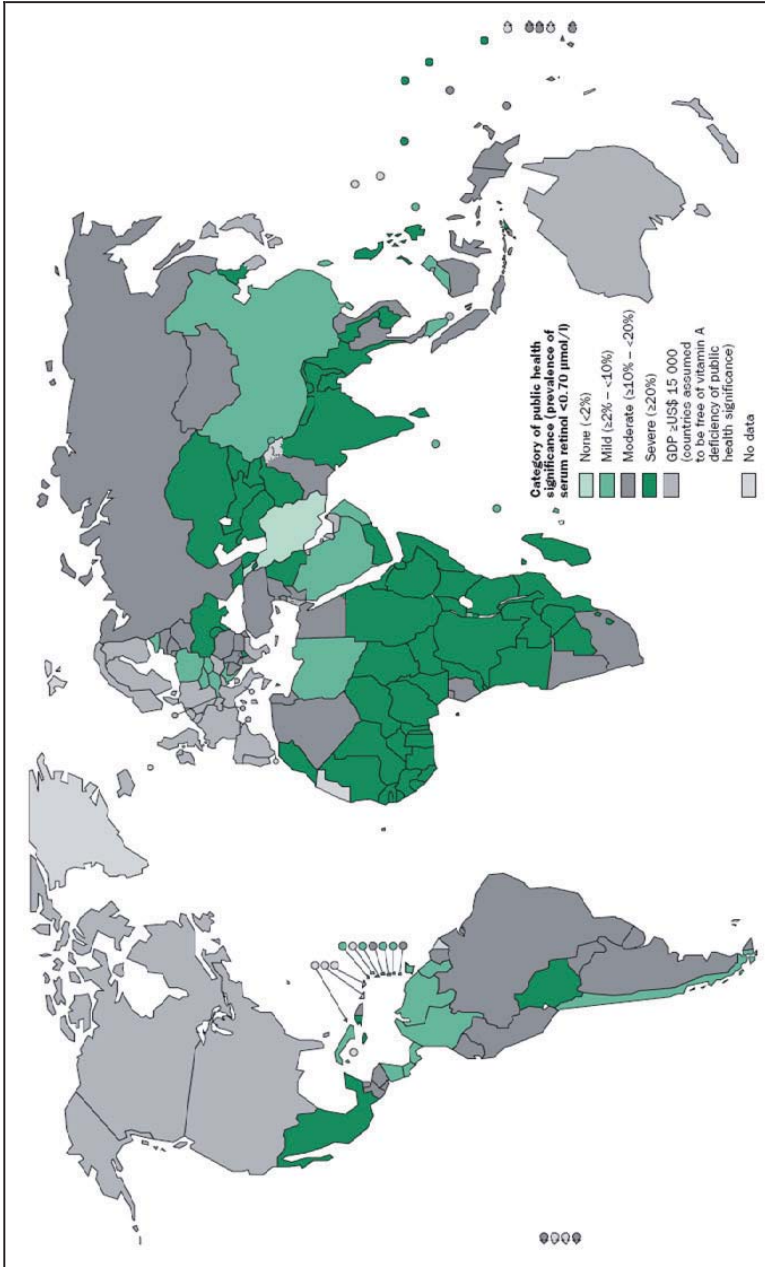


Figure 3.4 Prévalence de carences en vitamine A (faible rétinol) par pays chez les enfants de moins de 5 ans (source : WHO, 2009).

alimentaire à travers un meilleur accès physique et économique aux aliments riches en vitamine A ou en caroténoïdes précurseurs ; l'enrichissement de certains produits alimentaires (huile, sucre par exemple) en vitamine A ; et, pour les groupes de population les plus à risque, la délivrance périodique de suppléments médicamenteux de vitamine A à forte dose. C'est cette dernière forme d'intervention qui a le plus progressé au cours de la dernière décennie.

Carence en zinc

Un tiers de la population mondiale vit dans des pays considérés à haut risque de carence en zinc (Black *et al.*, 2008). La prévalence est élevée en Asie du Sud et du Sud-Est, dans une grande partie de l'Afrique subsaharienne, en Amérique centrale et dans les pays de la région andine (figure 3.5). La reconnaissance du zinc comme un des micronutriments essentiels est récente, et jusqu'à ces dernières années, on ne disposait pas d'informations sur la prévalence de cette carence ; de ce fait il est impossible d'établir des tendances. Les enfants sont les plus vulnérables, en particulier entre 6 mois et 2 ans. La carence en zinc est un déterminant important de la mortalité, de la morbidité et du retard de croissance chez les jeunes enfants des pays concernés. La première cause de carence est une consommation insuffisante de zinc absorbable. Les régimes alimentaires qui contiennent très peu de produits animaux (principale source de zinc), et qui sont basés presque exclusivement sur des céréales et tubercules (riches en phytates inhibiteurs de l'absorption du zinc), entraînent les plus grands risques de carence. Plusieurs stratégies peuvent réduire cette carence, parmi lesquelles la promotion de productions agricoles permettant d'augmenter l'ingéré en zinc, l'enrichissement de certains aliments, la réduction de la teneur en phytates de l'alimentation.

1.4 Impact de la hausse des prix alimentaires et de la crise économique mondiale sur les malnutritions

La récente hausse des prix alimentaires présente un caractère unique par son échelle et le degré de volatilité des prix. En plus des 75 millions de nouveaux sous-alimentés dus à cette hausse à la fin de l'année 2007, la crise alimentaire de 2008 et le ralentissement mondial de l'activité économique sont à l'origine d'une nouvelle augmentation de 100 millions de sous-alimentés, toutes les régions du monde étant touchées. Selon la FAO, cette augmentation n'est pas le résultat d'une offre insuffisante de produits alimentaires, mais d'une *réduction de l'accès des pauvres à ces produits*. La crise de 2008 a également révélé la grande vulnérabilité de la sécurité alimentaire de nombreux pays et leur dépendance vis-à-vis des importations alimentaires ; elle s'est particulièrement fait ressentir dans les pays à faible revenu et à déficit vivrier, et chez les groupes de

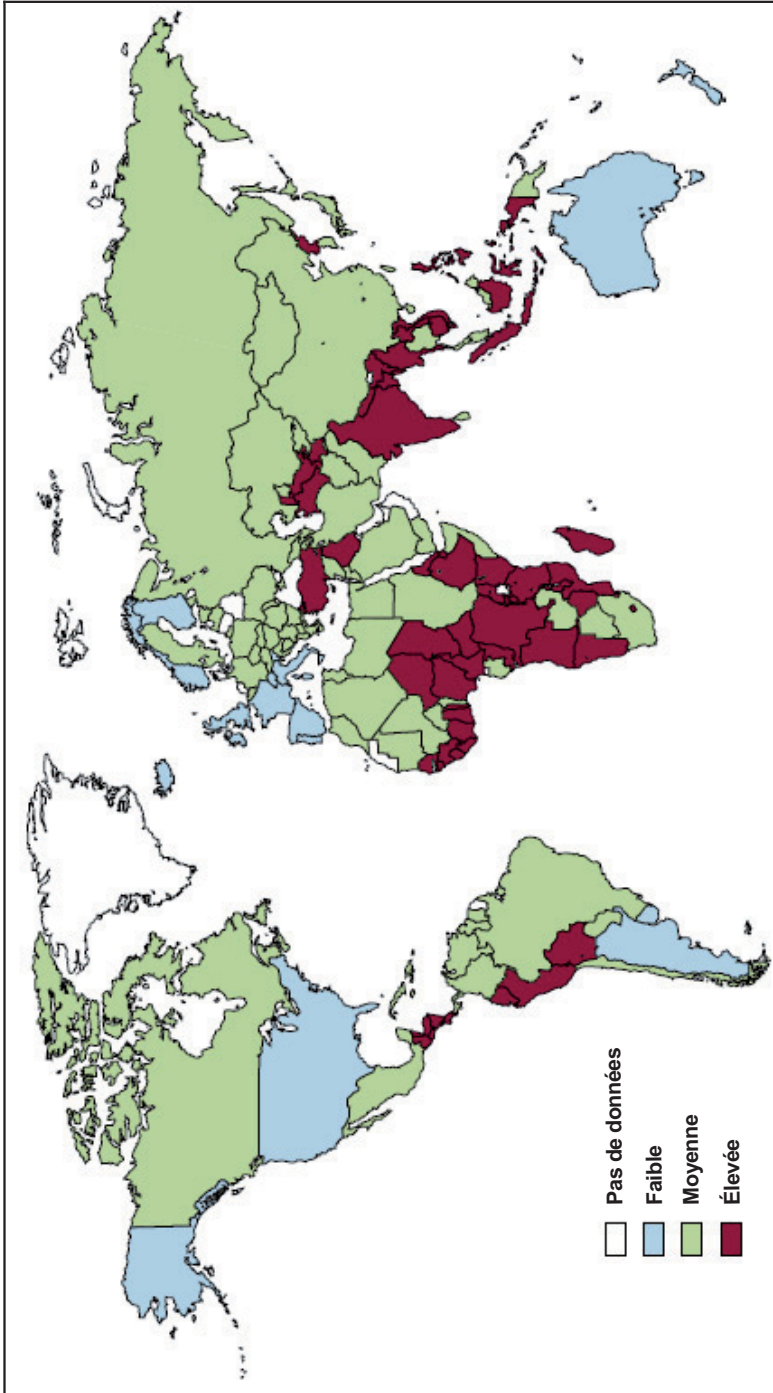


Figure 3.5
Risque de carence en zinc par pays chez les enfants de moins de 5 ans (Source : Black et al., 2008).

population constitués par les urbains pauvres et les ruraux acheteurs d'aliments. En effet, si dans les sociétés riches les dépenses consacrées à l'alimentation ne représentent que 10 à 20 % du budget des ménages, elles peuvent s'élever jusqu'à 50 %, et parfois plus, dans les sociétés pauvres. Les objectifs de réduction de la faim qui avaient été fixés pour 2015 sont donc largement remis en question, que ce soit celui du Sommet mondial de l'alimentation (réduction de moitié du nombre de sous-alimentés par rapport à 1990-92, soit 412 millions) ou celui, plus modeste, du premier « Objectif du millénaire » (réduction de moitié de la proportion de sous-alimentés, soit 10 %).

Au-delà des réponses à court terme pour satisfaire les besoins de base immédiats des populations vulnérables, la priorité affichée en 2008 par le groupe de travail des Nations unies sur la crise alimentaire et par l'IAASTD est d'investir dans des systèmes de production durable, de promouvoir des politiques agricoles basées sur la biodiversité locale, et, pour certains pays, de relancer l'agriculture vivrière de subsistance, en soutenant les petits producteurs (IAASTD, 2008). Dans un contexte de crise et de population croissante, l'IAASTD appelle à un changement de paradigme dans les modes de production et les pratiques agricoles, pour assurer de manière durable une alimentation suffisante en quantité et en qualité. Mais les leçons des crises économiques passées montrent que l'augmentation des malnutritions et des dommages physiques et cognitifs définitifs qui en résultent constitue le risque principal (SCN, 2008). En 2008, la montée des prix a contraint de nombreux ménages, et surtout les plus pauvres, non seulement à restreindre globalement leur alimentation (par exemple diminution des repas et/ou des quantités consommées), mais encore à acheter des aliments de moins bonne qualité nutritionnelle. Par exemple, la diversité alimentaire en milieu urbain au Burkina Faso a diminué avec la crise, et la qualité de l'alimentation s'est nettement dégradée (Becquey et Martin-Prével, 2008). Or on sait que même de faibles variations de cette qualité peuvent conduire à une augmentation des malnutritions et des carences en micronutriments, ceci bien avant qu'il y ait pénurie alimentaire. Les prix étant appelés à rester élevés pendant plusieurs années, des actions sont nécessaires pour éviter de nouvelles détériorations de la situation alimentaire et nutritionnelle dans les pays et les ménages vulnérables.

1.5 Changements dans les régimes alimentaires et obésité

Si la réduction de la sous-alimentation et des carences alimentaires demeure la priorité, les analyses les plus récentes montrent aussi que 1,3 milliard d'adultes étaient en surpoids en 2005, dont 400 millions d'obèses ; soit respectivement 33 % et 10 % de la population adulte mondiale (Kelly *et al.*, 2008). *Plus de 800 millions de ces personnes vivent dans les PED, alors que deux générations avant, il n'y avait quasiment pas d'obésité dans ces pays.* Toutes les

régions du monde sont donc concernées et, dans les PED, il y a déjà plus de femmes en surpoids que de femmes maigres, sous-alimentées (Mendez *et al.*, 2005). Ce sont au départ les niveaux économiques les plus élevés qui sont touchés préférentiellement, puis la charge de surpoids et d'obésité tend à se transférer sur les groupes socio-économiques intermédiaires et bas au fur et à mesure du développement économique (Popkin, 2004). *Ainsi, les PED sont confrontés de fait, pour une durée indéterminée mais probablement assez longue, à une double charge nutritionnelle : coexistence de problèmes de « sous-nutrition » (malnutritions maternelle et du jeune enfant, carences en micronutriments) et de problèmes de « surnutrition » (surpoids/obésité et maladies chroniques associées).* Cette double charge se rencontre, non seulement à l'échelle nationale, mais aussi au sein même des familles avec, par exemple, un enfant souffrant d'un retard de croissance et sa mère d'un surpoids. *Si les tendances récentes se poursuivent, la planète comptera 3,3 milliards de personnes en surpoids ou obèses en 2030, dont 80 % dans les PED.* Cette montée de l'obésité et des maladies chroniques associées est l'indicateur de changements majeurs qui se sont produits dans les disponibilités alimentaires, l'alimentation et les modes de vie au cours des deux dernières décennies du xx^e siècle, et notamment à partir des années 1990. Popkin a évoqué une collision sans précédent, entre la biologie humaine (régulation de l'appétit conditionné au paléolithique, aptitude au stockage des graisses façonnée durant des siècles par l'alternance de périodes de famine et d'abondance) et la technologie, les pratiques industrielles et commerciales, les politiques gouvernementales et la mondialisation (Popkin, 2009).

1.5.1 Les grandes caractéristiques des changements

Après une première étape d'augmentation des calories fournies par les céréales, les racines et les tubercules, les régimes alimentaires évoluent vers un accroissement de calories provenant des huiles végétales, des sucres simples et des produits animaux. Les produits alimentaires ultra-transformés (plats prêts à cuire ou à consommer, produits à base de viande, confiseries...) et les boissons non alcoolisées progressent rapidement dans les pays industrialisés comme dans les PED ; or les régimes alimentaires qui comportent une grande quantité de ces produits sont déséquilibrés sur le plan nutritionnel et défavorables à la santé. Bien qu'il y ait une grande variété de modèles alimentaires dans le monde, ces changements, souvent décrits sous le nom de transition alimentaire, semblent universels ; dans les milieux urbains des pays à faible et moyen revenus, ils s'opèrent à une rapidité inédite, beaucoup plus grande que ce qui s'était passé dans les pays industrialisés (Popkin, 2006). Ces changements sont reflétés par l'évolution de la structure des disponibilités alimentaires (figure 3.6).

Au départ, c'est l'extension de la consommation d'huiles végétales partout dans le monde qui a été le changement le plus important ; elle s'est produite

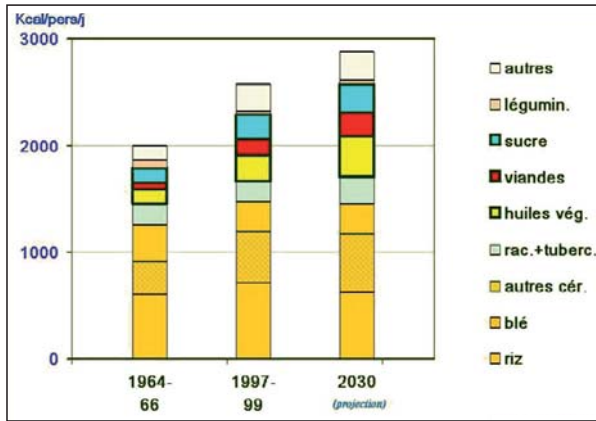


Figure 3.6

Évolution de la structure des disponibilités alimentaires dans les PED (WHO-FAO, 2003).

à la suite de progrès technologiques et d'une politique généralisée de production et de subventions qui ont permis à nombre de sociétés d'accéder à des régimes plus riches en lipides à des niveaux de revenus bien plus bas qu'autrefois (Drewnowski et Popkin, 1997). Alors que dans les années 1960, on ne trouvait des régimes contenant 20 % ou plus d'énergie sous forme de lipides que pour des revenus supérieurs à 1 500 dollars américains/an, dès les années 1990 on pouvait trouver de tels pourcentages dans des pays ayant un revenu moyen de 750 dollars/an (à prix constants de 1990). Depuis les années 1960, la consommation de produits animaux a aussi augmenté partout dans le monde, à l'exception de l'Afrique subsaharienne où elle est restée stable et très faible. En 2000, près de 400 kcal/pers.j étaient d'origine animale (800 pour les pays industrialisés et un peu moins de 300 pour les PED) (Schmidhuber, 2003). La progression a été très rapide en Asie de l'Est, notamment en Chine où elle a doublé au cours de la dernière décennie (porc essentiellement), et en Inde (lait). En Chine, la proportion de personnes consommant des régimes à plus de 30 % de calories lipidiques est passée de 15 à 44 % entre 1989 et 2000, et les adultes consomment maintenant plus de 1 300 kcal/pers.j d'origine animale (Popkin, 2006). Le sucre joue aussi un rôle important, dans les plats comme dans les boissons. Or toute augmentation de la densité énergétique accroît de fait l'ingéré calorique (Popkin, 2004) et contribue à un déséquilibre énergétique par excès. L'affinité gustative pour les lipides et le sucre est par ailleurs une caractéristique universelle, qui encourage spontanément la consommation d'aliments riches en énergie dès lors qu'ils sont disponibles et bon marché (Maire *et al.*, 2002); et comme l'ingéré en lipides et en sucre n'est pas régulé par la satiété, contrairement aux aliments riches en amidon (Rolls et Bell, 1997), c'est l'environnement alimentaire (quantité et types d'aliments disponibles, prix des

aliments, nombre et types de commerces alimentaires) des individus qui prend une part prépondérante dans le contexte des changements en cours, et en particulier l'essor des produits alimentaires ultra-transformés. Cet environnement est maintenant caractérisé par l'abondance de produits alimentaires à haute densité énergétique et à faible teneur en micronutriments. Plus généralement on a parlé d'environnement « obésogène », défini comme étant la somme des influences que l'entourage, les conditions de vie et les opportunités exercent pour promouvoir le surpoids chez les individus et les populations (Swinburn et Egger, 2002).

1.5.2 Le contexte de l'évolution des régimes alimentaires

Plusieurs causes sous-jacentes favorisent la convergence vers la surconsommation calorique et la consommation d'aliments à haute densité énergétique, dans un contexte où la mondialisation des économies a été un des moteurs principaux de ces changements :

- l'augmentation des disponibilités énergétiques et des revenus : l'augmentation des revenus favorise la consommation hors domicile, en particulier de viandes et de produits animaux ;
- la diminution du prix relatif des produits animaux (celui de la viande de bœuf a été divisé par 2,5 entre 1970 et 2000 (Popkin, 2006) ;
- l'urbanisation et le changement social associé qui modifient les habitudes alimentaires, notamment des migrants ruraux ; l'urbanisation favorise la consommation hors domicile et celle de plats prêts à cuire ou à consommer ;
- l'industrialisation de l'alimentation à travers l'utilisation de matières grasses et de sucre bon marché, et la production d'aliments transformés ;
- les changements dans le commerce mondial, en particulier la concentration croissante et l'expansion de la grande distribution dans les PED ; entre 1992 et 2002, la proportion des achats d'aliments effectués en supermarchés a plus que doublé en Amérique latine et en Asie de l'Est et du Sud-Est (FAO, 2004). Une synthèse récente a montré que la conséquence principale et universelle de la montée des achats alimentaires en supermarché est une augmentation des quantités consommées (Hawkes, 2008) ;
- le marketing et la publicité associés à la montée en puissance des médias.

Les systèmes alimentaires sont donc touchés dans leur ensemble. Couplés à la croissance démographique, ces changements sont de nature à modifier fortement les besoins et la demande alimentaires.

1.6 Proposition

Il est possible de combattre la faim et les malnutritions carenciales. Parmi les nombreuses options d'investissement agricole, il importe de choisir explicitement celles qui ont le plus grand potentiel pour construire une résilience à long terme des systèmes alimentaires et pour réduire la sous-nutrition : promotion de certains types de cultures, ciblage des populations les plus vulnérables en zone rurale, prise en compte prioritaire des questions de genre (accès au foncier, formation, charge de travail...), formation des décideurs et prestataires du développement agricole. Elles doivent être combinées avec les interventions directes de nutrition de base dirigées vers les jeunes enfants et leurs mères, qui ont fait leurs preuves, l'enjeu étant ici de les mettre en œuvre à grande échelle. Ces interventions, qui impliquent essentiellement les services de santé, portent notamment sur les modifications de comportement (promotion de l'allaitement maternel et des pratiques d'alimentation de complément) ; la supplémentation médicamenteuse et l'enrichissement d'aliments en micronutriments ; et, lorsque nécessaire, la fourniture d'aliments de complément améliorés pour la prévention des malnutritions et d'aliments thérapeutiques prêts à l'emploi.

Par ailleurs, de nouveaux outils de suivi et de compréhension applicables aux situations de vulnérabilité alimentaire en milieu urbain doivent être développés. La surveillance des situations, avec de bons indicateurs rigoureusement sélectionnés et en nombre limité, est importante : indicateurs du prix des aliments ; de la sécurité et du bien-être alimentaire au niveau des ménages ; de nutrition/santé. Ces outils ne seront cependant pas d'une grande utilité s'ils ne sont pas développés conjointement avec les responsables des pays vulnérables qui doivent prendre des décisions relatives au déclenchement de l'aide alimentaire.

2 | Évolution des besoins 2000-2050

Les grands déterminants de l'évolution des besoins et de la demande alimentaires sont bien identifiés : accroissement de la population, structure de cette population (âge, taille corporelle, degré d'urbanisation), développement économique et revenus, évolution des régimes alimentaires et des modes de vie (cf. chapitre 7). Les facteurs démographiques vont rester un facteur dominant, même si la croissance démographique se ralentit et demeure plus faible que celle de la production agricole. Mais l'évolution des régimes alimentaires et plus généralement des systèmes alimentaires, telle qu'évoquée plus haut (avec l'urbanisation, l'industrialisation de l'alimentation et l'essor de la grande distribution), prend une place centrale dès lors qu'on tente d'intégrer, à la réflexion et aux calculs, la pression sur les ressources naturelles, le changement climatique et la santé

publique. La perspective est d'envisager des politiques qui n'augmentent pas seulement les quantités d'aliments produites, mais qui assurent aussi la qualité nutritionnelle de l'alimentation et la durabilité des disponibilités alimentaires.

2.1 Alimentation, environnement, changement climatique

Plusieurs analyses récentes mettent en lumière les relations entre le surpoids/obésité et le changement climatique, soulignant la ressemblance des deux problèmes, aussi bien dans leur complexité que dans la similarité des causes et des solutions possibles (Delpuech *et al.*, 2009). Selon Dransfeld et Michaelowa (2006), l'augmentation de la masse corporelle engendre :

- l'augmentation de la masse des déchets produits → CH₄
- l'augmentation du poids des véhicules → CO₂
- l'augmentation de la production et de consommation d'aliments, d'où :
- l'augmentation du nombre de têtes de bétail → CH₄
- l'augmentation de la consommation en carburants → CO₂
- l'augmentation de la consommation d'engrais → CO₂, N₂O

L'augmentation des consommations alimentaires contribue donc, avec la diminution de l'activité physique, à la fois à l'accroissement des prévalences d'obésité et au changement climatique. La chaîne alimentaire (production agricole, transformation, transport, souvent sur de longues distances, commercialisation) rassemble des activités à forte intensité de carbone qui entraînent une augmentation de la consommation d'énergie fossile et des émissions de carbone. Les industries alimentaires dans leur globalité généreraient 20 % des gaz à effet de serre (GES). Certains analystes ont calculé les quantités supplémentaires d'énergie et de carburant nécessaires à l'alimentation et au transport d'une population à forte prévalence de surpoids/obésité par rapport à une population où la distribution de l'IMC⁴ serait normale (Edwards et Roberts, 2009). Pour un milliard de personnes, elles correspondent à des émissions annuelles d'équivalents CO₂ comprises entre 0,4 et 1 Gt. Quelle que soit la marge d'erreur des calculs, *la prévention du surpoids peut fournir d'importants bénéfices pour l'environnement*, à travers la réduction des émissions de GES, en plus de ses bénéfices pour la santé publique. Elle suppose d'agir sur la demande, que

⁴IMC = Indice de masse corporelle (rapport du poids en kg à la taille en m au carré).

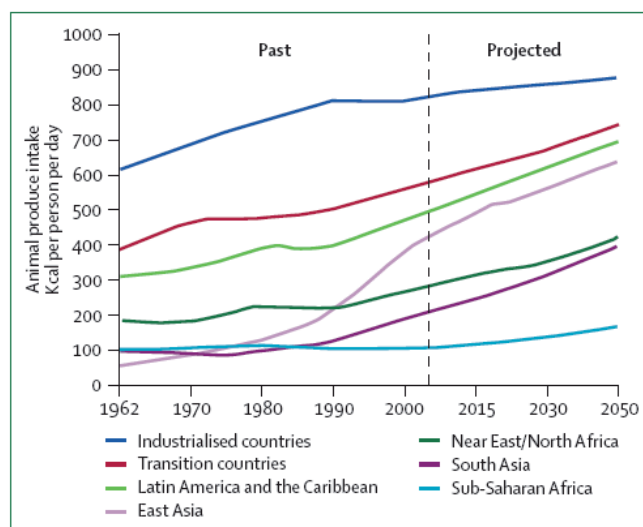


Figure 3.7

Évolution de la consommation de produits animaux par personne (viandes, œufs, lait et produits laitiers à l'exception du beurre) (Steinfeld *et al.*, 2006).

ce soit au niveau des comportements alimentaires ou, plus généralement, du système alimentaire dans son ensemble.

La consommation de viande est en moyenne de 110 g/pers.j au niveau mondial (consommation apparente en termes de disponibilités alimentaires établies par la FAO) (Steinfeld *et al.*, 2006) ; mais cette moyenne cache une des plus grandes inégalités de consommation entre les PED et les pays industrialisés, soit environ 80 g/j et 220 g/j respectivement. La consommation de viande a doublé au niveau mondial entre 1980 et 2002, mais elle a surtout augmenté dans les pays où elle était basse, et qui sont en transition économique et nutritionnelle rapide ; et si les tendances de consommation actuelles se poursuivent (figure 3.7), la production mondiale de produits animaux doublera d'ici 2050 par rapport à son niveau de 2000 (Steinfeld *et al.*, 2006) ; notamment, la consommation de viandes en 2050 serait d'environ 170 g/pers.j en moyenne au niveau mondial, dont 310 g/pers.j dans les pays de l'OCDE, 184 g/pers.j dans les pays BRIC (Brésil, Russie, Inde et Chine) et 118 g/pers.j dans les autres pays. Ceci aura des conséquences évidentes et fortes sur l'environnement mais aussi sur la santé humaine. Ainsi, la FAO estime que 22 % des GES viennent de l'agriculture, dont 80 % de l'élevage, donc de la consommation de viande (notamment de ruminants). L'élevage produit 9 % du CO₂ anthropique, mais est surtout responsable de l'émission d'autres GES, soit 65 % du N₂O et 37 % du CH₄ anthropique (Steinfeld *et al.*, 2006). Une étude récente indique qu'un changement

général vers un régime alimentaire à faible consommation de viande, favorable à la santé (*Healthy Diet* recommandé par l'École de Santé Publique de l'Université de Harvard), réduirait d'environ 50 %, soit 20 000 milliards de dollars américains sur la période 2010-2030, les coûts économiques d'atténuation permettant de stabiliser les concentrations atmosphériques à 450 ppm d'équivalent CO₂ d'ici à 2050 (Stehfest *et al.*, 2009). Par ailleurs, produire une calorie animale nécessite plusieurs calories végétales ; et la part des calories végétales dans le monde qui pourraient être directement utilisées en alimentation humaine et qui sont utilisées pour l'alimentation animale était de 33 % en 2003 (Agrimonde, 2009) ou encore de 38 % des céréales selon la FAO (2005). Les besoins en terre et en eau exigés par les productions animales sont en général plus élevés que ceux nécessités par les productions végétales. Par exemple, il faudrait selon les conditions 3 à 8 fois plus de surface de terre pour produire 3 000 kcal/pers.j avec un régime riche en viande par rapport à un régime à base végétale (Gerben-Leenes *et al.*, 2002) ; des changements dans les modes de consommation ont donc des impacts considérables en termes de surface agricole nécessaire, quasiment du même ordre que la croissance démographique ou l'augmentation de la production. En ce qui concerne l'eau, il a été estimé que 1 kg de bœuf nourri aux céréales nécessite en moyenne 15 000 l d'eau, 1 kg de mouton nourri à l'herbe 10 000 l, 1 kg de volaille 6 000 l, 1 kg de céréales 400 à 3 000 l, figure 3.8 (Renault et Wallender, 2000 ; Wichelns, 2001 ; Zimmer et Renault, 2003 ; SIWI, IWMI, 2004). Naturellement ces chiffres varient en fonction des sols, des climats et des conditions de production ; mais l'augmentation de la demande de viande bovine au cours des dernières décennies a surtout été satisfaite par l'intensification des systèmes de production et l'augmentation de l'utilisation de grains.

Les productions animales peuvent toutefois présenter divers avantages : elles contribuent au maintien de la biodiversité, des paysages et de la qualité des sols ; pour de nombreux paysans pauvres des PED, elles représentent une source importante d'énergie renouvelable et d'engrais organique. De plus, dans ces pays, la consommation de produits animaux doit être favorisée car elle est trop faible chez les groupes vulnérables des populations pauvres pour garantir une croissance normale aux jeunes enfants et pour protéger contre les carences en micronutriments. Ces chiffres soulignent cependant les implications d'une consommation élevée de viande sur l'environnement. Concernant la santé humaine, les données actuelles suggèrent de limiter la consommation de viande rouge en raison de l'augmentation du risque de maladies cardiovasculaires (notamment à travers les graisses saturées) et de certains cancers liés à cette consommation (Hu & Willet 1998, McMichael, 2007). L'étude européenne EPIC a montré que 16 % de la réduction de mortalité associée à l'observance d'un régime alimentaire méditerranéen en Grèce était attribuable à une faible consommation de viande et de produits animaux (Trichopoulou *et al.*, 2009). Le *Healthy Diet* évoqué plus haut correspond à une disponibilité en viande d'environ

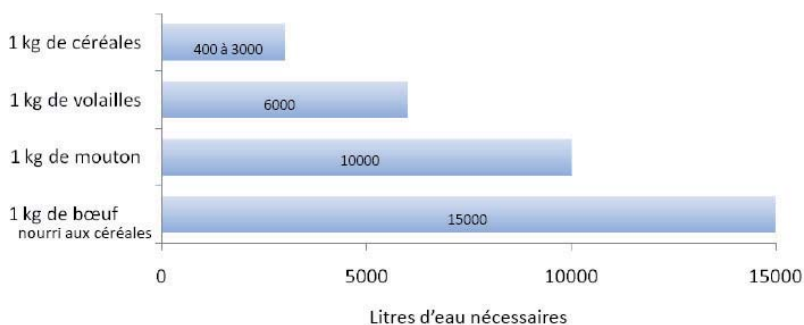


Figure 3.8

Quantités d'eau requises pour différents types de production alimentaire.

100 g/pers.j (dont environ 15 % de ruminants, 15 % de porc et 70 % de volailles) (Stehfest *et al.*, 2009) ; il est assez proche de l'objectif global de 90 g de viandes/pers.j (soit l'équivalent d'environ 200 kcal/pers.j) qui a été proposé pour prévenir l'augmentation des émissions de GES venant du secteur de l'élevage (McMichael *et al.*, 2007).

Une convergence des consommations de viande vers des niveaux faibles/modérés dans tous les pays semble donc souhaitable pour au moins trois raisons : l'environnement, le changement climatique et la santé humaine (pour éviter à la fois les carences et les excès). Mais elle suppose un changement majeur des habitudes alimentaires dans les pays industrialisés et un renversement de tendance dans la plupart des autres pays, notamment les pays émergents, avant que ne s'installent des habitudes difficiles ensuite à modifier. Elle suppose aussi que des mesures de soutien de grande ampleur soient prises en faveur des éleveurs, un des principaux obstacles à la transition vers des régimes faibles en viande se situant à ce niveau.

2.2 Quelles stratégies pour une alimentation durable en 2050 ?

Quelles que soient les méthodes de production envisagées, nourrir 9 milliards de personnes de manière satisfaisante implique une pression importante et accrue sur les ressources naturelles. Limiter la surconsommation énergétique et celle de produits animaux dont la production est peu efficace en termes d'utilisation de terre, d'eau et de grains, fournit de multiples bénéfices pour l'environnement. Par exemple, le scénario Agrimonde 1 élaboré récemment par le

Cirad et l'Inra (Agrimonde, 2009) envisage des consommations d'énergie alimentaire et de produits animaux en diminution dans les pays industrialisés et plafonnées dans les autres pays, et considère qu'il s'agit d'objectifs prioritaires pour une alimentation durable en 2050 (cf. chapitre 7) ; il est donc intéressant de s'interroger sur les stratégies potentielles qui pourraient conduire à sa réalisation. Il faut donc définir d'abord une politique de contraction et de convergence qui mette en avant l'équité au niveau international ; elle semble faisable car la plus défendable, une politique de contraction généralisée n'étant ni souhaitable ni possible. De ce fait, un premier objectif devrait combiner une réduction des pertes et du gaspillage de nourriture (cf. chapitre 5 § 6) et une diminution de la surconsommation d'énergie (en mangeant moins d'aliments gras et sucrés) et de viandes, notamment de ruminants dans les pays riches, avec des effets très positifs (et sans effets négatifs) sur la santé (McMichael et al., 2007). Ceci permet de fixer comme deuxième objectif la poursuite de l'augmentation des disponibilités énergétiques alimentaires et de la consommation de produits animaux (notamment de ceux qui ont le moins d'effets négatifs sur l'environnement) dans les PED, là où elle est nécessaire, mais avec le même plafond et avec un double effet positif sur la santé : à court terme réduction de la sous-alimentation et des carences en micronutriments, et à moyen/long terme prévention de l'obésité, des maladies cardiovasculaires et du cancer colorectal. De tels objectifs s'inscrivent dans la recherche plus large de modèles de production et de consommation à faible intensité de carbone. Les atteindre suppose des changements majeurs dans les modèles alimentaires et dans les comportements. Est-ce possible et comment ?

Tout d'abord, la prise de conscience de la fragilité des systèmes alimentaires et des relations entre alimentation, santé et environnement par les responsables politiques et par le grand public des pays riches et des pays émergents est cruciale pour que les consommateurs opèrent de véritables choix culturels en faveur d'une alimentation durable. Certains pays présentent des facteurs sociaux et culturels favorables : par exemple, le Brésil et la Thaïlande ont des niveaux de revenu et des taux d'urbanisation comparables mais la consommation de produits animaux est environ deux fois moins élevée en Thaïlande ; le Japon et la Russie ont le même niveau de consommation de produits animaux alors que le Japon a un revenu par habitant 2 à 3 fois plus élevé que celui de la Russie (Steinfeld et al., 2006). Dans les pays riches, une nouvelle catégorie de « consommateurs impliqués » se développe, même si elle ne représente encore qu'une faible partie de la population. Les campagnes de masse peuvent avoir une certaine efficacité pour infléchir les tendances de consommation ; des actions d'information, d'éducation et de communication seront indispensables, mais elles ne seront pas suffisantes si des environnements favorables ne sont pas créés pour agir sur la demande et faciliter les changements de comportement (Swinburn et Egger, 2002). Au cours des dernières années, un vaste ensemble de travaux ont montré que la surconsommation est en grande partie le résultat d'une réponse automatique et non contrôlable à des facteurs environnementaux

qui sont en général peu pris en compte (accès facile à des calories bon marché, marketing alimentaire...). Ils remettent en question l'idée largement répandue que les comportements alimentaires sont seulement une question de choix conscients qui pourraient aisément être modifiés par l'éducation (Cohen, 2008). L'enjeu principal est donc de créer de nouveaux environnements alimentaires en introduisant des objectifs de santé et d'environnement dans les modèles de production et de consommation, ce qui oblige à revoir l'ensemble du système alimentaire (Delpeuch, 2007). En termes d'action, *cela implique non seulement la mise en œuvre de politiques alimentaires et nutritionnelles novatrices et volontaristes jouant à la fois sur l'offre et sur la demande* (Le Bihan et al., 2002), mais aussi *leur intégration aux politiques agricoles et environnementales*. Ceci suppose une intervention forte des gouvernements autour d'un ensemble de mesures combinées s'appuyant sur tous les niveaux de la société (producteurs, industrie agroalimentaire, distributeurs, restauration collective, consommateurs, professionnels de la santé et de l'éducation, universitaires) : subventions (ou taxes) à la consommation d'aliments en fonction de leurs bénéfices pour la santé publique et l'environnement ; mesures législatives et incitatives concernant le contenu, l'étiquetage et le marketing des aliments transformés, etc. Ceci suppose également des actions du côté de l'offre : par exemple, des investissements agricoles favorables à l'alimentation, la nutrition et l'environnement ; des systèmes agricoles diversifiés et résilients ; le renforcement des chaînes alimentaires localisées ; des subventions et/ou taxes à la production d'aliments selon leur impact favorable ou défavorable sur l'environnement et la santé (Caraher et Cowburn, 2005). Les questions alimentaires, notamment celle des modèles alimentaires, doivent être **dès maintenant** posées sous le double angle de la santé publique et de l'environnement ; plus précisément, elles doivent être reliées à la croissance démographique, aux ressources en énergie, en terres et en eau, aux modes de production, de transformation et de distribution, et au changement climatique. Dans les pays industrialisés et émergents, l'impact des modèles alimentaires sur l'émission des GES et l'environnement et les perspectives d'adaptation des consommations alimentaires devraient aujourd'hui nécessiter la même attention que les questions de production et d'utilisation d'énergie à des fins non alimentaires (transports, chauffage...), et figurer à l'ordre du jour politique. Le lien étroit entre santé humaine et « santé de la planète » est de nature à gagner les cœurs et les esprits. Mais l'action publique peut et doit jouer un rôle moteur à la fois sur la demande et sur l'offre pour qu'une alimentation durable à faible intensité de carbone, telle qu'esquissée ci-avant (convergence des pays industrialisés et des PED vers une consommation apparente de 3 000 kcal/pers.j, dont 500 kcal maximum sous forme de produits animaux), devienne *in fine* la norme sociale ; ceci en agissant sur les grands déterminants des modèles alimentaires, notamment en levant les obstacles que chaque individu peut rencontrer pour faire des choix en faveur de la santé et de l'environnement. Il n'y a pas de solution unique mais une combinaison d'options à préciser en fonction du contexte social, économique et culturel : formation et information sur les effets

des modes de consommation et des différents produits alimentaires sur la santé et l'environnement, disponibilités des produits, politiques de prix et de revenus, incitations et contrôles pour améliorer la composition des aliments transformés, étiquetage simplifié à vocation nutritionnelle et environnementale (en termes de GES, d'eau et de terres), marketing orienté, décisions en matière de restauration collective, etc. Les outils existent, mais ils doivent être repensés en prenant en compte l'impact de tous les niveaux de la chaîne alimentaire sur la santé et l'environnement. Les défis sont donc d'abord informationnels et sociopolitiques, mais ils sont aussi technologiques tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Au-delà du niveau national, cela nécessite également que les politiques alimentaires globales qui sont menées par les Organisations des Nations unies en interaction avec les grandes entreprises internationales de l'agroalimentaire soient transparentes et documentées.

Références bibliographiques

- Agrimonde (2009). *Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*. Paris : Inra, Cirad.
- Becquey E., Martin-Prével Y. (2008). *Mesure de la vulnérabilité alimentaire en milieu sahélien : résultats de l'étude de Ouagadougou*. Ouagadougou : CILSS.
- Black R., Allen L., Bhutta Z., Caulfield L., de Onis M., Ezzati M., Mathers C., Rivera J. (2008). *Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences*. *Lancet*, **371** : 243-60.
- Caraher M., Cowburn G. (2005). *Taxing food*. *Public Health Nutrition*, **8** : 1242-9.
- Cohen DA. (2008). *Obesity and the built environment: changes in environmental cues cause energy imbalances*. *International Journal of Obesity*, **32** : S137-42.
- Collomb P. (1999). *Une voie étroite pour la sécurité alimentaire d'ici à 2050*. Rome : FAO & Economica : Paris.
- Delpuech F. (2007). *Le système alimentaire mondial à un carrefour*. *Cahiers Agricultures*, **17** : 1-3.
- Delpuech F., Maire B., Monnier E., Holdsworth (2009). *Globesity: a planet out of control?* London : Earthscan Ltd.
- Dransfeld B., Michaelowa A. (2006). *Greenhouse gas benefits of fighting obesity*. *HWWI Research Paper*, 4-8.

- Drewnowski A., Popkin BM. (1997). The nutrition transition: new trends in the global diet. *Nutrition Reviews*, **55** : 31-43.
- Edwards P., Roberts I. (2009). Population adiposity and climate change. *International Journal of Epidemiology*, 2009 Apr 19 [Epub ahead of print].
- FAO (2003). *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2003*. Rome : Food and Agriculture Organization.
- FAO (2004). *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2004*. Rome : Food and Agriculture Organization.
- FAO (2008). *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2008*. Rome : Food and Agriculture Organization.
- Gerben-Leenes PW., Nonhebel S., Ivens WPMF. (2002) A method to determine land requirements relating to food consumption patterns. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **90** : 47-58.
- Griffon M. (2006). *Nourrir la planète – Pour une Révolution doublement verte*. Paris : Odile Jacob.
- Hawkes C. (2008). Dietary implications of supermarket development. *Development Policy Review*, **26** : 657-92.
- Horton S., Shekar M., McDonald C., Mahal A. (2009). *Scaling up nutrition: What will it cost?* Washington, DC : World Bank.
- Hu FB., Willet WC. (1998). The relationship between consumption of animal products and risk of chronic diseases: a critical review. Cambridge, MA : Harvard School of Public Health.
- IAASTD (2008). International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Agriculture at a crossroads. The global report. Washington, DC : IAASTD.
- International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG) (2004). Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food and Nutrition Bulletin*, **25** : S91-S202.
- Le Bihan G., Delpeuch F., Maire B. (2002). *Nutrition et politiques publiques. Propositions pour une nouvelle approche des enjeux alimentaires*. Série Humanité et biosphère, Cahiers de propositions pour le XXI^e siècle. Paris : Editions Charles Léopold Mayer.
- Kelly T., Yang W., Chen CS., Reynolds K., He J. (2008). Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030. *International Journal of Obesity*, **32** : 1431-7.

- MAEE (2009). Document d'Orientation Stratégique Nutrition dans les Pays en Développement. Paris : MAEE.
- Maire B., Lioret S., Gartner A., Delpeuch F. (2002). Transition nutritionnelle et maladies chroniques non transmissibles liées à la nutrition dans les pays en développement. *Cahiers Santé*, **12** : 45-55.
- McMichael AJ., Powles JW., Butler CD., Uauy R. (2007). Food, livestock production, energy, climate change, and health. *Lancet*, **370** : 1253-63.
- Mendez MA., Monteiro CA., Popkin BM. (2005). Overweight exceeds underweight among women in most developing countries. *American Journal of Clinical Nutrition*, **81** : 714-21.
- Morris SS., Cogill B., Uauy R. for the Maternal and Child Undernutrition Study Group (2008). Effective international action against undernutrition: why has it proven so difficult and what can be done to accelerate progress? *Lancet*, **371** : 608-21
- Popkin BM. (2004). The nutrition: an overview of world patterns of change. *Nutrition Reviews*, **62** : S140-3.
- Popkin BM. (2006). Global nutrition dynamics: the world is shifting rapidly toward a diet linked with non communicable diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, **84** : 289-98.
- Popkin BM. (2009). The world is fat: new dynamic shifts in patterns of the nutrition transition. *Annals of Nutrition & Metabolism*, **55** (Suppl.1) : 5.
- Renault D., Wallender WW. (2000). Nutritional water productivity and diets. *Agricultural Water Management*, **45** : 275-296.
- Rolls BJ., Bell EA. (1999). Intake of fat and carbohydrate: role of energy density. *European Journal of Clinical Nutrition*, **53** : S166-73.
- Schmidhuber J. (2003). The outlook for long-term changes in food consumption patterns: Concerns and policy options. *Scientific workshop on globalization of the food system: impacts on food security and nutrition*. October 2003, Rome : FAO.
- SCN – Standing Committee on Nutrition (2008). *Impact of high food prices on nutrition*. Committee on world food security. 14 October 2008, Rome : FAO.
- SIWI, IWMI (2004). *Water – More nutrition per drop*. Stockholm : Stockholm International Water Institute.
- Stehfest E., Bouwman L., Van Vuuren DP., Den Elzen MGJ., Eickhout B., Kabat P. (2009). Climate benefits of changing diet. *Climate change*, **95** :83-102.

- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C. (2006). *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. Rome : Food and Agriculture Organization.
- Swinburn B., Egger G. (2002). Preventive strategies against weight gain and obesity. *Obesity Reviews*, **3** : 289-301.
- Trichopoulou A., Bamia C., Trichopoulos D. (2009). Anatomy of health effects of Mediterranean diet: Greek EPIC prospective cohort study. *BMJ*, 2009 Jun 23 ; **338** : b2337. doi:10.1136/bmj.b2337.
- Uauy R., Kain J. (2002). The epidemiological transition: need to incorporate obesity prevention into nutrition programmes. *Public Health Nutrition*, **5** : 223-9.
- WHO (2008). *Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005. Global database on anaemia*. Geneva : World Health Organization.
- WHO (2009). *Global prevalence of vitamine A deficiency in populations at risk 1995-2005. Global database on vitamine A deficiency*. Geneva : World Health Organization
- WHO/FAO (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a WHO/FAO Expert Consultation*. WHO Technical Report Series 916, Geneva : World Health Organization.
- Wichelns D. (2001). The role of "virtual water" in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt. *Agricultural Water Management*, **49** : 131-151.
- Zimmer D., Renault D. (2003). *Virtual water in food production and global trade: review of methodological issues and preliminary results*. Proc. Delft Workshop on Virtual Water. IHE, Delft, NL.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

CHAPITRE 4

Biodiversité, agriculture et environnement

BERNARD SAUGIER, JOHN THOMPSON, AVEC CHRISTIAN LÉVÊQUE, GILLES BILLEN

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

1 | Qu'est-ce que la biodiversité ?

La biodiversité désigne la diversité des organismes vivants, qui s'apprécie en considérant la diversité des espèces, celle des gènes au sein de chaque espèce, ainsi que l'organisation et la répartition des écosystèmes. Ce terme a été popularisé par le colloque du Sommet de la Terre de Rio (1992), sous l'égide de l'ONU ; tous les pays ont alors décidé au travers d'une convention mondiale sur la biodiversité de faire une priorité de la protection et restauration de la diversité du vivant, considérée comme une des ressources vitales du développement durable.

Cette biodiversité a une histoire et une géographie. Depuis son origine sur Terre il y a quelque 3,8 milliards d'années, la vie s'est d'abord développée dans les océans, restant sous forme de bactéries pendant plus de 3 milliards d'années¹. Il y a 600 millions d'années, les organismes se sont diversifiés de façon remarquable, colonisant peu à peu tous les habitats disponibles à la surface de la Terre. Cette augmentation de biodiversité n'a pas été régulière, plusieurs bouleversements climatiques ont entraîné des disparitions répétées d'espèces, qualifiées d'extinctions massives. Mais chaque extinction a été suivie d'une augmentation très rapide de biodiversité, comme si la nature voulait rattraper le temps perdu. On connaît aujourd'hui 1,6 million d'espèces vivantes (dont près d'un million d'insectes et 250 000 plantes supérieures) mais on pense qu'il en existe 5 à 10 fois plus. Ces espèces ne sont pas réparties également sur le globe. La biodiversité augmente avec la température et avec la diversité des habitats. Les milieux les plus riches sont ainsi les récifs coralliens pour les océans et les forêts tropicales humides pour les continents. Les activités humaines constituent une menace importante pour la biodiversité, par les rejets de substances polluantes, les surfaces dévolues aux constructions et aux infrastructures, et surtout par la destruction d'habitats à forte diversité comme les forêts et leur remplacement par des zones de culture ou de prairie extensive.

Pourquoi est-il important de maintenir une grande biodiversité ? D'abord, parce que c'est un patrimoine inestimable et indispensable à la vie qui nous a été légué, même s'il a fait l'objet de très forts changements naturels au cours des temps géologiques, c'est donc un problème éthique. Mais aussi pour des raisons pratiques. Nous dépendons du vivant pour notre alimentation (cultures, élevage, pêche et aquaculture), pour des fibres textiles (coton, laine), pour le bois (construction, chauffage, mobilier, pâte à papier), pour nos médicaments en partie, pour la pollinisation de nos arbres fruitiers. Pourrait-on assurer ces

¹Des chercheurs français ont récemment découvert au Gabon des fossiles macroscopiques datant de 2,1 milliards d'années (El Albani A. *et al.*, *Nature*, **466**, 100-104, 1st July 2010). S'il est démontré qu'il s'agit d'organismes multicellulaires, cela fait reculer de 1,5 milliard d'années l'origine de ces organismes.

services avec un nombre limité d'espèces, comme c'est le cas aujourd'hui en agriculture intensive ? Outre les services directs, il faut considérer les services indirects : régulation de la concentration en oxygène et en dioxyde de carbone de l'atmosphère (le CO₂ augmentant actuellement suite à l'utilisation des énergies fossiles, mais moins vite que s'il n'y avait pas de biosphère), régulation du cycle de l'eau limitant inondations et érosion, du climat, des cycles biogéochimiques (épuration de l'eau par les forêts), etc.

Le rôle du nombre d'espèces dans le fonctionnement d'un écosystème a fait l'objet de nombreux travaux théoriques et expérimentaux. En 1972, May montrait qu'un système mathématique contenant de nombreux éléments en interaction était plus instable qu'un système plus simple, ce qui était contraire à l'expérience de nombreux écologistes de terrain. On a alors pensé que les hypothèses utilisées par May (situation en équilibre avec interactions linéaires et réseaux alimentaires constitués au hasard) n'étaient pas correctes. Aussi il existe dans les écosystèmes réels de nombreuses contraintes (ressources limitées notamment) qui contribuent à leur stabilité. Diverses expériences ont été menées avec des cultures d'espèces herbacées seules ou en mélange. Lorsque le nombre d'espèces augmente, on observe soit un accroissement de la production de biomasse, soit pas de changement. L'augmentation se produit lorsqu'il y a complémentarité entre plusieurs espèces ; elle s'annule dans certains cas : contrôle principal par les facteurs du milieu, dominance d'une espèce présente dans tous les essais, ou présence d'espèces utilisant les ressources de la même façon. Quand il y a augmentation, elle plafonne en général à partir d'un certain nombre d'espèces : plusieurs espèces exercent des fonctions analogues et peuvent se remplacer lorsque l'une fait défaut, un peu comme on double les organes de sécurité dans un avion (cf. Hooper *et al.* (2005) pour une synthèse des résultats et un consensus sur les effets de la biodiversité). On observe aussi que plus il y a d'espèces et plus l'écart-type de la production du mélange diminue. Par suite, on considère généralement qu'une forte biodiversité constitue une assurance contre les perturbations, permettant de maintenir le fonctionnement de l'écosystème. Cette conclusion se renforce lorsqu'on considère plusieurs niveaux trophiques (plantes, herbivores, carnivores), et des échelles croissantes de temps (plusieurs années) et d'espace (région plutôt que parcelle).

2 | Comment concilier la préservation de la biodiversité avec l'augmentation nécessaire de la production agricole ?

Dans certaines régions du monde, l'agriculture, en termes de demande toujours grandissante d'espace, représente une menace significative pour la

biodiversité (Green *et al.*, 2005). Face à la croissance mondiale de la demande alimentaire, les solutions offertes par notre mode de développement pour satisfaire cette demande sont limitées. Deux approches principales sont proposées pour concilier la conservation de la biodiversité avec la production agricole et ses besoins en espace :

- séparer le plus possible les terres agricoles à production intensive des aires de protection de la biodiversité ou
- adopter partout des méthodes agricoles respectueuses de la biodiversité. Ces deux options sont surtout le reflet de deux logiques contrastées qui sont au cœur des grandes questions de société pour le XXI^e siècle.

2.1 Séparer les espaces d'agriculture intensive et de protection de la nature

Partitionner l'espace en intensifiant la production agricole sur une partie du territoire de façon à libérer ce qui reste pour la conservation de la biodiversité relève d'une logique compensatoire. C'est la politique des parcs et réserves associée au plein développement de l'agriculture et du tourisme, qui a été la règle des années 1960 à 1980 en France et qui reste souvent prônée pour les pays en voie de développement (Balmford *et al.*, 2005). Elle est compatible avec une augmentation de la production agricole à condition d'accroître encore la productivité afin de limiter, au maximum, les surfaces cultivées. En évaluant les atteintes portées par l'agriculture à l'environnement, Glendinning *et al.* (2009) tentent aussi de montrer que l'utilisation d'engrais chimiques en agriculture intensive ne serait finalement pas si mauvaise à long terme par rapport à l'agriculture extensive.

Cette logique est néanmoins confrontée à l'évaluation correcte et à long terme des problèmes d'environnement induits par l'agriculture intensive (voir synthèse dans Le Roux *et al.*, 2008, et, en fin de ce chapitre, les encadrés de C. Lévêque sur Agriculture et cycle de l'eau, et de G. Billen sur Agriculture et cycle de l'azote). L'empreinte écologique d'une exploitation agricole sur l'environnement dépend de très nombreux éléments (taille de l'exploitation, type d'agriculture, historique des cultures...). La biodiversité augmente lorsque les parcelles sont petites et que les cultures sont diversifiées. De surcroît, un système à forte diversité est capable de répondre à une gamme de pressions écologiques plus importante qu'un système à faible diversité ; les monocultures seront, par exemple, plus prédisposées à la maladie.

La préservation à long terme de la fertilité des sols, et donc la durabilité de l'agriculture, dépendent fortement de la préservation de la biodiversité à l'échelle des micro-organismes (bactéries, champignons) et des invertébrés du

sol (Brussaard *et al.*, 2007). Les nitrates contenus dans les engrais étant la principale cause de pollution des eaux, diminuer le recours aux engrais et aux pesticides est un autre moyen de favoriser la biodiversité. En excès, les engrais déséquilibrent le fonctionnement des milieux aquatiques et terrestres et favorisent l'eutrophisation et leur envahissement par quelques espèces. La prolifération d'algues vertes pendant l'été 2009 sur les côtes bretonnes fournit un exemple d'actualité de ce phénomène et des coûts liés au ramassage des algues, à leur traitement et aux pertes de recettes touristiques. En devenant de plus en plus visibles, ces coûts réveillent la sensibilité du public aux problèmes environnementaux de l'agriculture intensive.

L'eutrophisation est devenue maintenant un phénomène planétaire. Elle est due à des apports excessifs en éléments nutritifs aux milieux aquatiques. L'origine de ces nutriments est diverse (rejets domestiques, rejets des industries agro-alimentaires, ruissellement des terrains agricoles, etc.). Elle se traduit par une prolifération des plantes aquatiques et des cyanobactéries, et par des modifications profondes des peuplements aquatiques. Ce phénomène est également apparu dans le lac Léman, mais des mesures combinées de meilleures pratiques agricoles et de dépollution des eaux domestiques ont permis une amélioration sensible de la qualité de l'eau. Par contre, le lac Victoria, pour lequel aucune mesure de protection n'est engagée, est actuellement le siège d'une forte eutrophisation liée au lessivage des terres agricoles. Outre les conséquences sur la biodiversité aquatique, l'eutrophisation a des impacts sur le tourisme, la conchyliculture, la production de poissons, etc. Les effluents d'élevage, ou de pisciculture, sont également des sources de pollution organique pour les systèmes aquatiques. Les rejets de composés ammoniacaux sont particulièrement toxiques pour la faune aquatique.

Évaluer les coûts de l'agriculture sur la biodiversité nécessite de quantifier les bénéfices de la biodiversité pour l'agriculture. Au-delà d'un état des lieux de la biodiversité globale, il s'agit de mettre une valeur sur les services rendus par la biodiversité à l'agriculture, comme la pollinisation qui augmente avec la diversité des pollinisateurs.

À l'échelle mondiale, l'idée d'une « Révolution doublement verte » promeut l'objectif d'accroître la production, mais d'une manière « durable », c'est-à-dire acceptable en termes d'environnement, de viabilité économique et d'équité sociale (Griffon, 2006). Ce principe permet les apports d'intrants mais à doses plus modestes qu'en agriculture classique et en intensifiant simultanément les différentes fonctionnalités des écosystèmes pour mieux utiliser leur potentiel de synergie. La mise en œuvre de ces principes est supposée procurer une croissance significative des rendements, et cela de façon viable, mais elle ne pourra s'effectuer que très progressivement, car elle implique un fort investissement scientifique et technologique.

2.2 Promouvoir une agriculture respectueuse de l'environnement : une logique de fonctionnement écologique à l'échelle des territoires

La deuxième ligne de pensée repose sur une autre logique. Loin d'être des systèmes isolés, les espaces protégés font partie d'un territoire et sont « connectés » au paysage alentour au travers des flux d'éléments, de l'organisation spatiale de la diversité et des déplacements de la faune et la flore. Leur isolement, du fait des activités humaines comme l'agriculture intensive, constitue une menace pour la pérennité des faunes et des flores qui les peuplent. Les enjeux de conservation dépassent les périmètres des seuls espaces protégés et la gestion de la biodiversité dans les zones à haute valeur naturelle doit, de ce fait, s'inscrire dans un contexte spatial plus grand, dans lequel les espaces protégés sont conçus comme les éléments d'un paysage hétérogène (Thompson, 2008). Au cœur de ce raisonnement naît l'idée d'abandonner la dichotomie entre espaces protégés à nature remarquable et espaces de productions à nature ordinaire ; la biodiversité des espaces ordinaires sert aussi bien pour conserver la biodiversité présente dans les espaces naturels protégés que pour maintenir une agriculture productive au sein des parcelles.

L'hétérogénéité des paysages agricoles a globalement un effet positif sur la biodiversité (Le Roux *et al.*, 2008). Elle augmente la richesse spécifique de la majorité des groupes animaux et des plantes, et concourt à l'augmentation de l'abondance de la plupart d'entre eux. Les transformations récentes des paysages dans les régions d'agriculture intensive, en favorisant les espaces ouverts, souvent aux dépens des éléments semi-naturels, ont entraîné une baisse de la biodiversité. C'est ainsi que la diversité des pollinisateurs d'une culture augmente avec la proportion d'habitats semi-naturels entourant cette culture et diminue avec la distance à un habitat semi-naturel.

2.3 L'évolution des politiques de protection : espace et biodiversité

En phase avec la reconnaissance que la biodiversité ne peut être conservée par les seules espaces naturels protégés isolés au sein des espaces de production, les politiques de conservation, aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale, évoluent donc vers la notion de gestion de la biodiversité à l'échelle des territoires. Il s'agit de passer d'une configuration simple – gérer les espaces naturels isolés – à une configuration complexe – contribuer à la conservation de la diversité dans des espaces mis en valeur par les sociétés humaines.

La première inflexion des politiques dans cette direction s'est manifestée lors de la Convention Mondiale sur la Diversité Biologique de Rio de 1992, qui dans son article 8 souligne la nécessité de préserver la nature en dehors des

zones protégées en invitant les parties à promouvoir « *un développement durable et écologiquement rationnel dans les zones adjacentes aux zones protégées en vue de renforcer la protection de ces dernières* ». À la même époque, la directive européenne « Habitats » de 1992 représente une étape importante dans l'inscription de la conservation de la biodiversité dans les territoires ruraux ordinaires. En 2009, la loi relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement recommande dans son titre II « Biodiversité, écosystèmes et milieux naturels » de constituer une trame verte reliant les espaces protégés et les territoires assurant leur connexion, et une trame bleue, son équivalent pour les eaux de surface continentales et leurs écosystèmes associés. Le rôle de l'agriculture apparaît déterminant ici.

2.4 Éviter la perte des surfaces agricoles : le problème des petits exploitants

La loi 2009 de mise en œuvre du Grenelle de l'environnement indique que pour « répondre aux besoins alimentaires de la population, et ce de façon accentuée pour les décennies à venir... il est indispensable de préserver les surfaces agricoles, notamment en limitant leur consommation et leur artificialisation ».

Or, en France les prix des terres agricoles, surtout dans le périurbain proche ainsi qu'à la limite des zones strictement rurales, ont souvent une valeur sans rapport direct avec les bénéfices de l'agriculture. Une conséquence majeure de ce problème est l'artificialisation des terrains agricoles. Dynamiser l'agriculture de ce secteur et arrêter l'artificialisation des terrains agricoles près des villes en plaine est donc un premier objectif si l'on souhaite réduire la demande de l'agriculture pour des espaces nouveaux. C'est possible en développant des liens entre agriculteurs et citadins comme cela se développe avec les AMAP (associations pour le maintien d'une agriculture paysanne).

En France, on estime qu'environ les trois quarts des montants des subventions agricoles de la PAC ne sont destinés qu'à environ un quart des exploitants agricoles. Cette inégalité touche plus particulièrement les petites exploitations qui, de plus, ne perçoivent qu'une part minime des aides. C'est bien ces exploitants qui sont les premiers à cesser leur activité, au risque de renforcer l'artificialisation de leurs terrains près des grandes villes. Le maintien d'exploitations rentables en périphérie des villes, avec une redistribution des subventions, pourrait permettre de relancer la demande pour des produits agricoles de qualité et de proximité. De surcroît, une telle politique contribuerait à contraindre l'étalement urbain, à diminuer les coûts de transport et les prix, et à dynamiser l'emploi local et la vie sociale. À l'inverse des politiques traditionnelles de soutien de la production intensive, une deuxième voie de soutien se dessine : la redistribution des subventions vers une agriculture biologique et respectueuse de la biodiversité.

Agriculture et cycle de l'eau

Christian Lévêque

Aménagement des cours d'eau, irrigation et conséquences

Les activités agricoles ont besoin d'eau. On estime au niveau mondial que 70 % des eaux douces prélevées servent à l'irrigation. Pour les mobiliser, on cherche à stocker de l'eau dans des réservoirs de taille plus ou moins grande de manière à pratiquer l'irrigation en période de pénurie. On dénombre ainsi dans le monde plus de 800 000 petits barrages (moins de 15 m de haut) et environ 45 000 grands barrages (plus de 15 m de haut). Les quantités d'eau stockées ont ainsi été décuplées en un demi-siècle...

Les conséquences sur le fonctionnement des cours d'eau peuvent être considérables. Les barrages segmentent les cours des rivières, empêchant la libre circulation des organismes aquatiques dont les poissons migrateurs et certains grands crustacés d'eau douce. Ils modifient également le régime hydrologique à l'exemple du rio Colorado, à la frontière des États-Unis et du Mexique, qui est l'un des cours d'eau les plus domestiqués du monde (12 barrages du côté des États-Unis). La forte utilisation de l'eau à des fins agricoles a conduit progressivement à un quasi-assèchement du cours d'eau vers l'aval, de telle sorte qu'il n'arrive presque plus d'eau douce au golfe du Mexique.

Les barrages créent également de nouveaux écosystèmes lacustres dans lesquels se développent une flore et une faune différente de celle qui existait dans le cours d'eau. Une situation qui n'est pas nécessairement négative du point de vue écologique ou économique, mais qui se traduit par des modifications importantes des peuplements aquatiques.

On connaît bien entendu les problèmes de la mer d'Aral, qui s'est partiellement asséchée en raison du détournement de ses principaux tributaires pour irriguer des cultures de coton. L'augmentation de la salinité qui en a résulté a entraîné la disparition des poissons et de la pêche.

Les prélèvements à fin d'irrigation dans les nappes souterraines ont également des conséquences sur le régime hydrologique des cours d'eau. Ainsi, lors de la sécheresse de 2003, plusieurs cours d'eau du sud-ouest de la France, alimentés par les nappes phréatiques en été, se sont partiellement asséchés en raison des prélèvements importants réalisés pour l'irrigation, qui a fait baisser le niveau des nappes.

Les crues du Mississippi défraient régulièrement la chronique : le fleuve brise ses digues et envahit les parties basses de son lit. En réalité ce fleuve a été fortement endigué pour permettre le développement de l'agriculture dans les plaines alluviales très fertiles. Ce contrôle des crues a été également développé en Europe où les plaines d'inondation des fleuves ont souvent été

utilisées par l'agriculture. Digués et barrages de retenue (à l'exemple des barrages-réservoirs de la Seine) permettent de réguler les crues mais modifient le fonctionnement écologique des fleuves. On connaît par exemple l'importance des zones d'inondation pour le cycle de vie des poissons.

Aménagements hydro-agricoles et santé publique

Les conséquences indirectes des activités agricoles sur la santé humaine et animale sont généralement sous-estimées. Pourtant, en milieu tropical, où il existe de nombreuses maladies liées à l'eau, les aménagements des systèmes aquatiques à des fins agricoles ont créé des habitats favorables au développement d'espèces pathogènes pour l'homme, à l'exemple des schistosomes et des moustiques vecteurs du paludisme. Les canaux d'irrigation notamment sont des biotopes très favorables à ces espèces. On connaît également en milieu tempéré, le développement d'algues toxiques pour l'homme ou les animaux, liées à l'eutrophisation des eaux.

Agriculture et cycle de l'azote

Gilles Billen

L'azote sous ses formes réactives (NO_3^- , $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, Norg) est l'élément limitant principal de la production primaire tant dans les milieux terrestres qu'aquatiques. La nécessaire fermeture locale du cycle de cet élément a longtemps été une contrainte structurante essentielle du fonctionnement des écosystèmes comme des systèmes agraires. L'avènement de la fixation industrielle d'azote atmosphérique par le procédé Haber-Bosch (1913), pour la plus grande partie destinée à la production des engrais azotés synthétiques, a conduit à une perturbation majeure du cycle de l'azote à l'échelle globale, avec aujourd'hui un doublement de la vitesse d'introduction d'azote réactif dans la biosphère à partir du réservoir atmosphérique, conduisant à une ouverture sans précédent du cycle de l'azote (Erismann *et al.*, 2008). À cause de ces perturbations majeures, à cause aussi du rôle essentiel que jouent les protéines dans l'alimentation humaine, l'azote constitue un marqueur biogéochimique tout à fait pertinent pour examiner les rapports entre production agricole et fonctionnement des écosystèmes.

Les engrais de synthèse et la sélection génétique ont permis d'accroître considérablement et très rapidement la production agricole dans de nombreuses régions du monde. Ils ont aussi permis un accroissement sans précédent du commerce international des produits agricoles (tableau 4.1). Dans de nombreux pays en développement, l'introduction sur les marchés urbains des produits agricoles en provenance des pays développés a empêché le développement d'une agriculture vivrière locale : la majeure partie des problèmes chroniques de malnutrition touche la petite paysannerie de ces pays ou les classes de néo-urbains qui en sont récemment issues (Mazoyer, 2001).

Le recours aux engrais de synthèse et le développement du commerce international des produits agricoles a également conduit, dans les pays développés, à la rupture de la complémentarité entre l'agriculture et l'élevage, qui constituait la base même des systèmes agraires, rendant possible une spécialisation à outrance des territoires, soit dans la production agricole, soit dans l'élevage, qui déséquilibre profondément le fonctionnement des systèmes régionaux. Les conséquences de ce déséquilibre, et de l'ouverture des cycles à laquelle il conduit, se marquent d'une part par la contamination nitrique des eaux souterraines et l'eutrophisation des eaux de surface continentales et marines côtières, et d'autre part par des retombées atmosphériques d'azote dans les milieux terrestres naturels dépassant les seuils critiques qu'ils peuvent tolérer sans perte de biodiversité et de fonctionnalité.

Seul un développement plus autocentré, privilégiant autant que possible les liens entre production et consommation locale, pourra permettre de minimiser les impacts négatifs de l'ouverture du cycle de l'azote. Ainsi le scénario « Adapting Mozaic » du Millenium Ecosystem Assessment (Alcamo *et al.*, 2006, voir aussi chapitre 7), basé sur l'hypothèse d'un développement plus autocentré, bien que prévoyant pour 2050 une population mondiale plus élevée, prévoit aussi une meilleure couverture des besoins alimentaires mondiaux (tableau 4.1), et un moindre apport aux zones marines côtières d'éléments nutritifs eutrophisants que le scénario « Global Orchestration », qui représente plutôt le prolongement des tendances actuelles de la mondialisation de l'économie.

Enfin, il faut souligner à quel point la proportion de protéines animales dans le régime alimentaire humain conditionne toute l'organisation du système agricole à l'échelle mondiale. Actuellement 80 % de la production pondérale agricole mondiale de protéines végétales (fourrages et herbages compris) est destinée à l'alimentation animale. Or, la conversion des protéines végétales en protéines animales n'est que de l'ordre de 10 % à l'échelle mondiale, au mieux de 20 % dans les systèmes d'élevage intensif. La plupart des modèles prospectifs relie mécaniquement la consommation de viande à la croissance du PIB (Van Drecht *et al.*, 2009). 65 % de la ration humaine de protéines sont d'origine animale en France et en Amérique du Nord, contre une moyenne de 11 % dans les pays en développement. Depuis 1960, La Chine est passée de 7 % à 40 % de protéines animales dans sa consommation domestique. Il n'y a cependant aucune fatalité dans cette relation de la consommation de viande au développement économique, et les marges de disponibilités alimentaires que pourrait dégager une réduction, même limitée, de la consommation de produits animaux dans les pays industrialisés sont considérables.

	Population M habitants	Autotrophie TgN/an	Hétérotrophie TgN/an	Excédent TgN/an	Flux d'N à la mer TgN/an
Europe (9 10⁶ km²)					
1970	585,0	16,4	17,1	-0,7	3,5
2000	651,3	17,6	15,4	2,2	3,8
GO 2050	651,3	19,2	14,6	4,6	3,7
AM 2050	536,3	17,9	12,5	5,3	3,3
Amérique du Nord (21 10⁶ km²)					
1970	301,2	10,0	13,2	-3,3	6,4
2000	454,7	17,5	13,9	3,7	6,7
GO 2050	644,2	25,9	20,3	5,6	7,2
AM 2050	689,3	23,7	18,0	5,7	6,7

Tableau 4.1

Évolution des flux d'azote associés à la production agricole (autotrophie), à la consommation alimentaire de l'homme et du bétail (hétérotrophie), des flux commerciaux nets de produits agricoles entre continents (excédents) et du flux délivré par les fleuves à la mer, entre 1970 et 2000, et en 2050 selon deux scénarios prospectifs du Millenium Ecosystem Assessment (Alcamo et al., 2006 ; Billen et al., 2010). Le scénario « Global Orchestration » (GO) est un scénario tendanciel où se poursuit le processus de globalisation économique, avec une attitude seulement réactive vis-à-vis des problèmes environnementaux. Le scénario « Adapting Mozaic » (AM) est un scénario de rupture où une attitude proactive vis-à-vis des problèmes environnementaux se conjugue avec une recherche de développement plus locale basée, sur l'application de technologies simples.

	Population M habitants	Autotrophie TgN/an	Hétérotrophie TgN/an	Excédent TgN/an	Flux d'N à la mer TgN/an
Amérique du Sud (18 10⁶ km²)					
1970	180,7	10,2	10,7	-0,5	8,3
2000	325,6	16,6	16,9	-0,3	8,4
GO 2050	457,0	28,3	31,1	-2,8	9,1
AM 2050	574,6	25,8	26,3	-0,4	8,4
Asie du Nord (16 10⁶ km²)					
1970	86,4	4,6	3,7	1,0	1,6
2000	130,7	3,7	2,9	0,9	1,8
GO 2050	184,8	5,2	4,5	0,7	2,1
AM 2050	198,2	4,7	3,8	1,0	2,0

Tableau 4.1

Suite

	Population M habitants	Autotrophie TgN/an	Hétérotrophie TgN/an	Excédent TgN/an	Flux d’N à la mer TgN/an
Asie du Sud (25 10⁶ km²)					
1970	1869,5	21,9	25,7	-3,8	8,1
2000	3182,8	38,6	44,5	-5,9	11,8
GO 2050	4059,3	73,7	82,9	-9,2	14,2
AM 2050	4845,6	64,0	72,3	-8,3	11,7
Afrique (29 10⁶ km²)					
1970	339,0	11,3	10,2	1,1	4,0
2000	756,3	17,2	19,1	-2,0	4,9
GO 2050	1382,0	39,5	57,6	-18,1	5,0
AM 2050	1845,8	30,2	35,8	-5,6	4,3

Tableau 4.1
Suite

	Population M habitants	Autotrophie TgN/an	Hétérotrophie TgN/an	Excédent TgN/an	Flux d'N à la mer TgN/an
Océanie/Australie (10 10⁶ km²)					
1970	149,7	5,3	4,9	0,4	4,9
2000	270,2	6,5	5,4	1,1	5,7
GO 2050	377,4	10,3	9,5	0,8	6,2
AM 2050	452,4	9,2	7,9	1,3	5,7
Total Monde (128 10⁶ km²)					
1970	3511,4	79,7	85,5	-5,8	36,7
2000	5771,6	117,8	118,1	-0,3	43,2
GO 2050	7756,1	202,1	220,6	-18,5	47,5
AM 2050	9142,1	175,6	176,5	-0,9	42,0

Tableau 4.1

Fin.

Références bibliographiques

- Alcamo J., Van Vuuren D. and Cramer W. (2006). *Changes in ecosystem services and their drivers across the scenarios, in Ecosystems and human well-being: scenarios*. edited by S. R. Carpenter, et al., pp. 279-354, Island Press, Washington, D.C.
- Balmford A., Green RE. et Scharlemann JPW. (2005). Sparing land for nature: exploring the potential impact of changes in agricultural yield on the area needed for crop production. *Global Change Biology*, **11** : 1594-1605.
- Billen G., Beusen A., Bouwman L., and Garnier J. (2010). Anthropogenic nitrogen autotrophy and heterotrophy of the world's watersheds: past, present, and future trends. *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 24.
- Brussaard L., de Ruiter PC. et Brown GC. (2007). Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **121** : 233-244.
- Erisman JW., Sutton MA., Galloway J., Klimont Z. and Winiwarter W. (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature geoscience*, **1** : 636-639.
- Galloway JN. et al. (2008). Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science* **320** : 889-892.
- Glendining MJ., Dailey AG., Williams AG., van Evert K., Goulding WT. et Whitmore AP. (2009). Is it possible to increase the sustainability of arable and ruminant agriculture by reducing inputs? *Agricultural Systems*, **99** : 117-125.
- Green RE et al. (2005). Farming and the Fate of Wild Nature. *Science*, **307** : 550-555.
- Griffon M. (2006). *Nourrir la planète. Pour une Révolution doublement verte*. Odile Jacob, Paris.
- Hooper DU., Chapin FS., Ewel JJ., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton JH., Lodge DM., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad AJ., Vandermeer J., Wardle DA. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol Monogr*, **75** : 3-25.
- Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou JP., Trommetter M. (éditeurs) (2008). *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport*. INRA Paris.
- May RM (1972). Will a large complex system be stable? *Nature*, **238** : 413-414.

- Mazoyer M. (2001). Protéger la paysannerie pauvre dans un contexte de mondialisation. FAO.
(http://www.agter.asso.fr/IMG/pdf/Mazoyer_2002_FAO_FR.pdf)
- Thompson J.D. (2008). Des fragments de nature : éléments d'une hétérogénéité paysagère façonnée par l'homme, *In : Entre l'Homme et la Nature : une démarche pour des relations durables. Réserves de Biosphère – Notes Techniques 3* (ed. Garnier L), pp. 50-53. UNESCO, Paris.
- Van Drecht G., Bouwman AF., Harrison J. et Knop JM. (2009). Global nitrogen and phosphate in urban waste water for the period 1970-2050. *Global Biogeochem. Cycles*, **23**, GB0A03, doi :10.1029/2009GB003458

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

DEUXIÈME PARTIE

Les moyens de la production alimentaire en 2050

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

CHAPITRE 5

Moyens techniques et ressources

MICHEL GRIFFON, GEORGES PÉDRO, GEORGES PELLETIER, AGNETA FORSLUND,
LISA GAUVRIT, HERVÉ GUYOMARD, OLIVIER MORA, CLAUDE BÉRANGER,
JEAN-FRANÇOIS RENARD[†], PHILIPPE CURY, JÉRÔME LAZARD,
CATHERINE BOYEN, DANIEL ZIMMER

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

Introduction

L'équilibre alimentaire à l'échelle de la planète est une combinaison complexe d'équilibres à différentes échelles :

- l'échelle mondiale pour quelques marchés mondialisés, comme les céréales et les oléoprotéagineux ; l'équilibre se fait par les prix sur des marchés, principalement celui de Chicago ;
- les échelles régionales : là encore les équilibres se font à partir des marchés, qu'il s'agisse de marchés internationaux à caractère régional (comme le riz en Asie) ou transfrontaliers informels (comme les céréales au Sahel) ;
- les échelles nationales, où l'équilibre se fait à la fois par les marchés et des politiques publiques : incitations à la production, incitations à la consommation, distributions d'aliments pour les catégories pauvres ou en cas de pénurie ou de catastrophe ;
- les échelles locales, où l'équilibre se fait par des ventes et du crédit informel.

Chaque équilibre fait intervenir :

- la demande en aliments, laquelle résulte des besoins et dépend de nombreux facteurs spécifiques (âge, revenus,...) ;
- l'offre en aliments, qui dépend aussi de nombreux facteurs, notamment les surfaces mobilisables, les rendements possibles et les techniques qui permettent de les obtenir, les concurrences dans les usages des sols, et les politiques publiques dans le domaine agricole et environnemental.

La production alimentaire résulte de l'utilisation de la biosphère. Les sols qui sont l'élément central de la biosphère sont utilisés à la fois pour l'agriculture, le maraîchage, l'arboriculture, la forêt et l'élevage dans un but alimentaire et non alimentaire. Les eaux continentales et marines, qui sont l'autre élément important de la biosphère, sont utilisées pour la pêche et l'aquaculture essentiellement à des fins alimentaires. Nous analyserons successivement les éléments de raisonnement suivants : la disponibilité en terres, la concurrence avec les cultures non alimentaires, les possibilités de rendement dans les nouveaux modes de production, l'élevage et les ressources halieutiques, et la possibilité de réduire les pertes. Rappelons que, dès 1981, André Caudron (Académie d'agriculture de France) attirait l'attention sur les risques d'une crise alimentaire, et que Bonnet et Combarrous (1996), Prieur *et al.* (2004) avaient tenté de calculer la production

alimentaire globale maximale de la biosphère, à partir de bilans énergétiques. Signalons aussi un récent article (2009) de Mohavedi, Paillot et Neveu dans les *Comptes Rendus de l'Académie d'agriculture de France* « Le Monde manquera-t-il de terres pour nourrir la planète au XXI^e siècle ? » et le dossier dans la *Revue Science* : « Feeding the Future » (Vol. 327, 12 février 2010) qui apportent sur ces questions des points de vue intéressants. De même, le Groupe Consultatif sur la Recherche Internationale en Agriculture (CGIAR) étudie et promeut des programmes pour assurer les besoins alimentaires de la planète, en particulier le « Challenge Programme Water and Food », <http://www.waterandfood.org/>

1 | Disponibilité en terres

1.1 Les chiffres bruts à l'échelle de la planète

Selon la FAO, au tout début du XXI^e siècle, il y avait environ 1,6 milliards d'ha cultivés, 3,7 de forêts, et 4,6 de surface herbacée et arbustive, le reste étant en sol nu ou gelé (3 milliards, pour 13,1 milliards d'ha de terres émergées hors glaces). Cette estimation résulte des déclarations des pays membres. Ces chiffres peuvent être discutés, notamment en raison des fluctuations inter-annuelles et des données nouvelles (non consolidées) fournies par les photos satellites qui contredisent les déclarations des organismes statistiques nationaux. Les deux tiers environ des terres cultivées se situeraient dans les pays en développement. La surface totale cultivable serait de 4,153 milliards d'hectares, selon la FAO, et de 4,4 milliards d'ha selon l'Iiasa¹. Environ 40 % des terres cultivables seraient donc cultivées. Ces chiffres sont, eux aussi, discutables car ils donnent l'impression que les terres non cultivées ont un potentiel équivalent à celles qui le sont déjà. Or, ce sont les terres ayant en général le meilleur potentiel et la plus grande facilité d'utilisation qui sont déjà cultivées. Les autres ont une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- elles sont situées dans des zones de climat sec à faible potentiel, ou dans des régions septentrionales trop froides ;
- ce sont des zones de pente difficilement cultivables, ou qui l'ont été mais ont été abandonnées ;
- ce sont des zones de forêt, en particulier de forêt tropicale humide, difficiles à mettre en valeur (sauf avec des capitaux importants) et qu'il convient le plus souvent de protéger au titre de la conservation de la biodiversité ;
- ce sont des zones éloignées des centres urbains et des grandes concentrations de population, donc de marchés, où n'existent généralement pas d'infrastructures de transport.

¹ International Institute for Applied Systems Analysis.

Il y a donc là une situation, identifiée autrefois par Ricardo, qui fait que le potentiel marginal de ressources en biosphère décroît avec le temps. Pour toutes ces raisons, les terres disponibles pour l'agriculture ne représentent pas un potentiel si élevé que les chiffres bruts pourraient le laisser penser. Parmi les 3,7 milliards d'ha de forêts, une partie non négligeable sera sans doute utilisée par l'agriculture, mais avec des risques avérés de dégradation des ressources en sols et en eau, et parmi les 4,6 milliards d'hectares de surfaces herbacées et arbustives, une grande partie ne peut être utilisée que pour l'élevage, le reste constituant vraisemblablement des jachères déjà mises en culture périodique.

1.2 Les situations par continent

L'Asie utilise déjà la plus grande partie de son espace cultivable : 75 %. Cette proportion va jusqu'à 95 % pour l'Inde. Les surfaces restantes se situent en Indochine centrale (Birmanie, Thaïlande, Laos) et en Indonésie (Irian Jaya, Sulawesi, Bornéo). Ces régions sont de plus en plus colonisées par des agriculteurs et surtout par des compagnies de plantation de palmier à huile, principalement pour le marché asiatique. Les rendements agricoles étant déjà assez élevés dans une grande partie de l'Asie, et la population devant augmenter dans de grandes proportions, il sera indispensable pour l'Asie de poursuivre son effort d'accroissement des rendements. Elle ne pourra pas non plus éviter de devenir un grand importateur d'aliments. Entre 2000 et 2050, la demande devrait en effet y doubler. Le changement climatique pourrait pénaliser l'Asie du Sud et la Chine du Sud, et en revanche favoriser la Chine du Nord, mais à la condition que soient mises au point des techniques de culture préservant la structure des sols, car les sols sont fortement sujets à l'érosion lorsqu'ils sont travaillés.

Le Maghreb et le Moyen-Orient constituent une région où les ressources en eau sont faibles et déjà très largement utilisées. La plupart des villes connaissent déjà des pénuries d'eau estivales. L'agriculture, et en particulier le maraîchage, sont l'utilisateur d'eau principal. Les importations de céréales sont déjà très importantes et il est clair qu'elles augmenteront à l'avenir dans des proportions élevées, d'autant plus que le changement climatique pourrait être défavorable à cette région.

L'Afrique subsaharienne dispose de réserves de terre importantes (22 % des terres cultivables y sont cultivées), en particulier des jachères longues. Depuis trois décennies la production suit avec un léger décalage l'évolution des besoins. On peut espérer que ce mouvement se poursuivra. Mais l'accroissement rapide de la population devrait obliger les agriculteurs à augmenter rapidement les rendements, ce qui ne pose pas de problème technique, car les rendements actuellement très bas font que les techniques conventionnelles sont très efficaces. Une des raisons importantes pour lesquelles la production n'augmente pas à un

rythme assez rapide est le manque de structure de financement des emprunts pour chaque saison de production. Le changement climatique serait en général défavorable à l'Afrique de l'Ouest et à l'Afrique australe, mais favorable à une partie de la corne de l'Afrique.

L'Amérique du Sud dispose au contraire d'une très grande quantité de terre à mettre en culture, mais au détriment de la forêt amazonienne. Le Brésil est devenu un des principaux exportateurs de grains vers l'Asie, principalement pour l'alimentation animale, et devrait, avec l'Argentine, poursuivre et accroître ses approvisionnements vers ce continent, d'autant plus que les rendements moyens restent faibles et que les possibilités d'augmentation sont faciles à maîtriser, qu'il s'agisse de techniques conventionnelles ou des techniques d'agriculture de conservation moins agressives vis-à-vis de l'environnement. Le changement climatique et la déforestation devraient créer à long terme une situation assez défavorable à l'agriculture brésilienne.

L'Amérique du Nord a déjà utilisé l'essentiel des terres disponibles. Les terres restantes sont fragiles et peu utilisables. Les rendements sont moyennement élevés et leur augmentation, quoique possible, demanderait que les conditions des prix mondiaux soient meilleures. Par ailleurs, une politique de production de biocarburants a été entreprise et risque d'aboutir à limiter les exportations de biens alimentaires. Le changement climatique serait un peu défavorable aux États-Unis, mais progressivement favorable au Canada pour la production de céréales de printemps rustiques.

L'Europe se situe dans une situation voisine de celle des États-Unis. Les surfaces cultivées utilisent tout l'espace disponible, sauf à réduire la forêt. Les rendements agricoles sont très élevés, au prix de quantités importantes d'intrants. Des programmes biocarburants pourraient limiter les capacités d'exportation, mais l'Europe est très sollicitée pour l'exportation de ses blés dans les régions voisines, notamment du Maghreb et du Moyen-Orient dont le déficit va aller croissant. Alors que les coûts de production européens sont élevés, une éventuelle tension sur les prix internationaux due à une période de rareté relative des céréales ferait redevenir l'Europe facilement compétitive et candidate aux exportations. Le changement climatique pourrait cependant contrarier cette perspective, sauf pour l'Europe du Nord qui, comme le Canada, connaîtrait un réchauffement favorable à l'agriculture.

La Russie pourrait bénéficier de sa situation exceptionnelle due à la fois à la grandeur de son territoire permettant d'ouvrir des espaces nouveaux à la production, due aussi à la faiblesse des rendements qui autorise des accroissements rapides avec les techniques existantes, et grâce enfin au changement climatique qui concernerait d'importantes surfaces en Sibérie. Mais il reste à vérifier si ces terres septentrionales peuvent être mises en culture sans danger. Par ailleurs,

l'Ukraine et le Kazakhstan ont des capacités très élevées d'augmentation des rendements et peuvent accroître leurs exportations.

En conclusion, l'Asie et le Moyen-Orient deviendraient de plus en plus structurellement importateurs. L'Amérique latine est déjà structurellement exportatrice. Les États-Unis et l'Europe tentent de rester exportateurs et compétitifs. Mais à long terme, le changement climatique devrait rendre les situations plus critiques en Asie et en Afrique, et plus favorables dans les régions septentrionales de la planète, sauf si la mise en valeur des sols y pose des problèmes environnementaux, ce qui n'est pas encore établi.

1.3 Les pertes en terres agricoles

Les surfaces en terres agricoles cultivées annuellement s'accroissent souvent par déforestation ou réduction des surfaces en jachère, mais elles diminuent d'abord en raison de l'urbanisation. La population urbaine, en 2050, représentera les deux tiers de la population mondiale, soit 6 milliards sur 9 environ. Les villes vont donc occuper un part de plus en plus importante des territoires. Elles sont généralement situées dans des plaines et dans des lieux où il existe une abondance relative d'eau, ce qui fait que les villes sont généralement très concurrentes des activités agricoles. L'emprise de l'urbanisation ne se limite pas seulement au logement ; elle comprend l'ensemble de la voirie, dont le développement peut devenir très important dans les pays où l'automobile et les transports par camion se développent rapidement. En Chine par exemple, si en 2050 l'ensemble de la population jouissait d'un niveau d'équipement automobile équivalent à celui des États-Unis de la décennie 2000, il faudrait 13 millions d'hectares de bonnes terres agricoles pour faire les routes correspondant aux besoins de trafic, soit l'équivalent d'environ la moitié des 29 millions d'hectares produisant actuellement les 120 millions de tonnes de riz produits pour la population chinoise². À l'échelle de la planète, il y aurait 2,2 milliards d'urbains de plus en 2050 qu'en 2000. Il faudrait prendre entre 8 et 16 millions d'hectares de terre agricole à haute densité d'habitat et dix fois plus pour un habitat pavillonnaire³. Les terres utilisées par les villes sont généralement parmi les plus fertiles.

La montée des eaux marines en raison du changement climatique pourrait aussi commencer à réduire les surfaces disponibles, surtout dans les zones des deltas des grands fleuves d'Asie et d'Afrique. Les risques principaux seront les destructions de récoltes lors des cyclones, en particulier en Asie du Sud et du Sud-Est.

²Source Lester Brown, cité par M. Griffon, *Nourrir la planète*, Odile Jacob, Paris, 2006. p. 222.

³Ibid.

	Asie		Amérique latine	ANMO	Afrique SS	Pays industriels		Monde
	Est	Sud				OCDE	Ex Est	
Surf. cultivée	232	207	203	86	228	387	265	1 600
Dont irriguée	161		8,5	25	5	/	/	277
Apte pour culture	366	220	1 066	99	1031	874	497	4 153
S cult./ S apte en %	63	95	19	87	22	44	53	39

Source : M. Griffon 2006, d'après données FAO.

Tableau 5.1
Surfaces disponibles en 2000 (millions d'ha).

D'autres pertes en terres existent. La *salinisation* des sols des zones irriguées devient importante. Le pompage des eaux d'irrigation dans les nappes phréatiques dont le niveau de concentration en sel est plus élevé que celui des eaux douces, aboutit souvent à l'imprégnation des sols par ces eaux en surface. Cette imprégnation, combinée à une évaporation rapide, forme des croûtes de sel qui stérilisent les sols. Ce phénomène est certainement un des plus significatifs dans la perte de terres. Bien que l'on ne dispose pas d'évaluations indiscutables, on peut estimer qu'environ 10 % des sols des zones irriguées à partir de nappes phréatiques profondes sont salés au point de réduire les rendements. On annonce selon d'autres sources que la salinisation concernerait 400 millions d'hectares dans le monde⁴. Il est cependant possible d'éliminer ce sel par un lessivage intense qui peut être facilité par l'apport d'eau de pluie en abondance. Mais le mieux serait de ne pas en arriver là, en préconisant d'utiliser simultanément irrigation et drainage.

Enfin, bien qu'il ne s'agisse pas de pertes de terres à l'échelle globale, il faut signaler que s'opèrent des achats internationaux de terre agricole. Parce qu'elles sont faiblement peuplées, ces terres sont achetées par les pays qui manquent de ressources en terre et en aliments. Des protestations locales et internationales se sont élevées, car cela peut entraîner des « pertes » de terre pour les usages au bénéfice des populations locales. Les entreprises acheteuses ou locataires viennent d'Asie (le Japon le fait depuis longtemps) et du Moyen-Orient. Les achats ou locations ont été effectués souvent en Amérique latine ; ils le sont de plus en plus en Afrique dans les régions à faible densité de population.

2 | Nouveaux modes de production

Les types de systèmes de production alimentaires sont très nombreux et très diversifiés. On peut aborder leur diversité en les caractérisant avec un petit nombre de caractères :

- la région climatique : tropicale humide, de savane, aride, méditerranéenne, tempérée chaude ou froide ;
- l'altitude, les pentes : zones de plaines, vallées, deltas, collines, montagne ;
- le type d'utilisation du sol : élevage, agriculture, maraîchage, arboriculture, irrigation ou non ;
- l'intensité d'exploitation du milieu : rendements par hectare, quantité d'intrants utilisés ;

⁴Arrouays D. Le développement durable passe par les sols, in *Pour la Science*, 382, août 2009, p. 16.

- la taille et le niveau de capital des exploitations agricoles : des sans terre jusqu'aux très grandes exploitations mécanisées.

Une typologie des systèmes d'agriculture et d'élevage par zone climatique est donnée dans le tableau 5.2.

On peut simplifier cette diversité en la ramenant à deux grands ensembles : les exploitations mécanisées et les petites exploitations en grande partie pratiquant une agriculture manuelle.

Les grandes exploitations mécanisées ont des problèmes communs : la perspective de coûts de plus en plus élevés de l'énergie, en particulier du labour, des engrais azotés (issus du gaz naturel) et des phosphates et potasse issus de gisements dont les coûts d'exploitation augmenteront en raison des prix de l'énergie et de la raréfaction des gisements à haute teneur. Ces exploitations ont déjà réagi en expérimentant et adoptant diverses techniques :

- *le semis direct sans labour ou avec travail minimum du sol (agriculture de conservation)* avec ou sans utilisation d'herbicide (Europe, États-Unis, Argentine, Brésil), et dans le cas de l'utilisation de glyphosate (herbicide), utilisation dans certains cas de soja OGM résistant au glyphosate (États-Unis, Argentine, Brésil) ;
- *le semis direct sans labour ou avec travail minimum du sol, sous couvert végétal* (mulch de débris végétaux, apports de couvertures mortes, couvertures vivantes) (Brésil, Argentine, Europe, États-Unis) ;
- l'utilisation de *medicago* annuelles comme plantes de couverture permettant l'élevage de moutons et facilitant la production céréalière (Australie) ;
- *l'agriculture biologique* (grandes cultures) se développe en Europe : n'utilisant pas d'engrais ni de produits phytosanitaires, les rendements obtenus sont plus faibles mais les prix sur le marché sont meilleurs ;
- *l'agriculture « raisonnée »* est une formule développée en France qui consiste à réduire l'usage des intrants chimiques dans une optique de réduction des pollutions et de rationalisation économique : recherche de marges économiques plutôt que de maximum de rendements physiques ;
- *l'agriculture « écologiquement intensive »* a été imaginée lors du Grenelle de l'environnement (2007-2008) : elle consiste d'abord à intensifier

Zonobiome	Type économique	Topographie	Faible densité population	Densité moyenne population	Forte densité population
ZTH Zone tropicale humide	Petites exploitations non mécaniques	Plaines plateaux vallées	Défriche brûlis, cacao Irian Jaya, Bassin Congo, Amazonie	Défriche brûlis, pâturages, cacao Amérique centrale	Agriculture de Révolution verte Chine Inde Philippines Indonésie
		Montagnes Collines	Défriche brûlis, café Madagascar	Défriche brûlis Café Indonésie	Culture en terrasses Asie
		Deltas	/	/	Riziculture pluviale et inondée : Nigeria, deltas des fleuves d'Asie
	Petites exploitations mécanisées	Plaines vallées deltas	/	/	Riziculture de Révolution verte Java, Philippines, Thaïlande...

Tableau 5.2

Typologie des systèmes d'agriculture et d'élevage (Michel Griffon).

	Grandes et mécanisées	Plaines plateaux deltas	Plantations de palmier à huile	Plantations café	/
		Montagnes	/	/	/
		Collines	Plantations de palmier à huile	Plantations café	/
Zones de savanes	Petites exploitations	Plaines plateaux vallées	Élevage extensif Afrique australe, Australie, Brésil, Mexique	Maïs, sorgho, haricots, coton, élevage Afrique de l'Ouest et soudanaise, du Sud-Est	Maïs, sorgho, coton, élevage Inde, Gange, Indus, Mexique, Amérique centrale
		Montagnes	Élevage extensif Amérique centrale	/	Jardins créoles Afrique des hautes terres, Cameroun
		Collines	Élevage extensif, plantations café, maïs, haricots Amérique centrale		Jardins créoles Antilles
		Deltas	/	/	Riziculture de Révolution verte Littoral Inde

Tableau 5.2
Suite.

	Grandes et mécanisées	Plaines plateaux vallées	Pâturages extensifs, maïs, soja, coton Cerrados Brésil, Argentine		Maïs, soja, coton, élevage semi-intensif Brésil côtier
		Montagnes	/	/	/
		Collines	Pâturages extensifs, maïs, soja, coton Cerrados Brésil,		/
		Deltas	/	/	/
Zones climat méditerranéen	Petites exploitations	Plaines plateaux vallées	Élevage extensif sur parcours et sur jachère céréalière Moyen-Orient Maghreb	Céréaliculture, protéagineux, petit élevage, irrigation Maghreb Moyen-Orient	Céréaliculture irriguée, maraîchage, polyculture, élevage intensif Maghreb Moyen-Orient, Égypte
		Montagnes	Élevage sur parcours Asie centrale, Maghreb Moyen-Orient	Élevage, arbor. fruitière, oliveraies Maghreb Europe du Sud	/
		Collines	Élevage sur parcours Maghreb	Élevage, arbor. fruitière, oliveraies Maghreb, Iran, Europe du Sud	
		Deltas	/	/	Polyculture irriguée intensive Égypte

Tableau 5.2

Suite.

	Grandes et mécanisées	Plaines plateaux vallées	Grandes cultures extensives et élevage extensif Maghreb, Moyen-Orient, Asie centrale		Grande polyculture et élevage intensifs, arb. fruitière, viticulture Irak, Maghreb Californie, Europe du Sud
		Montagnes	/	/	/
		Collines	Grandes cultures extensives et élevage extensif Maghreb, Moyen-Orient, Asie centrale		Polyculture élevage Iran
		Deltas	/	/	/
Zones arides	Petites exploitations	Plaines plateaux vallées	Parcours d'élevage Sahel, Sertao, Australie, Mexique, Argentine, Moyen-Orient, Asie centrale		Mil, sorgho, protéagineux, petit élevage Sahel, Amérique centrale
		Montagnes	/	/	/
		Collines	/	/	Céréaliculture élevage Iran
		Deltas	/	/	/

Tableau 5.2
Suite.

Tempéré chaud	Petites exploitations	Plaines plateaux vallées		Polyculture élevage intensifs Chine du Sud et Centre
		Montagnes		
		Collines		
		Deltas		Maraîchage, élevage intensif Chine du Sud et Centre
	Grandes et mécanisées	Plaines plateaux vallées	Céréaliculture, oléoprotéagineux, élevage intensif, vigne Europe Ouest, États-Unis Sud-Est, Argentine NE et Brésil Sud	
		Montagnes		
		Collines	Élevage prairies, polyculture Europe Ouest, États-Unis Sud-Est, Argentine NE et Brésil Sud	
		Deltas	Maraîchage, riziculture Europe, USA	

Tableau 5.2
Suite.

Tempéré froid	Petites exploitations	Plaines plateaux vallées		Céréales, élevage porcin et avicole Chine Nord, Europe centrale		
		Montagnes	Élevage bovin ovin Alpes, Rocheuses			
		Collines	Céréales, élevage porcin et avicole Chine Nord, Europe centrale			
		Deltas	/	/	/	
	Grandes et mécanisées	Plaines plateaux vallées	Grandes cultures États-Unis, Canada, UE, Russie, Ukraine, Chine du Nord			
		Montagnes	/	/	/	
		Collines	/	/	/	
		Deltas	/	/	/	
	Boréal	Grandes et mécanisées	Plaines	Céréaliculture Russie, Canada	/	/

Tableau 5.2
Fin.

l'utilisation de l'ensemble des processus naturels des écosystèmes, et subsidiairement d'utiliser les techniques conventionnelles. Certains systèmes techniques ont dépassé le stade expérimental mais cette technologie fait l'objet de nouvelles recherches. On en attend, en Europe, des rendements physiques équivalents à l'agriculture conventionnelle, mais surtout une grande amélioration des effets environnementaux en produisant des services écologiques : amélioration du stockage et de la qualité de l'eau, stockage du carbone dans les sols, amélioration de la biodiversité...

Dans les petites exploitations familiales non mécanisées ou peu mécanisées, l'enjeu technique est d'accroître les rendements. En simplifiant, trois cas se présentent :

- *les exploitations irriguées* ayant connu la Révolution verte ont déjà des rendements élevés et elles devront faire face aux hausses des prix de l'énergie et des engrais, ce qui les amènera à pratiquer dans un premier temps une agriculture « raisonnée », puis à devoir inventer des systèmes économes en eau ;
- *les exploitations en système pluvial* ayant connu la Révolution verte vont, elles aussi, devoir rationaliser les dépenses en engrais et la technologie qui correspond le mieux à leurs besoins est celle de l'agriculture « écologiquement intensive ». Cette agriculture recouvre une très grande gamme de techniques concernant un gradient partant des agricultures du tropique humide (agroforesterie, systèmes complexes du type Biovillages de Pondichéry), passant par le tropique de savanes (agriculture de couverture) et allant jusqu'au tropique sec (intensification autour de la conservation des eaux du sol) et des régions méditerranéennes ;
- *les exploitations marginales* où les producteurs n'ont pas assez de ressources pour alimenter leur famille ; ce système concerne 600 millions de personnes. L'enjeu est de les faire accéder à un niveau suffisant de production.

Les variables clés des évolutions de ces systèmes sont donc : la hausse des coûts de l'énergie et des engrais, la raréfaction de l'eau, la nécessité de limiter les atteintes à l'environnement, et le niveau des prix agricoles. Ces variables déterminent la définition de technologies de différents types :

- « Révolution doublement verte » ou « Agriculture écologiquement intensive » ;

- usage d’OGM de futures générations : résistance à la sécheresse, meilleure valorisation des nutriments minéraux du sol, résistance au sel, résistance à des maladies et ravageurs... ;
- agriculture biologique pour des marchés spécifiques.

L'évolution de la productivité agricole **Michel Griffon et Georges Pédro**

Marcel Mazoyer distingue neuf stades d'évolution de la productivité agricole mesurée en quantité de grain produite par travailleur et en surface cultivée par travailleur :

- la culture manuelle ;
- la culture attelée légère : traction permettant un simple grattage du sol (araire) ;
- la culture attelée lourde : traction permettant l'utilisation d'outils agricoles mécanisés comme le fauchage ;
- la culture attelée lourde permettant un vrai labour (charrue) ;
- la motomécanisation en cinq stades : remplacement des chevaux de trait par des tracteur de faible puissance (10 à 30 chevaux), tracteurs permettant le labour profond (30 à 60 chevaux), tracteurs permettant un labour large et de la mécanisation poussée (50 à 70 chevaux), tracteurs puissants et automotrices (80 à 120 chevaux), tracteurs quatre roues motrices (plus de 120 chevaux).

Entre les stades 1 et 9 :

- la quantité de terre travaillé par travailleur passe de 1 à 200 ;
- le rendement moyen passe de 10 à 50 quintaux (minimum) ;
- la quantité de grain produite par travailleur passe donc de 10 à 10 000.

Ces différentes formes d'agriculture coexistent, sauf les premiers stades de la motomécanisation. L'agriculture manuelle ou faiblement mécanisée en traction animale constitue la majorité des exploitations agricoles, soit environ 1 milliard de personnes. Les grandes exploitations sont au nombre d'environ 20 millions.

3 | Limitations physiques et biologiques à la production végétale – Le rôle de l'amélioration des plantes

3.1 Les contraintes de la production

Les sols où il est possible de pratiquer l'agriculture débordent largement des aires d'origine des espèces cultivées. Les cultures y sont soumises à différentes contraintes qui pénalisent leur développement et réduisent la production. On estimait il y a près de trente ans que seulement 15 % des espaces de culture n'exercent pas de contraintes physicochimiques particulières sur les plantes : 45 % ont une faible disponibilité en eau, 17 % sont trop humides, 16 % sont trop froids, 7 % sont salés ou alcalins (Boyer, 1982). Les sols salés ou alcalins affectent tous les continents et représentent 831 millions d'hectares des terres émergées. La salinisation s'accroît de 3 hectares par minute et la moitié des terres irriguées dans les régions arides et semi-arides ont des problèmes de salinisation.

L'eau, l'azote et le phosphore sont les éléments essentiels de la productivité des cultures. Pour des raisons variées, ils sont ou peuvent devenir limitants.

L'agriculture, l'élevage et l'aquaculture utilisent actuellement plus de 7 100 km³ d'eau par an, dont 2 200 dans des zones irriguées. 40 % de la production de plantes cultivées viennent de 16 % des terres agricoles qui sont irriguées. Dans certaines régions, l'eau renouvelable est rare. 20 % de l'irrigation des terres aux États-Unis provient des eaux souterraines utilisées au-delà des capacités de recharge. Les mêmes problèmes se rencontrent en Chine, en Inde et au Bangladesh. Pour subvenir aux besoins de la population mondiale en croissance, la consommation d'eau par l'agriculture devrait pratiquement doubler d'ici 2050 si aucune amélioration de sa gestion n'intervient d'ici là. Par ailleurs, la répartition de la disponibilité en eau pourrait se trouver modifiée par l'évolution climatique. Suivant les régions, le changement climatique affectera les processus hydrologiques, par exemple par la réduction des formes de stockage solide de l'eau que sont les glaciers et les précipitations de neige. Globalement, les problèmes de ressources en eau pour l'agriculture devraient s'accroître dans les régions sèches et aux latitudes moyennes, et au contraire des excès en sens inverse devraient être constatés dans les régions tropicales et aux latitudes élevées (Kundzewicz *et al.*, 2008).

Aux effets de l'élévation globale de température et de réduction de la disponibilité en eau, se superpose l'élévation de teneur en CO₂ qui, au contraire

des facteurs précédents, est uniforme à la surface du globe. Si la photosynthèse des plantes en C3 (soja, colza, coton, riz, blé...) pourrait être stimulée, cet effet est moindre dans le cas des espèces en C4 (maïs, sorgho, canne à sucre...). Des expériences en champ, se rapprochant des conditions de culture, ont montré que l'effet d'une élévation à 550 ppm (niveau actuel 380) serait de faible amplitude sur le rendement final, sauf en cas de stress hydrique et ne saurait compenser les effets négatifs des facteurs précédents. Il est même probable que le résultat global, en particulier au-delà de 2050, sera plutôt une réduction de la productivité agricole, surtout dans les pays en développement.

Comme l'eau, l'azote est nécessaire à la vie. Seules des bactéries sont capables d'utiliser l'azote de l'air et quelques familles végétales ont asservies certaines d'entre elles dans des symbioses qui leur fournissent cet élément sous une forme assimilable, c'est-à-dire l'ammoniac. Les engrais azotés de synthèse (nitrate ou ammoniac), coûteux en énergie, sont responsables depuis leur production jusqu'à leur utilisation, d'environ un tiers des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole dans le monde. Or, environ 50 % de l'azote fourni au champ n'est pas directement utilisé par les cultures qui les reçoivent ni retenu par la matière organique du sol, conduisant à l'eutrophisation de certains milieux aquatiques.

Le cycle du phosphore est dominé par les activités humaines, en particulier l'agriculture. Il ne serait pas possible de nourrir la population mondiale actuelle sans engrais phosphatés. Des quantités excessives utilisées se retrouvent dissoutes dans les eaux de surface, ce qui conduit à leur eutrophisation. Les ressources exploitées aujourd'hui sont limitées et l'on estime que sa fourniture deviendra de moins en moins économique au cours de ce siècle. De nouvelles ressources minérales contenant cet élément, les procédés nécessaires à leur exploitation, et une meilleure utilisation en agriculture sont à rechercher.

Aux facteurs physicochimiques, s'ajoutent les pertes au niveau du champ, du fait des contraintes biologiques : mauvaises herbes, parasites et pathogènes : virus, bactéries, champignons (Oerke, 2007). Malgré les mesures de protection chimique en particulier, elles s'élèvent globalement au niveau mondial à 28 % pour le blé, 37 % pour le riz, 31 % pour le maïs, 40 % pour la pomme de terre, 26 % pour le soja. Ces pertes sont plus importantes dans des pays soumis à une plus forte pression parasitaire et une moindre protection chimique comme l'Afrique tropicale et équatoriale où les seuls pathogènes (virus et champignons principalement) réduisent globalement la production de 35 %. 50 % de la production de céréales y est de plus détruite par les insectes. Dans le cas du blé en Europe de l'Ouest, les pertes sont de l'ordre de 14 % (on produit en moyenne 70 quintaux par hectare) alors que s'il n'y avait pas de protection chimique des cultures, elles seraient de 48 % (on ne produirait que 40 quintaux). Voir aussi paragraphe 3.3 de ce chapitre.

Sans qu'il soit possible de quantifier exactement les changements induits par les effets climatiques sur la prolifération des parasites, il est raisonnable de penser qu'ils ne pourront que s'accroître dans certaines régions avec l'élévation des températures et l'augmentation de l'humidité. Les parasites et les pathogènes peuvent devenir plus agressifs qu'ils ne le sont actuellement, en étendant leur territoire géographique, ou en proliférant à des périodes inhabituelles de l'année comme par exemple en s'attaquant plus tôt aux cultures. Une éventualité très probable est la modification des proportions relatives des différents types de pathogènes et le développement de maladies considérées jusqu'ici comme mineures. Il n'est donc pas concevable de maintenir un niveau de production acceptable sans augmenter les mesures de protection des cultures, qu'il s'agisse de lutte intégrée, de la culture de variétés résistantes issues ou non du génie génétique, ou de l'usage de produits phytosanitaires.

3.2 Mieux utiliser les ressources

L'augmentation de la production globale pour répondre à la demande de la population en croissance se fera à la fois par une amélioration des rendements et par une augmentation des surfaces cultivées. Ces dernières seront d'autant moins importantes que des progrès seront réalisés dans la productivité des cultures.

L'augmentation des rendements sur des territoires déjà consacrés à l'agriculture aura moins d'impacts négatifs sur l'environnement que la mise en culture de nouveaux territoires qui conduit à de fortes émissions de gaz à effet de serre et qui a un impact négatif sur la biodiversité et la qualité de l'eau. À ce propos, il faut savoir que, par exemple, le potentiel de rendement d'un maïs est de l'ordre de 25 T/ha alors que la moyenne dans les pays à agriculture intensive (États-Unis, Chine, Argentine, France, Hongrie, Canada, Italie) est de 7,5 T/ha, et seulement de 2,8 T/ha dans les pays d'agriculture extensive traditionnelle (Tollenaar et Lee, 2002). Des progrès importants pourraient donc être réalisés dans ces régions par l'amélioration des techniques agricoles et la disponibilité d'engrais indispensables pour la croissance des plantes.

Un usage excessif des intrants dans l'agriculture des pays développés a des conséquences environnementales négatives. L'efficacité d'utilisation de l'azote, à l'échelle globale de la production végétale mondiale, n'est que de l'ordre de 33 %. Minimiser les coûts environnementaux tout en maintenant la production signifie augmenter l'efficacité d'utilisation de l'eau, de l'azote et du phosphore et réduire l'usage des produits toxiques. Ceci nécessite une amélioration des pratiques culturales. Il a ainsi été montré sur plusieurs exemples en Chine qu'il

était possible de réduire de 30 à 60 % la quantité d'azote épandue au champ et obtenir une même production (Ju *et al.*, 2009).

De manière générale, il faudra développer des méthodes et techniques permettant une plus exacte adaptation de la fourniture de ces ressources à la demande des plantes. L'agriculture de précision, qui utilise des outils modernes de diagnostic pour décider de la fourniture de l'eau et des éléments, allant même quand cela est possible à une application à proximité des racines pour éviter les pertes, en est un exemple.

Des systèmes de culture associant des rotations d'espèces capables, grâce à la symbiose bactérienne, de fixer l'azote, comme les légumineuses et des céréales, permettent de limiter l'apport d'engrais à ces dernières, qu'il soit d'origine biologique ou de synthèse. L'utilisation de cultures associées à des productions ligneuses comme dans l'agroforesterie a pour avantage de limiter l'érosion et de stocker du carbone dans les sols. L'association dans un espace réaménagé de bandes tampons constituées d'une flore persistante pouvant accueillir une faune utile pour les cultures (exemple des pollinisateurs) est également capable de piéger les éléments en excédent libérés par les cultures et par l'élevage à proximité des rivières, des lacs et des estuaires.

Certains ont mis en avant l'agriculture biologique comme solution généralisable. L'agriculture biologique proscriit l'utilisation d'engrais et de produits de protection des cultures s'ils résultent d'une synthèse chimique. Cela conduit à un usage, d'ailleurs réglementairement limité, de fumures d'origine animale, de cultures de légumineuses fixatrices l'azote et de produits de traitement organiques ou considérés comme traditionnels. Ces formes d'apports d'éléments nutritifs conduisent à réduire les rendements des cultures par rapport à l'agriculture conventionnelle qui de son côté n'exclut pas l'usage de produits de synthèse qui répondent mieux à la demande physiologique des plantes. La productivité n'est alors qu'en moyenne de l'ordre de 60 % de ce qu'elle pourrait être en agriculture conventionnelle (Mason *et al.*, 2007). Des raisons de nature philosophique la conduisent également à proscrire certains types de variétés comme les variétés hybrides ou celles issues indirectement de méthodes biotechnologiques. L'agriculture biologique, en excluant les substances de synthèse et les méthodes récentes de création variétale, ne peut pas assurer les conditions de culture des plantes qui permettent une production suffisante pour 9 milliards d'êtres humains (Trewavas, 2004). Toute extension significative de ce type d'agriculture conduira à une augmentation des prix agricoles, à une fluctuation encore plus grande des productions, soumises aux aléas climatiques et surtout parasitaires, et créera une demande supplémentaire de terres accélérant la déforestation. À ces effets s'ajouterait la nécessité d'élever plus d'animaux, en particulier des ruminants. Ainsi le passage au 100 % biologique aux États-Unis conduirait à

multiplier par sept le nombre de bovins dans ce pays ! À l'échelle mondiale, ceci aurait pour conséquence directe une très forte augmentation des émissions de gaz à effet de serre.

Par ailleurs, un choix d'espèces et la création de variétés végétales plus économes en eau, capables de surmonter des épisodes de déficit hydrique et ayant une meilleure efficacité d'utilisation des éléments minéraux, sont tout aussi essentiels. Des variétés ayant une meilleure tolérance à la sécheresse devraient, toutes choses égales par ailleurs, conduire à de meilleurs rendements dans des zones plus sèches, éviter le stress en système pluvial et diminuer les besoins en zone irriguées. Le déficit hydrique varie selon qu'il intervient progressivement ou soudainement, suivant l'état de développement de la culture, les caractéristiques pédologiques, et interagit avec d'autres contraintes environnementales éventuelles (températures, autres carences...). D'un point de vue pratique, ce qui importe est la possibilité de maximiser le rendement de la culture dans des conditions adverses variables.

Par exemple, le riz est une espèce qui consomme beaucoup d'eau (de l'ordre de 5 000 litres pour un kilogramme de grains) et la sécheresse affecte de plus en plus les riz pluviaux. Un système racinaire profond et vigoureux est un caractère recherché pour subvenir aux besoins de la plante pendant des périodes de sécheresse qui affectent d'abord les couches supérieures du sol. Un tel caractère d'une variété de riz pluvial des Philippines a pu être transféré grâce aux progrès de la génomique à des variétés du type Indica. De même l'orge sauvage (*Hordeum spontaneum*) est une source de gènes de tolérance à la sécheresse pour l'orge cultivée (*H. vulgare*) en région méditerranéenne, et également de gènes qui peuvent améliorer le rendement en conditions non limitantes. Cependant, il reste encore beaucoup à faire pour élaborer les outils permettant de sélectionner par des méthodes conventionnelles des caractères aussi complexes. De ce point de vue, le génie génétique semble plus prometteur (voir encadré suivant).

Historique de la sélection végétale et de la transgénèse Georges Pelletier

La domestication des végétaux, bien qu'ayant provoqué des transformations profondes des plantes comme lors du passage du téosinte au maïs, n'a porté généralement que sur un petit nombre de gènes et de caractères (Szabo et Burr, 1996). Des types variants adoptés par la suite, au hasard des mutations et des dérives génétiques, suivant des préférences locales et les contraintes des milieux, sont à l'origine de la grande diversité des plantes cultivées.

Cependant, un grain de blé en rendait 3 sous l'Empire romain, et 6 en 1800 grâce aux progrès de la fumure et du travail du sol depuis le moyen-âge. Si le facteur de multiplication est maintenant voisin de 50 dans l'agriculture

moderne, c'est la conséquence assez partagée des progrès agronomiques et de la sélection génétique, en particulier au cours du XX^e siècle. La reproduction sexuée des plantes ne fut découverte qu'à la fin du XVII^e siècle et le véritable progrès génétique ne fut possible que par l'application de méthodes de sélection adaptées aux particularités des modes de reproduction de chaque espèce. La qualité boulangère du blé a été multipliée par 3 au cours du XX^e siècle. Le rendement des variétés lignées pures de blé a augmenté de 0,4 quintal/ha.an sur la période 1945-1995 et les variétés hybrides de maïs ont vu leur potentiel croître de 1,2 quintal/ha.an pendant la même période. Dans les pays en développement d'Asie, la production réunie du riz et du blé a progressé de 127 à 762 millions T/an de 1961 à 2000 alors que dans le même temps la population s'accroissait de 1,6 à 3,5 milliards d'habitants. L'adoption des variétés demi-naines (mutations de gènes qui déterminent la réponse à une hormone végétale responsable de l'allongement des tiges ; Peng *et al.*, 1999) plus résistantes à la verse et qui produisent moins de paille au bénéfice des grains a eu une répercussion économique considérable.

Dès les années 1970, les biologistes des végétaux ont pressenti les limites des méthodes d'amélioration des plantes qui reposent sur les mutations spontanées créatrices de la biodiversité. Des méthodes de génie génétique étaient activement recherchées de manière à pouvoir répondre à un certain nombre de défis comme l'amélioration de la résistance aux parasites et aux maladies, de l'utilisation de l'eau et des engrais azotés, de l'efficacité de la photosynthèse, de la qualité nutritionnelle ou industrielle (Kleinhofs et Behki, 1977), défis qui sont toujours d'une grande actualité. Les outils de transgénèse végétale se sont développés assez vite après que D. Sciaky découvrit en 1977 la propriété qu'ont les agrobactéries de transférer des gènes aux plantes.

En effet les biotechnologies végétales, s'appuyant sur les progrès de la biologie moléculaire, permettent d'aller au-delà de la sélection de mutations aléatoires qui constitue depuis l'origine de l'agriculture l'essence de la domestication puis de l'amélioration des espèces cultivées. C'est dès 1986 que l'idée d'intégrer au génome de la plante une séquence d'ADN, copie d'une partie du génome d'un virus, comme perturbateur du cycle infectieux de ce virus, a été expérimentalement démontrée. Les premières variétés transgéniques cultivées étaient résistantes à des virus. Leurs avantages sont d'ordre socio-économique, agronomique, épidémiologique et environnemental (Fuchs, 2008). Par exemple, les papayes résistantes aux PRSV ont sauvé cette production, décimée par ce virus aux îles Hawaï. Les courges résistantes au ZYMV, WMV et CMV ont été créées aux États-Unis où elles sont cultivées et consommées depuis 1995 avec une remarquable stabilité de ces résistances. D'après Cohen (2005), les résistances aux virus sont le principal caractère que les pays en développement introduisent par transgénèse dans

de nombreuses espèces. Un maïs résistant au MSV vient d'être créé par des chercheurs d'Afrique du Sud (Sherpherd *et al.*, 2007).

En 2008, 125 millions d'hectares de cultures transgéniques ont été répertoriés dans le monde pour essentiellement quatre espèces (soja, maïs, cotonnier et colza) portant des caractères de résistance à un herbicide ou à des larves de lépidoptères qui se nourrissent de ces espèces. Les surfaces pour cette première génération de caractères améliorés n'ont cessé de croître depuis 1996, année de leur introduction sur 1,6 millions d'hectares.

Depuis, de nombreux travaux de génie génétique ont été réalisés dans la perspective de répondre au défi d'augmenter la production malgré la réduction prévisible des ressources (Umezawa *et al.*, 2006). Ainsi, des modifications génétiques portant sur certains gènes améliorent l'efficacité d'utilisation de l'eau par la plante ou lui permettent de tolérer des déficits hydriques importants. Il s'agit par exemple de l'accumulation de métabolites protecteurs de la dessiccation comme le tréhalose, de l'activation au cours des épisodes de déficit hydrique de la pompe à protons vacuolaire, de la surexpression de certains facteurs nucléaires qui régulent des réseaux de gènes impliqués dans la réaction au déficit hydrique avec augmentation de la masse des racines et une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau. Des variétés ayant une meilleure efficacité d'utilisation de l'azote par surexpression de gènes intervenant dans le métabolisme des acides aminés sont également sur le point d'être commercialisées comme des variétés résistantes à des excès de sel obtenues par surexpression des gènes qui codent les protéines qui assurent les échanges d'ions à travers la membrane vacuolaire de la cellule. Dans le cas du phosphate, l'efficacité de son assimilation par la plante peut être améliorée par surexpression d'un élément régulateur de la carence en phosphate. Sa biodisponibilité pour l'animal, afin de limiter les rejets, peut être améliorée par expression d'une phytase dans la plante (Chen *et al.*, 2008).

Le génie génétique permet de construire de nouvelles résistances aux agresseurs et aux pathogènes. Dans le cas de la résistance aux insectes, la stratégie dite « Bt », qui consiste à faire produire une protéine utilisée en lutte biologique, directement par la plante, a révolutionné la culture du cotonnier en particulier en Chine, en Inde et aux États-Unis. De nouvelles stratégies reposent sur l'intoxication des insectes prédateurs par les métabolites naturels des plantes transgéniques car celles-ci bloquent simultanément leur capacité de détoxifier ces molécules. Une autre stratégie prometteuse consiste à priver le parasite de facteurs essentiels à sa pathogénicité. C'est le cas de la résistance aux nématodes qui attaquent les racines des plantes ou aux champignons comme le *Sclerotinia sclerotiorum*, qui est capable d'attaquer une centaine d'espèces appartenant à 64 familles botaniques différentes. Son pouvoir pathogène, qui dépend de l'acide oxalique qu'il produit, sera annihilé si la plante transgénique produit une oxalate oxydase.

Un très gros effort de recherche reste nécessaire pour déboucher dans la pratique, en particulier pour ce qui concerne la production alimentaire dans les pays tropicaux et subtropicaux (Delmer, 2005). Il ne s'agit pas seulement d'introduire des variétés transgéniques (privées ou publiques) développées ailleurs mais, probablement sur une base régionale, de développer une capacité indépendante de recherche publique (Pingali et Raney, 2005). Ceci n'a de sens que si les difficultés actuelles de diffusion des technologies conventionnelles et du matériel amélioré vers les agriculteurs de subsistance sont surmontées (comme par exemple les interrogations sur les effets environnementaux...).

L'amélioration de l'efficacité d'utilisation des éléments est un facteur qui peut réduire également la demande de terres nouvelles. Il faut que les cycles de l'azote et du phosphore soient réellement « fermés » et ne donnent pas lieu à des « fuites » humaines ou animales, et donc il faut accroître la production par unité d'élément utilisé. Par exemple, l'efficacité d'utilisation de l'azote chez le maïs aux États-Unis a augmenté de 36 % au cours des 20 dernières années. En France, la production d'une même quantité de sucre de betterave nécessite près de 10 fois moins d'azote au champ qu'il y a 50 ans. Dans les deux cas, une amélioration des pratiques agricoles, de la technicité des agriculteurs et la sélection de nouvelles variétés y ont contribué.

3.3 Mieux résister aux agresseurs

Les plantes cultivées, par l'étendue des surfaces de culture et souvent leur uniformité variétale, et par leur introduction dans des biotopes nouveaux, présentent une fragilité particulière aux attaques de certains parasites qui peuvent entraîner des pertes considérables. En conséquence, l'usage des produits phytosanitaires s'est largement répandu au cours des 60 dernières années, entraînant des coûts environnementaux qu'une gestion plus intégrée des maladies et un recours à une plus grande diversité des espèces et de types de résistance des variétés permettraient de minimiser. Les maladies virales sont incurables et depuis longtemps les mesures prophylactiques ont été la seule arme dont on disposait. La sélection sanitaire s'est perfectionnée par l'identification des plants atteints grâce à des méthodes moléculaires ; dans le cas d'espèces à reproduction végétative, les clones sont assainis par la culture *in vitro* de méristème et la thérapie. Les méthodes de lutte qui reposent sur la prémunition et la création de variétés résistantes se développent.

Des résistances génétiques de différents types existent dans des écotypes sauvages ou des espèces apparentées, mais relativement moins dans les variétés

cultivées anciennes auxquelles les pathogènes se sont adaptés. De nombreuses variétés végétales résistantes à un ou plusieurs pathogènes ont été obtenues et sont cultivées à la suite des travaux d'amélioration génétique réalisés depuis le début du XX^e siècle. L'hybridation interspécifique tient une place importante dans l'introduction de ces résistances et le transfert de grandes fractions du génome d'une espèce sauvage dans une espèce cultivée s'est banalisé. Dans le cas du blé, 40 % des variétés de blé inscrites en France depuis 1996 portent un fragment chromosomique de l'espèce sauvage *Aegilops ventricosa*, responsable de la résistance au piétin verse, à l'oïdium, aux rouilles, à la septoriose et à des nématodes à kystes. L'introduction du bras court du chromosome 1 de seigle et d'un fragment chromosomique d'*Agropyron elongatum* a apporté d'autres gènes de résistances. Dans le cas de la tomate, un grand nombre de croisements interspécifiques ont été réalisés pour introduire des résistances à divers types de pathogènes : virus, bactéries, champignons. On estime que près de 10 % du génome des variétés de tomate cultivées provient d'espèces apparentées comme *L. hirsutum*, *L. peruvianum*, *L. pimpinellifolium*. Ces méthodes sont loin d'être désuètes et représentent encore une part importante des travaux de sélection.

La résistance génétique représente une valeur économique et environnementale importante. Les mécanismes de résistance commencent à être compris et conduisent à envisager des stratégies nouvelles pour améliorer les cultivars face à leur cortège de pathogènes. La sélection assistée par marqueurs permet d'accélérer l'obtention après croisements de cultivars résistants et de caractériser plus précisément les spécificités de ces résistances. Le génie génétique peut agir par le cumul des gènes, l'amplification des réactions de défense, la suppression de fonctions indispensables au pathogène (Durand-Tardif et Pelletier, 2003).

La durabilité des résistances génétiques à des pathogènes, notion bien entendu relative, est une question primordiale. De très nombreux exemples de résistances durables à déterminisme génétique simple existent comme la résistance au mildiou chez l'orge, aux rouilles et au piétin verse du blé, au TMV chez la tomate, au PVX chez la pomme de terre, à l'antracnose ou au virus de la mosaïque commune chez le haricot. Pour ce qui concerne les insectes et les plantes pérennes, les exemples les plus connus concernent la résistance au puceron lanigère chez certaines variétés de pommiers, ou la résistance au phylloxéra des porte-greffes de vigne issus d'espèces américaines qui ont permis de sauver notre vignoble.

Conclusion

Les changements climatiques auront une influence négative dans certaines régions en accentuant des phénomènes physiques extrêmes de chaleur, de

sécheresse ou au contraire d'excès d'eau. En même temps, l'élévation de température et d'humidité ne pourra que provoquer une augmentation des pressions parasitaires en particulier par les insectes et les champignons.

Face à ces défis, les méthodes classiques de sélection ne peuvent utiliser que la variation spontanée et aléatoire présente dans les espèces. Par ailleurs, elles ne sont pas toujours simples à mettre en œuvre, ni sur le plan conceptuel, ni sur le plan expérimental. Cependant, les progrès technologiques récents du séquençage de l'ADN banalisent l'acquisition de la séquence quasi complète du génome d'un individu puisqu'on l'obtient en quelques jours, pour quelques milliers d'euros. Cela change considérablement les approches de la sélection animale ou végétale, qui peut s'envisager non plus par l'appréciation de performances dans des dispositifs expérimentaux sur plusieurs années, mais à partir de la présence de séquences d'ADN marqueurs des gènes favorables. On en arrive à ce qu'on nomme la sélection génomique qui, dans un premier temps, grâce à ces méthodes couplées à des dispositifs expérimentaux techniquement plus performants, identifie les gènes favorables (par exemple d'adaptation aux variations environnementales) et dans un deuxième temps permet la sélection de leur assemblage dans les descendance d'hybridations contrôlées. Cette sélection génomique est porteuse de progrès importants pour la sélection en l'accélérant et en augmentant sa précision. Comme toute révolution technologique, elle sera profitable à ceux qui pourront faire l'effort de s'y adapter. La connaissance moléculaire des génomes des espèces et de leur variabilité devient donc stratégique. La formation aux méthodes informatiques indispensables à la gestion d'une masse considérable de données illustrant la diversité génétique des espèces est un point crucial.

Le génie génétique présente aussi d'immenses perspectives (voir supra encadré « Historique de la sélection végétale et de la transgénèse ») qui ne s'opposent pas à cette sélection mais la complètent. Le génie génétique est souvent plus immédiat dans l'application de stratégies éprouvées, comme pour la lutte contre les virus. Ces stratégies sont aussi d'une grande polyvalence qui repose sur la parenté évolutive des génomes végétaux, les mécanismes découverts et les transgènes introduits chez une espèce étant transposables à d'autres espèces. Enfin les transgènes, dont la séquence est forcément connue, une fois introduits à un locus chromosomique donné, sont très facilement transférables après croisements à de nombreuses variétés localement adaptées et sont donc un facteur qui favorise la diversité des cultivars. D'une manière générale, il est clair que si l'on ne veut pas qu'une amélioration se trouve limitée à un nombre très restreint de variétés, l'idéal est d'identifier des gènes (transgènes ou non) ayant un effet majeur, de sorte qu'on puisse les introduire dans l'ensemble des variétés végétales concernées, comme cela s'est produit récemment pour les gènes de raccourcissement des pailles chez les céréales.

Les espèces pour lesquelles il y a une recherche très active en sélection devraient assez facilement s'adapter à de nouveaux paramètres climatiques dont les équilibres entre les températures, la photopériode, le régime hydrique se trouveraient bouleversés. En revanche, pour les espèces où cette recherche, quand elle existe, est moins active (cas des riz ou des blés) ou quand elle ne repose que sur la recherche publique, des efforts importants devront être consentis pour assurer leur adaptation en particulier dans les régions particulièrement exposées à ces changements.

4 | Élevage : perspectives et limites au développement des productions animales

Comme les systèmes agricoles, les systèmes d'élevage sont très variés. En simplifiant, on peut les ramener aux types suivants :

- les élevages liés à la production d'herbe comprenant le pastoralisme (bovins, ovins... sans clôture) et l'élevage clôturé (bovins principalement) ;
- les élevages largement tributaires des grains (maïs, orge...) et tourteaux (soja...) : volailles, porcins, bovins...

On peut aussi distinguer les élevages selon un gradient allant d'une situation extensive (peu d'animaux par unité de surface) à une situation dite intensive où les animaux occupent peu de surface et sont nourris par des aliments à forte densité d'énergie. Enfin, ces différents systèmes peuvent relever d'exploitations modernes et riches, jusqu'à des exploitations très petites et pauvres (un ou deux animaux). Le pastoralisme utilise des espaces qui, sans élevage, resteraient improductifs. Ce sont en effet rarement des espaces où l'agriculture est possible, soit en raison de la faible productivité naturelle du sol, soit pour des raisons d'accès (zones montagneuses). Mais beaucoup de prairies, en particulier dans les régions tempérées, peuvent aussi être utilisées par l'agriculture. L'affectation à long terme de ces espaces à l'agriculture ou à l'élevage dépendra de nombreux facteurs et éventuellement de la rareté de la terre agricole. Sachant que la production de viande à partir de grains pour un rendement calorique faible mobilise des terres agricoles qui pourraient produire directement de l'alimentation humaine, il est possible qu'il y ait compétition entre les usages de la terre pour la production de viande ou la production de végétaux consommés directement par les sociétés. Cette opposition vaut surtout pour la production de viande bovine car celle-ci peut être produite sur des surfaces herbeuses qui ne peuvent pas avoir d'autres destinations. Les élevages intensifs avec de fortes concentrations d'animaux rencontrent des limites techniques liées aux pollutions

qu'ils engendrent. La résolution de ces problèmes constitue une des principales variables d'évolution technique de ces élevages. L'hypothèse d'un « élevage écologiquement intensif » est étudiée. Elle serait fondée sur un retour à l'herbe pour les herbivores.

Il est cependant bien difficile d'envisager l'avenir des productions animales face aux multiples facteurs, souvent contradictoires, de leur évolution et parce que les productions animales sont des productions « secondaires » par rapport aux productions végétales.

On assiste depuis quarante ans à un *accroissement des effectifs d'animaux et des produits animaux*, particulièrement marqué chez les granivores (porcins et surtout volailles), notamment en Asie. En effet, la croissance de la population mondiale, des revenus, de l'urbanisation se conjugue avec la diminution des prix des aliments et des changements des habitudes alimentaires pour accroître la demande en produits animaux. Les besoins et *la demande en protéines animales risquent de continuer à croître fortement*, principalement dans les pays émergents et en développement, jusqu'à doubler d'ici 2050. Elles devraient entraîner la poursuite de l'intensification de ces productions et de l'utilisation croissante des céréales dans l'alimentation animale. L'alimentation humaine mais aussi l'élevage sont les moteurs du développement agricole depuis des décennies. Toutefois, cette croissance des produits animaux se ralentit avec la diminution des taux de croissance de la population et de la consommation de viande par habitant dans les pays industrialisés. Est-il possible de continuer dans cette voie ? Ne faudra-t-il pas freiner cette demande au profit de protéines végétales plus efficaces à produire, sous l'influence des diverses contraintes écologiques, économiques, nutritionnelles ou sanitaires, voire philosophiques ?

L'évolution de l'élevage et des productions animales dépendra de nombreux facteurs :

1. Les productions animales dépendent en effet *des productions végétales*, de leurs possibilités d'accroissement et/ou de meilleure utilisation et répartition, face à la demande alimentaire des hommes et des animaux et à celle des utilisations industrielles (agrocarburants en particulier, voir § 8 de ce chapitre). Face à la demande croissante, les *concurrences* entre productions animales et végétales seront donc très fortes. Seront-elles régulées principalement par le marché mondial des produits végétaux et de l'énergie ou par des régulations politiques ?
2. Les activités d'élevage sont accusées de contribuer globalement à 18 % *des émissions anthropiques de gaz à effet de serre⁵ et à des impacts*

⁵Selon Stéphane Le Moing, ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, cette part ne serait en fait que de 3 %, voir commentaire du Groupe de lecture critique en annexe.

négatifs sur les ressources en eau et sur la biodiversité. En outre, l'élevage joue un rôle notable dans l'apparition de maladies émergentes. Selon les progrès scientifiques et les mesures techniques et surtout politiques qui seront prises au niveau local, régional ou mondial pour réduire fortement ces impacts environnementaux, le développement de l'élevage sera différemment orienté.

3. *Les productions d'herbivores* consommant essentiellement des fourrages ne sont pas en concurrence avec l'alimentation des hommes et des granivores et peuvent toujours valoriser les zones herbagères et pastorales, en assurant simultanément de nombreuses fonctions non marchandes, écologiques, agronomiques et sociales. Elles pourraient donc se maintenir et se développer. Leur avenir sera cependant très lié aux politiques de développement territorial durable rémunérant les aménités positives de ces élevages et aux possibilités de reconnaissance et valorisation de la qualité des produits obtenus au pâturage.
4. *L'élevage des granivores* (porcs et volailles), qui a répondu à la demande récente des PED, est biologiquement plus efficace que celui des herbivores. Il est essentiellement conduit hors sol, de type industriel. Son avenir dépend fortement de la concurrence sur le marché des céréales et sous-produits industriels, du prix de l'énergie et des stratégies des grandes firmes internationales agroalimentaires, ou des pays (Chine...). Une certaine « re-diversification » adaptative de ces systèmes d'élevage de granivores pourrait advenir, notamment sous l'effet de politiques de régulation.
5. *L'aquaculture* (voir § 5 de ce chapitre), qui s'est fortement développée depuis 25 ans, contribue aujourd'hui à égalité avec la pêche à l'alimentation humaine. Ses potentialités de développement sont considérables car cette activité se situe au stade du début de la domestication par rapport aux autres espèces ; des défis importants sont à relever, notamment la capacité de développer une alimentation végétale de ces animaux aquatiques se substituant à l'alimentation carnée actuellement majoritaire.
6. Le développement de l'élevage dépend aussi des possibilités *d'utilisation de coproduits industriels* d'origine diverses et des autres valorisations de ceux-ci. Il peut être notablement freiné par les pollutions liées à *la gestion des déjections animales*, lorsque les élevages sont concentrés, sauf lorsque ces déjections sont bien utilisées comme fertilisants rationnels ou comme source d'énergie.
7. Les préoccupations croissantes des pays développés en matière de recherche du *bien-être animal* peuvent aussi freiner le développement des élevages, principalement des élevages industriels. De même, la technicisation du *métier d'éleveur*, part d'un patrimoine humain séculaire, risque

d'entraîner la disparition de produits animaux traditionnels, des savoirs des éleveurs et la détérioration de leur image et du sens de leur métier.

8. La diversité des *systèmes d'élevage*, malgré la recherche de modèles industriels partout transposables, devrait se maintenir ou se redessiner, faisant coexister une agriculture paysanne adaptée à la diversité des conditions naturelles, économiques et sociales, et de grandes structures spécialisées d'élevage industriel. *Un équilibre agro-sylvo-pastoral* dans les divers territoires, reposant principalement sur *l'association des cultures et de l'élevage*, à bénéfices réciproques, devrait pouvoir être maintenu ou reconstruit dans l'avenir. Le maintien et le développement de l'élevage au bénéfice des territoires, de la société et de l'environnement écologique repose sans doute en partie sur le rétablissement de ces équilibres biologiques et sociaux. La question de la rémunération par le marché ou par l'intervention publique des services environnementaux et sociaux de l'élevage doit être placée au cœur des politiques publiques.

L'accroissement inévitable de la demande impliquera de poursuivre la recherche d'une meilleure efficacité de l'usage des ressources pour la production animale, mais cette efficacité devra être pensée différemment. Les *compromis équilibrés* souhaitables entre les poids respectifs des différents facteurs considérés ci-dessus, s'établiront en fonction des progrès scientifiques, techniques et sanitaires susceptibles d'agir sur ces facteurs et d'être acceptés socialement et du renouveau de la pensée agronomique pour produire plus, mais autrement. Ils se feront aussi en fonction des marchés, plus ou moins régulés, des stratégies des firmes internationales et des politiques publiques des États ou groupes d'États. Ils dépendront aussi des évolutions des modèles alimentaires dans le monde, des évolutions sociologiques de vastes pays plus ou moins végétariens et de l'importance de la lutte contre la pauvreté dans le monde. Les politiques publiques nationales, régionales et mondiales, engagées dans l'avenir pour trouver ces compromis équilibrés et socio-écologiquement pertinents, seront sûrement déterminantes pour l'avenir de l'élevage et des productions animales.

Proposition

Orienter progressivement les politiques alimentaires et nutritionnelles vers la limitation de la consommation des viandes, en particulier :

- celles qui peuvent présenter des dangers pour la santé ;
- celles qui utilisent de grandes quantités de grains et qui peuvent s'en passer (retour à l'herbe) ;
- celles qui sont produites à partir de surfaces qui pourraient convenir à une production alimentaire directe pour l'homme.

5 | Ressources halieutiques

5.1 La pêche fournit aux hommes un apport protéique essentiel, pour combien de temps encore ?

La pêche continue de jouer un rôle essentiel en nourrissant plus d'un milliard d'êtres humains. Mais l'appétit croissant pour le poisson fait peser une pression toujours plus forte sur les ressources sauvages et pose la question de la durabilité de l'exploitation des ressources marines. Les projections en termes de sécurité alimentaire nous interpellent : si l'on consommait 16 kg/habitant de poisson sauvage au niveau mondial dans les années 1980, ce chiffre tombera à 8 kg/habitant dès 2020 selon les prévisions. Au niveau français, la production en 2005 ne couvre que 36,3 % des besoins et il nous faut importer, tout particulièrement en provenance des pays du sud ; ce déficit de 1,42 Mt représente en valeur 2,4 M€, soit 7,1 % du déficit français. Les limites de l'exploitation halieutique se profilent au niveau planétaire. Aujourd'hui plus des trois quarts des ressources marines sont pleinement exploitées, voire très surexploitées, selon la FAO. La surexploitation des stocks est chronique. Au niveau de nos mers européennes, le bilan est désastreux avec 88 % des stocks surexploités en mer du Nord et l'ensemble des ressources démersales (poissons tels que lotte, merlu, mérou,...) en Méditerranée. La technologie qui a permis d'améliorer la vie en mer et l'efficacité de pêche des bateaux est devenue un problème récurrent au niveau planétaire : il y a trop de bateaux de pêche suréquipés qui sont devenus trop efficaces pour des ressources halieutiques qui ne cessent de se raréfier. La destruction de la richesse économique pour l'exploitant et au niveau de la communauté est estimée à 51 M\$/an, alors que le produit de la pêche est de l'ordre de 85 M\$/an selon le dernier rapport de la Banque mondiale (2008). Les subventions sont également disproportionnées et souvent sans effet pour corriger les problèmes des pêcheries. En France, les subventions destinées au secteur depuis ces trois dernières décennies sont comparables à la valeur des débarquements annuels. Elles n'ont pas résolu les problèmes mais au contraire n'ont fait qu'engendrer les crises récurrentes du secteur. La rentabilité de l'activité de pêche est devenue problématique et il est difficile de lui envisager un futur viable si on ne change pas en profondeur les pratiques et objectifs. Certains chercheurs n'hésitent pas à dire que si ces tendances lourdes se poursuivent, les pêcheries fermeront les unes après les autres à l'aube de 2050, illustrant l'urgence de gérer l'exploitation des ressources renouvelables marines de manière efficace.

5.1.1 Les impacts de la pêche sur l'ensemble de l'écosystème marin

La pêche a un impact fort sur les espèces qu'elle cible. Mais il ne faut surtout pas occulter les effets directs et indirects sur les autres composantes de

l'écosystème. Car c'est bien l'ensemble de l'écosystème marin qui est potentiellement touché par la pêche. Certains modes de pêches ont des effets directs sur l'habitat des espèces marines, qu'elles soient exploitées ou non. Le chalutage contribue par exemple à la destruction de l'habitat benthique. Annuellement, les surfaces couvertes par le chalutage sont estimées à la moitié de la surface des plateaux continentaux. Cette surface représente 150 fois la surface de déforestation annuelle en milieu terrestre et illustre l'ampleur de l'impact potentiel sur les nombreuses espèces sédentaires.

Il existe également des effets directs de la pêche sur des espèces non ciblées. Les pêcheries ciblent généralement des espèces d'intérêt commercial, à l'aide d'engins sélectifs et/ou par l'exploitation de zones et de saisons adaptées. Cependant, la sélection est loin d'être parfaite. Les rejets en mer de captures d'espèces accessoires (car sans ou avec peu d'intérêt commercial) sont très élevés et représentent entre 10 et 27 Mt/an sur un total de captures mondiales de 85 Mt/an (soit jusqu'à 30 % des captures déclarées). Un exemple marquant mais non isolé est celui des pêcheries de crevettes ou de crabes qui prélèvent environ trois à dix fois leur volume en espèces de poissons non désirables commercialement. Ces pratiques d'exploitation des ressources marines sont de plus en plus condamnables dans un contexte de conservation des populations naturelles.

Une évolution qualitative essentielle des captures de pêche montre les effets indirects que peut engendrer la pêche sur l'ensemble de l'écosystème : les poissons de petite taille et situés en début de chaîne trophique constituent une part croissante des captures. On trouve de plus en plus de sardines, d'anchois, de harengs et d'autres petits poissons pélagiques dans les filets des pêcheurs et de moins en moins de grands poissons tels que les morues, flétans, colins, etc. Ce phénomène n'est pas lié au fait que les pêcheurs ciblent davantage les petits poissons, bien au contraire. Les pêcheurs ciblent le plus souvent les poissons carnivores de grande taille, situés en haut de la chaîne trophique car ceux-ci ont une valeur commerciale élevée. Au Canada, où la morue semble bel et bien avoir disparu, l'écosystème est aujourd'hui dominé par des poissons pélagiques et d'autres espèces situées plus bas dans la chaîne trophique, notamment les crevettes et les crabes. Aujourd'hui, leur taille dépasse rarement quelques décimètres. Cette diminution de taille des poissons dans les captures est un des symptômes clairs de la surexploitation généralisée des stocks de poissons. Les scientifiques commencent à mesurer l'ampleur de ce phénomène. Les connaissances du fonctionnement du milieu marin illustrent aujourd'hui clairement que la diminution massive de ces espèces prédatrices a des conséquences importantes sur l'ensemble des écosystèmes marins en bouleversant leur structure et leur fonctionnement. L'explosion des populations de méduses observée actuellement dans de nombreux écosystèmes souligne l'importance des changements de régime et la baisse de productivité des écosystèmes marins qui en découle.

5.1.2 Vers une pêche responsable et durable

Face à la surexploitation généralisée des écosystèmes marins par les pêcheries industrielles mais aussi artisanales, et face au constat que la capacité de résilience des océans n'est pas si importante qu'on le pensait, il est urgent de mettre en place des mesures de gestion qui prennent en compte les impacts de la pêche sur le fonctionnement des écosystèmes. Les pratiques actuelles de la pêche, trop souvent issues d'une vision à court terme de rentabilité économique, hypothèquent non seulement l'avenir des populations et des écosystèmes marins mais également celui du secteur de la pêche à moyen terme.

Dans un objectif d'incitation à une démarche de précaution et dans un véritable effort de construction de la pêche de demain, la FAO a jeté les bases d'une approche écosystémique des pêches. En établissant le code de conduite pour des pêches responsables en 1995, une dimension nouvelle apparaît avec le principe de précaution appliqué aux pêcheries. Il s'agit en l'occurrence d'une tentative affichée de réconcilier conservation et exploitation. Il ne s'agit pas de rejeter l'activité de pêche en tant que telle mais de responsabiliser les pêcheurs et instances décisionnelles dans l'exploitation des ressources renouvelables marines : le devenir de l'activité de pêche dépend largement de l'état de santé des écosystèmes marins. Avec la déclaration de Reykjavik en 2001, qui a ensuite été avalisée durant le Sommet mondial sur le développement durable à Johannesburg en 2002, les États se sont engagés à respecter un cadre international et un agenda pour lequel des objectifs de conservation et d'exploitation sont désormais fixés. L'agenda est contraignant : en 2015 les stocks doivent retrouver leur pleine productivité ; en 2012 un réseau de 10 % d'aires marines protégées doit être mis en place ; en 2010 nous devons ralentir l'érosion de la biodiversité et mettre en œuvre l'approche écosystémique des pêches.

Nos sociétés qui ont depuis toujours vécu sur le mode des razzias sont en train de reconsidérer l'exploitation des ressources marines en conciliant exploitation et conservation des espèces et des écosystèmes. Il s'agit d'une vision *nouvelle* et *partagée* d'une société durable et désirable, qui pourrait produire une prospérité permanente, juste et équitable pour l'humanité, les autres espèces, et les générations futures. Il reste à rapidement mettre en œuvre cette nouvelle gouvernance si l'on veut sortir de la crise halieutique.

5.2 L'aquaculture : évolution des productions et enjeux de recherche

Limitée à moins de 4 Mt/an en 1970, la production mondiale aquacole a connu une croissance soutenue depuis 1980, pour dépasser en 2003 le cap

des 50 Mt/an (végétaux aquatiques inclus) et atteindre 65 Mt/an en 2007. Cette croissance est parmi les plus élevées de toutes les productions agricoles et dépasse nettement celle des volailles et des porcins. La contribution de l'aquaculture à l'alimentation humaine est ainsi passée de moins de 1 kg/hab.an, dans les années 1970, à plus de 6 kg aujourd'hui. Cette évolution contraste très fortement avec celle des captures liées à la pêche dont les débarquements stagnent, voire régressent, depuis une dizaine d'années à un niveau situé entre 85 et 90 Mt/an. Les productions aquacoles proviennent pour 50 % des eaux de mer (principalement mollusques et végétaux aquatiques), pour 45 % des eaux douces (principalement des poissons) et pour 5 % des eaux saumâtres (principalement des crevettes). Contrairement aux productions animales terrestres, les productions aquacoles reposent sur un très grand nombre d'espèces : plus de 220 espèces animales et végétales recensées en 2002, dont 25 assurent néanmoins 90 % de la production.

Le « boom » aquacole de ces 20 dernières années est essentiellement le fait des pays en développement (90 %) avec une part prépondérante de l'Asie (93 %) et en particulier de la Chine (71 %). La contribution des pays développés est passée de 42 % en 1973 à 9,2 % en 2003. Par ailleurs, ce « boom » résulte pour l'essentiel de productions déjà bien établies dans les années 1970 : poissons d'eaux douces, principalement en étangs, et mollusques en zones côtières. Les deux espèces les plus élevées dans le monde en 2004 étaient d'ailleurs l'huître japonaise et la carpe argentée, toutes deux filtreuses, à chaîne alimentaire courte. Les productions, plus récentes, de poissons marins et de crustacés en eaux saumâtres sont encore nettement inférieures en volume, même si leur part en valeur est nettement plus élevée ; poissons marins, salmonidés et crustacés représentaient en 2003 14 % de la production totale en volume et 40 % en valeur. La pisciculture d'eau douce (45 % de la production aquacole totale) diffère des autres systèmes d'élevages aquacoles par un certain nombre de caractéristiques. Elle permet, à différents niveaux, une forte intégration aux systèmes de production agricoles (agriculture et élevage) grâce à une utilisation partagée de l'eau, au recyclage des déchets et effluents d'élevage comme fertilisants des étangs de pisciculture, ou à l'utilisation de sous-produits agricoles bruts comme aliments pour le poisson. La production piscicole d'eau douce repose principalement sur des espèces à chaîne alimentaire courte (carpes, tilapias, etc.). Elle est surtout mise en œuvre à travers des systèmes de production extensifs et semi-intensifs dans lesquels la polyculture, la fertilisation et l'alimentation complémentaire constituent les éléments de base. Cependant, depuis une vingtaine d'années, se sont développés à très grande échelle, essentiellement en Asie du Sud-Est, des élevages intensifs d'espèces dulçaquicoles en cages flottantes dans le contexte global de l'intensification des productions agricoles.

La pisciculture d'eau de mer est principalement basée sur des poissons carnivores à chaîne alimentaire longue (saumons, sérioles, bars, daurades) et réalisée

dans des systèmes de production intensifs ou semi-intensifs en cages flottantes. Les espèces concernées se répartissent en deux grands groupes selon le degré de maîtrise de leur cycle d'élevage : celles dont l'élevage est entièrement contrôlé (bar, daurade, salmonidés) et celles dont le grossissement (embouche) est pratiqué à partir d'alevins pêchés dans le milieu naturel (sérieole, thon).

À l'heure actuelle, les enjeux de recherche dans le domaine de l'aquaculture pour permettre la poursuite de sa progression (vraisemblablement à un rythme moindre, les différentes perspectives affichant un taux de croissance moyen de l'ordre de 5 % par an d'ici 2020) apparaissent comme étant principalement les suivants :

- la qualité des milieux joue un rôle considérable en aquaculture et tout particulièrement en conchyliculture qui constitue à l'évidence l'une des valorisations les plus durables de la productivité écologique des zones côtières. Une relance des recherches en écotoxicologie et écopathologie pour comprendre et maîtriser des phénomènes tels que la production de toxines par des blooms d'algues et la bioconcentration de polluants apparaît fondamentale ;
- les recherches sur l'alimentation des systèmes aquacoles intensifs devront à la fois viser à réduire l'impact des rejets par une meilleure efficacité de l'aliment et de son utilisation et anticiper une inévitable réduction des ressources en huiles et farines de poissons tout en préservant la qualité des produits. Concernant ce dernier point, les solutions alternatives feront appel, d'une part, à la diversification des apports en protéines (notamment par incorporation de produits d'origine végétale) et, d'autre part, à des procédés de bioconversion de déchets agro-industriels
- la lutte contre les bioagresseurs qui constituent un aspect important de l'aquaculture, en particulier intensive, devra privilégier des approches mettant en œuvre la résistance génétique, l'identification et l'induction de mécanismes de défense non spécifiques combinées à des approches écopathologiques ;
- la promotion de systèmes de production aquacoles durables, outre leur viabilité économique assurée et leurs impacts environnementaux maîtrisés, aura à prendre en compte les attentes et les besoins des citoyens-consommateurs ainsi que le rôle qu'est susceptible de jouer cette activité vers une plus grande équité de ses acteurs ;
- la pisciculture d'eau douce d'espèces de faible valeur (~ 1 dollar américain/kg) demeurera une composante majeure de l'aquaculture, notamment dans les pays en développement et émergents. L'intensification raisonnée de ces systèmes constitue un enjeu considérable et complexe, dans

- la mesure où il devra combiner savoir-faire traditionnels et démarches scientifiques (nutrition, écologie, limnologie, génétique, sociologie, économie, etc.);
- la domestication de nouvelles espèces indigènes d'intérêt aquacole constitue un enjeu important de l'aquaculture du futur. Elle permettra, entre autres, par le bouclage en captivité du cycle biologique des espèces, de s'affranchir du prélèvement de juvéniles dans le milieu naturel et de mettre en place des programmes d'amélioration génétique. La domestication d'espèces indigènes constitue par ailleurs le meilleur rempart aux introductions d'espèces exotiques et permet la diversification des productions, qui constitue un objectif permanent des pisciculteurs, notamment des PED où le poisson constitue une source de protéine essentielle. Cette démarche devra s'accompagner d'une gestion attentive des ressources génétiques, tant au sein des populations d'élevage qu'en termes d'impact sur les populations naturelles ;
 - enfin, l'amélioration génétique constituera un point déterminant pour le développement de l'aquaculture comme dans toutes les filières terrestres. Les espèces aquacoles élevées aujourd'hui disposent, en effet, d'un important et prometteur potentiel de sélection et d'adaptation (à des milieux et/ou à des situations d'élevage particuliers) car elles sont peu ou pas domestiquées. Les caractères concernés par l'amélioration génétique sont nombreux (capacités d'adaptation, croissance, rendements, qualité de la chair, résistance à certains pathogènes, stérilité...) et les méthodes diversifiées (sélection, polyploidisation, monosexage...). Le progrès génétique aura des implications majeures pour l'avenir des filières car il a un impact direct sur l'économie, la qualité du produit, le respect de l'environnement (la stérilisation permet d'éviter la contamination des populations sauvages et d'affecter la biodiversité) et l'éthique animale par l'amélioration du bien-être des animaux.

Utilisation des macroalgues en alimentation

Catherine Boyen, CEVA

La quantité d'algues produites annuellement au niveau mondial, par culture ou récolte, est de l'ordre de 16 millions de tonnes d'algues fraîches. Les producteurs principaux sont la Chine, la Corée, les Philippines, l'Indonésie et le Japon qui à eux seuls totalisent les 4/5 de la production, principalement par culture (92 %). Cette production est majoritairement destinée à l'alimentation humaine directe qui représente 75 % de la production mondiale. La deuxième utilisation est l'extraction des colloïdes qui représentent 12,5 %. Le restant est exploité dans les différents secteurs que sont l'agriculture, l'alimentation animale et la cosmétique.

L'ampleur de la consommation directe est due aux pays du Sud-Est asiatique et parmi ces pays, le Japon est un consommateur important et historique. L'algue est présente dans ce pays depuis des millénaires et constitue même, sous certaines formes, un produit très prisé grâce à ses propriétés organoleptiques. L'algue au Japon est associée à une image de santé forte et on la retrouve dans le régime alimentaire des centaines de l'île d'Okinawa. On évalue la consommation d'algues au Japon à 5,2 g/jour.personne.

La valeur nutritionnelle des algues peut s'expliquer en grande partie par la présence conjointe de trois grandes catégories de composants (fibres, minéraux et protéines), mais également par les métabolites présentant des propriétés antioxydantes et antiradicalaires tels que les caroténoïdes, polyphénols, vitamines ou acides gras polyinsaturés. Les algues puisent dans la mer une richesse exceptionnelle en minéraux : quelques milligrammes de certaines algues brunes couvrent ainsi les apports journaliers recommandés (AJR) en iode à hauteur de 100 %. Les macroalgues constituent également une des sources végétales de calcium les plus importantes et fournissent des teneurs significatives en vitamine B12. Cependant, la digestibilité des protéines de macroalgues reste très variable selon les traitements appliqués.

Les algues marines en France et en Europe sont considérées comme des aliments non traditionnels et leur utilisation comme légume ou produit intermédiaire dans l'industrie agroalimentaire est régie par une réglementation type « Novel Food », terme qui définit les aliments qui ne correspondent pas à une culture traditionnelle de consommation. La réglementation a établi une liste positive de vingt espèces de macroalgues autorisées pour l'alimentation.

En France et essentiellement en Bretagne, les macroalgues sont majoritairement récoltées à partir des populations sauvages. Les côtes bretonnes possèdent en effet un des plus grands champs d'algues d'Europe, en raison des conditions favorables telles que l'existence d'un estran rocheux large lié à un marnage important, la transparence et la fertilité des eaux, leur renouvellement par les courants des marées et l'agitation du milieu. Ces récoltes annuelles totales varient de 40 000 à 60 000 tonnes mais les algues alimentaires ne représentent que 800 tonnes, bien que ce chiffre soit actuellement en croissance. L'Ulve et la *Palmaria* sont les algues les plus récoltées et représentent les deux tiers de la production d'algues alimentaires. Les algues alimentaires sont récoltées à la main par certains récoltants professionnels mais surtout par des récoltants occasionnels. Cette activité était jusqu'à présent peu encadrée, mais un énorme travail a été réalisé depuis 2007 afin de pérenniser cette activité, gérer la ressource et trouver un statut à ces récoltants qui n'en ont pas. Environ 300 récoltants occasionnels récoltent des algues pour un chiffre d'affaire de l'ordre de 300 000 €/an.

Les algues se présentent à la vente sous forme déshydratée en poudre, paillettes ou morceaux, mais également intégrées comme condiments ou

légumes d'accompagnement à de nombreux produits alimentaires. Citons par exemple : moutardes, pains, confitures, sel marin, pâtes, sardines en boîtes, cake et rillettes de poissons, sauces, tartares d'algues, fromages, steak de soja et également quelques produits sucrés comme des boissons, caramels et même des confitures. Les algues peuvent inspirer de grands chefs mais aussi de petits restaurateurs locaux.

Bien que les récoltes d'algues dans un but alimentaire impactent en elles-mêmes peu la ressource existante, il existe une très forte contrainte sur cette ressource, ce qui incite aujourd'hui les industriels à s'organiser pour une gestion raisonnée des champs naturels d'algues et initier des projets en aquaculture pour une maîtrise durable de la ressource.

Il est difficile d'évaluer l'évolution du secteur des algues alimentaires en France et en Europe, pour les années à venir. La récolte d'algues alimentaire en France est assez stationnaire depuis 10 ans avec une légère tendance actuelle à se développer. Le réseau de distribution repose majoritairement sur les coopératives biologiques, qui offrent de plus en plus d'algues et de produits à base d'algues. Une opportunité de croissance du marché peut se produire avec l'augmentation marquée des ventes par Internet qui permettent un réseau de distribution plus important et plus aisé pour l'ensemble des consommateurs.

Références :

CEVA, Centre d'étude et de valorisation des algues, Pleubian

<http://www.ceva.fr/fr/ceva/presentation.html>

6 | Réduction des pertes

Les pertes et gaspillages de produits alimentaires mondiaux sont colossaux et méritent une analyse approfondie, au moment où le nombre de personnes affectées par la sous-nutrition repart à la hausse. N'y a-t-il pas là quelque gisement qui pourrait contribuer au remède à la sous-nutrition ? Ces pertes et gaspillage ne sont-ils pas les témoins d'un système mondial déséquilibré, aberrant, qui surproduit par endroits, pollue à d'autres, nourrit mal une part croissante de la population et maintient un milliard d'être humains en sous-nutrition ?

Ces pertes et gaspillages ont fait l'objet de peu de travaux ces dernières décennies, si bien qu'il est difficile d'en avoir une idée précise. Il n'en a pas toujours été ainsi ! En 1975 par exemple, l'Assemblée générale des Nations unies décidait une mobilisation mondiale pour réduire ces pertes de moitié (UN,

1975). Suite à cette résolution, plusieurs programmes internationaux furent lancés, mais les succès montants de la Révolution verte firent rapidement basculer les priorités et la mobilisation cessa. Pendant les décennies suivantes, grâce aux succès de la Révolution verte, la réduction de la sous-nutrition s'est poursuivie, laissant penser que les Objectifs du Millénaire en matière de sous-nutrition allaient être atteints sans problème.

Aujourd'hui, alors que la tendance s'est inversée, la question des pertes et gaspillages refait surface, moins en tant que remède à la sous-nutrition que comme contribution à la réduction des impacts de l'agriculture sur les écosystèmes et sur les émissions de gaz à effet de serre. La production agricole représente en effet 16 % des émissions et a en outre l'inconvénient d'émettre des gaz au pouvoir de forçage radiatif élevé comme le méthane ou le protoxyde d'azote (plus d'un quart des émissions de GES). Cette partie du rapport décrit d'une part l'état des connaissances sur les pertes et gaspillages et d'autre part leurs conséquences et les remèdes envisageables.

6.1 Pertes et gaspillages : état des connaissances

On distingue dans la littérature trois types de pertes (Ventour, 2009) :

- les pertes non évitables (épluchures, parties non mangeables, procédés induisant des pertes obligatoires tels que cuisson ou séchage) ;
- les pertes évitables (produits périmés, non commercialisables pour raisons sanitaires, culturelles ou autres) ;
- les gaspillages : produits jetés bien qu'étant a priori propres à la consommation.

Cette typologie, implicite dans certains documents, ne fait pas l'objet d'une standardisation. Il serait donc très utile de définir un cadre de travail clair, car on ne progressera sans doute sur cette question que grâce à une meilleure connaissance. Les pertes et gaspillages se produisent tout au long de la chaîne de transformation des produits agricoles en aliments consommables, « du champ à la fourchette, *from field to fork* en anglais ». On distingue classiquement quatre étapes (tableau 5.3) :

- dans l'exploitation agricole ;
- dans la chaîne de transport, transformation et distribution de gros ;
- dans le commerce de détail ;

- dans la phase de consommation (services de restauration ou consommateurs individuels). Schématiquement les pertes et les gaspillages se produisent plutôt dans les deux premières étapes dans les pays en développement et surtout dans la dernière étape dans les pays développés.

Étape n°	Intitulé	Types de pertes
1	Récolte et post-récolte	Au champ et dans le processus de récolte, produits mal ou pas récoltés, périmés ou détruits par ravageurs Pertes de stockage (séchage, dégradation) Pertes dans les premières étapes de transformation et de commercialisation
2	Transport, transformation et grande distribution	Pertes de stockage et transport Pertes liées aux procédés de transformation
3	Commerce de détail	Pertes de stockage et transport Pertes pour raisons sanitaires (dates limites de consommation)
4	Services de restauration et consommateurs	Pertes de stockage Pertes de préparation des aliments Pertes et gaspillages lors de la consommation

Tableau 5.3

Les quatre étapes des pertes, proposition de typologie.

Chaque étape comprend plusieurs traitements et peut s'avérer complexe, ce qui rend les estimations des pertes particulièrement difficiles. Certains auteurs parlent en anglais de « *food pipeline* » (Bourne, 1977). À ces pertes et gaspillages classiques, il faut ajouter ceux, spécifiques, occasionnés par la pêche industrielle mentionnés au § 5.1 de ce chapitre. La connaissance des pertes et gaspillages demeure fort parcellaire. Il n'en existe aucune base de données de synthèse. En particulier, les données de la FAO rendent compte de la nourriture disponible et non pas de celle effectivement consommée.

6.2 Étape récolte et post-récolte

Au cours de cette première étape, les pertes se situent lors de la récolte elle-même (pertes mécaniques), lors du stockage sur pied (pertes par maladies et

ravageurs), lors du transport du champ au lieu de battage ou de stockage (pertes mécaniques), et lors du stockage (rongeurs, moisissures, bactéries...). Une partie des pertes entre en fait dans le circuit alimentaire des écosystèmes (oiseaux, rongeurs...) qui peuvent aussi avoir une utilité pour les sociétés (cas des canards glaneurs d'Asie conduits en bande sur des parcelles récemment récoltées). La notion de perte est donc à manier avec précaution.

Les pertes à cette étape sont marquées par une très grande variabilité :

- suivant les types de produits : les produits périssables paient à l'évidence un lourd tribut tout au long de la chaîne et en particulier à cette étape ;
- suivant les régions : le niveau de développement et en particulier l'organisation des filières de consommation sont ici critiques ;
- suivant les climats : les climats humides et chauds sont synonymes de menaces par toutes sortes d'agresseurs ;
- suivant les années : il existe une variabilité interannuelle liée à des invasions de ravageurs ou à des catastrophes naturelles.

Quelques exemples de données sont fournis dans le tableau 5.4. La plupart d'entre elles sont anciennes, témoignant de la diminution des préoccupations sur cette étape après la Révolution verte. Les fourchettes des différents produits disponibles vont de quelques % à une trentaine de % sans que des tendances claires se dégagent. De nombreuses valeurs se situent autour de 20 %.

6.3 Étape transport et commerce de gros

C'est l'étape la moins renseignée, aucune étude sérieuse n'a pu être répertoriée sur ce thème.

6.4 Étape commerce de détail et consommation

C'est l'étape sur laquelle on trouve les travaux les plus récents et les plus précis. Le travail le plus fouillé a été commandité par le service de recherche économique du ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA's Economic Research Service – ERS, Kantor *et al.*, 1997). Selon ce travail correspondant à des données de l'année 1995, sur les 160 Mt de nourriture disponible annuellement aux États-Unis, 27 % soit 43 Mt sont perdues aux étapes 3 et 4 telles que définies ci-dessus. Ces chiffres correspondent *aux pertes évitables et aux gaspillages* tels que définis plus haut et excluent donc les pertes inévitables. Les pertes les plus

Type de produit	Région	Étapes	Processus	Fourchette de pertes (%)	Perte moyennes (%)	Année	Référence
Riz	Asie du Sud Est	1	Récolte	1-3	2	1997	FAO, 1997 (in Earthtrends)
Riz	Asie du Sud Est	1	Manutention	2-7	4,5	1997	FAO, 1997 (in Earthtrends)
Riz	Asie du Sud Est	1	Battage	2-6	4	1997	FAO, 1997 (in Earthtrends)
Riz	Asie du Sud Est	1	Séchage	1-5	3	1997	FAO, 1997 (in Earthtrends)
Riz	Asie du Sud Est	1	Stockage	2-6	4	1997	FAO, 1997 (in Earthtrends)
Riz	Asie du Sud Est	1	Transport	2-10	6	1997	FAO, 1997 (in Earthtrends)
Riz	Asie du Sud Est	1	Total post récolte	10-37	23	1997	FAO, 1997 (in Earthtrends)
Riz	Chine	1	Total post récolte	5-23	14	<1997	Yong and Algader 1997, in Earthtrends
Riz	Vietnam	1	Total post récolte	10-25	17	<1995	Phan and Nguyen 1995, in Earthtrends

Tableau 5.4

Données relatives aux pertes de nourriture relevées dans la littérature.

Type de produit	Région	Étapes	Processus	Fourchette de pertes (%)	Perte moyennes (%)	Année	Référence
Toutes cultures	États-Unis	1	non-récolte		7	94-96	Kantor et al. 1997
Porc	États-Unis	2	rejeté à l'abattoir		0,2	1995	Kantor et al. 1997
Veau	États-Unis	2	rejeté à l'abattoir		1,7	1995	Kantor et al. 1997
Poulet	États-Unis	2	rejeté à l'abattoir		0,4	1995	Kantor et al. 1997
Total nourriture	Suisse	1+2+3	Du champ à l'assiette	20-25	22	<1998	Bundesamt für Gesundheit (1998) in Schneider 2007
Fruits et légumes	États-Unis	1+2+3	« entre production et consommation »	2-23	12	<1984	Cappellini and Ceponis, 1984; Harvey, 1978 in Kader 2005
Total nourriture	Suède	4	Stockage & préparation (en restauration collective)		4	2004	Engström R., Carlsson-Kanyama A. (2004) in Schneider 2007
Total nourriture	Suède	4	Service (en restauration collective)		6	2004	Engström R., Carlsson-Kanyama A. (2004) in Schneider 2008

Tableau 5.4
Suite

Type de produit	Région	Étapes	Processus	Fourchette de pertes (%)	Perte moyennes (%)	Année	Référence
Total nourriture	Suède	4	Consommation (Restes et déchets en restauration collectives)		10	2004	Engström R., Carlsson-Kanyama A. (2004) in Schneider 2009
Total nourriture	Suède	4	Total pertes restauration collective		20	2004	Engström R., Carlsson-Kanyama A. (2004) in Schneider 2010
Fruits et légumes	Allemagne	2+3	« avant le consommateur »	4-15	9	<2003	Von Normann K. (2003) in Schneider 2007
Fruits : frais	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		32	1995	Kantor et al. 1997
Fruits : transformés	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		16	1995	Kantor et al. 1997
Légumes : frais	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		32	1995	Kantor et al. 1997
Légumes : transformés	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		16	1995	Kantor et al. 1997
Lait	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		32	1995	Kantor et al. 1997

Tableau 5.4
Suite

Type de produit	Région	Étapes	Processus	Fourchette de pertes (%)	Perte moyennes (%)	Année	Référence
Produits laitiers	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		32	1995	Kantor et al. 1997
Viande rouge	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		16	1995	Kantor et al. 1997
Volaille	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		16	1995	Kantor et al. 1997
Poisson et crustacés	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		16	1995	Kantor et al. 1997
Œufs	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		31	1995	Kantor et al. 1997
Desserts	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		31	1995	Kantor et al. 1997
Huiles et graisses	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		33	1995	Kantor et al. 1997
Total nourriture	États-Unis	3+4	commerce de détail		7	1995	Kantor et al. 1997
Total nourriture	États-Unis	3+4	consommateur		20	1995	Kantor et al. 1997
Total nourriture	États-Unis	3+4	commerce de détail et consommateur		27	1995	Kantor et al. 1997

Tableau 5.4
Fin.

importantes s'observent selon cette étude pour les fruits et légumes frais, le lait et produits laitiers, les céréales et les produits sucrés qui à eux seuls représentent deux tiers des pertes (figure 5.1).

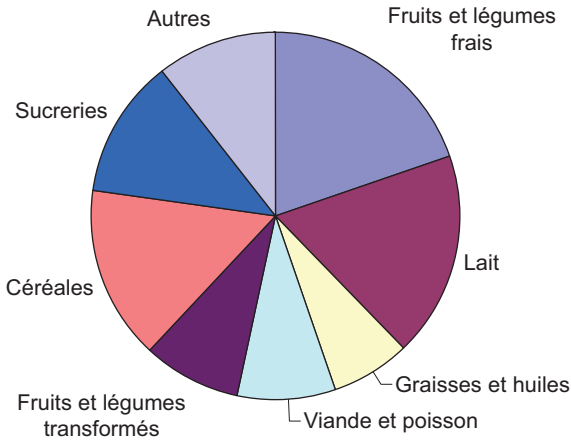


Figure 5.1

Répartition des pertes et gaspillages alimentaires selon l'étude ERS-1995 (Kantor et al., 1997).

Concernant les proportions de pertes et gaspillages dans les différentes catégories étudiées, on observe une distribution bimodale : les fruits et légumes frais, les laitages, graisses et huiles, céréales (et produits dérivés) et sucreries sont tous perdus ou gaspillés à environ 30 %. Les viandes et poissons et les fruits et légumes transformés le sont à 15 % seulement. L'étude montre également que les consommateurs et tout particulièrement les services de restauration collective (étape 4) sont responsables de 93 % des pertes des étapes 3 et 4⁶. Les 7 % de pertes dans le commerce de détail (étape 3) sont dues essentiellement aux laitages et fruits et légumes frais.

Un autre travail extrêmement détaillé a été réalisé par une organisation anglaise, le Waste and Resources Action Programme (WRAP) dont l'ambition est de réduire les gaspillages en tous genres au Royaume-Uni (Ventour, 2009). Ce travail a été réalisé en Écosse en échantillonnant le contenu des déchets de ménages et de collectivités. Il ne fournit malheureusement pas de données en % de la consommation mais uniquement en % des déchets collectés. Ces données sont par contre très précises sur les types de déchets, les raisons de leur élimination ainsi que sur la valeur économique des pertes et gaspillages. Elles montrent que les pertes qualifiées ci-dessus de gaspillages représentent 68 % des pertes (en

⁶La restauration collective dans les pays industriels est la cause de pertes importantes : les assiettes trop copieusement remplies et non entièrement consommées, ainsi que les pains restants partent dans les déchets. Or la proportion des repas pris en restauration collective augmente ; elle serait de l'ordre de 15 à 20 % des repas dans les pays industriels.

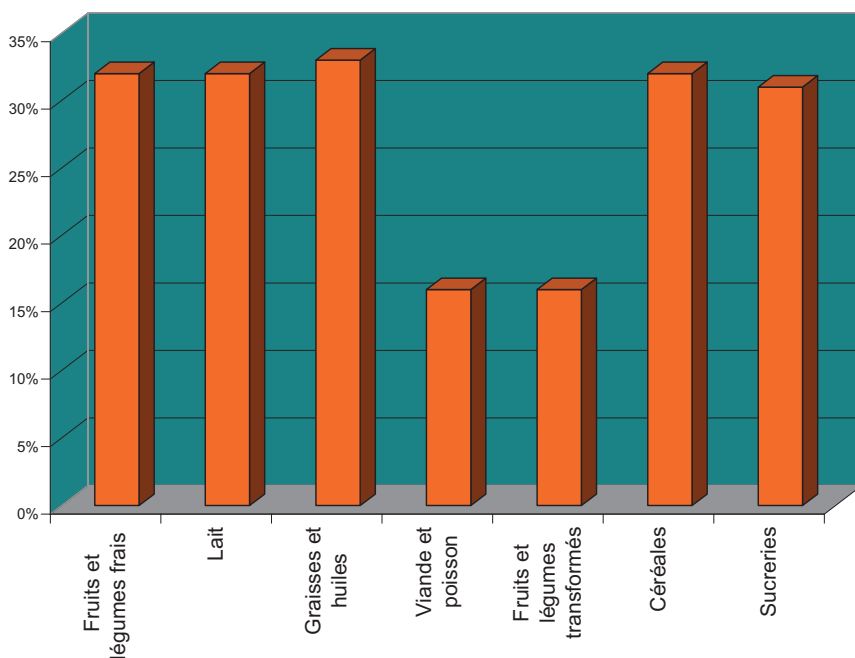


Figure 5.2

Proportion de pertes et gaspillages pour les principaux types de produits étudiés dans l'étude ERS-1995 (Kantor *et al.*, 1997).

pois) de l'étape 4 en Écosse et que, dans ces gaspillages, plus de la moitié des produits sont jetés sans même avoir été touchés. La typologie des produits est plus détaillée que dans l'étude américaine. Par conséquent, les parts des déchets des différents produits paraissent un peu plus faibles que dans l'étude de ERS-1995 (Kantor *et al.*, 1997). Elles fournissent toutefois les mêmes types de classement concernant le poids des pertes, les produits frais figurant sans surprise dans les produits les plus gaspillés.

Ce travail offre un point de comparaison intéressant avec celui des États-Unis. Les pertes par habitant (incluant les pertes inévitables) s'élevaient à 110 kg/hab.an en Écosse. Aux États-Unis, la valeur obtenue pour l'étape 4 (n'incluant pas les pertes inévitables) est de 120 kg/hab.an. Les chiffres de l'Ademe en France fournissent également un point de comparaison avec 125 kg/hab.an de déchets putrescibles dont 7 kg de produits alimentaires encore emballés (Ademe, 2009). Ces valeurs (et la proportion de l'ordre du tiers ou du quart de la totalité des déchets produits) paraissent donc fournir un bon ordre de grandeur pour les pays riches.

6.5 Synthèse et impacts des pertes

6.5.1 Problèmes méthodologiques

Il n'existe pas à ce jour de travail de synthèse précis. En particulier, comme mentionné ci-dessus, l'étape 2 du transport et des procédés « de gros » est très mal renseignée. Un des éléments essentiels d'une amélioration de la connaissance est le choix d'une méthodologie et d'une standardisation des données nécessaires pour favoriser leur comparaison. Une difficulté particulière tient au fait que les pourcentages de pertes fournis (par exemple dans le tableau 5.5) ne s'appliquent pas aux mêmes données. Les pertes post-récolte s'appliquent à ce qui est récolté. Les pertes des consommateurs s'appliquent aux quantités achetées par ces derniers. De ce fait, des pertes de 20 % sur les récoltes peuvent représenter davantage que des pertes de 30 % sur les produits achetés par les consommateurs.

6.5.2 Synthèse des pertes et recombinaisons tout au long de la chaîne

Des données précédentes, on peut déduire qu'un minimum absolu de 30 % de la nourriture produite se perd dans le « pipe line alimentaire » et qu'une valeur de 40 % en moyenne est vraisemblable si l'on inclut l'ensemble des quatre étapes. La principale tentative de synthèse mondiale est celle de Lundkvist *et al.* (2008) qui abordent la question par le biais des disponibilités mondiales en énergie par personne (figure 5.3). L'approche s'attache notamment à inclure dans le raisonnement la production de viande, qui transforme une part non négligeable des disponibilités énergétiques des cultures. Les auteurs rappellent notamment que 35 à 40 % des céréales produites en 2008 l'étaient pour la production de viande et qu'au vu des changements d'habitudes alimentaires, cette proportion est amenée à croître jusqu'à 45-50 % en 2050. Sur les 4 600 kcal/j disponibles globalement par personne à la fin des années 1990 (Smil, 2000), ce qui représente la production végétale totale sans en soustraire l'ensemble des pertes, la transformation par les animaux représentait selon ces auteurs 1 200 kcal/j nets soit 26 % du total. Les pertes sont estimées à 1 400 kcal/j soit 41 % des 3 400 kcal/j nets disponibles et se répartissent en deux parties quasiment égales, les pertes post-récoltes et les pertes de distribution et de consommation. Les chiffres avancés sont comparables à nos propres estimations.

6.5.3 Impacts économiques et environnementaux des pertes

Les pertes de nourriture ne sont pas que des pertes de nourriture. Elles peuvent être converties en pertes de l'ensemble des ressources naturelles (sol,

Produit	Part du total (en poids)	Part du total (en valeur)
Boissons	18 %	14 %
Légumes frais	16 %	10 %
Fruits frais	9 %	7 %
Céréales et dérivés	12 %	9 %
Viandes et poissons	5 %	13 %
Lait	8 %	2 %
Pain	6 %	4 %
Sodas	6 %	2 %
Pommes de terre	5 %	2 %
Plats préparés	4 %	7 %

Tableau 5.5

Part des différents produits dans les gaspillages de nourriture en Écosse, en poids et en valeur (Ventour, 2009).

eau, biodiversité), techniques (fertilisants, produits phytosanitaires, énergie...), humaines (temps de travail) et *in fine* économiques. Concernant l'économie, on trouve surtout des données sur la valeur des pertes. Ainsi le travail du WRAP en Écosse estime la valeur des pertes au niveau du consommateur à 1 M£ (1,1 M€) soit 430 £ (470 €) par foyer et par an. Une analyse économique d'ensemble serait cependant nécessaire car les différents acteurs de la filière ne sont pas affectés de la même manière par ces pertes.

Les pertes de nourriture se traduisent également en pertes de ressources. Par exemple, en matière d'eau, des ordres de grandeur peuvent être immédiatement déduits de la figure 5.3, sachant qu'un litre d'eau est requis pour produire une cal. L'eau mobilisée inutilement pour des cultures se monte donc globalement au minimum à 1 400 km³/an, soit 20 % de l'eau totale requise pour la production mondiale de nourriture. De la même façon, on pourrait déduire des

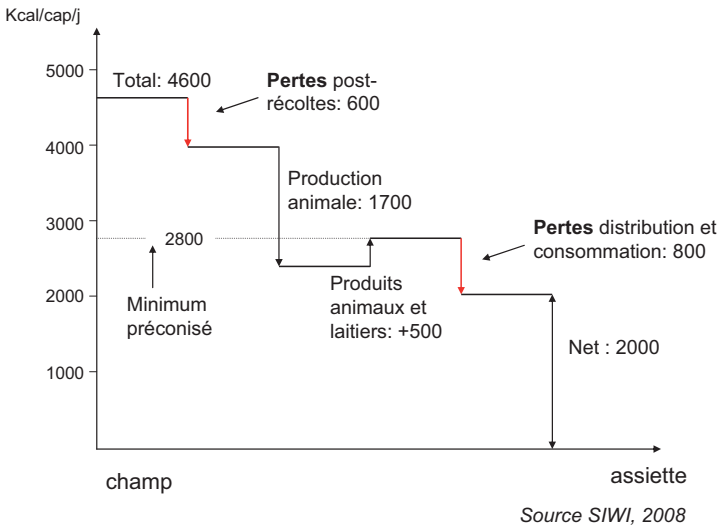


Figure 5.3

Tentative de synthèse des pertes alimentaires moyennes à l'échelle de la planète exprimées en kcal par personne et par jour (d'après Lunkvist et al., 2008).

perles alimentaires des équivalents en superficies de terres cultivées ou en énergie consommée. Enfin les impacts des pertes alimentaires aux étapes 2, 3 et 4 se traduisent en impacts liés à la collecte et au traitement des déchets. Les processus correspondants se traduisent par des émissions liées à la collecte et au transport des déchets et sur la production de gaz à effets de serre comme le méthane, à partir de ces déchets. En France, la filière déchets contribue à 2,5 % des émissions, dont une majeure partie pour les déchets putrescibles. Toutefois, pour estimer de manière exacte l'impact des pertes de nourriture sur les gaz à effets de serre, il faudrait ajouter à ces émissions celles que fournirait une analyse de cycle de vie complète afin de tenir compte de la production de ces gaz tout au long du cycle de production de la nourriture correspondante. Sachant que l'agriculture représente 17 % des émissions à l'échelle mondiale, la contribution des pertes alimentaires aux gaz à effets de serre est sans doute de l'ordre de 5 à 7 % du total.

6.6 Réduire les pertes ?

L'ampleur des pertes et gaspillages et les enjeux justifient largement qu'un effort international soit mis en œuvre (en rappelant la résolution des Nations unies de 1975) en distinguant bien les pertes post-récolte et les pertes de transformation et de consommation. Les pertes post-récolte requièrent tout particulièrement que les techniques de stockage et de conservation locales soient développées et

améliorées. Des programmes à cet effet sont requis tout particulièrement pour la petite paysannerie des PED. Dans ces pays, c'est également l'ensemble des filières de commercialisation qui doit être amélioré afin d'assurer que l'offre rencontre la demande. Dans les pays développés, des efforts pourraient également être mis en œuvre. On peut penser par exemple à une meilleure anticipation des aléas climatiques au moment des récoltes ou à donner des droits post-récolte aux associations de solidarité. Mais sans doute dans un premier temps, les autres pertes de transformation et de consommation sont-elles les plus faciles à réduire, notamment dans les pays développés où les pertes évitables semblent représenter jusqu'à 65 % des pertes, en introduisant une culture anti-gaspillage. À cet effet, plusieurs mesures pourraient être étudiées telles que :

- revoir les circuits et la complexité des chaînes et les simplifier ;
- sensibiliser les consommateurs, souvent totalement ignorants de ces questions ;
- distinguer mieux dates limites de vente et de consommation ;
- donner des droits aux associations de solidarité sur les produits atteints par la date de péremption ;
- mener des campagnes de sensibilisation dans la restauration collective.

Enfin de manière très générale, il convient de réfléchir à l'utilisation de produits ou sous-produits soit comme nourriture pour l'élevage (comme cela s'est toujours pratiqué dans le passé), soit comme matière première pour la production d'énergie ou de biocarburants.

7 | Marges de manœuvre concernant les ressources

En résumé, la suffisance alimentaire à l'échelle du monde, vue sous l'angle de l'équilibre entre ressources et usages, dépend du jeu de quatre variables clés :

- *les surfaces agricoles disponibles* : celles-ci sont limitées par la nécessité de conserver des espaces de biodiversité et des espaces forestiers : les disponibilités sont grandes en Amérique latine et en Afrique subsaharienne, faibles en Asie et au Maghreb et Moyen-Orient ainsi que dans les pays industriels. Le changement climatique pourrait favoriser les régions septentrionales de la planète ;
- *la capacité à accroître les rendements* : elle est grande pour les agricultures pauvres utilisant encore peu les techniques conventionnelles (par exemple en Afrique et Amérique centrale) et réduite pour les exploitations

modernes qui devront faire face à des hausses de coûts de l'énergie et de la fertilité, ainsi qu'à une adaptation à la rareté de l'eau et à de nouvelles techniques de défense des cultures (agriculture conventionnelle et de Révolution verte) ;

- la capacité à utiliser de *nouvelles ressources en eau pour l'irrigation*, notamment en Amérique latine et en Afrique ;
- la capacité à modifier les régimes alimentaires de manière à limiter la consommation de viande qui utilise des ressources en terre utilisables pour la production alimentaire humaine trop importantes, notamment dans les pays industriels et les pays émergents, en particulier la Chine.

Ces variables clés dépendent du système des prix (terre, eau, intrants, énergie, main d'œuvre) et des politiques publiques. La prévision de la population mondiale en 2050 est considérée comme peu incertaine. Le niveau de revenu des catégories sociales (qui commande la consommation de viande) est pris en compte dans la variable « régime alimentaire ». À l'échelle nationale, s'ajoute une autre variable : la capacité de la balance des paiements de pouvoir importer des aliments sur le marché international. Selon l'état de ces variables à l'échelle des continents et des pays, différents scénarios sont possibles (voir chapitre 7).

8 | Utilisations non alimentaires de la biomasse et concurrence pour l'utilisation des terres : belles promesses ou vraies craintes ?

Au-delà de sa fonction nourricière, l'agriculture a historiquement été le fournisseur essentiel de nombreuses matières premières utilisées par l'homme (énergie, médicaments, teintures, textiles, savons, etc.). Ce rôle s'est considérablement affaibli avec le développement de la chimie de synthèse. La raréfaction des énergies fossiles dans un monde en croissance démographique et économique et le réchauffement climatique invitent de façon urgente à une double action, sur la demande en modifiant les modes de vie et de consommation, et sur l'offre en développant des substituts à ces dernières. Dans cette perspective, un regain d'attention est aujourd'hui porté aux utilisations non alimentaires de la biomasse, définie comme la fraction biodégradable des produits, résidus et déchets provenant de la sylviculture, de l'agriculture et des industries connexes, des collectivités et des ménages, ou, de façon simplifiée, ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale.

8.1 Définitions et ordres de grandeur

La biomasse peut être utilisée à des fins énergétiques (bioénergies) ou à des fins industrielles non énergétiques (bioproduits). Au sein des bioénergies, on distingue les usages dans les transports (biocarburants) et les utilisations à des fins de production de chaleur et d'électricité (biocombustibles). Au sein des bioproduits, on distingue les biomatériaux et les biomolécules. Les biomatériaux regroupent les matériaux polymères biodégradables ou biopolymères (bioplastiques), les fibres et les matériaux composites (agromatériaux), et les papiers et cartons. Les biomolécules regroupent les tensioactifs, les solvants, les lubrifiants et les cosmétiques.

Les utilisations annuelles totales de la biomasse (alimentaire et non alimentaire) représentaient, en 2005, environ 13,4 milliards de tonnes de matière sèche sur un total de 7,7 milliards d'ha⁷. Sur ces 7,7 milliards d'ha, quelques dizaines de millions d'hectares seulement étaient mobilisés pour la production de bioénergies et de bioproduits (Wirsenius 2008). Au-delà des incertitudes et des imprécisions sur les chiffres, les ordres de grandeur sont robustes. Ils montrent clairement la modestie des usages non alimentaires, du moins jusqu'en 2005. Mais le développement, sur les dernières années, des biocarburants a coïncidé avec une forte hausse des prix agricoles à compter de la fin 2006 jusqu'aux premiers mois de 2008, hausse qui a engendré des émeutes de la faim dans de nombreux PED et a conduit à une forte augmentation du nombre de personnes souffrant de la faim (voir chapitre 3).

8.2 Le développement des biocarburants de première génération et leur responsabilité dans la flambée 2006-2008 des cours agricoles⁸

De la même manière qu'une baisse des quantités offertes sous l'effet de conditions climatiques défavorables fait augmenter les prix, toute augmentation des

⁷ Environ 5,2 milliards d'ha (1,6 de cultures et 3,6 de pâtures) étaient destinés à l'alimentation des hommes, directe ou indirecte via le filtre de l'alimentation et des productions animales ; 2,6 milliards d'ha de forêts, dont 2,4 de forêts naturelles ou semi-naturelles, étaient utilisés pour la production de bois.

⁸ Les biocarburants de première génération sont produits à partir de biens agricoles également utilisés à des fins alimentaires, principalement des plantes sucrières (canne et betterave), des céréales (maïs et blé) et des plantes oléagineuses (soja, colza et tournesol). Les biocarburants de deuxième génération valorisent des ressources lignocellulosiques (bois, feuilles, paille, etc.) à partir de techniques bien plus complexes que celles mises en œuvre pour la première génération, actuellement objets de recherche. La deuxième génération valorise la plante entière (ainsi que les déchets, agricoles, industriels ou ménagers). Les biocarburants de troisième génération n'en sont qu'au stade de la définition et de la recherche ; il s'agit, par exemple, de produire de l'hydrogène à partir d'algues macro- et microcellulaires (voir § 8.3).

volumes demandés exerce un même effet. Par suite, il est clair que la croissance des biocarburants de première génération sur les dernières années est pour partie responsable de la flambée 2006-2008 des cours agricoles. Ceci a concerné notamment les prix des céréales, du fait de l'expansion de la production d'éthanol à partir de maïs aux États-Unis, et également ceux des huiles végétales par suite de l'expansion de la production communautaire de biodiesel à partir de colza. L'histoire est loin d'être simple néanmoins⁹.

En 2003, la production mondiale de bioéthanol se partage entre le Brésil (canne à sucre) et les États-Unis (maïs). À compter de 2003, la production américaine de bioéthanol augmente significativement sous l'influence de facteurs économiques, environnementaux et politiques (hausse du cours du pétrole, objectif de réduction des émissions de GES, obligations et incitations fiscales à l'utilisation de bioéthanol). Les États-Unis deviennent vite le premier producteur mondial de bioéthanol (27 Mt en 2008), devant le Brésil (un peu plus de 19 Mt), loin devant les troisième et quatrième producteurs (l'Union européenne à 27 avec 2,2 Mt à partir de blé, betteraves et matières importées, et la Chine avec 1,5 Mt).

C'est aussi à compter de 2003 que la production mondiale de biodiesel a commencé à augmenter. Jusqu'à cette date, il n'y avait qu'un seul producteur significatif au monde, l'UE à partir de l'huile de colza. Depuis lors, la production européenne de biodiesel a été multipliée par trois entre 2004 et 2008 sous l'influence d'une volonté politique forte avec des objectifs ambitieux (10 % de biocarburants dans les carburants de transport routier en 2020). La production communautaire de colza et de tournesol ne suffisant pas, l'Union européenne doit importer des graines oléagineuses, des huiles végétales et/ou du biodiesel, en provenance de nombreux pays tels que la Russie, l'Ukraine, l'Argentine, l'Indonésie, voire les États-Unis.

Il ne faut cependant pas séparer le couple bioéthanol-maïs aux États-Unis du couple biodiesel-colza dans l'Union européenne ; les États-Unis ont en effet également développé une production domestique de biodiesel et l'Union européenne une production locale de bioéthanol. Ensuite, l'expansion de la sole américaine de maïs pour transformation en bioéthanol, notamment en 2007/2008, s'est pour une large part opérée au détriment de la production de soja, avec des répercussions sur son prix et, par le jeu des substitutions et complémentarités, sur les cours des différentes céréales et huiles végétales. De même, le développement de la production communautaire de biodiesel a eu des effets non seulement sur le prix du colza, mais aussi sur ceux des différentes huiles végétales.

⁹Voir par exemple également Boussard *et al.* (2008).

Plaçons-nous au début de l'année 2003 dans un contexte mondial d'atonie de l'offre de grandes cultures depuis le début de la décennie 1990, de dynamisme de la demande alimentaire également depuis plusieurs années, et des premières diminutions des stocks de céréales et d'oléagineux. Le cours du pétrole est à la hausse depuis le début du siècle et le dollar américain se déprécie vis-à-vis d'un nombre croissant de monnaies. La production mondiale de biocarburants est à la hausse. Le recours aux stocks et la récolte céréalière et oléagineuse record de l'année 2004 permettent de contenir les augmentations des cours céréaliers et oléagineux pendant les années 2003 et 2004 et de les réduire légèrement en 2005. Début 2004, l'augmentation du cours du pétrole s'accélère et le dollar se déprécie encore plus. Les stocks céréaliers et oléagineux de clôture, qui avaient pu croître légèrement en 2004, sont à nouveau à la baisse en 2005 et 2006 (conditions climatiques défavorables) et la production mondiale céréalière légèrement à la baisse. Avec les stocks américains de maïs à la baisse et la production américaine de maïs insuffisante, faute de prix suffisamment incitatifs, les États-Unis ne peuvent satisfaire leur législation sur l'incorporation de bioéthanol et achètent cet éthanol au Brésil. Le prix international du sucre explose, + 47 % entre juin et décembre 2005 puis + 34 % en février 2006. Les surfaces brésiliennes de canne à sucre augmentent. Le maïs américain va cependant progressivement prendre le relais. Par suite, le prix international du sucre va amorcer un reflux spectaculaire à compter du mois de mars 2006 et sur toute l'année 2007. Ce n'est qu'au début de l'année 2008 que les cours mondiaux du sucre repartiront à la hausse, dans le cadre du mouvement global d'augmentation des prix agricoles.

Le développement du bioéthanol-maïs aux États-Unis va jouer de façon identique, mais avec un décalage dans le temps, sur le cours international du maïs. Celui-ci va augmenter à compter des derniers mois de l'année 2006 jusqu'au premier trimestre de l'année 2008. Le tableau 5.6 illustre la croissance américaine des utilisations de maïs pour le bioéthanol de 2001 à 2008 (multipliée par 4,25). En 2007/2008, 8 millions d'ha de maïs sur un total de 35 étaient mobilisés pour la fabrication de bioéthanol¹⁰. Ces statistiques suggèrent une responsabilité première du développement du bioéthanol américain sur la hausse du prix du maïs dans ce pays, qui s'est rapidement étendue à son prix international (les États-Unis en étant le premier exportateur mondial).

Le développement du bioéthanol aux États-Unis a donc eu pour effet d'augmenter le cours international du maïs (et de réduire celui du sucre). C'est lors de la campagne 2006/2007 que la hausse fut la plus importante (+ 50 % environ). Le différentiel de prix favorable au maïs a alors incité les producteurs, en particulier américains, à augmenter les surfaces en maïs : celles-ci, qui avaient diminué de 3 % sur la période 1996/97 à 2002/2003, ont augmenté de 14 % sur la

¹⁰À cette date, les surfaces mondiales en maïs s'élevaient à un peu moins de 160 millions d'ha.

Utilisations du maïs américain pour la fabrication de bioéthanol		
	En millions de tonnes	En % de la production
2001/02	17,9	7,4 %
2002/03	25,3	11,1 %
2003/04	29,7	11,6 %
2004/05	33,6	11,2 %
2005/06	40,7	14,4 %
2006/07	53,8	20,1 %
2007/08	76,2	22,9 %

Source : <http://www.ers.usda.gov/Data/Feedgrains/Standard/Reports/YBtable4.htm>.

Tableau 5.6

Utilisations du maïs américain pour la fabrication de bioéthanol, 2001/2002 à 2007/2008.

période 2002/2003 à 2007/2008, la moitié de cette hausse ayant eu lieu lors de la campagne 2007/2008 au détriment de la sole oléagineuse (Abbott *et al.* 2008)¹¹. Cette diminution de la sole mondiale oléagineuse a contribué à exercer une pression à la hausse sur le cours des oléagineux et des huiles végétales : + 79 % entre juin 2007 et juin 2008 ; par comparaison, sur la même période, les prix mondiaux du maïs ont crû de 20 %, ceux du riz de 50 % et ceux du blé de 90 %. Cet effet de contagion sur les prix des diverses céréales et huiles végétales a été d'autant plus fort qu'il s'est inscrit dans le contexte où plusieurs facteurs, décennaux et conjoncturels, ont simultanément joué dans le sens d'une augmentation générale des cours agricoles (atonie de l'offre, récoltes décevantes, dynamisme de la demande alimentaire, diminution des stocks, hausse du cours du pétrole, dépréciation du dollar américain, spéculation sur les produits agricoles végétaux, politiques désordonnées visant à décourager les exportations et encourager les importations de biens agricoles, etc.). Dans le cas spécifique des huiles végétales, ajoutons le développement concomitant de la production communautaire de biodiesel qui a été un facteur additionnel de pression à la hausse, significatif compte tenu des tonnages représentés.

¹¹Mais la surface mondiale cultivée en graines de soja avait crû de près de 15 % entre 2002/2003 et 2006/2007, essentiellement en Amérique du Sud pour satisfaire la demande chinoise en forte croissance : depuis le milieu des années 1980, la croissance de la consommation chinoise d'huiles végétales a en effet été supérieure à celle de la production domestique, différentiel qui fait que la Chine importait en 2007 environ 10 millions de tonnes d'huiles végétales.

Sur la base d'un recensement de plusieurs études et de travaux additionnels, Collins (2008) arrive à la conclusion que 25 à 50 % de l'augmentation du cours du maïs entre les campagnes 2006/2007 et 2008/2009 pourrait être attribuée à la croissance du bioéthanol aux États-Unis.

8.3 Perspectives de développement des utilisations non alimentaires de la biomasse

L'analyse rétrospective de la conjoncture des années 2006 à 2008 montre que la question de la concurrence potentielle entre usages alimentaires et non alimentaires de la biomasse ne peut pas s'analyser indépendamment du contexte économique et de ses déterminants (climatique, politique, etc.). La correction très brutale qui est intervenue à compter du printemps 2008 s'explique par un retournement de conjoncture, plusieurs facteurs qui avaient pu jouer sur les prix à la hausse exerçant désormais une influence négative : climat favorable dans différentes zones de production, appréciation du dollar américain, baisse du cours du pétrole, et sortie rapide des spéculateurs. Par ailleurs, les niveaux élevés des cours agricoles des années 2006 et 2007 ont incité les producteurs à augmenter les surfaces en grandes cultures au détriment des jachères, de la forêt ou de la prairie (en Amérique latine, notamment au Brésil, mais aussi en Asie du Sud-Est et en Afrique subsaharienne) ; ils ont également conduit les agriculteurs à chercher les rendements les plus élevés et à intensifier. Dans ce contexte de dynamisme retrouvé de l'offre relativement à une demande, alimentaire et non alimentaire, toujours soutenue, l'ajustement à la baisse des prix agricoles a permis aux pays de mettre fin à leurs politiques exceptionnelles d'encouragement des importations ou de restriction des exportations.

Ce qui était vrai hier le sera demain. Le développement des biocarburants et plus généralement des utilisations non alimentaires de la biomasse ne peut pas s'analyser uniquement en termes de potentiel de croissance, de surfaces « théoriquement » mobilisables et/ou de rareté « absolue » du facteur terre. La dimension économique doit être prise en compte dans la mesure où les utilisations non alimentaires de la biomasse sont déterminées, *in fine*, par les prix et les revenus, eux-mêmes influencés par les politiques, le progrès scientifique et technique, etc. L'importance de cette dimension économique peut être illustrée en rapportant l'augmentation de la surface agricole utile (SAU) mondiale en 2007 et 2008 (+ 15 millions d'ha chaque année) à sa croissance entre 1976 et 2006 (+ 2,5 millions d'ha par an sur cette période).

La question de la concurrence potentielle à long terme (2050) entre usages alimentaires et non alimentaires doit être replacée dans le contexte plus général des trois défis de l'alimentation, de l'énergie et de l'environnement (Agrimonde,

2009). C'est au triple titre de la raréfaction des énergies fossiles, de la protection de l'environnement et de la baisse des émissions de GES, que de nombreux pays se sont fixé des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables¹². Ainsi, l'Union européenne vise 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie à l'horizon 2020, et 10 % d'incorporation de biocarburants pour les transports routiers. Cette deuxième ambition est l'objet de fortes critiques au motif que le bilan environnemental des biocarburants serait au mieux modeste, dès lors que sont pris en compte les changements d'usage des sols. Le bilan environnemental d'un biocarburant de première génération est en effet positif, avec toutefois de fortes variations selon la matière première végétale utilisée, quand l'analyse se situe à surface donnée. Il l'est nettement moins, voire devient négatif, si l'hectare de cultures céréalières ou oléoprotéagineuses utilisé à des fins énergétiques implique le retournement d'un hectare de prairies ou le déboisement d'un hectare de forêts (Fargione *et al.*, 2008, Searchinger *et al.*, 2008).

Le calcul à surface donnée revient à ne comptabiliser que le bénéfice de réduction des émissions de GES permise par l'utilisation d'un litre de biocarburant. Il convient de compléter ce calcul en tenant compte du coût environnemental. Celui-ci est principalement lié au changement d'utilisation des terres, par perte de stockage de carbone par les prairies et les forêts dès lors que la mobilisation d'un hectare de cultures requiert, directement ou indirectement, le sacrifice d'un hectare de prairies ou de forêts. En outre, l'effet instantané associé à l'acte de retournement ou de déboisement se double d'une perte dynamique liée à l'accroissement de la production biologique des prairies et surtout des forêts qui est ainsi annulé. Enfin, la dimension environnementale doit aussi tenir compte des effets potentiellement négatifs de la conversion de terres en termes de perte de biodiversité, d'utilisations d'engrais et de pesticides au-delà de la capacité d'absorption des milieux, etc.

Dans ce contexte, l'Union européenne (2009) a cherché à garantir un bilan environnemental positif des biocarburants de première génération en imposant qu'ils respectent des critères de durabilité pour pouvoir être comptabilisés au titre des énergies renouvelables. Ces critères comprennent l'obligation d'une réduction des émissions de GES résultant de l'utilisation des biocarburants d'au moins 35 % à compter du 1^{er} avril 2013, 50 % au 1^{er} janvier 2017, 60 % au 1^{er} janvier 2018 pour les installations postérieures au 1^{er} janvier 2017. Les biocarburants ainsi comptabilisés ne devront pas avoir été produits à partir de matières premières provenant de terres de grande valeur en termes de diversité

¹²Dans plusieurs pays, notamment les États-Unis et l'Union européenne, le développement des biocarburants de première génération a aussi pour objectif de soutenir les revenus des producteurs agricoles via l'émergence d'un nouveau débouché pour leurs produits (cf. par exemple, Bureau *et al.*, 2009).

biologique (forêts primaires, zones de protection de la nature, et prairies naturelles) et/ou de terres présentant un important stock de carbone (zones humides et forêts).

On retiendra que les biocarburants de première génération sont critiqués au titre :

- de leur modeste efficacité énergétique dans les conditions actuelles ;
- du coût économique des politiques de promotion ;
- et surtout de doutes quant à leur bilan environnemental, notamment en matière d'émissions de GES, dès lors qu'ils impliquent des changements d'usage des terres.

8.3.1 Les biocarburants de deuxième et troisième générations : quelle réalité à l'horizon 2050 ?

Les biocarburants de deuxième génération sont fabriqués à partir de la lignocellulose. Celle-ci est le principal constituant des parois secondaires des cellules végétales et est donc le constituant le plus abondant et le plus ubiquiste de la biomasse continentale (Cormeau et Ghosse, 2008). Trois gisements principaux peuvent être mobilisés :

- des résidus lignocellulosiques d'origine agricole (pailles de céréales, rafles de maïs, tiges de colza, etc.), sylvicole (branchages, petits bois et souches non exploités pour la fabrication de plaquettes forestières), industrielle, urbaine ou ménagère ;
- des ressources forestières, c'est-à-dire le bois issu des forêts ;
- des cultures dédiées qu'il s'agisse de plantes annuelles (utilisation « plante entière » du blé, du maïs, etc.) ou de plantes pérennes fourragères (fétuque, dactyle, ray-grass, etc.), herbacées (miscanthus ou « herbe à éléphant », switchgrass ou « panic érigé », etc.) et arbustives (taillis à courtes et très courtes rotations de peupliers, saules, eucalyptus ou robiniers récoltés tous les trois à dix ans).

Deux voies de transformation de la biomasse lignocellulosique peuvent être utilisées : la voie thermo-chimique qui correspond à un craquage des molécules sous l'action de la chaleur, et la voie biochimique qui consiste, une fois la matière première désagrégée, à hydrolyser les sucres complexes de la lignocellulose en sucres simples, puis à transformer par fermentation le glucose et les autres sucres simples en éthanol, et enfin à séparer ce dernier par distillation des moûts.

La voie thermochimique nécessite des installations coûteuses de grande taille, tandis que la voie biochimique permet d'utiliser les infrastructures utilisées pour les biocarburants de première génération.

Les biocarburants de deuxième génération sont aujourd'hui étudiés dans le cadre de plates-formes de recherche et de démonstration dans un objectif d'application industrielle et de commercialisation dans une dizaine d'années. On peut mentionner deux projets développés dans l'Hexagone, le projet « Bio T Fuel » qui exploite la voie thermochimique et le projet « Futurol » qui repose sur la conversion biochimique¹³. Les volumes de biocarburants de deuxième génération seront marginaux en 2020, significatifs en 2050, date à laquelle ils auront très vraisemblablement remplacé la première génération.

Dans le cas où la matière première est un résidu et/ou un déchet, la question de la concurrence avec une utilisation alimentaire ne se pose pas. On notera cependant l'impact potentiellement négatif de l'enlèvement des résidus agricoles et sylvicoles sur les propriétés microbiologiques et physiques des sols. Powlson *et al.* (2008) montrent ainsi que les économies d'énergie liées à l'enfouissement des pailles de blé dans les sols arables sont supérieures à celles générées par leur enlèvement pour la production de biocarburants ou d'électricité. En pratique, l'utilisation énergétique des résidus et des déchets pose les questions du potentiel de biomasse disponible et du coût de cette mobilisation, notamment le coût de la collecte (faibles tonnages à l'hectare) et le coût du stockage.

Dans le cas où la matière première est une ressource forestière ou une culture dédiée, la compétition avec les utilisations alimentaires des terres se pose dans les mêmes termes théoriques que pour les biocarburants de première génération. Les partisans des biocarburants de deuxième génération par cultures dédiées évoquent certes la possibilité de culture sur des terres marginales, impropres aux cultures alimentaires. Outre que le potentiel de terres mobilisables à ce titre est mal connu, la nécessité d'une rentabilité économique minimale exigera plus que vraisemblablement qu'une partie au moins de ces cultures dédiées soit implantée sur de bonnes terres permettant d'obtenir des rendements suffisants.

La question de la concurrence entre usages alimentaires et non alimentaires ne se posera pas avec les biocarburants de troisième génération produits à partir des algues. Celles-ci présentent deux avantages majeurs, l'absence de concurrence avec les cultures alimentaires et des rendements potentiels, exprimés en tonnes d'équivalent pétrole (Tep) par ha et par an, bien plus élevés que

¹³Pour plus de détails sur les deux projets, voir, respectivement, <http://www.inra.fr/content/download/14001/172255/.../1/.../DP-Futurol-final.pdf>, et <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=64362&ref=23117&p1=B>.

les matières premières utilisées pour les deuxième et première générations¹⁴. La possibilité de passer du stade de la théorie, du laboratoire et de la micro-expérimentation à l'application industrielle n'est pas certaine, et il serait bien hasardeux de parier sur un développement significatif des biocarburants de troisième génération à l'horizon 2050. En outre, la culture à grande échelle des algues pose des problèmes environnementaux et sociaux en matière de gestion des effluents, d'invasion des espèces cultivées, de conflits d'usage dans les zones côtières, etc.

8.3.2 Potentiel et perspectives des utilisations non alimentaires de la biomasse en 2050 : le règne de l'incertain

Fischer et Schrattenholzer (2001) évaluent le potentiel annuel de production mondiale de bioénergie à l'horizon 2050 dans un intervalle de 8,8 à 10,8 milliards de Tep/an¹⁵, chiffres à comparer aux utilisations de la bioénergie en 1990, 1,1 milliard de Tep/an. L'estimation repose sur une hypothèse de constance des terres consacrées à l'ensemble « cultures, pâtures et forêts » dans les 11 régions du monde considérées, avec augmentation de la part allouée aux cultures (+ 12,5 % entre 1990 et 2050 à l'échelle du monde) au détriment des deux autres usages (- 3 % au total sur 60 ans). Elle ne distingue pas les différents types de bioénergies (biocarburants *versus* biocombustibles) et considère cinq sources potentielles de biomasse (résidus de culture, pâtures, forêts, déchets animaux, et déchets industriels et ménagers).

Cette étude illustre l'attention première portée à la question du potentiel d'utilisation de la biomasse à des fins non alimentaires, les préoccupations alimentaires et environnementales étant reléguées au second plan. Néanmoins, Fischer et Schrattenholzer affirment que leurs estimations évitent tout conflit entre les utilisations alimentaires et énergétiques des terres dans la mesure où, d'une part, seuls les résidus de culture sont utilisés à des fins énergétiques et, d'autre part, les changements des usages des terres entre cultures, prairies et forêts sont relativement mineurs. Malheureusement, de nombreuses hypothèses, par exemple en termes de croissance des rendements des végétaux et d'efficacité de leur transformation en bioénergies, ne sont guère étayées. Plus intéressante est la comparaison du potentiel ainsi estimé avec les résultats de plusieurs études qui cherchent à évaluer les perspectives de croissance des bioénergies sous différentes hypothèses économiques et politiques. Même dans les scénarios les plus

¹⁴Des rendements de 20 à 40 Tep/ha.an sont ainsi évoqués (source : <http://www.avenirdurable.org>), à comparer aux rendements des première (de 1 à 4 Tep/ha.an) et deuxième (de 3,5 à 5 Tep/ha.an) générations.

¹⁵La consommation énergétique mondiale est aujourd'hui de l'ordre de 9,6 milliards de Tep/an, et sera entre 13,2 et 24 milliards de Tep/an en 2050 en fonction de l'efficacité des politiques, des stratégies et des comportements pour limiter les émissions de GES et économiser les consommations (Clarke *et al.*, 2007).

favorables à la croissance des bioénergies, les perspectives sont toujours nettement inférieures au potentiel estimé par Fischer et Schratzenholzer, avec une majorité des études aux environs de 3,6 à 4,8 milliards de Tep à un horizon 2050-2060.

Les études visant à évaluer la place de la biomasse dans le mix énergétique sont : soit des analyses basées sur l'offre ayant pour objectif d'évaluer les ressources potentiellement mobilisables et la concurrence des usages énergétiques avec d'autres utilisations, notamment alimentaires, soit des analyses basées sur la demande ayant pour objectif d'analyser la compétitivité des biocarburants et des biocombustibles relativement à d'autres sources énergétiques, ou d'estimer le montant de biomasse nécessaire pour atteindre des objectifs exogènes de développement des bioénergies. Berndes *et al.* (2003) proposent ainsi une analyse de 17 études dans l'objectif d'apprécier la part que pourrait prendre la biomasse entre 2010 et 2100. Il en ressort que l'incertitude est reine ! Ainsi, à l'échéance 2050, le potentiel d'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques varie dans une fourchette allant de 1,2 à 16,2 milliards de Tep/an. Berndes *et al.* (2003) concluent cependant que les travaux basés sur l'offre valident « globalement » les chiffres reportés dans les travaux basés sur la demande ! Comment s'expliquent de tels écarts ? Essentiellement par deux facteurs, les surfaces disponibles pour la culture de végétaux spécifiquement dédiés à la production de bioénergies et les rendements de ces cultures dédiées en termes de Tep/ha.an¹⁶.

Smeets *et al.* (2007) donnent pour 2050 une fourchette allant de 8,8 à 30,5 milliards de Tep/an. Il faut noter l'importance des cultures énergétiques dédiées (de 5,2 à 30,5 milliards de Tep/an) relativement aux deux autres sources, les résidus et déchets (de 1,8 à 2,3 milliards) et le surplus de la croissance forestière (de 1,4 à 2,5 milliards). Cette estimation du potentiel des cultures dédiées a deux paramètres clés, les rendements et les terres disponibles. Ces dernières sont d'autant plus importantes que la production agricole est « efficace », c'est-à-dire que la répartition des différentes cultures végétales est optimisée dans chaque grande région du monde, que les rendements des cultures végétales sont élevés et que l'efficacité de la transformation des calories végétales en calories animales est grande.

Melillo *et al.* (2009) intègrent la dimension environnementale par les émissions de GES et la biodiversité. Leur estimation varie de 3,1 à 3,4 milliards de Tep/an, en mobilisant des surfaces supplémentaires de bioénergie de 1,4

¹⁶Ceci parce que des trois sources de biomasse mobilisables pour la production de bioénergies, ce sont les végétaux spécifiquement dédiés qui présentent le potentiel le plus élevé (selon les études, de 47 à 238 exajoules par an à l'échéance 2050). Néanmoins, les contributions des deux autres sources sont loin d'être négligeables, notamment celle du bois des forêts (au maximum, 115 exajoules par an en 2050) : selon Sorensen (1999), le bois des forêts aurait même un potentiel énergétique supérieur à celui des végétaux dédiés.

à 1,5 milliard d'ha et de 0,4 milliards d'ha pour l'augmentation de la production alimentaire avec une faible baisse des surfaces pâturées (0,1 milliard d'ha). Le développement des biocarburants aurait un impact négatif sur les émissions de GES, la « dette carbone »¹⁷ sur 2000-2050 étant de 103 Pg C sous l'effet principalement de la déforestation en zone tropicale en Amérique latine, en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud-Est. L'impact sur la biodiversité serait également très négatif, notamment en Amérique latine (diminution des forêts naturelles de 520 millions d'hectares, soit - 65 % par rapport à 2000, et des surfaces boisées autres que les forêts de 60 millions d'hectares, soit - 71 %) et en Afrique subsaharienne (diminution des forêts naturelles de 310 millions d'hectares, soit - 59 %, et des terres boisées de 120 millions d'hectares, soit - 63 %).

Fischer (2009) confirme et complète l'étude de Melillo *et al.* (2009). Après une étude de l'influence des changements climatiques, et de la possibilité d'augmenter les rendements agricoles¹⁸, ils fixent les besoins du secteur des transports en 2050, soit 3,75 milliards de Tep/an (IEA 2008). Ils élaborent deux scénarios où les biocarburants représentent 6 % ou 11,3 % de ce volume. Les impacts sont loin d'être négligeables. Ils sont d'autant plus importants que le développement des biocarburants de deuxième génération est faible. Dans un scénario à 11,3 % d'incorporation, la production mondiale de céréales augmenterait de 313 millions de tonnes et les surfaces en céréales de 48 millions d'hectares. Les besoins céréaliers à des fins énergétiques seraient de 446 millions de tonnes. Les volumes de céréales mobilisables pour l'alimentation humaine et animale baisseraient donc de 127 millions de tonnes ce qui, combiné avec l'augmentation des prix (+ 27 %), aurait pour effet ultime d'augmenter le nombre de personnes souffrant de la faim de plus de 140 millions en 2050. Ce seul dernier chiffre suffit à montrer que la concurrence pour l'utilisation alimentaire et non alimentaire des produits de la terre serait bien réelle.

Conclusion

La question initiale qui a motivé ce sous-chapitre était de savoir dans quelle mesure il y a aujourd'hui et il y aura encore plus demain, à l'horizon 2050, concurrence entre usages alimentaires et non alimentaires des terres. Ainsi posée, la réponse à la question est oui. Ceci parce que la concurrence est une

¹⁷La diminution du stockage de carbone terrestre associée au développement des biocarburants et aux changements d'usage des terres induits est communément appelée « dette carbone » (Fargione *et al.* ; 2008, Searchinger *et al.*, 2008). Au cours du temps, pour une utilisation des terres inchangée, cette dette carbone diminue et peut s'annuler si les émissions de GES liées à la production et à l'utilisation des biocarburants sont inférieures aux émissions des carburants fossiles qu'ils remplacent.

¹⁸Ainsi, la production céréalière mondiale augmenterait de plus de 50 % en 50 ans, passant de 2,1 milliards de tonnes en 2000 à 3,4 milliards de tonnes en 2050.

notion économique et *in fine*, du moins dans un régime d'économies de marché et de propriété privée, c'est la perspective d'un profit positif qui détermine la mise en production d'un hectare et c'est la comparaison des rentabilités marginales des différents débouchés qui définit les allocations des terres entre les différents usages possibles. Pour autant, « la terre va-t-elle manquer de terres » (Griffon, 2009) ? À cette deuxième question, nous répondrons par la négative au risque peut-être d'un optimisme excessif.

Il est plus que vraisemblable que les utilisations énergétiques de la biomasse terrestre (biocarburants et biocombustibles) augmenteront à l'échéance 2050. Peut-on chiffrer ces augmentations ? Exercice difficile, pour ne pas dire impossible, compte tenu des très fortes incertitudes qui entourent les prévisions de consommation énergétique totale en 2050¹⁴, ainsi que les rentabilités des différentes sources énergétiques possibles ou potentielles, parmi lesquelles les différentes sources de biomasse (cultures dédiées, bois des forêts, résidus et déchets, etc.)^{19,20}.

Les chercheurs de l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) estiment à 2,1 milliards d'ha la surface additionnelle pouvant être mise en culture²¹, et considèrent que 60 à 70 % de la biomasse générée sera utilisée pour l'alimentation des animaux, ce qui laisse un potentiel théorique compris entre 600 et 800 millions d'hectares pour la production de bioénergies. Ce potentiel n'est que théorique, non seulement parce qu'il ne sera réalisé que s'il est économiquement profitable de le faire, mais aussi et peut-être surtout parce que l'utilisation de ces terres disponibles pour la production de bioénergies sera en concurrence avec les utilisations alimentaires.

¹⁹On annonce pour les biocarburants de deuxième génération (cultures dédiées), une croissance de 10 t/ha de matière sèche aujourd'hui à 20 t en 2030 pour le miscanthus, de 10 t/ha aujourd'hui à 15 t/ha en 2030 pour les taillis à courte rotation de saules (Worldwatch Institute, 2007).

²⁰Voir les travaux du Postdam Institute (Muller *et al.* ; 2008) qui suggèrent qu'il est possible de nourrir 12 milliards de personnes dans les conditions des régimes alimentaires de 1995 avec moins d'un tiers de la surface agricole actuelle, à condition d'optimiser la répartition spatiale des productions à l'échelle de la planète en acceptant, dans le cadre d'un accord mondial agricole et environnemental, la spécialisation des grandes régions du monde selon leurs avantages comparatifs agronomiques (la région considérée serait essentiellement consacrée à l'agriculture) ou environnementaux (la région considérée serait essentiellement consacrée à stocker le carbone et à la protection de la biodiversité).

²¹Les estimations du potentiel des terres cultivables non encore cultivées proposées par la FAO (FAOSTAT) sont (nettement) supérieures à ce chiffre de 2,1 milliards d'hectares car elles incluent, en particulier, les surfaces aujourd'hui consacrées aux forêts.

Références bibliographiques

- Académie des sciences (2003). *Exploitation et surexploitation des ressources marines vivantes* (L. Laubier, coord.). Rapport RST n° 17, EDP sciences, Paris.
- Abbott P., Hurt C., Tyner W.E., 2008 (updated 2009), *What's Driving Food Prices? Farm Foundation, Issue Report, 75, July 2008 (updated March 2009)*.
- Ademe (2009). Résultats de la campagne nationale de caractérisation des ordures ménagères (MODECOM).
<http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15163#tit2>
- Agrimonde (2009). *Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*. Rapport final de la prospective Inra-Cirad Agrimonde (février 2009).
- Berndes G., Hoogwijk M., van den Broek R. (2003). The Contribution of Biomass in the Future Global Energy Supply: A review of 17 Studies. *Biomass and Bioenergy*, **25** : 1-28.
- Bonnet JF, Combarous M (1996). Du rayonnement solaire à la production de biomasse végétale terrestre. Une vision schématisée des flux d'énergie. *Revue générale de Thermique*, **35** : 527-542.
- Bourne (1977). In Post Harvest System and Food Losses. FAO document <http://www.fao.org/DOCREP/004/AC301E/AC301e03.htm>
- Boussard JM, Gérard F, Piketty MG (2008). Pourquoi les prix agricoles augmentent-ils ? *OCL*, **15** (2) : 81-87.
- Boyer JS (1982). Plant productivity and environment. *Science*, **218** : 443-448.
- Bureau JC., Guyomard H., Jacquet F., Treguer D. (2009). European Biofuel Policy: How Far Will Public Support Policy go ? Forthcoming in Handbook.
- Cauderon A. (1981). Crise énergétique et crise alimentaire. *CR des séances de l'Académie d'Agriculture de France*, **67** : 385-393.
- Chen R. *et al.* (2008). Transgenic maize plants expressing a fungal phytase gene. *Transgenic Research*, **17** : 633-643.
- Clarke LE., Edmonds JA., Jacoby HD., Picher HM., Reilly JM., Richels RG. (2007). Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations. Sun-Report 2.1A of Synthesis and Assessment Product 2.1 by the US Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Department of Energy, Office of Biological and Environmental Research, Washington D.C.,

- Cohen J. (2005). Poorer nation turn to publicly developed GM crops. *Nature Biotechnology*, **23** (1) : 27-33.
- Collins K. (2008). *The Role of Biofuels and Other Factors in Increasing Farm and Food Prices: A Review of Recent Developments with a Focus on Feed Grain Markets and Market Prospects*. Report Written as Supporting Material for a Review Conducted by Kraft Foods Global, Inc. of the Current Situation in Farm and Food Markets, June 19, 2008.
- Cormeau J., Ghosse G. (2008). Les biocarburants de deuxième génération : semer aujourd'hui les biocarburants de demain. In *Demeter 2008, Economie et Stratégies Agricoles*, pages 225-302.
- Durand-Tardif M. & Pelletier G. (2003). Apport de la biologie moléculaire et cellulaire et de la génétique à la protection des plantes. *C R Biol.*, **326** (1) : 23-35.
- Fargione J., Hill J., Tilman D., Polasky S., Hawthorne P. (2008). Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. *Science*, **319** : 1235-1238.
- Fischer G., Schrattenholzer (2001). Global Bioenergy Potential Through 2050. *Biomass and Bioenergy*, **20** : 151-159.
- Fischer G. (2009). World Food and Agriculture to 2030/50: How Do Climate Change and Bioenergy Alter the Long-Term Outlook for Food, Agriculture and Resource Availability? Paper Prepared for the FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Rome, 24-26 June 2009.
- Fuchs M. (2008). Les plantes transgéniques et la lutte contre les virus phytopathogènes : état de l'art et perspectives. *Virologie*. **12** (1) : 27-37.
- Griffon M. (2006). *Nourrir la planète*. Odile Jacob, Paris.
- Griffon M. (2009). La terre va-t-elle manquer de terres? Alternatives Internationales, Numéro spécial sur l'état de la mondialisation, décembre 2009, pp. 40-41.
- Grolleau M. (2000). *Pertes après récolte*. Disponible sur FAO.org
- IEA (International Energy Agency) (2008). *World Energy Outlook 2008*. IEA/OECD, Paris, 578 pages.
- Delmer DP (2005). Agriculture in the developing world: connecting innovations in plant research to downstream applications. *Proc Natl Acad Sci USA*, **102**, 44 : 15739-14746.
- Ju X-T. *et al.* (2009). Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proc Natl Acad Sci USA*, **106**, (9) : 3041-3046.

- Kader A.A. (2005). Increasing Food Availability by Reducing Postharvest Losses of Fresh Produce. Proc. 5th Int. Postharvest Symposium, *Acta Hort*, **682** : 2169-2175.
- Kantor L., Lipton K., Manchester A., Oliveira V. (1997). *Estimating and addressing America's food losses*. USDA report, Food review, 12 p.
- Kleinhofs A., Behki R. (1977). Prospects for plant genome modification by non-conventional methods. *Ann. Rev. Genet.*, **11** : 79-101.
- Kundzewicz ZW., Mata LJ., Arnell NW., Döll P., Jimenez B., Miller K., Oki T., Sen Z., and Shiklomanov I. (2008). The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. *Hydrological Sciences Journal*, **53** (1) : 3-10.
- 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, Paper 13, 29 p.
- Mason HE., Navabi A., Frick BL., O'Donovan JT. and Spaner DM. (2007). The weed-competitive ability of Canada western red spring wheat cultivars grown under organic management. *Crop Science*, **47** : 1167-1176.
- Mazoyer M., Roudart L. (1997). *Histoire des agricultures du monde. Du Néolithique à la crise contemporaine*. Éditions du Seuil, Paris.
- Melillo JM., Gurgel AC., Kicklighter DW., Reilly JM., Cronin TW., Felzer BS., Paltsev S., Schlosser CA., Sokolov AP., Wang X. (2009). *Unintended Environmental Consequences of a Global Biofuels Program*. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report 168.
- Mittler R (2005). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends Plant Sci*, **11** : 15-19.
- Movahedi N, Paillotin G, Neveu A (2009). Le monde va-t-il manquer de terres pour nourrir les homes au XXI^e siècle ? *CR des Séances de l'Académie d'agriculture de France*, **95** (3) : 75-80.
- Muller C., Bondeau A., Lotze-Campen H., Cramer W., Lucht W. (2008). Comparative Impact of Climatic and Nonclimatic Factors on Global terrestrial Carbon and Water Cycles. *Global Biochemical Cycles*, **20**.
- Nellemann C., MacDevette M., Manders T., Eickhout B., Svihus B., Gerdien-Prins A., Katenborn BP. (2009). *The environmental food crisis – The environment's role in averting future food crisis*. United nations Environment Programme, UNEP/GRID-Arental, 102 p.

- OCDE (2008). *Impact relatif sur les prix mondiaux des produits des changements structurels à court et long terme sur les marchés agricoles ; le choc des prix des matières premières : le retournement structurel d'une tendance de prix bas ?* TAD/CA/APM/CFS/MD(2008)3.
- Oerke EC. (2007). Crop losses to animal pests, plant pathogens, weeds. In *Encyclopedia of Pest Management Vol II*. D Pimentel Ed. Taylor & Francis. pp. 116-120.
- Parmentier B. (2009). *Nourrir l'humanité. Les grands problèmes de l'agriculture mondiale au XXI^e siècle*. La Découverte, Paris.
- Peng J., Richards DE., Hartley NM., Murphy GP., Devos KM. et al. (1999). Green revolution genes encode mutant gibberellin response modulators. *Nature*, **400** : 256-261.
- Pingali P., Raney T. (2005). From the green revolution to the gene revolution: how will the poor fare? *ESA working paper 05-09*: www.fao.org/es/esa
- Powlson DS., Riche AB., Coleman K, Glendining MJ., Whitmore AP. (2008). Carbon Sequestration in European Soils Through Straw Incorporation: Limitations and Alternatives. *Waste Management*, **28** : 741-746.
- Prieur A, Bonnet JF, Combarous M (2004). Les surfaces boisées à l'échelle de la planète : usages conjoints pour la séquestration du carbone et la production d'énergie. *C.R. Geoscience*, **336** : 1323-1335.
- Schneider F. (2007). *Considerations on food losses in Life Cycle Approach of food supply chain*. Report Institute of Waste Management, BOKU-University of Natural Resources and Applied Sciences Vienna, 7 p.
- Schulten GGM. (1981). Post-harvest losses in tropical Africa and their prevention. United Nations University, <http://www.unu.edu/Unupress/food/8F042e/8F042E02.htm>
- Sciaky D. (1977). *Plasmids of Agrobacterium tumefaciens and their role in crown gall tumorigenesis*. PhD thesis. Washington State Univ., Pullman.
- Searchinger T., Heimlich R., Houghton R., Dong F., Elobeid A., Fabiosa JF., Tokgoz S., Hayes DJ., Yu T. (2008). Use of US Croplands for Biofuel Increases Greenhouse Gases Through Emissions For Land-Use Change. *Science*, **319** : 1238-1240.
- Sherpherd DN. et al. (2007). Maize streak virus-resistant transgenic maize: a first for Africa. *Plant biotechnology Journal*, **5** : 759-767.
- Smil V. (2000). *Feeding the World: A Challenge for the Twenty-First Century*. MIT Press, Cambridge, MA, US.

- Szabo V., Burr B. (1996). Simple inheritance of key traits distinguishing maize and teosinte. *Mol. Gen. Genet.*, **252** : 33-41.
- Tollenaar M. & Lee E.A. (2002). Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. *Field crop Research*, **75** (2-3) 161-169.
- Trewavas A. (2004). A critical assessment of organic farming and food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protection*, **23** : 757-781.
- Tyler PS. (1981). Misconception of Food Losses. United Nations University, <http://www.unu.edu/Unupress/food/8F042e/8F042E05.htm>
- UE (2009). Directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.
- Umezawa T., Fujita M., Fujita Y., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. (2006). Engineering drought tolerance in plants: discovering and tailoring genes to unlock the future. *Curr Opin Biotech*, **17** : 113-122.
- UN (1975). <http://www.un.org/ga/sessions/special.shtml>
- Ventour L. (2009). *Final report. The food we waste in Scotland*. Report WRAP Project, EVA077-001, Banbury, U.K.
- Wirsenius S. (2008). *Global Use of Agricultural Biomass for Food and Non-Food Purposes: Current Situation and Future Outlook*. Working Paper, Chalmers University of Technology, Department of Energy and Environment, Gothenburg, Sweden.
- Worldwatch Institute (2007). *Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century*.
- World Resources Institute (1998). Disappearing food: how big are postharvest losses. Earthtrends, <http://www.wri.org/publication/content/8386>

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

CHAPITRE 6

L'environnement économique

JEAN-CLAUDE BERTHÉLÉMY ET PIERRE DHONTE

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

1 | Conditions économiques

1.1 Les tendances longues des prix sur les marchés alimentaires internationaux

D'un point de vue économique, la question de l'équilibre alimentaire mondial et de son évolution possible renvoie fondamentalement à celle de l'évolution des prix des produits alimentaires. De nombreuses études projettent un équilibre ressources-emplois sans expliciter les prix : l'hypothèse implicite est alors que ceux-ci sont globalement stables, et la reformulation du problème consiste à s'interroger sur la pertinence des hypothèses de productivité qui assurent le bouclage ressources-emplois. Autrement dit, il s'agit dans ces exercices d'explorer les conditions dans lesquelles l'évolution de l'offre permettra de satisfaire globalement la demande mondiale. C'est la démarche de M. Griffon, qui conclut que « malgré les incertitudes sur les chiffres, on peut estimer que la Révolution doublement verte, sous les hypothèses de rendement faites ici, peut nourrir le monde dans sa totalité. Mais il ne faut pas oublier que la production de bio-carburants à partir des zones cultivables... tendrait très fortement la situation en termes d'extension de l'espace cultivé et de rendements à atteindre » (Griffon, 2009, p. 368). De la même manière, l'Inra et le Cirad voient dans l'équilibre global projeté à l'horizon 2050 un premier test de cohérence des scénarios étudiés, mais identifient un ensemble de dimensions qualitatives, laissées ouvertes par la quantification, qui décrivent autant de défis (Rapport Agrimonde, 2009, Synthèse, p. 22).

Si les conditions permettant un équilibre entre l'offre et la demande avec des niveaux de prix relativement stables en tendance ne sont pas réunies, l'équilibrage ne pourra se faire que par une évolution des prix, à la hausse dans l'hypothèse d'une offre insuffisante. Cette question de l'évolution possible des prix en réponse à celle des tensions entre l'offre et la demande ne doit pas être occultée. Quand on parle de risque de déficit alimentaire mondial, la question centrale devient celle de savoir si la hausse des prix alimentaires qui peut en résulter sera socialement acceptable. La hausse des prix des produits alimentaires constatée à partir de 2005, et marquée par un pic de grande amplitude en 2008 (voir chapitre 5, § 8), donne une grande actualité à cette problématique.

Étant donné le grand nombre de facteurs en jeu, les prévisions que l'on pourrait faire sur l'évolution des prix doivent être prises avec un certain détachement, d'autant que l'extrapolation à un avenir lointain et changeant d'élasticités observées dans le contexte sans doute fort différent de ces dernières décennies serait hasardeuse. C'est donc un jugement global que portent l'OCDE et la FAO, lorsqu'elles opinent que « les déterminants de l'offre de produits agricoles (les gains

de productivité pour l'essentiel) finiront par l'emporter sur ceux qui sous-tendent la progression de la demande... à commencer par la production de biocarburants. En conséquence, les prix se réorienteront à la baisse en termes réels, de façon cependant moins marquée peut-être que dans le passé » (OCDE/FAO 2008, p. 9). Ce jugement n'est pas foncièrement différent de celui de la Banque mondiale, qui retient une tendance légèrement haussière du prix des céréales, ce qui est « une révision sensible des projections antérieures – les contraintes en terres et en eau, jointes à un moindre progrès technique... expliquent cette révision » (Banque mondiale, 2008, p. 62). À l'encontre, les chiffréments proposés sur la base d'une méthodologie plus formelle (par exemple Leathers et Foster, 2004, ou IFPRI, 2005) ne peuvent avoir qu'une valeur illustrative.

Si on se préoccupe de possibles hausses des prix alimentaires, c'est en grande partie parce que de telles hausses ont des conséquences potentiellement dramatiques pour les populations les plus pauvres. La consommation alimentaire représente une part importante des dépenses des ménages les plus pauvres, et toute augmentation des prix des denrées alimentaires a de ce fait un effet d'approfondissement immédiat et sensible de la pauvreté. Les émeutes de la faim connues en 2008 dans plusieurs pays illustrent bien cette problématique.

D'un point de vue international, cette question se pose avec d'autant plus d'acuité que les études s'accordent pour prévoir que les progressions de la demande et de l'offre ne seront pas équilibrées région par région, et pour anticiper en conséquence la nécessité d'une intensification des échanges pour assurer l'équilibre alimentaire région par région ; l'Asie du Sud et du Sud-Est, et la région Afrique du Nord-Moyen-Orient et de nombreux pays d'Afrique subsaharienne connaîtraient des besoins d'importation nettement accrus. Le déficit alimentaire de l'Afrique subsaharienne, déjà conséquent aujourd'hui puisqu'il représentait plus de 10 % des emplois en 2003, pourrait atteindre près de 50 % des emplois en 2050 dans le scénario Agrimonde 1.

Si l'on considère l'évolution des prix sur une longue période, force est de constater que les événements récents ne sont pas uniques dans l'histoire économique, et n'ont pas pour l'instant modifié la tendance de fond des prix des produits alimentaires. Cette tendance est une tendance à la baisse plutôt qu'à la hausse si l'on considère les prix alimentaires réels, c'est-à-dire corrigés de l'inflation, qui sont les seuls indicateurs pertinents.

La figure 6.1 retrace cette évolution, à partir d'un indice proposé par Grilli et Yang en 1988, mis à jour jusqu'à 2008 (avec des prévisions 2009)¹. L'évolution

¹ L'indice originel de Grilli et Yang est disponible de 1900 à 1986. Il a été prolongé jusqu'en 2003 par Pfaffenzeller, Newbold et Rayner (2007). Nous l'avons étendu pour les besoins de ce rapport jusqu'à 2008 (en incluant des prévisions 2009) grâce à des données fournies par la Banque mondiale.

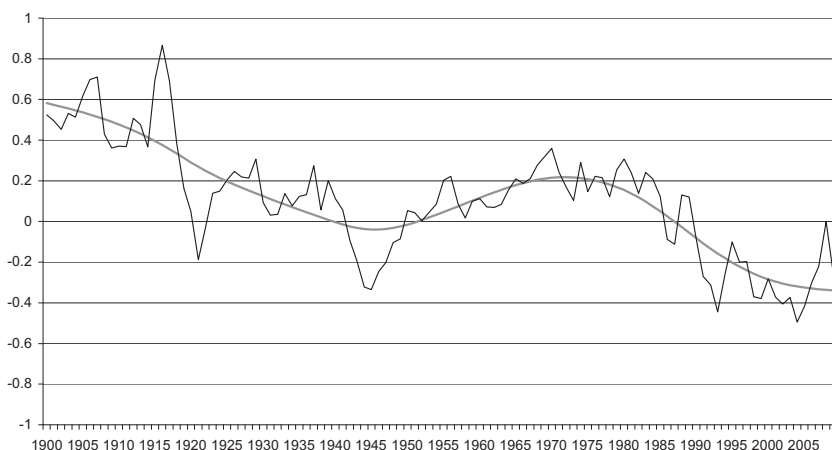


Figure 6.1

Évolution de l'indice des prix réels des produits alimentaires (logarithme).

historique peut être décomposée en une composante de tendance longue et une composante de cycle conjoncturel². La tendance longue telle qu'indiquée à la figure 6.1 est clairement à la baisse jusqu'au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, puis connaît une inversion pendant les « Trente Glorieuses », pour repartir ensuite à la baisse jusqu'récemment. Le pic de 2008 reste très inférieur au niveau des prix observé un siècle ou un demi-siècle auparavant. Une question majeure consiste à savoir si l'inflexion observée à la fin de la décennie actuelle marque un retournement de tendance, analogue à celui connu dans les années 1950. Certaines indications vont dans ce sens. Les Trente Glorieuses ont été marquées par une forte progression des revenus et donc de la demande dans les pays actuellement développés. Dans les années récentes, la montée en puissance des grands pays émergents, au premier rang desquels la Chine, a donné également une forte impulsion à la croissance mondiale. Ces effets de demande concernent non seulement la demande de produits alimentaires mais aussi des matières premières, notamment énergétiques. Il en résulte à la fois une diminution relative de l'offre alimentaire par augmentation des usages non alimentaires de la production agricole (biocarburants) et une augmentation du coût des intrants chimiques de l'agriculture. Qui plus est, l'expansion des pays émergents correspond à un processus d'industrialisation, qui réduit la part de leur main d'œuvre affectée à l'agriculture.

Il est impossible de prévoir si la phase d'expansion récente des pays émergents conduira ou non aux mêmes évolutions que dans les années 1950 à 1970,

²La décomposition est menée selon la méthode, standard en économie, de Hodrick et Prescott. Les calculs sont effectués à partir du logarithme de l'indice de prix réels des produits alimentaires.

car il s'agit de deux périodes historiques différentes, associées aussi à des réponses différentes du côté de l'offre agricole. Néanmoins les années 1950 à 1970 nous fournissent le seul point de repère historique pour savoir quelle ampleur de hausse tendancielle des prix alimentaires est envisageable. Dans les années 1950 à 1970, entre le point bas (1947) et le point haut (1972) du cycle de long terme correspondant, les prix alimentaires ont augmenté en moyenne de 18 %, soit une augmentation de 0,7 % par an. L'expérience de phase prolongée de hausse des prix alimentaires que nous avons pu observer pendant les Trente Glorieuses donne par conséquent des indications sur le fait que cette hausse est relativement limitée.

1.2 La question de la sécurité alimentaire

La FAO estimait à 850 millions en 2003-2005 le nombre de personnes sous-alimentées. Le premier « objectif du développement du Millénaire » était de réduire ce chiffre de moitié d'ici 2015. Avec la crise alimentaire récente, le nombre de personnes sous-alimentées a au contraire fortement augmenté, puisqu'il est estimé maintenant à un milliard de personnes. Cette évolution défavorable a commencé avant la crise récente : hormis la Chine, où les progrès se sont poursuivis, on a observé une forte régression dans l'ensemble des pays en développement ; entre 1990-1992 et 2003-2005, le nombre de personnes sous-alimentées avait déjà augmenté de 66 millions, soit plus de 10 %.

Au niveau global, une amélioration de la sécurité alimentaire passe par des politiques commerciales agricoles assurant une plus grande fluidité aux marchés internationaux, faute de quoi les mécanismes naturels d'équilibrage des marchés ne peuvent pas jouer pleinement et les déséquilibres locaux ne peuvent pas être résorbés par des échanges internationaux, avec pour conséquence une plus forte amplitude des crises alimentaires. En particulier, il faut abaisser voire supprimer les barrières commerciales à l'exportation. Plus les marchés agricoles et alimentaires internationaux seront larges et profonds et plus les problèmes potentiels de sécurité alimentaire seront faciles à résorber.

La sécurité alimentaire n'est cependant pas seulement un problème global. L'incidence de la malnutrition dans plusieurs régions du monde coexiste avec une absence de pénurie globale de ressources alimentaires, et ne serait pas résorbée simplement par une plus grande ouverture des marchés. Cette malnutrition coïncide, dans les pays où on l'observe, avec des faibles revenus (voir par exemple Wik, Pingali et Broca, 2008, graphique 8). Les analyses d'Amartya Sen ont montré que c'est l'insuffisance du pouvoir d'achat, non le manque de ressources, qui explique principalement la sous-alimentation. Ce qui est en cause c'est donc avant tout la pauvreté des personnes sous-alimentées, en grande partie liée à leur environnement économique : 835 millions des personnes

concernées vivent dans les pays en développement, dont une grande partie en Afrique subsaharienne. La lutte pour la sécurité alimentaire et la lutte contre la pauvreté sont largement synonymes.

Il est significatif que 600 millions des personnes sous-alimentées survivent en milieu rural. C'est en améliorant leur intégration comme producteurs dans les circuits agricoles qu'elles pourront accroître leur pouvoir d'achat. L'ampleur du problème apparaît plus concrètement peut-être lorsqu'on note avec Wik, Pingali et Broca que 32 pays connaissent aujourd'hui, avec une ressource de 2 000 kcal/j par habitant, un taux de malnutrition moyen de 42 %. La population de ces pays, 580 millions aujourd'hui, pourrait passer à 1 390 millions en 2050. Il leur faudra donc tripler leurs ressources caloriques pour atteindre 2 500 kcal/j par personne.

Dans les pays où l'incidence de la malnutrition est particulièrement élevée, il est désormais reconnu que l'agriculture est essentielle à la sécurité alimentaire parce qu'elle est source d'emplois et de revenus pour une majorité de la population. Bien plus, il est désormais admis que, dans ces pays, l'agriculture est appelée à jouer un rôle moteur dans l'ensemble de l'économie : le développement agricole apparaît comme la clé du développement et de la réduction de la pauvreté.

Cette vision, qui est développée par la Banque mondiale dans son Rapport sur le développement dans le monde de 2008, est l'une des intuitions de la « Révolution doublement verte ». Elle a certainement inspiré les dirigeants du G8 réunis à L'Aquila en juillet 2009, qui ont annoncé conjointement avec d'autres pays partenaires et les organisations internationales qu'ils allaient apporter des financements à hauteur de 20 milliards de dollars en trois ans pour améliorer la sécurité alimentaire à travers non seulement l'aide alimentaire, mais aussi des investissements dans la production agricole et les infrastructures rurales.

Cette vision n'a pas toujours été largement partagée : les politiques de nombreux pays ont longtemps connu une orientation défavorable à l'agriculture, en taxant lourdement les cultures d'exportation (souvent par l'intermédiaire des caisses « de stabilisation », ou en manipulant les prix des produits alimentaires (en particulier par le maintien de taux de change surévalués) de manière à en réduire le coût pour les ménages urbains. Elle s'applique spécifiquement aux pays (notamment en Afrique subsaharienne) ou aux régions de grands pays (Inde et Chine) où l'agriculture est une source principale de la croissance de l'ensemble, et où la plupart des populations pauvres vivent en milieu rural.

Une stratégie mettant l'agriculture au service du développement ne suppose pas seulement d'abroger les mesures de politiques économiques nationales qui en freinaient la croissance – ceci est déjà largement le cas – mais aussi, de manière plus complexe, de mettre en œuvre un ensemble de mesures positives, appelant un gros effort d'investissement. L'investissement physique doit porter sur l'irrigation, les structures de transport, les moyens de communication. L'investissement humain et institutionnel doit porter sur les cadres fonciers, l'éducation, la mise en réseau des producteurs, l'accès aux intrants, le développement des structures commerciales. Il ne s'agit pas de viser un saut technologique, mais de coordonner des investissements substantiels dans des domaines conjoints – infrastructures, éducation, vulgarisation. L'intérêt manifesté par plusieurs pays d'Asie et du Moyen-Orient pour de vastes achats ou locations de terres dans des pays en développement peut être un des vecteurs de ces investissements – à condition que les nombreuses contraintes humaines, politiques et écologiques soient correctement intégrées. Cela pose aussi le problème de la survie de la petite paysannerie.

Dans les pays les moins avancés, la petite paysannerie constitue l'ossature principale du secteur agricole. Cette agriculture à petite échelle assure la subsistance de la majorité de la population mondiale et n'a guère accès aux marchés des produits agricoles. Il est donc essentiel que les décideurs politiques soient sensibilisés à son importance et que des programmes soient mis en place afin de l'aider à mobiliser davantage d'intrants (engrais et eau notamment) et à réduire sa vulnérabilité aux risques, notamment climatiques, auxquels elle doit faire face.

Une étude menée par Cotula *et al.* (2009) pour les Nations unies, sur les achats et locations de terres en Afrique, permet d'évaluer l'ampleur et les dangers de cette nouvelle tendance. Dans cinq pays (Éthiopie, Ghana, Madagascar, Mali et Soudan) pour lesquels une étude quantitative a été menée, l'achat ou la location de près de 2,5 millions d'hectares a été approuvé entre 2004 et mars 2009. Ces opérations foncières ne représentent qu'une assez faible proportion des terres cultivables disponibles, entre 0,48 % au Soudan et 2,2 % à Madagascar. Il s'agit donc pour l'instant d'un phénomène encore marginal, mais qui pourrait prendre de l'ampleur, et qui affecte déjà les populations locales. L'étude citée souligne les dangers de cette progression des achats ou locations de grandes surfaces agricoles quand les populations locales sont exclues des décisions et si leurs droits de propriété ne sont pas respectés. À défaut, il y a un risque réel de fragilisation de l'environnement et des conditions de vie, et donc aussi de la sécurité alimentaire des ménages ruraux affectés par ces opérations foncières. Comme l'a affirmé le sommet du G8 de juillet 2009, il est souhaitable dans l'avenir de parvenir à des règles de transparence et de bonne conduite communément acceptées au niveau international.

2 | Causes économiques de déséquilibres, pauvreté

2.1 Conséquences de crises économiques majeures

L'agriculture et l'alimentation sont une composante du système économique et toute crise affectant ce système peut affecter la sécurité alimentaire. Cela résulte à la fois du lien étroit, déjà étudié auparavant dans ce rapport, entre pauvreté et sous-alimentation, et des conséquences que peuvent avoir des modifications de prix non agricoles sur les conditions de l'équilibre des marchés de produits alimentaires.

Toute crise économique majeure plonge les populations les plus fragiles sur le plan économique dans une situation de pauvreté accrue. C'est particulièrement vrai dans les pays les moins avancés qui sont les plus touchés par les crises alimentaires. À titre d'exemple, la crise financière qui s'est développée en 2007 et 2008 à partir du marché hypothécaire aux États-Unis a eu des répercussions négatives très fortes sur l'Afrique subsaharienne, et ce bien que cette région du monde soit celle qui est la moins impliquée dans les marchés financiers internationaux. Ceci résulte notamment des conséquences des crises globales sur le commerce mondial, et donc aussi sur la demande de marchandises exportées par les pays pauvres. Un autre aspect mis en jeu par cette crise est la réduction des rapatriements de revenus des travailleurs immigrés vers les pays en développement (environ 300 milliards de dollars/an), qui représentent à l'heure actuelle en moyenne le triple de l'aide publique au développement reçue par ces pays. Ces pertes de recettes en devises pèsent mécaniquement sur la capacité des pays africains à financer l'importation de denrées alimentaires pour lesquels ils sont structurellement en déficit. Cet effet vient se combiner à celui de la diminution des revenus des ménages, qui implique inéluctablement pour les plus pauvres d'entre eux une détérioration de leur capacité à se nourrir.

Le secteur agricole et celui de l'alimentation sont par ailleurs étroitement imbriqués dans le circuit économique, de telle sorte que tous les chocs sur le système des prix internationaux a des répercussions sur l'offre de produits alimentaires. Une augmentation des prix du pétrole augmente mécaniquement les prix des intrants agricoles, qui se répercute sur les coûts de production et même, pour les petites exploitations paysannes des pays en développement, sur la capacité de ces exploitations à se procurer ces intrants. Il en résulte un renchérissement des produits alimentaires, et une diminution de l'offre. Comme on l'a vu en 2007-2008, une augmentation des prix du pétrole augmente aussi la rentabilité de la production de biocarburants, qui réduit d'autant l'offre de produits agricoles pour l'alimentation.

L'Afrique subsaharienne

Jean-Claude Berthélémy

Les plus grands nombres de personnes sous-alimentées dans le monde sont en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud (voir tableau 6.1). Si dans l'avenir il doit y avoir une crise alimentaire mondiale, celle-ci frappera très directement ces régions, et beaucoup plus que les autres régions du monde. Ceci vient du fait que les crises alimentaires sont causées par la combinaison d'une production alimentaire localement ou globalement insuffisante et d'un accès très inégalitaire à ces ressources, les populations les plus démunies sur le plan économique étant aussi celles qui sont le plus immédiatement frappées par la famine. Cette analyse menée au niveau microéconomique par Amartya Sen (Sen et Drèze, 1999), en particulier, est valable également à un niveau macroéconomique : la distribution internationale des revenus est et sera dans l'avenir un déterminant essentiel de la distribution internationale des crises alimentaires éventuelles. Bien entendu, la capacité des régions pauvres de la planète à accroître leur production alimentaire jouera, mais en situation de tension entre l'offre et la demande de produits alimentaires, ce sera la capacité à financer des importations qui déterminera finalement leur équilibre alimentaire.

La question de la satisfaction des besoins alimentaires des pays pauvres est donc indissociable de celle de l'éradication de la pauvreté dans le monde. C'est d'ailleurs l'une des raisons qui expliquent que la réduction de la sous-alimentation fait partie intégrante du premier objectif du millénaire pour le développement (OMD) qui vise concomitamment à réduire de moitié (entre 1990 et 2015) la proportion de personnes vivant avec moins de 1 dollar par jour, à donner un travail décent à tous, et à réduire de moitié la proportion de personnes souffrant de la faim. Parmi les grandes régions en développement, nous savons déjà que l'Afrique subsaharienne sera pratiquement la seule région incapable de se rapprocher de la réalisation des OMD à l'horizon 2015 et au-delà.

L'Afrique (subsaharienne) a connu au cours des deux dernières décennies une augmentation sensible du nombre de personne sous-alimentées, alors que ce nombre diminuait partout ailleurs dans le monde. Ce constat est lié à la fois aux évolutions démographiques et à celles des revenus. Tout indique que l'Afrique subsaharienne sera dans l'avenir la région du monde la plus fragile du point de vue de la satisfaction des besoins alimentaires de ses populations. Même en période « normale », il y a près d'un tiers de personnes en état de sous-alimentation en Afrique. Cette proportion a peu de chances de baisser dans un avenir prévisible, du moins de manière généralisée dans l'ensemble de l'Afrique subsaharienne, et elle sera certainement beaucoup plus élevée en cas d'accidents agroclimatiques majeurs.

En Afrique, le problème de la satisfaction des besoins alimentaires est, plus que partout ailleurs, un problème économique. Même dans un scénario tendanciel dans lequel au niveau mondial un équilibre entre l'offre et la demande alimentaires serait réalisable à un niveau satisfaisant, c'est-à-dire sans forte hausse des prix, cet équilibre resterait très difficile à trouver pour les pays africains. En effet, dans un tel scénario, l'équilibre entre l'offre et la demande supposerait un recours accru aux échanges internationaux, les zones pouvant dégager des surplus de production vendant leurs excédents aux zones les moins favorisées sur le plan agroclimatique. Or pour pouvoir importer de quoi se nourrir, les pays africains, qui sont déjà majoritairement en déficit d'offre alimentaire, devront disposer de revenus suffisants.

Sur longue période (depuis 1950), l'Afrique a connu une croissance très faible de ses revenus, même si une certaine amélioration a pu être observée entre la fin des années 1990 et 2007, amélioration de nouveau entravée récemment par la crise financière internationale. Au cours des décennies à venir, il reste possible qu'une partie de l'Afrique se développe. En revanche, un scénario dans lequel l'ensemble de la région progresserait significativement sur le plan économique est improbable.

Deux éléments exogènes vont influencer la capacité des pays africains à améliorer leurs revenus et donc aussi leur aptitude à financer des importations de denrées alimentaires : leurs richesses minières et leur position géographique.

Les pays disposant de ressources minières devraient voir dans les décennies à venir leurs revenus s'améliorer. Toutefois, si l'on se réfère à l'expérience des décennies passées, rien n'assure qu'une augmentation de leurs revenus profitera largement à leurs populations, condition nécessaire pour qu'ils soient à même de faire des progrès en matière de réduction de la pauvreté. En Angola, grand producteur de pétrole et de diamants, 46 % des personnes souffraient en 2003 de sous-alimentation. En Zambie, grand producteur de cuivre, cette proportion était de 45 %. Des progrès sont envisageables sur la durée, notamment grâce à l'initiative EITI (Extractive Industries Transparency Initiative) qui vise à améliorer l'utilisation des richesses minières au bénéfice des populations. Néanmoins il y a là une incertitude assez grande.

Les pays disposant d'un accès maritime pourraient tenter de suivre la voie tracée par les pays émergents d'Asie, en développant leurs activités manufacturières, ce qui créerait des emplois et des revenus, ainsi que des ressources en devises disponibles pour équilibrer les importations alimentaires en cas de pénurie de l'offre alimentaire locale. L'accès côtier n'est bien entendu pas la seule condition, il faut aussi que ces pays développent leurs

ressources humaines par des politiques éducatives appropriées, et plus généralement mettent en œuvre des politiques de réforme analogues à celles menées en Asie pour développer une économie de marché compétitive. Il est probable que certains pays réussiront dans cette voie. Les grands pays émergents d'Asie que sont la Chine et l'Inde l'ont d'ailleurs bien compris, comme le montre le dynamisme de leurs investissements en Afrique ces dernières années. Si initialement ces investissements étaient surtout miniers, ils sont aussi de plus en plus orientés vers la création d'activités industrielles.

Les pays enclavés ont très peu de chances de réussir ce pari, car tout développement reposant sur une intégration volontariste à la mondialisation restera pour eux entravé par des barrières naturelles : coûts de transport élevés, difficulté d'accès à des sources d'énergie suffisantes. Pour partie, à long terme, ces obstacles sont politiques : compte tenu du morcellement politique et de la relative faiblesse des institutions d'intégration régionale, il y a une extrême difficulté à développer des projets ambitieux de transport à vocation continentale, qui seuls permettraient le désenclavement des pays de l'intérieur.

Très probablement, si le scénario que nous venons d'esquisser se réalise, la structure géopolitique du continent ne restera pas inchangée dans les décennies à venir. Il est très probable que des mouvements migratoires profonds se développeront, de même que l'on a observé dans les décennies passées des mouvements migratoires vers les pays côtiers. Dans l'histoire récente, l'exemple le plus connu est celui de la Côte d'Ivoire, dont le peuplement et la croissance économique entre les années 1950 et 1980 ont été fortement dynamisés par l'immigration de populations provenant des pays enclavés voisins (notamment : Burkina Faso et Mali).

Ces tendances se combineront avec des forces centripètes conduisant à une urbanisation croissante. La population urbaine passera en Afrique subsaharienne de 35 % de la population totale en 2005 à 60,5 % en 2050 d'après les projections des Nations unies. L'urbanisation, qui est déjà à l'œuvre, est inévitable compte tenu du grand écart qui existe entre les niveaux de vie urbains et ruraux, et ce même si de nombreux citadins vivent dans la misère : que ce soit à l'intérieur d'un pays ou au niveau d'une région plus vaste, il existe de fortes pressions migratoires des localités les plus pauvres vers les localités les moins pauvres. Cette urbanisation est aussi une nécessité économique, la population africaine étant aujourd'hui excessivement disséminée sur le territoire, à l'exception de quelques pays densément peuplés, ce qui augmente les coûts de transport et réduit les possibilités de bénéficier d'effets d'agglomération. Cette urbanisation ne sera évidemment pas sans conséquences pour l'équilibre alimentaire, puisqu'elle impliquera une réduction de la main d'œuvre disponible pour l'agriculture.

De tels mouvements de populations ne seront pas sans avoir aussi de multiples conséquences sociales et politiques. Une incertitude majeure est celle de savoir si les États sauront conserver leur cohésion malgré les pressions migratoires et tous les mouvements de rejet que ceux-ci peuvent engendrer. L'histoire de la Côte d'Ivoire des deux dernières décennies, de même que l'apparition de mouvements xénophobes dans d'autres pays, donne des indications sur les dangers qu'il faudra tenter d'éviter dans les décennies à venir. Si les pressions migratoires vers les côtes et leurs grandes agglomérations devaient se traduire par une instabilité politique chronique, la capacité de l'Afrique à sortir de la pauvreté et donc aussi de la sous-alimentation en serait d'autant réduite.

S'agissant des marchés alimentaires eux-mêmes, de nombreuses incertitudes caractérisent également le continent africain, que celles-ci soient de nature générale ou spécifique à ce continent. Les incertitudes générales (étudiées dans le chapitre 2) concernent les aléas climatiques et les conséquences du réchauffement climatique. Les incertitudes spécifiques concernent la technologie agricole (voir chapitre 5) et les infrastructures de marché, qui sont particulièrement déficientes en Afrique.

Afin de répondre au mieux aux besoins alimentaires des populations africaines, dans un scénario où seule une partie du continent pourrait équilibrer sa demande de produits alimentaires par des importations, il est indispensable d'améliorer la productivité de l'agriculture africaine. La Révolution verte n'a jamais vraiment pris en Afrique, en partie parce que les investissements de R&D agronomiques n'ont pas été adaptés aux besoins spécifiques de cette région. À ce sujet, on peut noter que plus d'efforts sont faits maintenant en faveur de l'Afrique, notamment dans le cadre du CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research), qui a réalisé ces dernières années près de la moitié de ses dépenses en Afrique. Ces efforts devront être poursuivis dans la durée pour conduire à des résultats visibles. L'utilisation de variétés hybrides améliorées comme l'utilisation éventuelle des OGM dépendra beaucoup des résultats de la recherche, mais aussi de l'organisation des circuits de commercialisation des intrants agricoles.

Il est également indispensable d'améliorer les infrastructures de marchés agricoles pour permettre que les excédents réalisés dans certaines localités puissent être mobilisés pour satisfaire les besoins d'autres localités. L'amélioration de la productivité agricole doit impérativement aller de pair avec une plus grande fluidité des marchés, ce qui implique de mettre en place plus de capacités de stockage, de conditionnement, de transport et de commercialisation. À défaut de progrès dans ces domaines, des excédents locaux ne pourront que se traduire par la coexistence de situations locales d'excédent et de pénurie.

Au total, l'Afrique présente un concentré des risques de crise alimentaire, et réduire ces risques ne pourra se faire que dans le cadre d'une stratégie de développement prenant en compte de multiples dimensions : agricoles et économiques bien sûr, mais aussi géographiques, démographiques, sociales et politiques.

2.2 La volatilité des prix

La volatilité des prix agricoles et alimentaires est associée étroitement à la volatilité de la conjoncture macroéconomique mondiale, à la fois par des effets de demande et par des effets d'équilibre général. D'ailleurs, les cycles de hausse et de baisse des prix des différentes denrées agricoles sont très corrélés entre eux, même s'il y a aussi des mouvements de prix propres à chaque marché, associés notamment aux fluctuations des récoltes. Cette volatilité peut être amplifiée par la spéculation sur les marchés à terme de matières premières, comme cela a été le cas en 2008.

Les fluctuations conjoncturelles des prix des produits alimentaires sont historiquement de grande ampleur, comme le suggère la figure 6.1. Les coûts sociaux associés à de tels mouvements de prix ne peuvent pas être ignorés, et ce d'autant plus qu'il y a des phénomènes d'hystérésis. Même quand les prix reviennent à un niveau normal après une phase de hausse, les conséquences sur la pauvreté ne sont que partiellement effacées, car l'aggravation de la pauvreté impose aux ménages affectés de s'endetter à des conditions très coûteuses, et de vendre le peu de patrimoine productif qu'ils possèdent. De plus, les conséquences de la sous-nutrition sur la santé peuvent être pour partie permanentes, notamment quand elles affectent la santé des enfants.

Les prix alimentaires ont augmenté en termes réels de près de 50 % entre 2004 et 2008, provoquant une augmentation de l'incidence de la pauvreté dans un grand nombre de pays. Les données disponibles pour le premier semestre 2009, et les prévisions de la Banque mondiale, montrent que cette tendance sera inversée au moins pour moitié d'ici à la fin de l'année 2009. La forte hausse récente est donc en grande partie un accident conjoncturel. Néanmoins, il faut noter que cet accident a été d'une ampleur particulièrement grande par comparaison aux évolutions antérieures. Si l'on mesure l'ampleur de cet accident par l'écart entre les prix observés et la tendance décrite à la figure 6.1, cet accident est très marqué (les prix sont 33 % au-dessus de leur tendance en 2008) et n'a pas de précédent d'ampleur comparable en temps de paix. Il est donc légitime de s'interroger sur la spécificité éventuelle de cet épisode récent, et sur ce qu'il peut vouloir dire pour l'avenir.

Country groups	Number of undernourished			% of population		
	1990-92	1995-97	2003-05	1990-92	1995-97	2003-05
WORLD	841.9	831.8	848.0	18	14	13
Developed countries	19.1	21.4	15.8	<5	<5	<5
Developing World	822.8	810.4	832.2	20	18	16
Asia and the Pacific (incl. Oceania)	582.4	535.0	541.9	20	17	16
East Asia	183.5	152.0	131.8	15	12	10
Southeast Asia	105.6	88.6	86.9	24	18	16
South Asia	282.5	284.8	313.6	25	22	21
Central Asia	4.0	4.7	6.5	8	9	11
Western Asia	6.1	4.4	2.2	38	27	14
Latin America and the Caribbean	52.6	51.8	45.2	12	11	8

Tableau 6.1
Données sur la sous-alimentation de la FAO.

Country groups	Number of undernourished			% of population		
	1990-92	1995-97	2003-05	1990-92	1995-97	2003-05
North and Central America	9.3	10.2	8.8	8	8	6
The Caribbean	7.5	8.6	7.6	26	28	23
South America	35.8	33.0	28.8	12	10	8
Near East and North Africa	19.1	29.6	33.0	6	8	8
Near East	15.0	25.3	28.4	7	11	11
North Africa	4.0	4.3	4.6	< 5	< 5	< 5
Sub-Saharan Africa	168.8	194.0	212.1	34	34	30
Central Africa	22.0	38.4	53.3	34	51	57
East Africa	77.1	86.1	86.0	45	44	35
Southern Africa	32.4	35.8	36.8	45	43	37
West Africa	37.3	33.8	36.0	20	16	14

Tableau 6.1

Fin.

On sait que la hausse récente des prix alimentaires résulte d'au moins trois chocs conjoncturels qui se sont conjugués (voir aussi chapitre 5 § 8). Le premier est la hausse des productions de biocarburants, qui a accompagné la flambée des prix du pétrole au cours de la même période. Le second est la présence d'accidents climatiques. Le troisième est la spéculation sur les marchés à terme de matières premières. Chacun de ces trois accidents conjoncturels est relativement nouveau, du moins dans son ampleur, par rapport à l'expérience historique, mais peut aussi préfigurer l'avenir. Quel que soit le sentier d'expansion de l'agriculture de la première moitié du XXI^e siècle, il faut s'attendre à des évolutions des prix plus accidentées que par le passé.

S'agissant des prix du pétrole, des chocs comparables ont été observés à plusieurs reprises dans les dernières décennies, mais c'est la première fois qu'ils conduisent à l'apparition à grande échelle de production de biocarburants. Ces fluctuations ont toutes chances de perdurer, dès lors que l'OPEP n'a plus véritablement de prise sur l'évolution du marché, et que les zones majeures de production sont marquées par beaucoup d'incertitudes géopolitiques. S'agissant des sécheresses à répétition affectant certains grands pays producteurs, notamment en Australie, tout comme une grande partie du continent africain, il semble qu'elles soient reliées au changement climatique et dans cette hypothèse il est probable que ce type d'accidents de grande ampleur se multipliera dans l'avenir avec une fréquence élevée. S'agissant de la spéculation sur les marchés à terme, celle-ci existe depuis aussi longtemps que les marchés à terme eux-mêmes, mais a été amplifiée quand des investisseurs disposant de liquidités abondantes les ont utilisées pour spéculer sur les instruments à terme sur les matières premières, dans un contexte où les autres véhicules financiers de spéculation financière se sont révélés trop risqués à la suite de la crise du marché hypothécaire américain en 2007. Malgré la crise de 2007, la sophistication croissante des instruments financiers et la globalisation des marchés financiers semblent difficilement évitables dans l'avenir. Par suite il est probable que des opérations spéculatives de grande ampleur sur les marchés à terme de matières premières continueront à se développer.

La spéculation sur les marchés à terme a été considérée par certains observateurs comme responsable de la crise des marchés alimentaires de 2008 (Pace, Seal et Costello, 2008). En réalité, cette spéculation n'a fait qu'amplifier une crise qui avait des causes réelles (prix du pétrole et accidents climatiques). Par ailleurs, les marchés à terme sont essentiels pour le fonctionnement des marchés agricoles, car ce sont sur ces marchés que les producteurs peuvent s'assurer (au moins à court terme) contre les fluctuations des prix de leurs productions. Pour que certains opérateurs puissent s'assurer, il faut que d'autres opérateurs achètent les risques correspondants. Du reste, des exemples célèbres d'échecs de tentative de stabilisation par des réglementations contre la spéculation sur les marchés à terme de produits agricoles montrent les limites d'une telle approche.

Cela a été le cas aux États-Unis en 1958 avec l'interdiction de la spéculation sur le marché à terme des oignons, ou en Inde entre les années 1960 et les années 2000 sur l'ensemble des marchés de produits agricoles. Il est vrai toutefois que récemment les opérations sur les marchés à terme de matières premières agricoles ont connu une augmentation sans précédent de leur volume, ce qui a pu avoir en 2007 et 2008 un effet d'amplification de la hausse des prix, qui a pu être interprétée comme une bulle spéculative. Sur le marché à terme de Chicago, le volume des transactions sur contrats à terme et sur options concernant les céréales et oléagineux a été multiplié par presque 5 entre la fin 2004 et la première de moitié de 2008. Ce volume nouveau de transactions sur le marché, réalisées par des opérateurs financiers qui n'étaient pas des opérateurs traditionnels sur les marchés à terme de matières premières, a certainement contribué à amplifier la hausse des prix. De même, après le retournement des marchés, ce volume de transactions a diminué rapidement (de près de moitié à l'horizon de la fin 2008). La voie est donc étroite entre l'utilisation des marchés à terme pour permettre l'émergence d'assurances contre les risques, et la réglementation de ces marchés pour éviter qu'ils ne soient utilisés pour une spéculation de nature purement financière. Plutôt qu'une réglementation stricte, qui serait coûteuse pour les opérateurs non financiers (producteurs ou consommateurs) sur les marchés agricoles, et qui serait de toute façon vaine si elle n'était pas appliquée à l'ensemble des marchés, il peut être préférable de chercher à faire émerger des codes de bonne conduite, ce qui peut passer notamment par plus de transparence, et par la distinction entre les opérateurs financiers et les opérateurs non financiers sur ces marchés.

Enfin il ne faut pas négliger le fait que la crise de 2008 a été aggravée par des rétentions de production pratiquées par certains des principaux exportateurs de denrées alimentaires, notamment sur le marché international du riz. En 2008, le Vietnam, deuxième exportateur mondial de riz derrière la Thaïlande, a annoncé une diminution de 1 million de tonnes de ses exportations. L'Inde, troisième exportateur mondial, a également pratiqué des restrictions d'exportation, de même que la Chine et le Cambodge. Ces mesures ont significativement contribué à la flambée des prix du riz au cours du premier semestre de 2008. Pour l'avenir, il faudrait trouver un accord multilatéral pour éviter ces comportements de rétention, qui accroissent considérablement les tensions sur le marché international.

2.3 La question de la régulation des marchés internationaux

En raison des événements récents, la question de la régulation des marchés des produits alimentaires de base est de plus en plus souvent posée. Il s'agit en réalité d'une question ancienne et récurrente, qui a été abordée au niveau international dès la conférence constitutive de la FAO en 1943.

En 1943, un enjeu essentiel des discussions était de préserver les intérêts des consommateurs. Avec la mise en place du système des Nations unies, et notamment les conférences de la Cnuced, les discussions internationales sur la stabilisation des matières premières ont surtout été influencées par la nécessité de préserver les intérêts des pays en développement, producteurs des matières premières. Cette dualité entre les intérêts des producteurs et des consommateurs correspond essentiellement à la difficulté de faire émerger un objectif de niveau auquel les prix devraient être stabilisés, les producteurs souhaitant qu'ils soient le plus haut possible et les consommateurs qu'ils soient le plus bas possible.

Les méthodes usuellement préconisées pour réguler l'évolution des cours des matières premières consistent en la création de stocks tampons dont la fonction serait d'acheter des denrées quand les prix sont bas pour les revendre quand il y a une tendance excessive à la hausse. Cependant, de nombreuses tentatives menées au cours du siècle dernier pour réguler de la sorte les cours des matières premières ont échoué. La question du niveau de stabilisation des prix est en partie responsable de l'échec de ces tentatives de stabilisation : quand les objectifs de prix sont trop élevés, le stock tampon doit acheter plus de produits qu'il ne peut en revendre, ce qui n'est pas soutenable financièrement. Une stabilisation n'est donc faisable que si elle respecte en moyenne l'équilibre tendanciel de l'offre et de la demande, équilibre *a priori* difficile à trouver compte tenu des incertitudes qui pèsent tant sur les capacités d'offre que sur la dynamique de la demande et sur les élasticités prix des producteurs et des consommateurs.

Un autre aspect pratique important à considérer est que l'objectif d'une stabilisation parfaite est inatteignable, puisqu'il faudrait constituer un stock tampon de dimension infinie pour se prémunir contre toutes les fluctuations des marchés. On ne peut donc au mieux que rechercher une stabilisation partielle.

Les problèmes rencontrés ne sont pas seulement des problèmes de mise en œuvre, les analyses économiques disponibles mettent en doute l'opportunité elle-même de telles politiques. Newbery et Stiglitz (1981) ont développé un cadre théorique et empirique très élaboré pour étudier cette question, en s'intéressant à plusieurs matières premières agricoles, d'usage alimentaire ou non alimentaire, qui font l'objet d'échanges internationaux importants. Les résultats de leurs travaux sont qu'une stabilisation soutenable aura au total plutôt des effets négatifs que positifs sur le bien-être d'ensemble.

Du côté des producteurs, Newbery et Stiglitz montrent qu'il est essentiel de tenir compte du fait que la stabilisation des prix augmente l'offre. Par suite, pour parvenir à stabiliser le marché à un niveau de prix soutenable, les producteurs doivent consentir à une baisse moyenne des prix comparés aux prix moyens observés en dehors de toute stabilisation. Les calculs de Newbery et Stiglitz montrent ainsi que la stabilisation aurait un effet légèrement négatif pour

les producteurs de cacao, de café et de coton, et légèrement positif pour les producteurs de jute, de caoutchouc et de sucre.

Du côté des consommateurs, les gains de bien-être sont également très faibles, quand ils ne sont pas légèrement négatifs. Newbery et Stiglitz concluent que, comparés à ce que peut coûter la conservation des stocks de produits agricoles périssables, ces gains sont trop faibles pour justifier la mise en place d'un mécanisme de stabilisation.

Aujourd'hui la mise en place de stock tampons pour stabiliser les prix internationaux des matières premières n'est donc plus considérée comme un objectif réaliste, car, même s'il y a un gain de bien-être, ce gain est largement inférieur au coût de fonctionnement du stock tampon.

Il a été reproché à l'analyse de Newbery et Stiglitz de prendre une perspective microéconomique en négligeant les aspects macroéconomiques, comme l'instabilité financière provoquée dans les pays en développement par l'instabilité des recettes d'exportation (voir Ravi Kanbur, 1984). Ces critiques ont une part de fondement, mais doivent être considérées avec précaution. Tout d'abord, la stabilisation des prix peut ne pas impliquer la stabilisation des recettes, et c'est parfois même le contraire qui se produit. Si un pays producteur a un poids important sur le marché international (par exemple le Brésil pour le café ou la Côte d'Ivoire pour le cacao), alors les fluctuations de sa production se traduisent par des fluctuations en sens inverse des prix internationaux, et par conséquent la stabilisation des prix peut conduire à une déstabilisation des recettes. Ensuite, et surtout, l'instabilité financière a bien d'autres causes, de nature macroéconomique, comme en particulier les mouvements sur les marchés financiers et sur les marchés des changes.

2.4 L'articulation entre marchés internationaux et marchés intérieurs

La volatilité des prix internationaux ne se transmet pas nécessairement totalement aux marchés nationaux, dès lors qu'il existe des barrières aux échanges de toute nature. Des politiques visant à déconnecter les prix nationaux des prix internationaux sont donc parfois considérées par les gouvernements, que ce soit sous forme de mécanismes de stabilisation interne des prix des produits exportés ou sous forme d'intervention sur les prix d'approvisionnement des ménages en denrées alimentaires de base. Ces politiques se révèlent en général très coûteuses, et par conséquent peu soutenables. Par ailleurs, plus les prix internes sont déconnectés des prix internationaux et plus l'élasticité des marchés internationaux est réduite, ce qui accroît alors l'ampleur de la variation des prix internationaux après un choc donné. Il est par conséquent peu souhaitable sur

le plan économique de mettre en œuvre de telles distorsions des mécanismes de marché.

Cela ne veut pas dire que les gouvernements doivent rester indifférents aux fluctuations des prix des produits alimentaires, mais plutôt qu'il faut utiliser d'autres instruments que la manipulation des prix. De nouveau il faut insister sur le fait que l'insécurité alimentaire est essentiellement un phénomène associé à la pauvreté, et ce sont donc tous les instruments de politique de lutte contre la pauvreté qu'il faut mettre en œuvre face aux risques de crise alimentaire. Ces instruments passent notamment par la mise en place de filets de sécurité sociaux.

L'aide alimentaire internationale a aussi un rôle à jouer, en mettant des denrées alimentaires à disposition des pays affectés par une pénurie d'approvisionnement. La gestion de ces politiques d'aide alimentaire doit cependant relever essentiellement d'une logique d'action d'urgence humanitaire, et ne peut pas être considérée comme une politique viable pour améliorer la satisfaction des besoins alimentaires dans les pays concernés. Il faut éviter deux écueils principaux. Le premier est que l'aide alimentaire tend à déstabiliser les marchés alimentaires locaux en faisant baisser les prix, avec en retour un effet de réduction de l'offre agricole nationale. Le deuxième concerne la capacité (et parfois la volonté) des acteurs publics et privés impliqués dans la gestion de l'aide alimentaire à orienter celle-ci vers les personnes qui en ont le plus besoin, ce qui renvoie fondamentalement à des questions de gouvernance.

3 | L'assurance contre les risques climatiques – Perspectives pour les pays en développement

Les risques climatiques et de mauvaises récoltes qui en découlent sont très généralement associés, dans les pays en développement, à des épisodes graves de malnutrition ou de famines. Plusieurs initiatives ont été développées ces dernières années dans les pays en développement pour faire face aux risques climatiques. On peut attendre que, au cours des décennies à venir, ces initiatives se multiplient. Il faut cependant bien en comprendre les limites. Deux types d'instruments sont ici évoqués.

3.1 Assurances fondées sur des index météorologiques

Quand il y a une forte corrélation entre un indicateur météorologique (tel que la pluviométrie) et les résultats des récoltes, une assurance fondée sur cet index climatique peut constituer un mécanisme approprié pour les populations touchées par des accidents climatiques. Cette approche a fait l'objet récemment de

plusieurs expériences intéressantes, notamment en Inde, au Malawi, au Mexique et en Éthiopie.

En Inde, une structure privée offrant des produits de microcrédit a développé depuis 2003 un contrat d'assurance contre les accidents climatiques, qui touche déjà un assez grand nombre d'agriculteurs. Cette assurance est réassurée auprès d'une compagnie étrangère. De manière similaire, au Malawi, une assurance est associée depuis 2005-2006 à un microcrédit destiné à l'achat de semences d'arachides, ce qui a permis à des agriculteurs de se lancer dans cette culture tout en étant couverts contre les risques associés à de faibles pluviométries. Ce programme concerne pour l'instant un nombre limité d'agriculteurs.

Au Mexique, le gouvernement a souscrit depuis 2002 un contrat d'assurance associé à un indice climatique, lui permettant en cas de réalisation du risque assuré d'alimenter un fonds destiné à aider les ménages affectés. En Éthiopie, un mécanisme analogue a été introduit en 2006, l'assurance étant ici contractée par le Programme alimentaire mondial qui, en cas de réalisation du risque assuré, fera bénéficier le gouvernement des sommes versées par l'assureur, lequel gouvernement les redistribuera aux populations pauvres.

3.2 Obligations catastrophes (*Cat Bonds*)

En octobre 2009, le Mexique, avec l'aide de la Banque mondiale, a émis sur le marché financier international des « obligations catastrophes » pour 290 millions de dollars, lui permettant de s'assurer contre des risques de tremblement de terre et des risques d'ouragans. Ce type de produit à l'avantage d'être émis sur un marché financier très large (alors que les risques de catastrophe sont difficiles à réassurer en raison de l'importance des sommes en jeu en cas de matérialisation du risque, comparées au capital des sociétés de réassurance), et d'être relativement peu coûteux en raison de la faible corrélation de ces risques avec les autres risques traités sur les marchés financiers. La Banque mondiale entend capitaliser sur cette première expérience pour développer le marché des obligations catastrophes au profit des pays en développement.

3.3 Discussion

Ces mécanismes d'assurance, passant par des sociétés d'assurance et de réassurance, ou par les marchés financiers, peuvent être utiles pour aider les pays en développement à se prémunir contre des risques climatiques futurs. Il faut cependant noter que l'évaluation des primes de risques repose sur des données climatiques historiques, dont la pertinence pour l'avenir est peu vraisemblable

en présence de changement climatique. L'évaluation des primes de risques est par ailleurs d'autant plus difficile à mener que beaucoup de pays en développement n'ont pas de bonnes données météorologiques.

La pertinence économique de l'assurance contre les risques climatiques repose sur l'hypothèse que les différents risques assurés ne sont pas corrélés entre eux. Les solutions proposées par cette approche ne peuvent donc être que locales. Elles ne peuvent être d'aucune aide pour faire face éventuellement à une crise alimentaire d'ampleur mondiale. Du reste, utiliser ces mécanismes pour se protéger contre des risques de mauvaises récoltes n'est pertinent que dans l'hypothèse où il existerait par ailleurs des solutions d'approvisionnement alternatives sur le marché international.

N.B. : ces recommandations en matière d'économie ont fait l'objet d'une discussion importante et de commentaires de la part du Groupe de lecture critique, à voir en annexe ainsi que la réponse apportée par les auteurs du chapitre après lesdits commentaires.

Références bibliographiques

- Banque Mondiale (2008). *Agriculture for Development*. World Development Report, Washington, World Bank.
- Cotula L., Vermeulen S., Leonard R. et Keeley J. (2009). *Land grab or development opportunity? Agricultural investment and international land deals in Africa*. IIED/FAO/IFAD, London/Rome.
- FAO (2007). *The State of Food and Agriculture*. Document pour la 34^e session, Rome, Novembre.
- Griffon M. (2009). *Nourrir la Planète*. Odile Jacob, Paris.
- IFPRI (2005). *New Risks and Opportunities for Food Security – Scenario analyses for 2015 and 2050*, par Joachim von Braun *et al.*, IFPRI 2020 Discussion paper 39, Washington.
- Inra et Cirad (2009). *Agrimonde : Agriculture et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*.
- Leathers H. et Foster P. (2004). *The World Food Problem* (3^e édition). Boulder, Lynne Rienner Publishers.
- Newbery DMG et Stiglitz JE. (1981). *The Theory of Commodity Price Stabilization. A Study in the Economics of Risk*. Clarendon Press, Oxford.

- OCDE/FAO (2008). *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO : 2008-2017*. Paris.
- Pace N., Seal A. et Costello A. (2008). Food commodity derivatives: a new cause of malnutrition ? *The Lancet*, **371** : 1648-1650.
- Pfaffenzeller S., Newbold P. et Rayner A. (2007). A Short Note on Updating the Grilli and Yang Commodity Price Index. *World Bank Economic Review*, **21** (1) : 151-163.
- Ravi Kanbur SM. (1984). How to Analyse Commodity Price Stabilisation, A Review Article, *Oxford Economic Papers*, **36** (3) : 336-358.
- Sen A. et Drèze J. (1999). *Omnibus*. New Delhi. Oxford University Press.
- Wik M., Pingali P. et Broca S. (2008). *Global Agricultural Performance: Past trends and Future Prospects*, background paper for the World Development Report 2008, Washington.

CHAPITRE 7

Les scénarios d'équilibre entre population, alimentation et climat

HENRI LERIDON AVEC FRANCIS DELPEUCH

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

Nous avons examiné dans les chapitres précédents les différents facteurs d'évolutions possibles de la demande et de l'offre alimentaire au cours des prochaines décennies. Plusieurs organismes ont proposé des synthèses en termes de disponibilité alimentaire à l'horizon 2050. En général, les scénarios proposés réalisent, par construction, un équilibre entre l'offre et la demande, ce qui peut donner l'illusion que cet équilibre sera atteint sans trop de difficultés dans tous les cas de figure. Or, en examinant ces scénarios, on s'aperçoit qu'ils ne prennent pas tous en compte les mêmes facteurs, et qu'ils reposent sur des hypothèses différentes. Il est donc utile de présenter rapidement ici les différences entre ces projections, et de vérifier si leurs conclusions inclinent à l'optimisme ou non quant à la situation alimentaire de l'humanité en 2050. *Une présentation plus détaillée de ces scénarios est proposée en annexe 1.*

1 | Les divers scénarios utilisés

Les **projections de population** les plus utilisées sont, on l'a vu, celles établies régulièrement par les Nations unies (le plus récemment en 2008). Ni le scénario central, ni les variantes envisagées, ne font référence aux contraintes alimentaires, pas plus qu'aux évolutions climatiques. En matière de migrations, les hypothèses sont très conservatrices, puisqu'elles supposent une stabilisation des flux en valeurs absolues : la perspective d'une forte croissance des mouvements induite par des changements climatiques n'est donc pas envisagée. *L'absence d'interactions avec les questions climatiques et alimentaires fait que les données démographiques peuvent légitimement servir de « toile de fond » aux autres projections.*

Côté climat, les travaux du Giec s'appuient sur des scénarios d'émissions qui ont fait l'objet d'un rapport spécial (*Special Report on Emission Scenarios, SRES*), approuvé par le groupe en 2000. Ces scénarios utilisent des projections de population plus anciennes : celles des Nations unies à long terme construites en 1998, parce qu'elles s'étendaient jusqu'en 2150 (les projections « ordinaires » des Nations unies n'allant pas au-delà de 2050), ainsi que les projections réalisées l'IIASA¹ en 1996.

Du point de vue démographique, le scénario « central » (qu'on peut considérer comme le plus probable) est le B2. Il surestime même un peu (d'au moins 10 %) les estimations d'évolution démographique les plus récentes. Le scénario A2 repose sur une évolution catastrophique, dans laquelle la tendance actuelle à la réduction globale de la fécondité s'inverserait et empêcherait toute

¹ IIASA : International Institute for Applied Systems Analysis.

stabilisation de la population avant la fin du XXII^e siècle... Quant aux scénarios A1 et B1, ils pourraient constituer un objectif démographique réalisable, avec un déclin modéré de population dans la seconde moitié du XXI^e siècle (ce qui est, de toute façon, au-delà de l'horizon du présent rapport).

Les émissions de CO₂ dépendent ensuite à la fois de l'effectif de la population et des modes de production et de consommation. Les conséquences en termes de *température moyenne de surface* sont maximales dans le scénario A2 (+ 3,4 °C en 2100), minimales dans le scénario B1 (+ 1,8 °C), intermédiaires pour B2 et A1. À l'horizon 2050, la hausse reste comprise entre 1,0 et 1,5 °C dans tous les cas.

Quant aux scénarios sur *l'alimentation mondiale*, ils reposent généralement sur l'hypothèse centrale des dernières projections onusiennes disponibles, et prennent en compte de façon variable les perspectives d'évolution climatique. Nous ferons référence au travail réalisé par Philippe Collomb pour la FAO en 1999, aux projections de la FAO elle-même de 2002 et 2006, à celles du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) en 2009, et surtout aux scénarios Agrimonde du Cirad et de l'Inra (2009). Tous ces travaux sont présentés plus en détail dans l'annexe.

2 | Comparaison des scénarios. Synthèse

Le tableau A1.2 (cf. annexe 1) présente les contributions de divers facteurs à l'accroissement de la demande entre 2000 et 2050, sous forme multiplicative. Le premier constat est que **la demande alimentaire augmentera d'environ 50 % entre 2000 et 2050 du simple fait de la croissance démographique**. Les changements structurels qui affecteront la composition de la population mondiale (vieillesse, proportion de femmes enceintes, urbanisation...) ne modifieront qu'à la marge cette estimation.

L'analyse de la prise en compte d'objectifs de *réduction de la population sous-alimentée* (environ un milliard aujourd'hui) d'une part, et de *diversification alimentaire* (principalement en terme de nombre de calories d'origine animale : viande et produits laitiers) d'autre part, n'est pas simple, dans la mesure où ces deux objectifs ne sont pas indépendants. Les scénarios de la FAO et Agrimonde GO, qui sont tous deux tendanciellement, aboutissent à augmenter la demande de 12 % et 18 % respectivement pour l'ensemble de ces deux paramètres. Les calculs de P. Collomb en 1999 différenciaient plus nettement ces deux aspects, et laissent penser que l'un des deux au moins est probablement sous-estimé dans les deux modèles plus récents. **Il serait donc raisonnable de**

tabler, au total, sur un accroissement de la demande d'au moins 20 % d'ici à 2050, s'ajoutant aux 50 % dus à la croissance démographique. De son côté, le scénario Agrimonde 1, qui maintient le nombre de calories par tête, y compris celles d'origine animale, aux niveaux moyens actuels, tout en permettant aux pays qui se situent en dessous de ces seuils de s'en approcher, n'ajoute donc rien aux effets de la composante démographique.

Côté offre alimentaire, les scénarios envisagent diverses hypothèses qui ne vont pas toujours dans le sens d'une augmentation : variation des surfaces et des rendements, réduction des pertes et gaspillages, avec parfois une prise compte des changements climatiques et de l'évolution des prix (cf. annexe 1, tableau A1.3). Les rapports du PNUE, de la FAO et Agrimonde GO tablent sur une hausse de la production de l'ordre de 70 %, compatible (par construction) avec l'augmentation attendue de la demande. Mais le bilan des *surfaces disponibles* pour les cultures alimentaires serait voisin de zéro pour le PNUE, légèrement positif dans Agrimonde GO (6 %), et probablement négatif pour la FAO ; quant aux *rendements*, ils augmenteraient fortement dans ces deux derniers scénarios (+ 76 % et 58 % respectivement). Le PNUE compte aussi sur une hausse des rendements, et compense le maintien des surfaces par une réduction des risques de gaspillage, de l'ordre de 20 à 30 % : hypothèse sans doute trop optimiste, mais complètement négligée dans les autres scénarios. Le scénario Agrimonde 1 se distingue ici aussi par une augmentation plus importante des surfaces et une moindre croissance des rendements, conséquence du choix d'une agriculture moins « intensive ».

En définitive, on voit donc que si les divers scénarios « bouclent » sur un objectif de croissance raisonnable (voisin de 70 %, sauf Agrimonde 1 qui est plus volontariste), ils empruntent des voies différentes. Le PNUE compte sur une forte réduction des gaspillages, sans doute difficile à atteindre ; la FAO n'est pas très claire sur la variation des surfaces, en particulier quant aux effets possibles de la dégradation des sols ; Agrimonde 1 table sur une forte augmentation des surfaces agricoles, tandis qu'Agrimonde GO mise sur une forte croissance des rendements. Mais ces trois derniers scénarios ne tenant pas compte d'éventuelles réductions des pertes, ils ont là une certaine réserve de disponibilités. À l'inverse, il faut ajouter que la prise en compte des changements climatiques ne semble que partielle dans les scénarios Agrimonde.

De toute façon, il est très probable qu'aucun de ces scénarios ne sera exactement réalisé, et que d'ailleurs aucun n'est parfait à tous points de vue ! *Le cheminement réel réalisera donc un compromis plus ou moins volontaire dans l'évolution des divers facteurs*, en fonction des modes de gestion des surfaces potentiellement disponibles (en tenant compte des conséquences de la déforestation), des progrès dans les rendements (en limitant les effets sur l'environnement

et la biodiversité), de la modification des régimes alimentaires (nous y revenons dans la section suivante), des efforts dans la réduction des gaspillages.

Il faut aussi garder à l'esprit que l'équilibre discuté ici n'est que *mondial*, et qu'il masque des déséquilibres régionaux pouvant être très importants (cf. annexe 1, tableau A1.1).

3 | La question des calories d'origine animale

Une variable potentiellement importante dans l'évolution de la demande, parce qu'elle pourrait jouer un rôle de variable d'ajustement, est la prise en compte de la *diversification alimentaire*, c'est-à-dire du passage à une alimentation de plus en plus riche en produits d'origine animale, qui permettent des apports en protéines significatifs (cf. annexe 1, tableau A1.2). Nous examinons ce point plus en détail au tableau A1.4 de l'annexe 1, qui résume les données sur le nombre de calories disponibles dans les diverses projections, et nous nous limiterons ici à l'analyse des potentialités offertes par une réduction de la consommation des produits d'origine animale.

Le « gaspillage » représenté par la transformation de calories végétales en calories animales fait l'objet de vifs débats et de calculs parfois hasardeux. Nous essayons de préciser les choses dans le tableau A1.5 de l'annexe 1. Dans les conditions actuelles, les 18 525 Gcal consommées chaque jour par la population mondiale proviennent pour 3 090 de produits d'origine animale (viandes et produits laitiers). La production de ces 3 090 Gcal a demandé 9 731 Gcal végétales, soit 3,1 fois plus. Ce ratio est moindre que celui souvent cité d'un rapport de 1 à 8 ou 9 pour les ruminants, et de 1 à 2 à 4 pour les monogastriques. C'est que le calcul ne prend pas en compte ici les calories *non consommables par l'homme* ingérées par les animaux (herbe, fourrages...), qui sont évaluées à 11 900 Gcal. Sauf à penser que l'on pourrait reconvertir une partie substantielle des prairies et herbages en cultures alimentaires à bons rendements, ce qui est peu probable, on ne peut envisager un changement d'affectation que pour les 9 731 Gcal correspondant à des céréales pouvant être consommées par l'homme, ou auxquelles on pourrait substituer des céréales intéressantes pour la consommation humaine.

Si donc l'on faisait cette conversion intégrale de céréales pour le bétail en céréales pour l'homme, on augmenterait de 36 % la disponibilité alimentaire actuelle, soit la capacité de nourrir environ 2,2 milliards d'hommes en plus (et une hausse de 51 % à l'horizon 2050 dans le scénario Agrimonde GO, dans lequel la production de viande augmente encore).

Un tel régime ne serait pas forcément intégralement végétarien puisque l'on pourrait maintenir un élevage sur prairies naturelles, sans alimentation supplémentaire (sauf en cas de soudure difficile). Or on a vu que plus de la moitié des calories animales d'origine végétale proviennent de ces prairies naturelles : il faudrait donc diviser par deux la ration de viande et/ou produits laitiers si l'on ne nourrit plus les animaux avec des grains. Il faut aussi savoir que l'élevage n'a pas pour seule finalité de pourvoir à l'alimentation humaine, et qu'il a dans certaines sociétés une fonction économique particulière.

Les gains pourraient être plus réalistes à l'horizon 2050, puisque si l'on se contentait de maintenir le volume de calories d'origine animale (en moyenne mondiale) au niveau actuel (500 kcal/j.hab), on augmenterait les disponibilités alimentaires d'origine végétale pour l'homme de 30 % dans le scénario Agri-monde GO, qui laisse la consommation augmenter tendanciellement. Une telle évolution est sans doute plus facile à envisager qu'une division par deux de la consommation actuelle, avec l'élimination de toute production utilisant des intrants agricoles.

En conclusion, une limitation de la croissance de la production animale dans les pays en développement, et une réduction de la consommation de viande dans les pays industrialisés – à condition que ces réductions portent sur les élevages « industriels » d'animaux nourris aux grains – pourraient faciliter l'ajustement entre offre et demande alimentaires au cours des prochaines décennies, sans qu'il soit nécessaire d'envisager le passage à un régime purement végétarien à l'échelle mondiale. De plus, les effets d'une telle réduction de la consommation de produits animaux seraient vraisemblablement bénéfiques pour la santé humaine.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

CONCLUSION GÉNÉRALE

La grave crise alimentaire qu'a connue le monde en 2007-2008 est probablement le signe avant-coureur d'une situation alimentaire de la planète tendue, préoccupante, complexe. Cette crise annonce sans doute des crises bien plus larges et bien plus dramatiques, pouvant conduire, si rien n'est fait, à des famines aiguës, des émeutes et révoltes de la faim violentes, à des tensions internationales et à des migrations importantes de population. Aujourd'hui, un milliard d'êtres humains sont sous-alimentés de façon chronique, et ce chiffre a crû de cent cinquante millions d'individus en l'espace de deux ans. Cette sous-alimentation et autres carences alimentaires engendrent, chez les jeunes enfants qui en souffrent, des retards de croissance irréversibles, les condamnant pour la vie (et même celle de leurs descendants) à des déficiences physiques et intellectuelles sévères. Cette situation, trop longtemps tolérée (on s'est satisfaisait d'une faible diminution du nombre absolu de personnes sous-alimentées, avant la remontée de 2008), est en fait intolérable.

La situation actuelle résulte de plusieurs facteurs : production insuffisante dans plusieurs parties du monde ; conditions de production défavorables au niveau local ; guerres et conflits civils ; concurrence avec la production de biocarburants ; inégale répartition des ressources alimentaires entre les individus et les nations, c'est-à-dire de la pauvreté : la production agricole actuelle, si elle était plus équitablement répartie, permettrait de satisfaire les besoins de tous à un niveau acceptable. Mais en ce début du XXI^e siècle, la production alimentaire est confrontée, dans un contexte de croissance démographique toujours soutenue malgré son ralentissement, à une conjonction inédite de facteurs structurels qui pose de nouvelles questions pour la sécurité alimentaire de la planète.

Parmi ces facteurs, nous assistons depuis deux ou trois décennies à des changements dans les régimes alimentaires et à l'émergence d'un problème de santé publique majeur, le développement de l'obésité, tant dans les pays industrialisés qu'émergents ou en voie de développement. On estimait en 2005 à 1,3 milliard le nombre d'adultes en surpoids, dont 400 millions d'obèses, soit respectivement 33 % et 10 % de la population adulte mondiale. Plus de 800 millions de ces personnes vivent dans les PED. Si les tendances récentes se poursuivent, la planète comptera 3,3 milliards de personnes en surpoids en 2030, dont 80 % dans les PED. Outre une consommation accrue de nourriture et d'énergie pour la produire, ainsi que d'énergie pour se déplacer, l'obésité engendre un cortège de maladies non transmissibles graves allant des affections cardio-vasculaires

au cancer colorectal. Cette situation, jusqu'ici sous-estimée et tolérée, est aussi intolérable.

La production agricole résulte de la conjonction de quatre facteurs principaux : la disponibilité en sols arables, la disponibilité en eau de pluie ou d'irrigation, le climat, et enfin les techniques culturales (main d'œuvre, semences ou variétés culturales, intrants tels qu'engrais, pesticides, etc., et degré de mécanisation). De tous ces facteurs, il apparaît d'emblée que la disponibilité en sol est véritablement le facteur le plus limitant de la production agricole, bien plus que l'eau ; l'amélioration des techniques culturales et des espèces végétales (par sélection ou par transgénèse) reste la première et la plus importante façon d'augmenter la production. Parallèlement, la modification des habitudes alimentaires et le choix du type de production correspondant sont les clés pour résoudre les problèmes tant de carences alimentaires que d'obésité.

Dans la synthèse figurant au début du rapport, nous avons résumé tout d'abord, en dix points principaux, les enseignements tirés des grandes questions examinées dans ce rapport, allant de la démographie à la nutrition, en passant par la production agricole, les pertes, la concurrence entre nourriture et biocarburants, les changements climatiques, les contraintes économiques, la protection de la biodiversité, et en terminant par une note particulière sur certaines zones critiques.

Ensuite nous avons tiré de cette synthèse une série de recommandations destinées tout d'abord aux pouvoirs publics français pour les éclairer sur leurs politiques nationales ainsi que vis-à-vis des organisations internationales ; ces recommandations sont également destinées à la société civile tout entière, qui est en fait concernée au premier chef et très concrètement par l'ensemble de ces questions, car ce sont aussi (et d'abord) les comportements *individuels* qu'il faudra modifier.

ANNEXES

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

ANNEXE 1

Présentation des scénarios du chapitre 7

Les scénarios d'équilibre entre population, alimentation et climat

HENRI LERIDON ET FRANCIS DELPEUCH

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

Les scénarios décrivant des évolutions possibles ou souhaitables sont généralement centrés sur un domaine particulier (population, climat ou alimentation), mais ils ne sont pas indépendants les uns des autres.

A/ Les projections de population les plus utilisées sont, on l'a vu, celles établies régulièrement par les Nations unies (le plus récemment en 2008). Ni le scénario central, ni les variantes envisagées, ne font référence aux contraintes alimentaires, pas plus qu'aux évolutions climatiques. En matière de migrations, les hypothèses sont très conservatrices, puisqu'elles supposent une stabilisation des flux en valeurs absolues : la perspective d'une forte croissance des mouvements induite par des changements climatiques n'est donc pas envisagée. L'absence d'interactions avec les questions climatiques et alimentaires fait que les données démographiques peuvent servir de « toile de fond » aux autres projections.

B/ Côté climat, les travaux du Giec s'appuient sur des scénarios d'émissions qui ont fait l'objet d'un rapport spécial (*Special Report on Emission Scenarios*, SRES), approuvé par le groupe en 2000. Ces scénarios utilisent des projections de population : celles des Nations unies à long terme construites en 1998, parce qu'elles s'étendaient jusqu'en 2150 (les projections « ordinaires » des Nations unies n'allant pas au-delà de 2050), ainsi que les projections réalisées l'IIASA en 1996.

– **Scénario B2** : il utilise la projection centrale des Nations unies, qui donnait 9,4 milliards en 2050 et un plafonnement vers 10,4 milliards en 2100. À noter que, dans un exercice plus récent (2004), les Nations unies ont ramené leur projection centrale en 2100 à 9,1 milliards, au lieu de 10,4.

– **Scénarios A1 ou B1** (le second étant très voisin du premier) : ils s'appuient sur une hypothèse basse proposée par l'IIASA, dans laquelle la population mondiale passe par un maximum vers 2050 (8,7 milliards) et décline ensuite (7,1 en 2100). Cette évolution résulte d'une hypothèse de faible fécondité persistante dans les pays développés (nettement en-dessous de 2 enfants par femme), tendance qui serait ensuite rejointe par des pays en développement.

– **Scénario A2** : dans cette hypothèse haute de l'IIASA, la population atteint 15 milliards en 2100 (plus de 11 en 2050) et continue de croître à un rythme soutenu.

Du point de vue démographique, le scénario « central » (qu'on peut considérer comme le plus probable) est donc le B2. Il surestime même un peu (d'au moins 10 %) les estimations d'évolution les plus récentes. Le scénario A2 repose sur une évolution catastrophique, dans laquelle la tendance actuelle à la réduction globale de la fécondité s'inverserait et empêcherait toute stabilisation de

la population avant la fin du XXII^{e} siècle... Quant aux scénarios A1 et B1, ils pourraient constituer un objectif démographique réalisable.

Les émissions de CO_2 dépendent ensuite à la fois de l'effectif de la population et des modes de production et de consommation. Dans le scénario B2, l'augmentation des émissions de CO_2 suit à peu près celle de la population. Dans A2, la hausse est un peu moins rapide que celle de la population, mais reste catastrophique. Dans A1, les émissions augmentent nettement plus vite que la population, mais atteignent un niveau inférieur à celui de B2. Le scénario le plus optimiste est B1, avec une diminution des émissions.

Les conséquences en termes de *température moyenne de surface* sont maximales dans le scénario A2 (+ 3,4 °C en 2100), minimales dans le scénario B1 (+ 1,8 °C), intermédiaires pour B2 et A1. À l'horizon 2050, la hausse reste comprise entre 1,0 et 1,5 °C dans tous les cas.

C/ Quant aux scénarios sur **l'alimentation mondiale**, ils reposent généralement sur l'hypothèse centrale des dernières projections onusiennes disponibles, et prennent en compte de façon variable les perspectives d'évolution climatique. Nous ferons référence au travail réalisé par Philippe Collomb pour la FAO en 1999, aux projections de la FAO elle-même de 2002 et 2006, à celles du PNUE en 2009, et surtout aux scénarios Agrimonde du Cirad et de l'Inra (2009).

C1- Projections de Philippe Collomb

Ces projections avaient été construites dans le cadre du Sommet mondial de l'alimentation de 1996. Bien qu'elles soient un peu anciennes, et qu'elles ne tiennent pas compte des changements climatiques, elles présentent l'intérêt de décomposer de façon multiplicative les effets de plusieurs facteurs d'évolution pour la production alimentaire (tableau A1.2, commenté plus loin), et de prendre en compte la diversité régionale des régimes alimentaires. Sont ainsi pris en compte :

- l'évolution des populations : compte tenu de la date de départ (1995) et des projections disponibles à l'époque (Nations unies, 1994), l'accroissement démographique multipliait par 1,72 la demande alimentaire au niveau mondial, toutes choses égales par ailleurs (scénario central) ;
- les modifications de structure de la population (répartition par âge, urbanisation...) avaient un effet limité : $\times 1,02$;

- l'objectif de réduction de la sous-alimentation (2 800 kcal minimum dans chaque pays, ramenant à 4 % la population sous-alimentée dans les PED) : $\times 1,14$;
- l'objectif de « diversification alimentaire » (500 kcal d'origine animale dans toutes les régions) : $\times 1,12$.

Plus récemment, Philippe Collomb a estimé que l'augmentation de la consommation de viande pourrait être plus rapide et porter le coefficient multiplicatif à 1,25 d'ici 2050¹.

C2- Projections FAO

Les dernières projections de la FAO remontent à 2002 (jusqu'en 2030) et elles ont été prolongées en 2006 jusqu'en 2050. Les composantes de l'évolution sont les suivantes :

- accroissement population mondiale : + 47 % ;
- réduction sous-alimentation : 4 % de sous-alimentés en 2050 ;
- diversification alimentaire : hausse de 39 % de la consommation de viande par personne (en kg), et de 28 % de la consommation de produits laitiers (en kg).

Le rapport 2002 mentionne que le changement climatique ne devrait pas modifier la disponibilité alimentaire globale, mais les effets régionaux et locaux pourraient être importants. Les productions seraient particulièrement affectées dans les pays sensibles à la hausse du niveau des mers (Bangladesh, Égypte...) et en Afrique (recul de la production de céréales).

Le rapport 2006 ne revient pas sur cette question, et donne une vision assez optimiste de l'équilibre population-ressources alimentaires. Il insiste en effet sur la révision à la baisse des hypothèses de croissance démographique (assez modestes, en fait, entre 2002 et 2006), et sur la probable stabilisation de la population mondiale vers 2050, pour envisager un excédent de production agricole à cet horizon. Il encourage alors le développement des biocarburants pour soutenir la croissance de la production agricole en évitant un effet négatif sur les prix. C'est le principal point mis en avant, avec le risque de crises locales persistantes, dans les conclusions du rapport (p. 7 et 64-65).

¹ Communication au groupe de travail, juin 2008.

C3- Rapport 2009 du PNUF

Nous citons ici ce rapport parce qu'il apporte des données assez détaillées sur l'impact possible des changements climatiques (voir tableau A1.3), mais sans procéder à une comparaison « offre-demande » comme les documents précités.

Concernant la diversification alimentaire, le rapport indique que l'alimentation carnée représente actuellement 8 % des calories consommées, avec environ 37 kg consommés par personne et par an, soit environ 222 millions de tonnes au total, ou encore 36 % ($222 \times 3 / 1\,865$) de la production totale de céréales. Dans les projections FAO, la consommation monterait à 52 kg par personne en 2050, soit 135 millions de tonnes au total. Si l'on maintenait la consommation moyenne à son niveau actuel (avec une baisse dans les pays industrialisés et une certaine hausse dans les autres), on économiserait environ 400 millions de tonnes de céréales (135×3), soit de quoi nourrir 1,2 milliard d'hommes en 2050.

Sept recommandations sont faites :

1. mettre en place des systèmes de régulation des prix des productions agricoles et augmenter les capacités de stockage, pour diminuer les risques de volatilité des prix ;
2. ne plus subventionner les productions de biocarburants de première génération ;
3. diminuer la part des céréales allant à l'alimentation animale et aux piscicultures ;
4. aider au développement d'une agriculture plus écologique ;
5. favoriser le commerce mondial en réduisant les barrières, sans renoncer cependant à toute régulation ;
6. limiter le réchauffement climatique ;
7. développer une prise de conscience des conséquences de la croissance démographique et des modes de consommation alimentaire.

C4- AGRIMONDE

Deux scénarios ont été élaborés très récemment par l'Inra et le Cirad dans le cadre de l'opération de prospective Agrimonde « Agricultures et alimentations du monde en 2050 » (Agrimonde, 2009). Ils ont comme base de référence et de comparaison les travaux de Collomb précités, le plaidoyer de

Michel Griffon pour une « Révolution doublement verte » (Griffon, 2006), et les scénarios du « *Millenium Ecosystem Assessment* » (MEA, 2005) qui font partie, avec les scénarios du Giec, des scénarios mondiaux de référence. Ils reposent sur des bilans de ressources-emplois de biomasse alimentaire dans chacun des six grandes régions du monde définies par le MEA², traités par le module « Agribiom » ; la biomasse alimentaire étant entendue comme toute matière de nature organique pouvant, sous sa forme primaire, servir d'aliment à l'être humain. Pour chaque type de biomasse considérée (végétale, animale), les emplois sont établis en kilocalories (kcal), en sommant les usages liés à l'alimentation humaine : consommation alimentaire apparente (population × nombre de calories/personne) + alimentation animale + semences + pertes après récoltes. Par rapport à une estimation des seuls besoins caloriques finaux, ces bilans présentent l'avantage de prendre en compte la totalité des biomasses alimentaires nécessaires pour un niveau de consommation donné, et de pouvoir ainsi les confronter aux ressources. Le rapport présente deux visions de l'alimentation dans le monde.

- Le premier, dit « **Agrimonde GO** », est une traduction du scénario « *Global Orchestration* » du MEA (un des scénarios possibles de gestion des écosystèmes) en un scénario agricole et alimentaire. Du point de vue de la consommation alimentaire, c'est un **scénario** de type **tendanciel** qui repose sur la priorité donnée au développement économique.

L'évolution des surfaces disponibles et celle des rendements sont dérivées du scénario GO du MEA. L'évolution de la consommation, en quantité comme en composition, résulte de la poursuite des tendances dans les comportements et la généralisation de régimes alimentaires énergétiquement denses et riches en produits animaux. De ce fait, la demande moyenne atteint 3 600 kcal/pers.j en 2050 ; mais surtout, les disponibilités sont au moins de 3 500 kcal/pers.j dans toutes les régions du monde sauf en Afrique subsaharienne où elles atteignent quand même 3 000 kcal/pers.j (tableau A1.1). De ce fait aussi, la sous-alimentation chronique en énergie est quasiment éradiquée. À l'inverse, l'obésité continue à progresser et à s'étendre rapidement dans les PED. Dans ce scénario, la consommation de biomasse alimentaire augmente de 88 % (83 % pour les productions végétales et 137 % pour les productions animales) entre 2003 et 2050. Ces augmentations sont donc nettement plus élevées que celles qui seraient dues au seul accroissement de la population mondiale.

Pour les variables communes, ce scénario est assez proche de l'hypothèse centrale des projections de Ph. Collomb.

²Afrique du Nord et Moyen-Orient, Afrique subsaharienne, Amérique latine, Asie, Ex-URSS, OCDE-1990.

Régions	Situation en 2003			Scénarios pour 2050				
	Population (10 ⁶ hab.)	Consommation alimentaire* (kcal/hab/j)	Emplois** (Gkcal/j)	Population (10 ⁶ hab.) ***	Agrimonde GO (tendanciel)		Agrimonde 1 (3 000 kcal/hab/j)	
					Consommation alimentaire* (kcal/hab/j)	Emplois à satisfaire (Gkcal/j)	Consommation Alimentaire* (kcal/hab/j)	Emplois à satisfaire (Gkcal/j)
Afrique du Nord & Moyen- Orient	372	3 352	v : 1 985 a : 153	631	3 458 dont a : 471	v : 4 176 a : 335	3 000 dont a : 500	v : 3 549 a : 335
Afrique subsaharienne	706	2 436	v : 2 191 a : 108	1 661	2 972 dont a : 305	v : 7 378 a : 528	3 000 dont a : 500	v : 7 515 a : 852
Amérique latine	538	3 157	v : 3 109 a : 394	773	3 698 dont a : 940	v : 5 930 a : 835	3 000 dont a : 500	v : 3 977 a : 431
Asie	3 322	2 781	v : 11 807 a : 1 230	4 442	3 702 dont a : 936	v : 23 009 a : 4 188	3 000 dont a : 500	v : 16 732 a : 1 918

Tableau A1.1

Évolution des besoins de biomasses alimentaires (en Gkcal/j) des populations entre 2003 et 2050 selon les scénarios. Agrimonde GO (tendanciel) et Agrimonde 1 (3 000 kcal/hab/j) – (Source : F. Delpuech, d'après Rapport Agrimonde, 2009).

Ex-URSS	279	3 261	v : 1 580 a : 220	239	3 457 dont a : 1 366	v : 2 118 a : 363	3 000 dont a : 500	v : 1 017 a : 106
OCDE 1990	987	3 952	v : 8 669 a : 1 437	1 066	4 099 dont a : 1 714	v : 10 939 a : 2 159	3 000 dont a : 500	v : 4 856 a : 632
MONDE	6 204	3 016	v : 29 341 a : 3 543 t : 32 884	8 812	3 600 dont a : 902	v : 53 551 a : 8 408 t : 61 959	3 000 dont a : 500	v : 37 646 a : 4 274 t : 41 920

* Il s'agit de la consommation alimentaire apparente correspondant aux disponibilités énergétiques alimentaires.

** Il s'agit des emplois de biomasses alimentaires correspondant à l'alimentation humaine, à l'alimentation animale, aux semences, aux valorisations agricoles non-alimentaires et aux pertes entre la récolte et la commercialisation).

*** Selon la projection médiane établie par les Nations unies en 2006 (9,06 milliards d'habitants) ; mais certains pays ont été exclus du fait de leur manque de données rétrospectives en matière de productions agricoles.

Gkcal : giga kilocalories
v : calories d'origine végétale – a : calories d'origine animale (hors produits aquatiques) – t : total.

Tableau A1.1

Fin.

- Le second, dit « **Agrimonde 1** » se revendique comme un scénario de développement d'un système agricole et alimentaire durable. Il est construit sur la base d'objectifs de durabilité supposés satisfaits en 2050, et notamment de réduction des inégalités en matière d'alimentation et de santé à travers une convergence de toutes les régions du monde vers 3 000 kcal/pers.j, avec partout le même équilibre entre calories végétales (2 500 kcal) et calories animales (500 kcal). Il tient compte cependant de la diversité et des spécificités des régimes alimentaires des différentes régions du monde à travers une répartition différente des calories animales selon leur origine : ruminants, monogastriques, eau marine, eau douce. Comme dans les scénarios précédents, la sous-alimentation chronique en énergie est quasiment éliminée, mais la progression de l'obésité est également jugulée ; de plus, la progression de la consommation de produits animaux par les femmes et les jeunes enfants dans les pays où elle était insuffisante contribue à la prévention du retard de croissance et des carences en fer, vitamine A et zinc. C'est un **scénario normatif**, mais surtout de rupture puisqu'il suppose une inversion des tendances observées depuis les années 1960 dans de nombreux pays, ceux de l'OCDE et les pays émergents notamment. La consommation de biomasse alimentaire augmente de 27 % (28 % pour les productions végétales et 20 % pour les productions animales) entre 2003 et 2050 au niveau mondial, mais l'augmentation est très forte en Afrique subsaharienne (+ 264 %). Dans ce scénario, l'augmentation de la demande mondiale de biomasse alimentaire est modérée, et nettement inférieure à l'augmentation des besoins dus à la croissance démographique mondiale.

L'hypothèse de convergence vers 3 000 kcal/pers.j (moyenne mondiale actuelle et chiffre vers lequel tendent les disponibilités dans les PED) avec le même rapport entre calories végétales et calories animales est basée sur quatre arguments :

- l'écart très marqué entre disponibilités observées et celles nécessaires à la sécurité alimentaire : une disponibilité moyenne de 3 000 kcal/pers.j est suffisante pour assurer la sécurité alimentaire et ramener la sous-alimentation à un niveau bas ;
- l'équité dans un scénario de développement durable : la répartition actuelle des calories consommées d'une région à l'autre est inégale, en particulier pour les calories animales ;
- la relation alimentation santé : il s'agit non seulement d'éliminer la sous-alimentation et les malnutritions carencielles, mais aussi de limiter la progression de l'obésité et des maladies chroniques non transmissibles liées à l'alimentation ;

- les relations alimentation-environnement : il s’agit ici de limiter la pression sur l’environnement.

D/ Comparaison des scénarios. Synthèse

Nous récapitulons ici les facteurs pouvant influencer la demande et l’offre alimentaires d’ici à 2050, tels qu’on peut les repérer dans les divers scénarios. Idéalement, nous aurions souhaité pouvoir présenter, dans les tableaux A1.2 et A1.3, les composantes de la demande et de

l’offre alimentaire de façon multiplicative, pour évaluer de combien chacune de ces composantes augmente (coefficient supérieur à 1) ou réduit (coefficient inférieur à 1) la demande ou l’offre totale. Malheureusement, les données et les présentations des différents rapports ne sont pas uniformes : la comparaison restera donc imparfaite.

Le tableau A1.2 rappelle d’abord les hypothèses actuelles (2008) d’évolution démographique des Nations unies, et présente l’augmentation de la demande alimentaire (totale) dans chacun des quatre scénarios retenus permettant de simplement faire face, toutes choses égales par ailleurs, à l’accroissement de la population. En pratique, les scénarios s’appuient tous sur les hypothèses des Nations unies, mais diffèrent par l’année de référence de la projection utilisée, et par l’année de départ des scénarios alimentaires : les scénarios FAO et Agrimonde diffèrent peu, mais l’exercice de Ph. Collomb utilisait des projections plus anciennes et partait de plus tôt (1995). **En gros, la demande alimentaire augmentera donc d’environ 50 % entre 2000 et 2050 du simple fait de la croissance démographique.**

La dernière ligne du tableau (total) indique l’effet multiplicateur global impliqué par chacun des scénarios. Par exemple, la projection FAO table sur une hausse de la demande de 65 %, dont 47 % du seul fait démographique. Le scénario Agrimonde GO creuse un peu plus l’écart, avec une hausse globale de 69 % dont 42 % du fait démographique. Trois variables peuvent influencer la demande au-delà de la croissance démographique :

- les modifications structurelles de la population, notamment dans la répartition par âge et l’urbanisation : analysées en détail par Collomb, leur effet ne semble pas dépasser 2 % et est négligé par les autres auteurs ;
- une certaine réduction de la part de la population sous-alimentée, qui est prise en compte (de façon non identique) dans tous les scénarios ;
- la poursuite du processus de diversification alimentaire, c’est-à-dire d’augmentation de la part des calories d’origine animale (viandes et produits laitiers).

	Nations-unies (2008)	Collomb (1999) [1995-2050]	FAO (2002 et 2006)	Agrimonde 1 (2009) [2003-2050]	Agrimonde GO (2009) [2003-2050]
a - Croissance démographique 2000-2050 : Hyp. Moyenne (« Medium »)* Croissance plus faible (« Low »)**	1,50 1,30	1,72	1,47	1,42	1,42
- Modifications structurelles (âge, urbanisation...)		1,02			
- Réduction sous-alimentation Minimum 2 800 kcal (moyenne par pays)*** 4% sous-alimentés en 2050 dans PED		1,14	oui	(?)	(?)
- Diversification alimentaire Niveau global de 1990 assuré partout 500 kcal animales/j dans toutes régions (= situation en 2000) Poursuite tendance		1,12	oui	1	?

Tableau A1.2

La demande de production à usage alimentaire de 2000 à 2050 (base 1 en 2000).

	Nations-unies (2008)	Collomb (1999) [1995-2050]	FAO (2002 et 2006)	Agrimonde 1 (2009) [2003-2050]	Agrimonde GO (2009) [2003-2050]
b Ensemble hausse consommation / tête		1,30	1,12	1	1,18
TOTAL (a×b)		2,25	1,65	1,42	1,69
* Fécondité tendant partout vers 1,85 enfant. Hyp. retenue dans Agrimonde 1 et GO.					
** Fécondité inférieure de 0,5 enfant à l'hypothèse Medium.					
*** Soit 8 % de sous-alimentés en PED.					
Sources : Nations unies (2008). Collomb (1999) p. 79 ; FAO (2006) p. 8, 16 ; Agrimonde (2009) p. 189.					

Tableau A1.2

Fin.

	PNUE (2009)	FAO (2002-2006)	Agrimonde 1 (2009)	Agrimonde GO (2009)
Variation des surfaces (hors climat) :				
Nouvelles surfaces agricoles	« nécessaires » :		+ 39 %	+ 20 %
Réduction par érosion, épuisement	5 à 12,5 %		-	-
Réduction par urbanisation	- 2 %		-	-
Concurrence plantes non alimentaires	- 3 à - 4 %		- 15 %	- 14 %
Réduction par montée des eaux	- 5 à - 12 %		-	-
Variation globale nette	- 3 à + 2,5 %	?	+ 24 %	+ 6 %
Variation des rendements végétaux (climat inclus) :				
	?			
Réduction par dégradation des sols	- 2 à - 8 %			
Conséquences manque d'eau	- 2 à - 12 %			
Invasion d'insectes etc.	- 2 à - 6 %			
Variation globale nette (céréales) :	?	+ 58 %	+ 7 à 61% *	+ 76 %

Tableau A1.3

L'offre de production à usage alimentaire de 2000 à 2050 (changements climatiques inclus).

	PNUE (2009)	FAO (2002-2006)	Agrimonde 1 (2009)	Agrimonde GO (2009)
Variation de la production aliment. (kcal)				
Végétales (** = céréales)	+ 49 %**	+ 44 %**	+ 28 %	+ 84 %
Viande	+ 39 %	+ 100 %	+ 20 %	+ 140 %
Impact global sur la production alimentaire, animale et végétale (pour 1 en 2000) :	?	>1,5	1,27	1,88
- Conséquences de la diversification alimentaire sur la production (perte ou gain en équivalent calories végétales)		< 1	1,11	0,87
- Réduction des gaspillages	+ 20-30 % ?	non	non	non
- Prise en compte évolution des prix	oui	oui	?	?
Impact total (en calories disponibles pour alimentation) (base 1 en 2000)	1,76	1,65	1,42	1,69
* Selon variantes « basse » et « haute », en kcal/hab/jour.				
Sources : PNUE (2009) : p. 77... ; FAO (2006) : p. 33, 39, 47 ; Agrimonde (2009) : p. 84, 98 et 111.				

Tableau A1.3
Fin.

Le scénario Agrimonde 1 est construit de telle façon qu'il prend en compte simultanément les deux derniers objectifs, tout en maintenant la consommation calorique moyenne par habitant au niveau mondial : la demande alimentaire n'augmente donc que du fait de la croissance démographique. Les deux autres scénarios augmentent de 12 et 18 % respectivement les besoins à satisfaire, ce qui reste modeste par rapport aux 42-47 % de croissance démographique.

Les hausses de demande globale ainsi obtenues se retrouvent en dernière ligne du tableau A1.3, l'offre étant ajustée de façon à satisfaire cette demande. Nous avons toutefois inclus dans ce tableau les résultats du dernier rapport du PNUE, centrés sur les composantes de l'offre, et abandonné le scénario Collomb qui n'analysait pas les composantes de l'offre. Les données sont présentées au mieux, compte tenu des éléments disponibles dans les rapports originaux.

Pour faire face à la demande, les scénarios envisagent diverses hypothèses en matière de surfaces et de rendements, et prennent parfois en compte les pertes et les risques climatiques (tableau A1.3).

Le rapport du PNUE, qui ne comporte pas de scénario original comparable aux exercices FAO ou Agrimonde, détaille en revanche les variations possibles dans les surfaces et les rendements. On voit ainsi que le PNUE est plus pessimiste sur l'évolution des surfaces qu'Agrimonde, avec une variation nette proche de zéro, alors qu'Agrimonde 1 suppose une extension des surfaces de 24 %. Le contraste est encore plus saisissant pour les variations de rendements, le bilan étant négatif selon le PNUE et nettement positif dans les autres scénarios (jusqu'à + 76 % dans Agrimonde GO). Certes ces derniers scénarios sont plus « volontaristes » que la perspective du PNUE, mais ces différences posent aussi le problème de la prise en compte des changements climatiques, qui ne semble que partielle dans Agrimonde.

Le bilan global du PNUE s'améliore quand même un peu en supposant des réductions significatives des pertes et gaspillages, question non traitée quantitativement par les autres organismes.

Une variable potentiellement importante dans l'évolution de la demande, parce qu'elle pourrait jouer un rôle de variable d'ajustement, est la prise en compte de la *diversification alimentaire*, c'est-à-dire du passage d'une alimentation de plus en plus riche en produits d'origine animale, qui permettent des apports en protéines significatifs (cf. tableau A1.2). Nous examinons ce point plus en détail au tableau A1.4 qui résume les données sur le nombre de calories disponibles dans les diverses projections.

	Collomb		FAO		Agrim.	Agrim. 1	Agrim. GO
	En 1988-90	En 2050	En 2000	En 2050	En 2000	En 2050	En 2050
Moyenne mondiale	2 700	3 500 ?	2 789	3 130	2 962	3 000	3 590
Variation 2000-2050				1,12		1,01	1,21
<i>Dont calories origine animale</i>				700 ? (+ 39 %)	500	500	830
Pays industrialisés* (actuels)		3 400 ?	3 446	3 540	3 931	3 000	4 099
Pays en développement			2 654	3 070	2 830	3 000	3 520
<i>Dont : Afrique subsahar.</i>			2 194	2 830	2 392	3 000	2 972
% sous-alimentés (en PED)			17 %	4 %			
% obèses			20 %				

* Pour Agrimonde, il s'agit des seuls pays de l'OCDE (en 1990).
Sources : FAO (2006), p.8, 14, 25 ; Agrimonde (2009), p. 60, 66, 189.

Tableau A1.4
La disponibilité alimentaire (kcal/j/hab).

Les estimations de la situation initiale (vers 2000) ne sont pas les mêmes partout, en partie parce qu'il faudrait mieux distinguer entre « disponibilité calorique » et consommation effective. La FAO table sur une augmentation de la disponibilité alimentaire de 12 %, et Agrimonde GO de 21 %, avec dans les deux cas une hausse substantielle de la part de calories animales, alors qu'Agrimonde 1 – comme on l'a vu – maintient à la fois la disponibilité totale et la part animale. Dans ce dernier scénario, l'effort sera particulièrement important pour les pays industrialisés, dont la consommation totale devrait passer des 3 500 kcal actuelles (et 4 000 attendues dans le scénario Agrimonde GO) à 3 000. À noter aussi que la part de la population obèse dépasse déjà, en moyenne mondiale, celle des personnes sous-alimentées, l'écart ne pouvant que se creuser davantage à l'avenir.

Le « gaspillage » représenté par la transformation de calories végétales en calories animales fait l'objet de vifs débats et de calculs parfois hasardeux. Nous essayons de préciser les choses dans le tableau A1.5. Ce tableau montre (dernières lignes) que si nous passions dès aujourd'hui à une alimentation purement végétarienne, les disponibilités alimentaires augmenteraient (en 2003) de 36 % et en 2050 de 51 % dans le scénario Agrimonde GO, par rapport au disponible de l'année. *Soit la capacité de nourrir 2,2 milliards d'habitants supplémentaires en 2003 et 4,5 en 2050...*

Un tel régime ne serait probablement pas optimal pour la santé. D'autre part, l'élevage de bétail a d'autres utilités que directement alimentaires, et les animaux ne consomment pas que des végétaux consommables par l'homme. Le tableau montre qu'avec les modes de production actuels, pour obtenir une calorie animale, on a dû utiliser 3 calories végétales consommables par l'homme (coefficient k), mais que 4 autres calories non directement consommables par l'homme (herbes et fourrages) ont été ingérées (note * dans le tableau A1.5). Autrement dit, *le régime végétarien défini plus haut pourrait en fait être complété par de l'alimentation carnée obtenue par élevage sur des surfaces impropres aux cultures.*

En maintenant un apport de calories végétales égal à 500 kcal/j/hab, avec la répartition ruminants/monogastriques de 2003, on diminue un peu le disponible en 2050 dans l'hypothèse Agrimonde 1 (parce que cette hypothèse suppose en fait une réduction de la part de viande de ruminants, plus gros consommateurs de céréales), et on l'augmente de 30 % dans l'hypothèse Agrimonde GO, alors que ce modèle « boucle » sur une hausse de 74 % : on voit que la continuation des tendances actuelles, sous-jacente au scénario GO, alourdit sensiblement la facture alimentaire, alors qu'à l'inverse une réduction raisonnable de la consommation carnée redonnerait des marges de manœuvre.

	Source (page du rapport)	Agrim 2003	Agri 1 (2050)	Agri GO (2050)
Disponibilités caloriques totales (DCT) pour la consommation humaine	p. 189 (haut) = ration × popul	18 525	25 863	31 081
– provenant de végétaux (DCV)		15 435	2 2000	23 742
– provenant d'animaux (DCA) <i>dont ruminants</i>		3 090 1 643	3 863 1 584	7 339 4 057
Disponibilités végétales totales (DVT) :	p. 189	29 341	37 646	53 990
– en consom. humaine directe (DVH)	= DCV	15 435	22 000	23 742
– pour alimentation animale (DVA)*	p. 189	9 731	11 497	23 206
– valorisation non aliment. (VNA)	p. 189	1 368	1 003	2 260
– pertes, semences... (PS)	= DVT – (DVH +DVA+VNA)	2 807	3 146	4 782
Disponibilités animales totales (DAT) :	p. 188	3 544	4 274	8 407
– en consom. humaine directe (=DCA)	= DCA	3 090	3 863	7 339
– autres usages (pertes etc.)	= DAT – DCA	454	411	1 068

Tableau A1.5

Les effets de la diversification alimentaire (calculs en Gkcal par jour *).

	Source (page du rapport)	Agrim 2003	Agri 1 (2050)	Agri GO (2050)
$k = DVA/DCA$		3,15	2,98	3,16
Variantes pour la disponibilité calorique totale :				
- si consomm. exclus. végétale (DCT2)	= DVH+DVA	25 166	37 646	46 948
- si calories animales constantes (DCT3)	= **	18 525	24 313	40 422
DCT2 / DCT		1,36	1,30	1,51
DCT3 / DCT		1,0	0,94	1,30
<p>* Calories issues de végétaux consommables par l'homme (non compris : herbe, fourrages...).</p> <p>En 2003, les calories <i>totales</i> ingérées par les animaux se montaient à 21 630 (cf. p. 65), dont 9 731 consommables par l'homme, transformées en 3 090 consommées sous forme de viandes et produits laitiers. D'où le ratio souvent cité de $21\ 630 / 3\ 090 = 7$.</p> <p>** DCTn est augmenté de : $k \cdot (DCA_n - (3090 P_n/P_{2003}))$.</p> <p>(maintien de 500 kcal/i/hab, et de la répartition ruminants/monogastriques de 2003).</p> <p>Source : Agrimonde (2009), p. 188-189 et 65.</p>				

Tableau A1.5

Fin.

En conclusion

Cet exercice sur les scénarios les plus utilisés actuellement montre que :

- la croissance démographique attendue reste le facteur de hausse de la demande le plus important : 40 à 50 % ;
- réduire sensiblement la part de la population sous-alimentée, et accepter une certaine croissance de la consommation de calories d'origine animale (au moins là où elle n'est probablement pas suffisante d'un point de vue nutritionnel) demandera un effort supplémentaire d'au moins 20 % ;
- il serait illusoire, probablement néfaste pour la santé, et inutile (compte tenu des modes d'élevage « naturels ») d'imaginer que toute la population puisse passer à un régime purement végétarien ; mais limiter les calories animales provenant des modes d'élevage utilisant massivement des céréales éviterait un « dérapage » dangereux de la demande alimentaire ;
- les scénarios divergent fortement sur les évolutions possibles des surfaces agricoles et celles des rendements : il conviendra donc de suivre de près ces évolutions, dont dépend notre capacité à assurer une production agricole suffisante à l'horizon 2050.

Références bibliographiques

- Collomb P. (1999). *Une voie étroite pour la sécurité alimentaire d'ici à 2050*. Paris : Economica, et Rome : FAO.
- FAO (2002). *World agriculture : Towards 2015-2030*. Rome : FAO.
<http://www.fao.org/docrep/004/Y3557E/y3557e00.HTM>
- FAO (2006). *World agriculture : Towards 2030-2050 (Interim Report)*. Rome : FAO.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0607e/a0607e00.pdf>
- Griffon M. (2006). *Nourrir la planète. Pour une Révolution doublement verte*. Paris : Odile Jacob.
- IPCC (2000). *Emission Scenarios*. Cambridge: Cambridge University Press
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=0>
- IPCC (2007). *Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report*. Geneva : IPCC.
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm

- Millenium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and human well-being. Synthesis*. Washington : Island Press.
<http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.aspx>
- Inra et Cirad (2009). *Agrimonde. Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable*. Paris : INRA et CIRAD.
<http://www.paris.inra.fr/prospective/projets/agrimonde>
- UNEP (2009). *The environmental food crisis. The environment's role in averting future food crises*. (A UNEP rapid response assessment). Arendal : UNEP, GRID-Arendal.
http://www.unep.org/pdf/FoodCrisis_lores.pdf
- United Nations (2008). *World Population Prospects. The 2008 Revision*. New York : United Nations
<http://esa.un.org/unpd/wpp2008/index.htm>

ANNEXE 2

Données cartographiques

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

Légende des cartes

Carte 1 – Densités de population (répartition par points, minimum : 0,5 million d'habitants)

Source : C. Rollet, *La population du monde* (Larousse, 2004), d'après P.J. Thumerelle, 1996.

Cette carte montre que les plus fortes concentrations de populations se situent en Asie de l'Est et dans le sous-continent indien (où elles vont encore augmenter); au Bangladesh, la densité dépasse déjà 1 100 habitants au km². Elle montre aussi la forte concentration dans les régions côtières. La raréfaction des points dans certaines parties du monde ne doit pas toujours suggérer l'idée de déserts : les densités sont simplement inférieures à 50 habitants au km² dans tous les pays d'Amérique du Sud et du Nord, en Russie, en Australie, et en Afrique par grandes régions. Mais dans ce dernier continent une dizaine de pays ont des densités comprises entre 100 et 200 hab/km², le maximum (hors des îles) étant atteint au Rwanda avec 375.

Carte 2 – Fécondité (nombre d'enfants par femme, en 2005)

Source : G. Pison, *Atlas de la population mondiale*. Autrement, 2009.

La fécondité reste élevée (plus de 5 enfants par femme) dans la majeure partie de l'Afrique, en Afghanistan et à Aden. À l'opposé, on trouve toute l'Europe, l'Amérique du Nord, la Chine et l'Australie avec moins de 2 enfants. La transition est déjà bien amorcée dans le sous-continent indien, au Proche et au Moyen-Orient, dans la pointe sud de l'Afrique, et la fécondité est inférieure à 3 enfants dans presque tous les pays d'Amérique et en Afrique du Nord.

Carte 3 – Espérance de vie à la naissance (années) (en 2005)

Source : G. Pison, *Atlas de la population mondiale*. Autrement, 2009.

L'espérance de vie (en moyenne des deux sexes) dépasse déjà 80 ans dans certains pays d'Europe, au Japon, en Australie et au Canada. Elle est comprise entre 70 et 80 ans dans le reste de l'Amérique et de l'Europe, au Proche-Orient et en Afrique du Nord. En revanche, elle est inférieure à 50 ans dans une quinzaine de pays africains et en Afghanistan.

Carte 4 – L’analphabétisme : proportion de femmes analphabètes à 15-24 ans (en 2000)

Source : G. Pison, *Atlas de la population mondiale*. Autrement, 2009.

Cette carte ressemble de façon frappante à celle de la fécondité (carte 2) : là où l’analphabétisme féminin reste le plus élevé, la fécondité est aussi la plus forte. L’éducation est indiscutablement un des déterminants majeurs du niveau de la fécondité.

Carte 5 – Produit national brut par habitant (en 1999)

Source : Banque mondiale

La traditionnelle concentration des richesses dans les pays d’Europe, d’Amérique du Nord, ainsi qu’au Japon et en Océanie est progressivement mise en cause par « l’émergence » de certains pays, en Amérique du Sud, en Asie de l’Est et du Sud-est, et au Moyen-Orient. La Chine est encore en retard sur cette carte, qui remonte à 1999.

Carte 6 – Modifications des températures dans les scénarios du Giec

Source : IPCC 4th Report : *Climate Change 2007* (Working Group I : The Physical Science Basis, 2007).

Ces cartes indiquent les variations de températures de surface attendues entre 1980-1999 et trois dates futures (vers 2011-2030, 2046-2065 et 2080-2099), dans trois des scénarios du Giec : B1, A1B et A2. Les hypothèses B1 et A1B supposent, du point de vue démographique, une population mondiale de 8,7 milliards en 2050 (un peu en deçà des projections annuelles des Nations unies) et de 7,1 milliards en 2100. Pour le présent rapport, les valeurs en 2046-2065 sont les plus pertinentes : les hausses de température seraient donc de l’ordre de 2 à 3 °C dans la majeure partie des surfaces continentales, mais de 4 à 5 °C dans les parties les plus septentrionales de la planète.

Carte 7 – Évolution des précipitations de 1990 à 2090 (scénario A1B du Giec, 2007)

Source : IPCC 4th Report : *Climate Change 2007* (Working Group I : The Physical Science Basis, 2007).

Évolution des précipitations à l'horizon 2080-2099, dans le scénario A1B : volume des précipitations journalières, humidité des sols, « runoff » et évaporation. Les précipitations diminueraient dans les zones tropicales d'Amérique centrale, dans tout le bassin méditerranéen et en Afrique de l'Ouest, dans les pointes sud d'Amérique et d'Afrique ainsi qu'en Océanie ; elles augmenteraient partout ailleurs.

Carte 8 – Indice de vulnérabilité au changement climatique (problèmes reliés à l'eau)

Source : Sullivan C.A. et Huntingford C., *Water resources, climate change and human vulnerability*. 2009 (<http://mssanz.org.au/modsim09/> / <http://mssanz.org.au/modsim09/>).

L'indice de vulnérabilité au changement climatique (CVI) intègre divers indicateurs de risques liés au manque d'eau : volume d'eau disponible, difficultés et coûts d'accès, caractéristiques des sols, impact des changements climatiques. . . L'Afrique est ici en première ligne, ainsi que la majeure partie de l'Asie.

Carte 9 – Zones avec manque d'eau chronique en 2000

Source : International Water Management Institute, 2007 (website).

(Voir la légende du graphique pour la définition des zones). Les zones en rouge connaissent déjà une insuffisance de disponibilité physique en eau : Asie centrale, pourtour nord de l'Afrique, nord du Mexique, sud-est de l'Australie. Les zones en orange sont en déficit pour des raisons techniques ou économiques : c'est le cas d'une grande partie de l'Afrique. L'eau restera abondante dans la plus grande partie des Amériques, en Europe, en Russie, en Australie (sauf sud-est) et dans une partie de la Chine.

Carte 10 – Zones exposées aux désastres d'origine climatique et à l'élévation du niveau des mers (Index Mapelcroft)

Source : Global Humanitarian Forum 2009.

L'indicateur prend en compte divers risques liés au climat : tornades, élévation du niveau des mers, pointes de températures, désertification. . . Les zones côtières cumulent souvent ces risques, mais des zones très peuplées d'Asie continentale sont aussi parmi les plus exposées. Les pays développés, comme les pays émergents, ne sont pas épargnés.

Carte 11 – Pertes de production alimentaire dues au changement climatique projetées pour 2080

Source : Cline 2007 et UNEP, 2009.

Les changements climatiques prévus entraîneront vraisemblablement des pertes de productivité agricole dans de nombreuses régions, principalement en raison du réchauffement (mais des facteurs autres que la productivité pourront parfois réduire le déficit de production attendu). Presque toute l'Afrique est concernée, une grande partie de l'Asie et des deux Amériques, ainsi que l'Australie. Les zones les plus septentrionales (en Europe, en Russie et en Asie) devraient au contraire bénéficier d'une hausse de leur productivité, à l'horizon 2080.

Carte 12 – Évolution des productions céréalières en Afrique dues au changement climatique

Source : Fisher *et al.*, 2005, UNEP 2009.

Cette carte montre, sur l'exemple de l'Afrique, que les variations attendues dans la production agricole (ici, les céréales) doivent être analysées à un niveau géographique fin. Dans toutes les régions peuplées du continent africain, les zones à production fortement décroissante (baisse d'au moins 50 % : en rouge foncé) voisinent avec des zones peu affectées (les plus claires) ou même en hausse (en vert). C'est le scénario A2 du Giec qui a servi de base à cette projection pour 2080.

Carte 13 – Évolution des productions de céréales de 1990 à 2020, 2050 et 2080, selon le scénario B1a du Giec, avec et sans prise en compte des effets du CO₂

Source : Parry *et al.*, 2004.

Dans ce scénario d'élévation modérée des températures, les réductions importantes de production dues aux changements de température et de précipitation attendues vers 2050 et 2080 (figures de droite) sont fortement atténuées si l'on prend en compte l'effet de l'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère (figures de gauche). On mesure ainsi la sensibilité des modèles à un paramètre dont le sens de l'évolution est certain (augmentation de la concentration) mais dont les effets sont plus difficiles à évaluer.

Carte 14 – Conflits et zones de tensions en 2008

Source : ministère français de la Défense.

L'Afrique concentre le plus grand nombre de zones de conflits, et ces tensions contribuent évidemment aux difficultés alimentaires et à la dégradation des conditions sanitaires. Elles induisent aussi des déplacements de population, le plus souvent vers les pays voisins, que ces migrations non contrôlées contribuent à déstabiliser à leur tour. Les « crises alimentaires » ont donc souvent à leur origine une crise politique et une situation de conflits.



Figure A2.1
Densités de population, vers 1990 (taille minimum du point : 0,5 millions d'habitants).

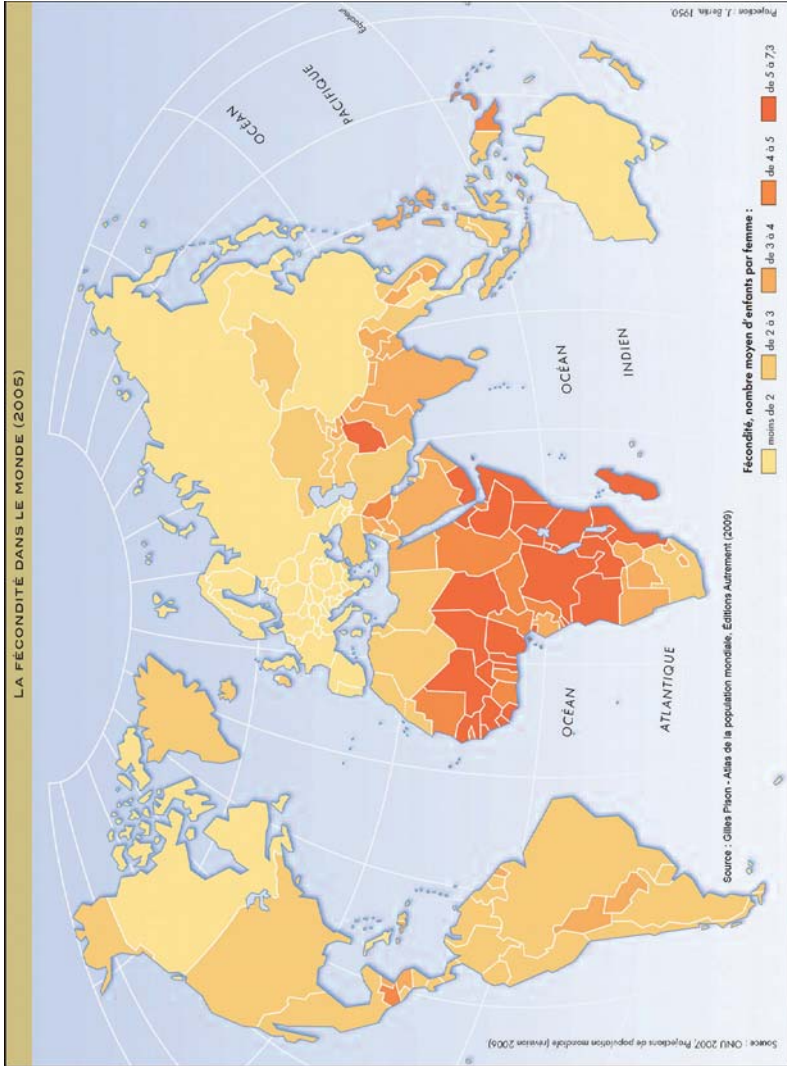


Figure A2.2
fécondité (nombre d'enfants par femme, en 2005).

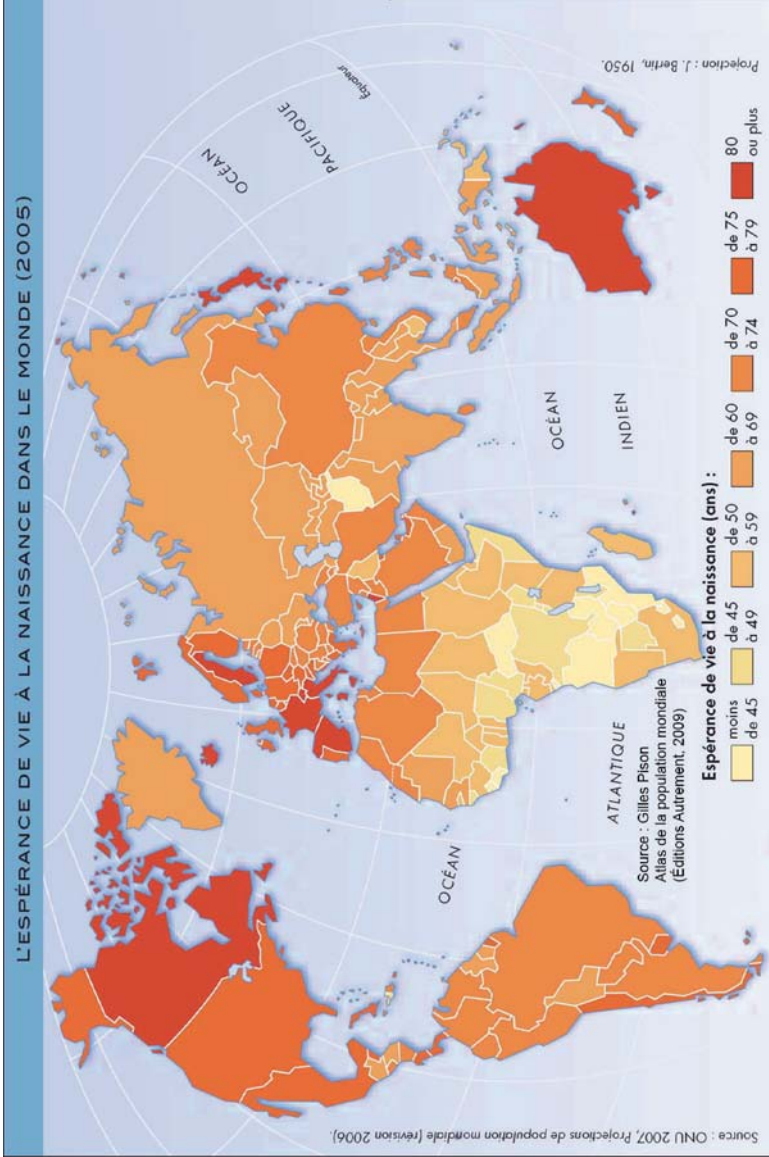


Figure A.2.3
Espérance de vie à la naissance (en 2005).

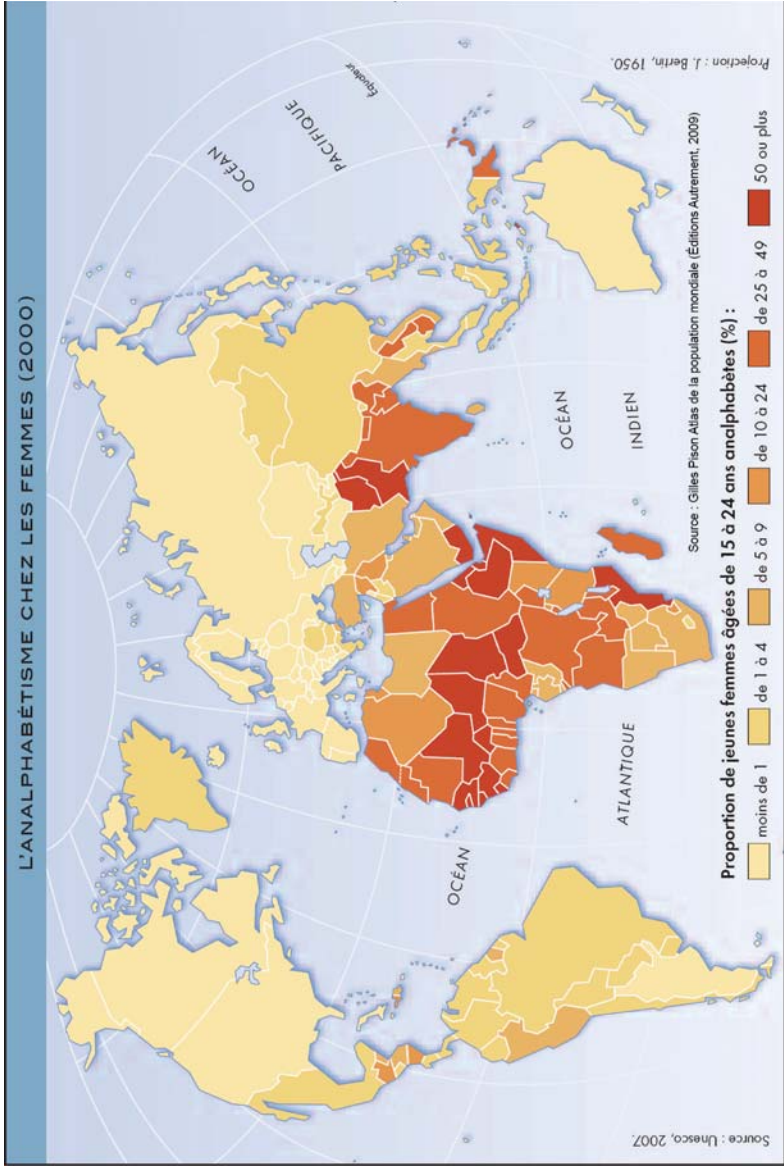


Figure A2.4
L'analphabétisme : proportion de femmes analphabètes à 15-24 ans.

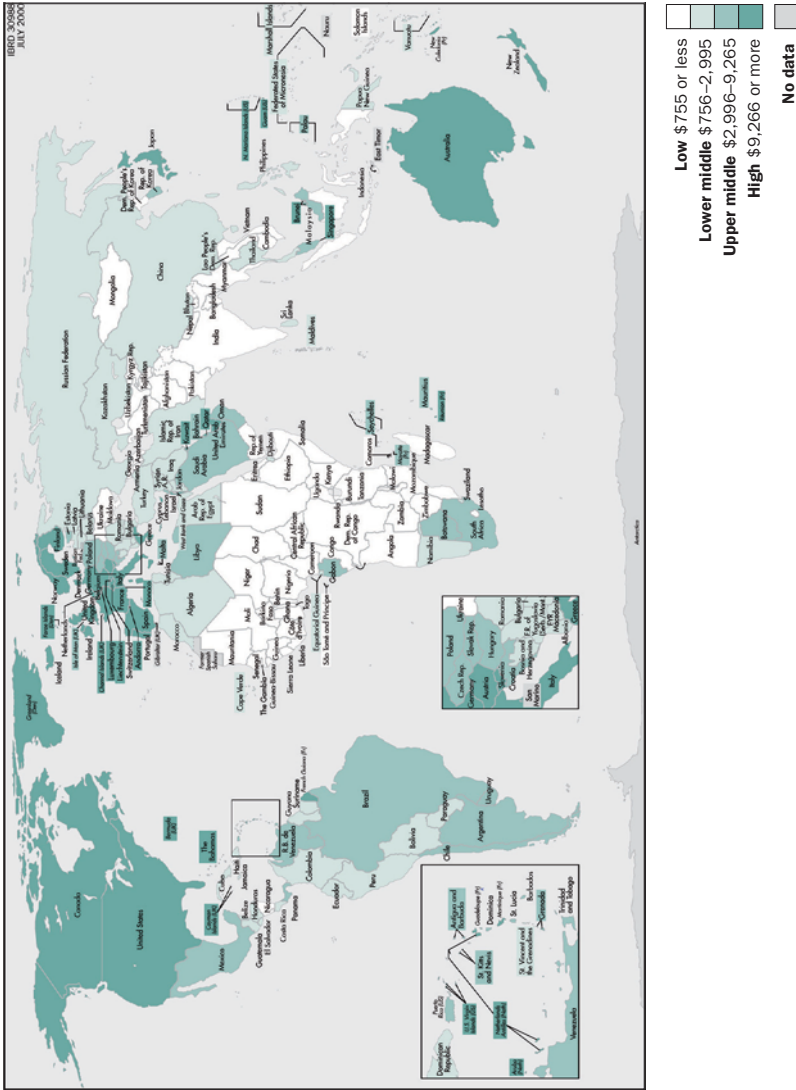
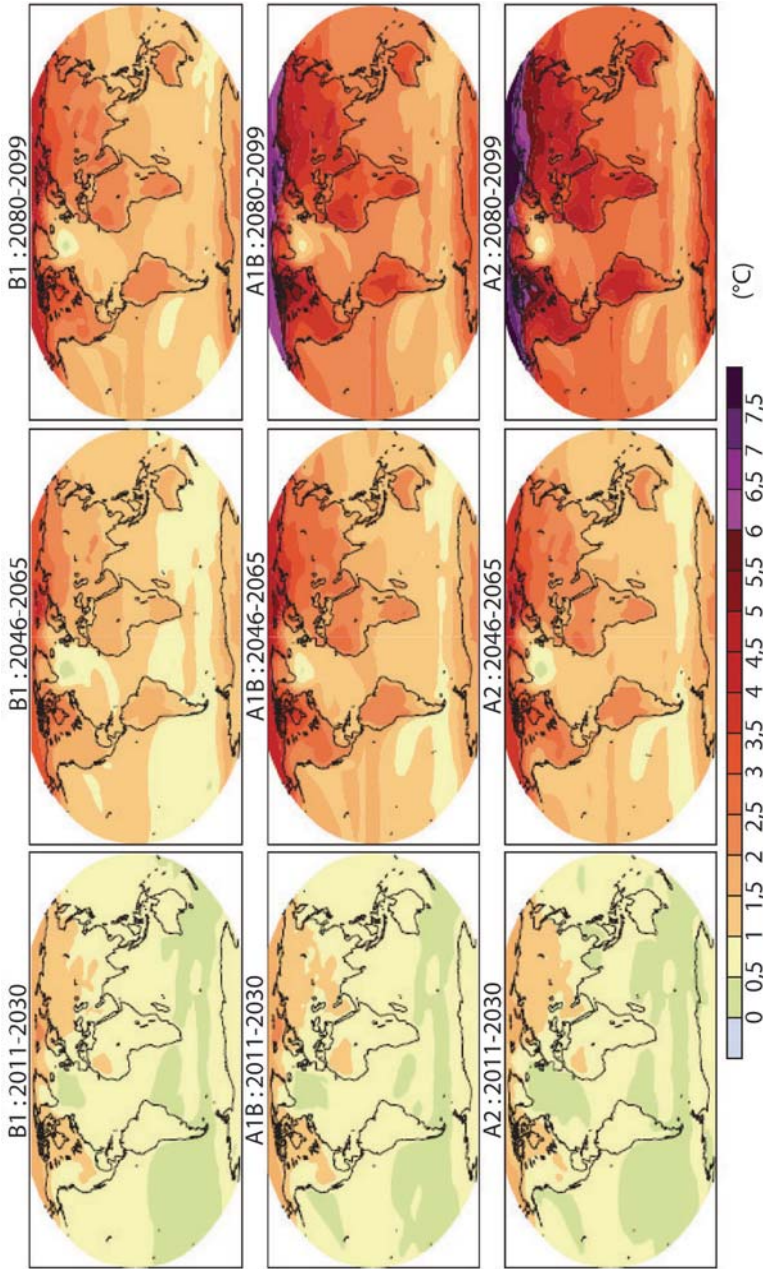


Figure A2.5
Produit national brut par habitant (1999).



Multi-model mean of annual mean surface warming (surface air temperature change, °C) for the scenarios B1 (top), A1B (middle) and A2 (bottom), and three time periods, 2011 to 2030 (left), 2046 to 2065 (middle) and 2080 to 2099 (right). Shading is omitted for clarity (see text). Anomalies are relative to the average of the period 1980 to 1999. Results for individual models can be seen in the Supplementary Material for this chapter.

Figure A2.6
Modifications des températures dans les scénarios du Giec (2007).

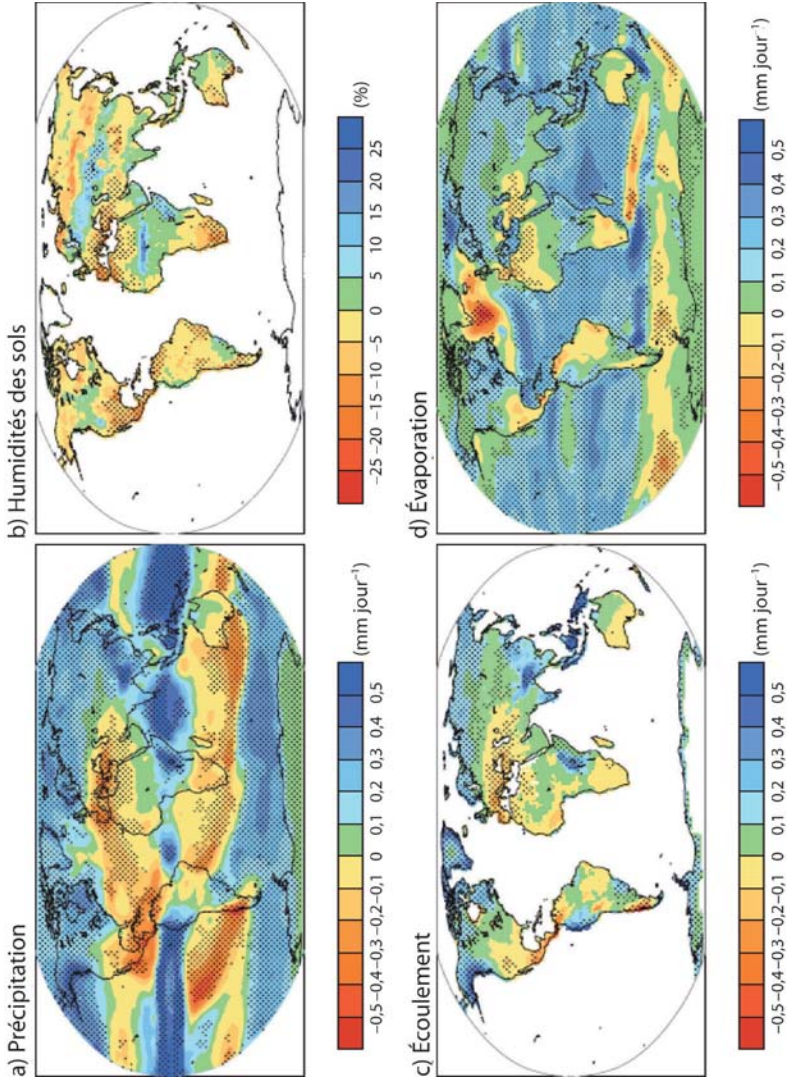


Figure A2.7
Évolution des précipitations de 1990 à 2090 [scénario A1B du Giec, 2007].

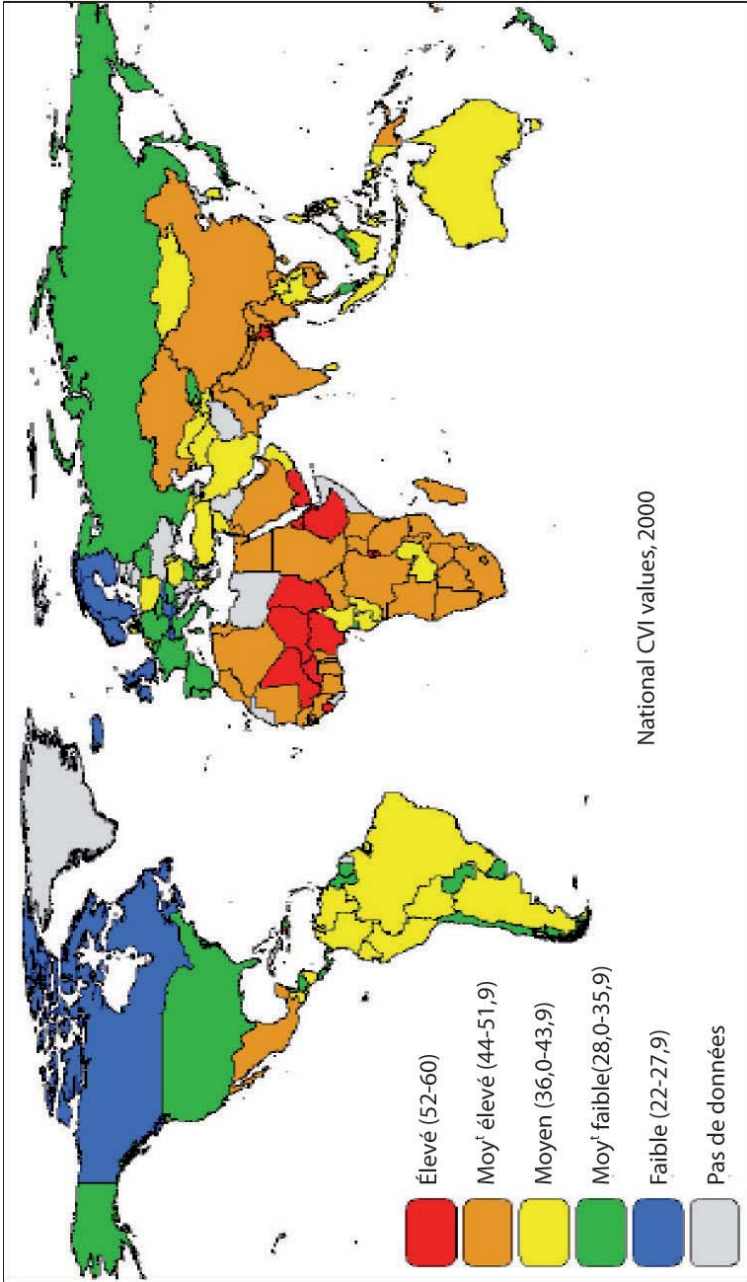
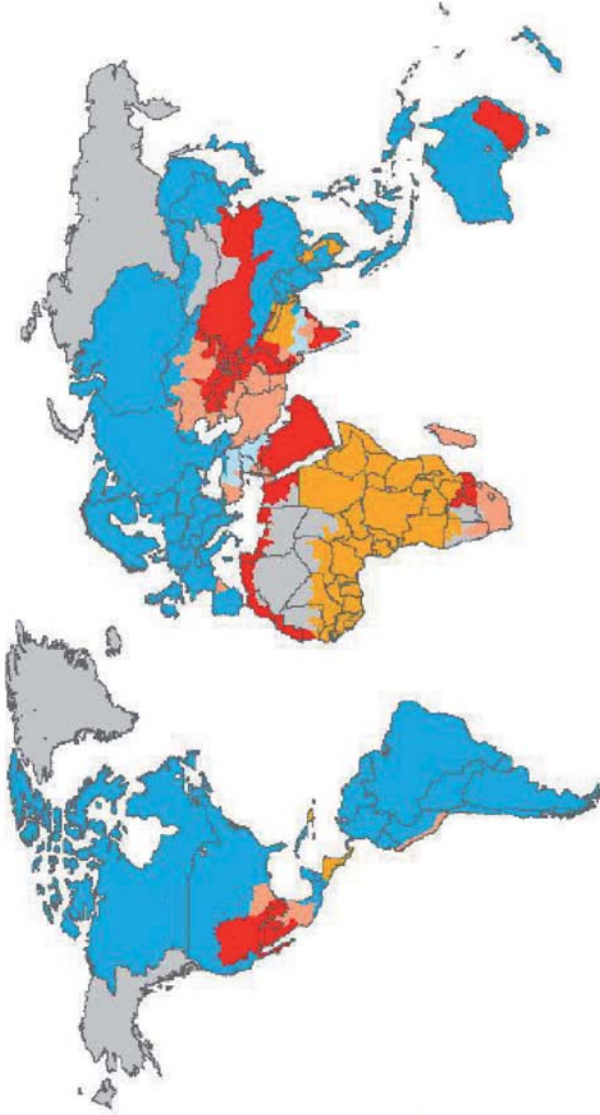


Figure A2.8
Indice de vulnérabilité au changement climatique (problèmes reliés à l'eau).



Rouge : Déficit physique ; plus de 75 % du débit des rivières est prélevé pour les besoins de l'homme, en tenant compte des recyclages.
 Rose : Plus de 60 % du débit des rivières est prélevé. Ces bassins vont bientôt devenir rouge.
 Orange : Déficit économique en eau. Les ressources sont abondantes par rapport aux usages, avec moins de 25% de prélèvements du débit des rivières, mais la sous-alimentation sévit. La capacité financière en moyens d'équipement fait défaut.
 Bleu : Ressources en eau abondantes. Prélèvements inférieurs à 25% du débit des rivières.
 Gris : Données manquantes.

Figure A2.9
 Zone avec manque chronique d'eau en 2000, d'après l'WMI (2007).

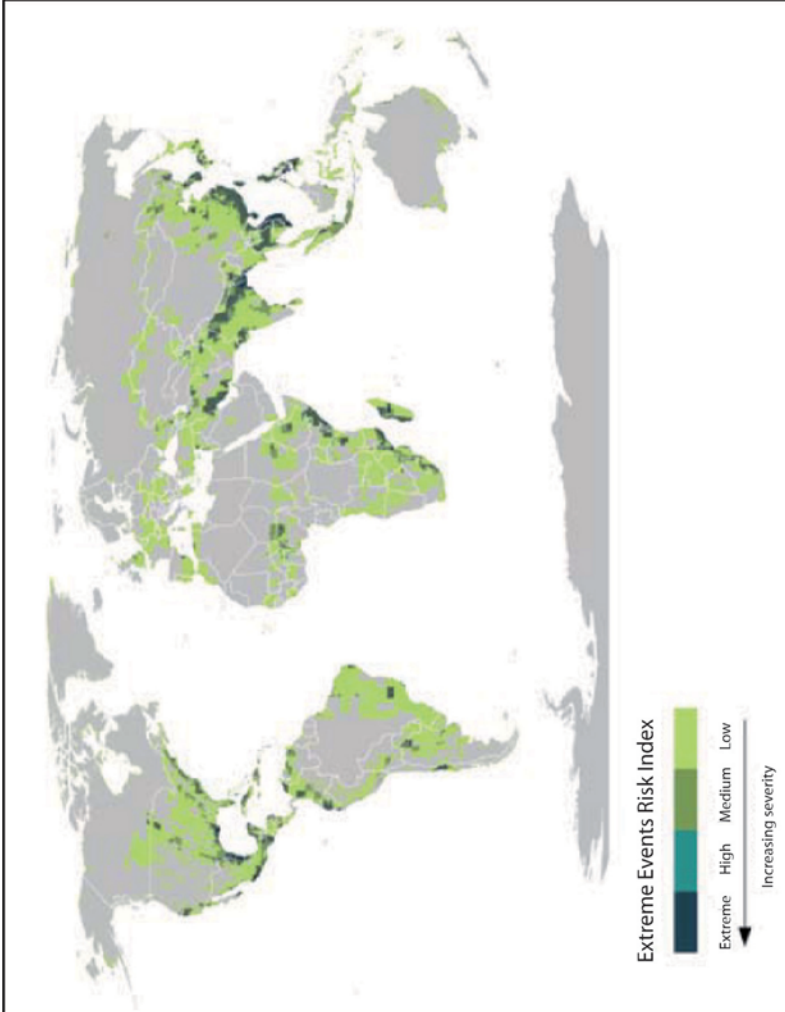


Figure A2.10 Zones exposées aux désastres d'origine climatique et à l'élévation du niveau des mers (Index Mepelcroft, Global Humanitarian Forum 2009).

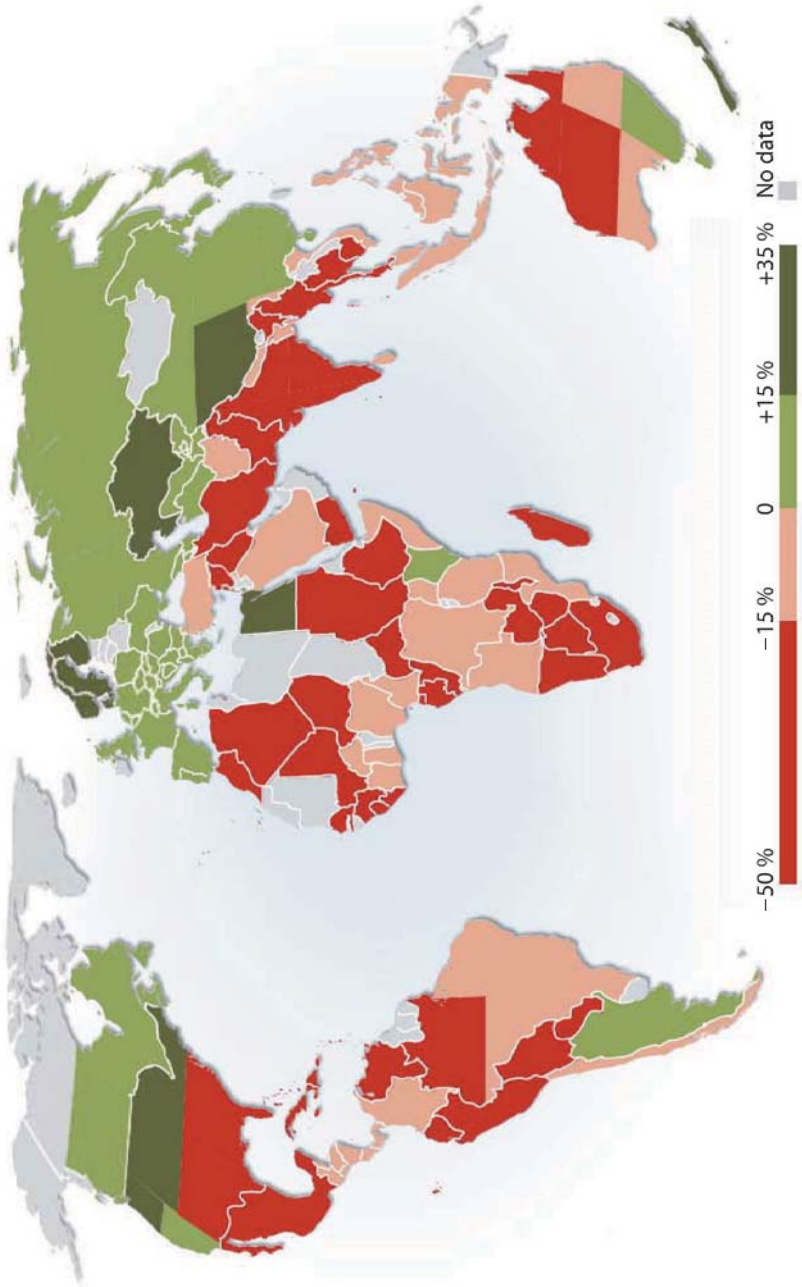


Figure A2.11 Changement dans la production alimentaire dus au changement climatique projetées pour 2080, incorporant les effets de la fertilisation par le carbone (Cline 2007 et UNEP, 2009).

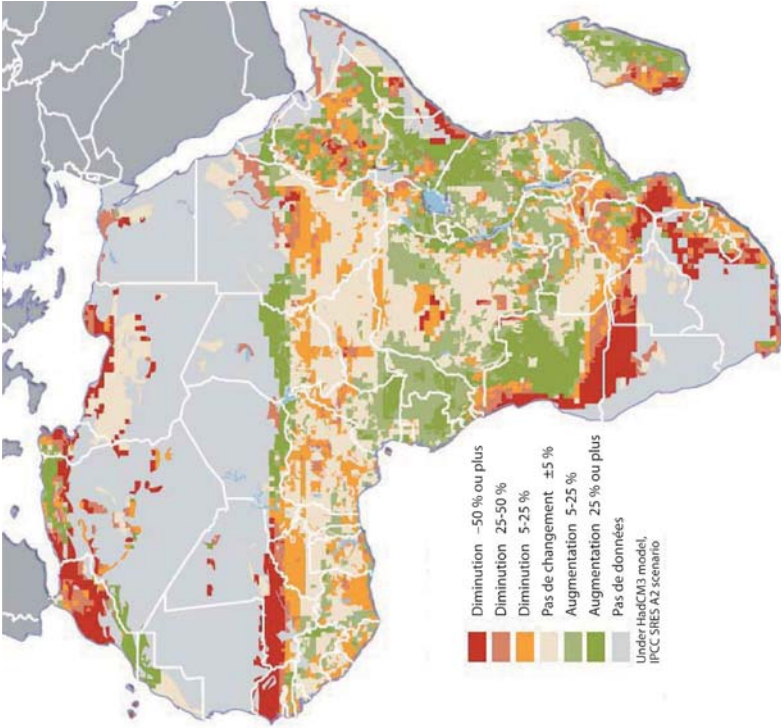


Figure A2.12
Évolution des productions céréalières en Afrique (en 2080) dues au changement climatique (Fisher et al. 2005, UNEP 2009).

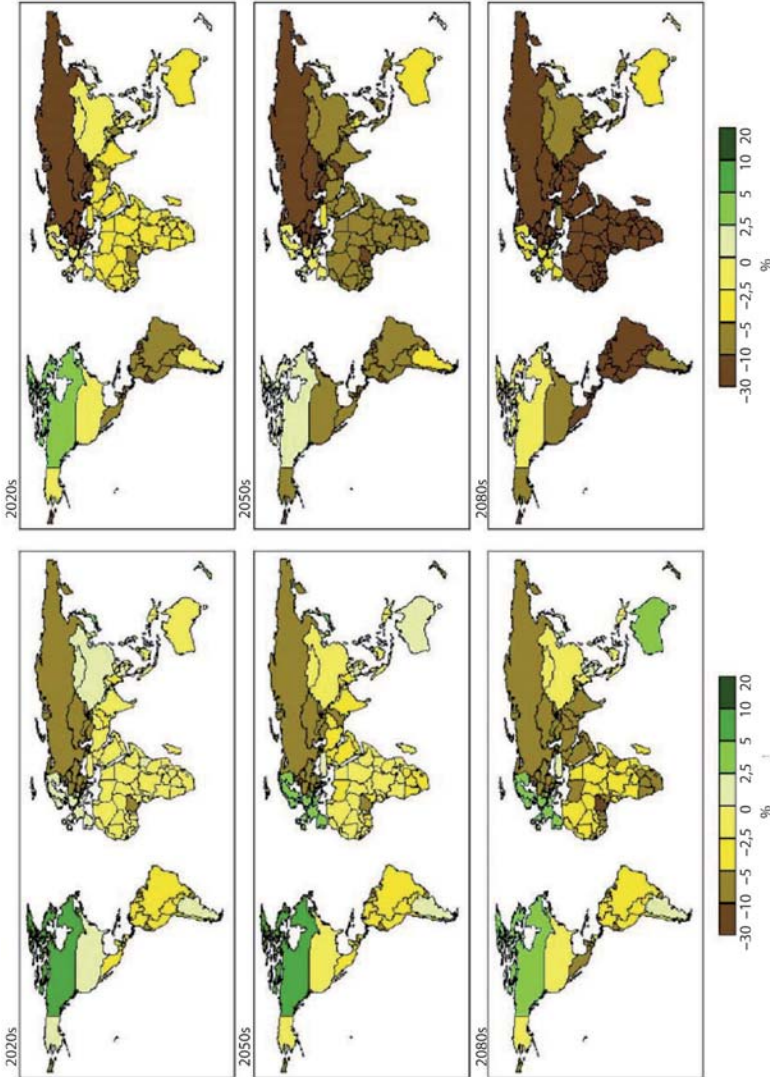


Figure A2.13
Évolution des productions de céréales de 1990 à 2020, 2050 et 2080, selon le scénario B1a du Giec, avec et sans prise en compte des effets du CO₂.

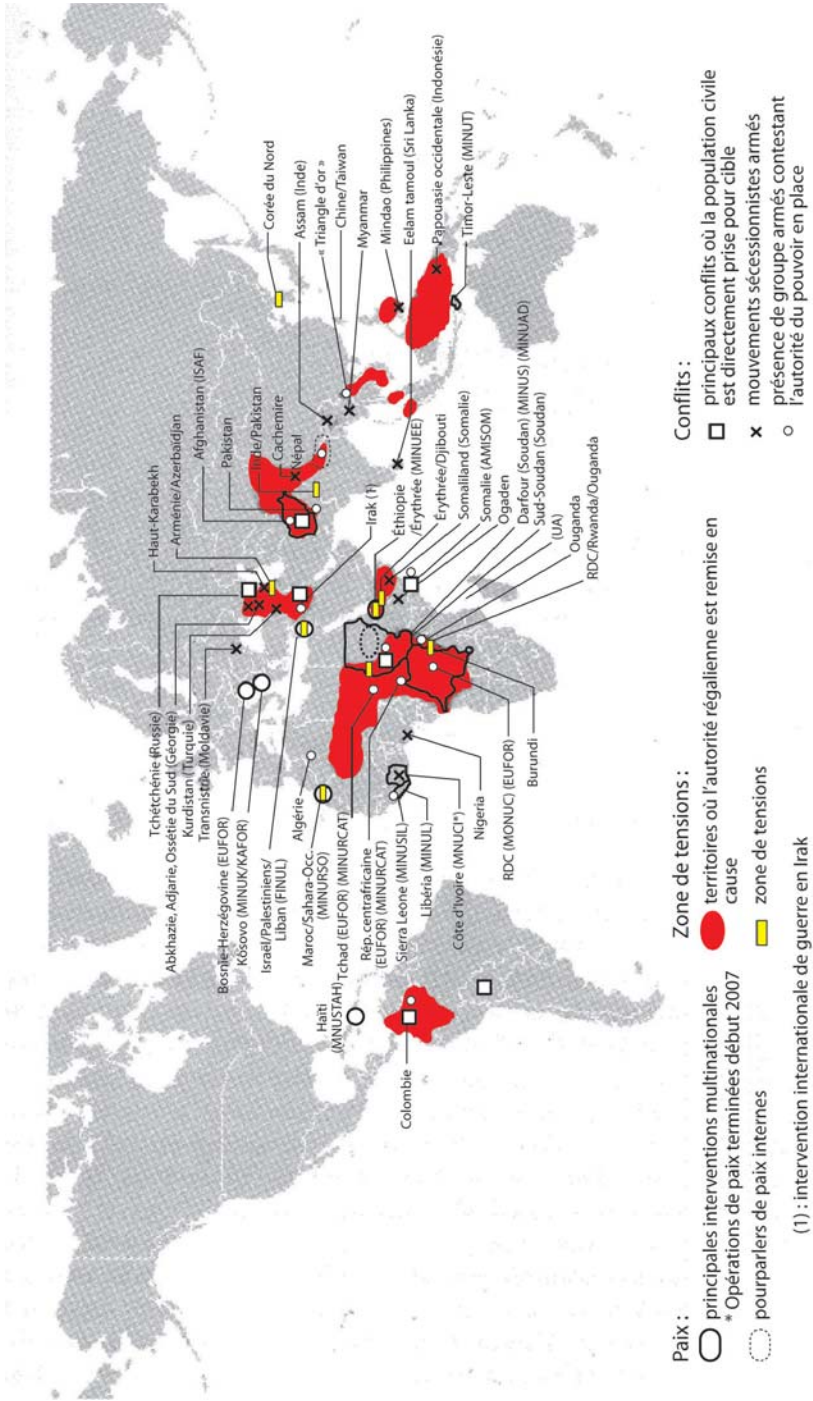


Figure A2.14
 Conflits et zones de tensions en 2008 (ministère de la Défense, d'après des sources ouvertes).

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

Groupe de lecture critique

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

COMPOSITION DU GROUPE DE LECTURE CRITIQUE

Association Équilibres et Populations

Marie-Claude TESSON-MILLET Présidente

Conférence des grandes écoles

Bruno PARMENTIER Directeur du Groupe École supérieure
d'agriculture d'Angers

Fondation Ensemble

Irène SEROT-ALMERAS Directrice

Groupe de recherche et d'échanges technologiques, association de solidarité et de coopération internationale (GRET)

Yves LE BARS Président du conseil d'administration

Groupe Limagrain

Jean-Claude GUILLON Directeur Développement durable
et communication

Institut de recherche pour le développement (IRD)

Jacques CHARMES Directeur de recherche

Ministère des Affaires étrangères et européennes

Sujiro SEAM Sous-directeur de la sécurité alimentaire,
du développement économique
à la Direction générale de la mondialisation,
du développement et des partenariats

Ministère de l'Alimentation, de l'agriculture et de la pêche

Stéphane LE MOING

Chef du service des Relations
internationales, Direction générale
des politiques agricoles, agroalimentaires
et des territoires

Les membres du Groupe de lecture critique, désignés par le président ou le directeur général de leur établissement, ont examiné le texte du rapport puis, au cours d'une réunion qui s'est tenue à l'Académie des sciences le 3 mai 2010, ont entendu la présentation de MM. Henri Leridon et Ghislain de Marsily, animateurs du groupe de travail, et se sont exprimés.

Ils ont formulé des remarques, dont certaines ont été intégrées, avec leur accord, dans le rapport ; huit commentaires font l'objet de contributions signées des auteurs : elles sont présentées ci-après. De même que la réponse des auteurs à propos des commentaires sur les aspects économiques du rapport.

COMMENTAIRE DE L'ASSOCIATION « ÉQUILIBRES ET POPULATIONS »

Marie-Claude Tesson-Millet
Présidente

Investir sur les femmes

S'il est une recommandation qui peut en fédérer beaucoup parmi celles de ce rapport, c'est d'investir sur les femmes, sur leur santé, leur éducation et leur autonomisation économique et sociale. Car il ne peut y avoir de progrès pour l'humanité, si une moitié d'elle-même est laissée pour compte. L'amélioration du statut des femmes dans le monde, dans les pays pauvres en particulier, représente un formidable gisement d'énergie qui reste pour le moment inexploité. Investir sur les femmes, ce n'est pas un combat féministe, mais un levier puissant pour le développement.

En réalité, il s'agit moins de la cause des femmes (qui a cependant sa légitimité en matière de justice sociale et de droits humains) que de relations entre les sexes. Le terme « *gender* » des Anglo-Saxons, qu'on a tant de mal à traduire en français autrement que par « égalité hommes-femmes » est en fait une excellente grille de lecture à travers laquelle toutes les analyses socio-économiques, de même que toutes les politiques proposées dans ce rapport pourraient être examinées. Un examen qui pourrait faire apparaître aussi bien les déséquilibres susceptibles de freiner le progrès que les équilibres qui pourraient le favoriser.

S'agissant du **climat**, l'importance du déséquilibre hommes femmes a été étudiée dans le dernier rapport du Fonds des Nations unies pour les populations et le développement (UNFPA) faisant apparaître que ce sont les femmes qui seront les premières victimes du réchauffement climatique, pour ses effets sur les ressources en eau et bois dont elles sont les pourvoyeuses, mais aussi pour les terres arables, qui sont leur principale ressource. Ce sont elles plus que les hommes qui auront à souffrir des migrations de masse et des épidémies engendrées par les changements climatiques

S'agissant de l'**alimentation**, les femmes qui ont encore peu d'autonomie financière ont un important retard socio-économique. Elles contribuent pourtant largement aux ressources agricoles des pays en développement avec 80 % de

la production de cultures vivrières. Mais elles ne détiennent cependant que 10 % des moyens de production et des terres (en particulier en raison des lois sur l'héritage foncier). En outre, les tâches de production qu'elles accomplissent sont le plus souvent non rémunérées. Pour lutter contre cet état de fait, les grandes ONG internationales qui s'intéressent à l'amélioration du statut des femmes appuient leur capacité à produire et à gérer leur production. C'est le *capacity building* des Anglo-Saxons.

S'agissant de la **démographie**, facteur clé du développement, presque tous les pays du monde ont accompli au siècle dernier leur transition démographique, c'est-à-dire le croisement des courbes de fécondité et de richesse nationale. Mais il reste de larges parties de la planète où ces courbes ne sont pas près de se croiser, et où la population est de plus en plus pauvre et de plus en plus nombreuse. En Afrique de l'Ouest, l'accroissement de la population et de la pauvreté sont étroitement liées. Les experts internationaux modélisent ce lien sous le nom de « dividende démographique » en étudiant les mécanismes par lesquels la santé de la procréation et la lutte contre la pauvreté interagissent l'une sur l'autre. Dans le même temps, ils font apparaître que la planification familiale est l'un des services de santé les plus rentables. Un des moins chers et des plus efficaces sur la morbidité-mortalité maternelle et infantile, réduisant les risques des grossesses trop nombreuses, trop rapprochées, trop précoces et trop tardives, et les avortements non médicalisés. Grâce à la réduction de ces risques, les familles et les collectivités ont moins à souffrir de la perte des forces vives que représentent les mères. La planification familiale par ses effets économiques et sociaux n'est donc pas le monopole des femmes. Elle relève de choix individuels, de couples, mais aussi de politique. C'est pourquoi il faut encourager les gouvernements des pays pauvres à favoriser la planification familiale pour les couples, afin qu'il n'y ait plus de grossesses non désirées. C'est l'intérêt bien compris des individus, des familles, et de la population tout entière dans les pays qui aspirent au développement.

COMMENTAIRE DE LA CONFÉRENCE DES GRANDES ÉCOLES

Bruno Parmentier

Directeur du Groupe École supérieure d'agriculture d'Angers

Ce rapport est absolument excellent. Il constitue un exercice de synthèse rigoureux et ambitieux, doublé d'un exercice de vulgarisation tout à fait réussi. Il peut ainsi constituer une bonne base pour aider les décideurs à définir des politiques nationales, européennes et mondiales en faveur de l'alimentation au début du XXI^e siècle. En particulier il est très convaincant sur l'évolution de la population, l'évolution du climat, les problèmes posés par l'augmentation de la consommation de viande et de lait, par le développement des biocarburants de première génération, etc. Néanmoins quelques points restent à approfondir...

1 | Beaucoup de sciences « dures », mais pas assez de sciences « molles »

L'expérience passée montre qu'il ne suffit pas de disposer d'éléments techniques et naturels performants pour produire de la nourriture en quantité et de façon efficace. Les problèmes culturels et d'organisations sociales sont au moins aussi importants. On peut citer par exemple les différences énormes d'efficacité entre les agricultures de la RDA et de la RFA au moment de la chute du mur de Berlin, actuellement entre la Corée du Nord et la Corée du Sud. Dans les deux cas il s'agit au départ du même peuple, de la même terre, du même climat et des mêmes technologies. Plus généralement, ce qu'on a appelé la « Révolution verte » dans la deuxième moitié du XX^e siècle, et qui consistait à mobiliser beaucoup de technologies et beaucoup de ressources naturelles pour augmenter les rendements des récoltes, a « pris » dans certains pays et continents mais pas dans d'autres. Aux États-Unis, en Europe, en Argentine, en Australie, en Chine, partiellement en Inde, mais absolument pas en Afrique et assez peu en Europe de l'Est ; sur des surfaces unitaires allant de plusieurs milliers d'hectares avec énormément de mécanisation (États-Unis) jusqu'à des surfaces unitaires de l'ordre de l'hectare et très peu de mécanisation (Chine) ; avec des régimes capitalistes libéraux, des régimes capitalistes régulés, et des régimes socialistes.

Donc il n'est pas simple de définir avec précision les conditions sociales qui permettent le développement de l'agriculture, elles sont très diverses et nécessitent d'être adaptées aux cultures locales. En revanche, on peut constater que lorsqu'il y a ouverture non contrôlée sur le marché mondial et faible investissement dans l'agriculture, ou bien lorsqu'il y a collectivisation autoritaire, ça ne marche jamais : au commencement de l'activité agricole on trouve toujours le travail des agriculteurs et s'ils sont en permanence méprisés et qu'ils n'ont pas intérêt à travailler, ils le font le moins possible.

Les nouvelles révolutions technologiques agricoles qui doivent se mettre en place au XXI^e siècle ne pourront donc pas s'affranchir d'une vraie réflexion politico-économico-sociologique, pour comprendre dans quelles conditions humaines ces technologies peuvent se développer. Cela va bien au-delà de la « simple » économie qui, elle, est traitée dans ce rapport, quoique de façon partielle. Ce rapport au social et à la culture est particulièrement aigu dans quatre domaines qui sont mentionnés dans le rapport :

- il est absolument impératif de lutter contre le gaspillage, qui fait que 30 à 40 % de la production agricole mondiale est jeté. En la matière, chaque point de gagné sera une grande victoire. Mais sur ce terrain, les solutions vont bien au-delà de la technologie. Elles sont d'abord dans les têtes (des producteurs et des consommateurs), et dans le développement d'une culture collective anti-gaspillage adaptée à chaque pays. Il est un peu vain de poser le problème sans donner de pistes pour le résoudre (**ceci a été depuis souligné dans le rapport**) ;
- il paraît important et urgent de commencer à faire décroître de façon significative la consommation de viande et plus généralement de produits animaux dans les pays qui en consomment le plus. On se trouve là sur un terrain d'abord culturel, et qui n'est que très marginalement technologique et économique, puisqu'il s'agit en général de démocraties qui ne peuvent pas prendre des mesures autoritaires, alors même qu'une bonne partie de la population a les moyens de rester relativement insensible aux signaux économiques (**la dimension culturelle a été ajoutée au rapport**) ;
- la compétition pour le contrôle des bonnes terres agricoles sur la planète semble s'accroître fortement depuis la crise alimentaire de 2007. Cette nouvelle colonisation, qui démarre sous des auspices moins agressifs que la précédente (les pays européens ont colonisé le fusil à la main alors que les pays asiatiques colonisent aujourd'hui à coups de carnet de chèques) peut évoluer de façon extrêmement différente en fonction du choc culturel qu'elle va provoquer dans les différents pays. Assistera-t-on à une sorte de cercle vertueux d'augmentation de la production à intérêts réciproques grâce à un réinvestissement massif dans ce secteur économique, ou bien à des tensions sociales croissantes qui mettront en péril la paix dans ces

régions et donc la possibilité de produire ? (**ce problème est cité dans le rapport**) ;

- la mise au point des nouvelles technologies du type « agriculture écologiquement intensive » oblige à revoir profondément l'organisation sociale actuelle autour de l'innovation technologique dans les pays développés. Elle nécessite un nouveau pacte social entre les chercheurs, les écologistes et les agriculteurs, trois mondes qui se sont culturellement très éloignés. En particulier, elle implique de repartir sur des systèmes larges d'expérimentation sur le terrain, pour remonter de l'expérimentation à la science et non plus seulement l'inverse. Des systèmes qui nécessitent une participation décisive des agriculteurs et de leurs organisations, et même une sorte de reprise entre leurs mains des initiatives et d'une part importante de la direction des processus, dont ils ont été largement éloignés dans des modèles de recherche où il était admis que ce sont les chercheurs seniors qui déterminent ce qu'on doit chercher (**ce point a été inclus dans le rapport**).

2 | Attention aux mirages macroéconomiques

Il résulte des considérations précédentes que le problème de la résorption de la faim dans le monde (un phénomène qui est à nouveau en forte croissance) doit d'abord être résolu par des solutions politiques, économiques et sociales et non pas d'abord par une ou des nouvelles révolutions technologiques. L'Académie des sciences s'honorerait d'une modestie radicale en expliquant que les problèmes rencontrés ne sont pas d'abord scientifiques mais sont d'abord politiques (**cette dimension politique a été soulignée en introduction et conclusion du rapport**). Potentiellement, aujourd'hui nous avons la technologie pour nourrir 6,7 milliards d'habitants et nous n'y arrivons pas. Demain nous aurons des technologies pour nourrir 9 milliards d'habitants, y arriverons-nous ? De ce point de vue, le rapport donne légitimement beaucoup de place aux problèmes macroéconomiques. Le problème vient du fait qu'il accorde une place tout à fait déraisonnable au marché, ayant de ce point de vue-là beaucoup plus de mal à s'abstraire des idées dominantes et de la pensée unique que sur les autres aspects (**voir remarques sur les aspects économiques en fin de ces commentaires**).

L'idée de nourrir des centaines de millions de personnes, voire des milliards, en déplaçant d'un continent à l'autre des quantités énormes de nourriture (produits volumineux, pondéreux et périssables) n'est tout simplement pas réaliste. Les coûts logistiques associés dépassent largement les coûts de production des produits, et il s'agit bien d'un paradoxe consistant à dépenser beaucoup pour

nourrir précisément des gens qui n'ont pas d'argent pour acheter cette nourriture. Le marché sait faire des prouesses pour servir au mieux une demande solvable, mais par essence il ne peut pas assurer à lui seul un droit (celui de chaque être humain à se nourrir) indépendamment de toute considération économique. La très grande majorité des gens qui ont faim sur la planète sont précisément des paysans pauvres et isolés, que les phénomènes de commerce international n'arriveront pas toucher. Le problème essentiel est précisément d'augmenter leurs revenus, condition absolument indispensable d'une solvabilisation de la demande. Mais c'est d'abord en produisant de la nourriture et des services associés qu'ils pourront obtenir des revenus.

On assiste donc à ce paradoxe du marché qui fait que tant qu'il y a des excédents de production agricole disponibles et pas chers, et des transports maritimes sûrs et bon marché, on arrive à approvisionner les capitales et autres grandes villes situées au bord de la mer ou près des voies de communication. Les gouvernements locaux privilégient donc régulièrement le court terme : approvisionner leurs grandes villes sur le marché international pour éviter les troubles sociaux. Ce faisant, ils aggravent leur situation puisque les différences de productivité agricole sur la planète font que ces nourritures qui arrivent par bateau arrivent beaucoup moins chères que les coûts de production locaux. Chaque bateau qui rentre dans leurs ports ruine donc un peu plus la paysannerie locale, laquelle n'a d'autre choix que de quitter la terre pour gonfler encore plus les bidonvilles. Face à cela, la seule vraie politique de long terme consiste au contraire à protéger ses frontières et à soutenir financièrement fortement et durablement ses propres agriculteurs pour aider à leur formation, leur structuration, et leur accès aux techniques, ressources productives et crédits, le tout permettant une augmentation de la productivité. Mais cela prend du temps et nécessite donc des gouvernements stables, clairvoyants et courageux, aidés pour ce faire par la communauté internationale, et une période relativement longue sans problèmes majeurs d'approvisionnement.

Le rapport dit fortement que « les scénarios conduisant à un équilibre global entre l'offre et la demande alimentaire reposent sur l'hypothèse, vérifiée au cours des dernières décennies, que les échanges internationaux augmenteront fortement ». Pourtant actuellement, ces mêmes politiques conduisent à une forte aggravation de la faim dans le monde ; leur prolongation ne peut que provoquer une aggravation des tensions internationales. Le rapport se situe néanmoins toujours suivant la vieille optique généreuse : « il faut nourrir les gens qui ont faim », sans explorer suffisamment la nouvelle optique : « il faut d'abord arrêter d'empêcher les paysans du monde de se nourrir eux-mêmes ». De ce point de vue, les recommandations mondiales du type E11 (mettre en œuvre des programmes ambitieux de développement agricole des pays les plus pauvres) devraient passer largement avant les programmes du type E8 (maintenir la libéralisation du commerce mondial). (*voir remarques en fin de ces commentaires*).

3 | Répondre à la demande sociale d'éclaircissements sur l'agriculture biologique et les OGM, et approfondir les problèmes de la biodiversité

Le rapport reste très prudent sur les deux questions un peu manichéennes qui agitent la population française actuellement : « La bio va-t-elle sauver (ou plomber) le monde ? », et « Les OGM vont-ils sauver (ou détruire) le monde ? ». Cette prudence se comprend compte tenu du fait que ces deux débats apparaissent fortement piégés, mêlant largement raisonnements scientifiques et logiques et considérations philosophiques et religieuses qui ne sont pas du ressort de cette Académie. Il paraît néanmoins difficile de ne pas aborder de front les questions que se posent à tort ou à raison nos contemporains, ne serait-ce que pour les replacer dans un débat et une perspective plus large. L'impératif de pouvoir produire plus de nourriture en utilisant et en gâchant moins de ressources naturelles est absolument incontournable, et la Révolution verte des années 1950 arrive maintenant réellement à ses limites. Nous savons produire « plus avec plus » (plus de terre, plus d'eau, plus d'énergie, plus de mécanisation, plus de chimie), et il nous faut absolument apprendre à produire encore plus, encore mieux mais avec moins. De ce point de vue-là, deux grandes voies complémentaires s'offrent à nous : intégrer directement dans les plantes les services qu'on ne peut plus externaliser, pour leur faire produire ces services directement (repousser les insectes, repousser les mauvaises herbes, économiser l'eau, produire des protéines, produire des vitamines, résister aux agressions climatiques, dépolluer des sols, etc.), ou bien renaturaliser l'activité agricole en inventant l'agriculture écologiquement intensive, qui intensifie les processus naturels aux lieux d'intensifier les processus artificiels. De ce point de vue, les débats sur les OGM ne sauraient se limiter à l'utilité ou non des deux premiers OGM produits par une multinationale américaine. Et de la même manière, les débats sur l'agriculture écologiquement intensive doivent dépasser très largement ceux sur le bien-fondé de l'agriculture biologique.

En la matière, l'Académie des sciences gagnerait à trouver des arguments pour remettre un peu de raison au sein de positions monolithiques du type « tout ou rien » : on est pour ou contre les OGM (en général !), on est pour ou contre l'emploi de produits chimiques (en général aussi), on est soit bio, soit productiviste, etc. Aider nos concitoyens à passer du quoi au comment, non pas tellement qu'est-ce qu'il faut faire (OGM ou Bio), mais bien plutôt comment avancer, et si possible sur tous les fronts en même temps.

Dans le même sens, il paraît curieux que l'Académie des sciences emploie des arguments du type « il est important de maintenir une grande biodiversité

d'abord pour des raisons éthiques et esthétiques » (***Ces termes ont été supprimés du rapport, l'importance de la biodiversité a été mieux soulignée, et la question du génie génétique et de la sélection génomique ont été approfondies***). Il serait mieux qu'elle nous éclaire d'abord sur les raisons pratiques et scientifiques. Du coup, cet aspect de la biodiversité n'est pas assez approfondi dans ce rapport : la baisse de la biodiversité est-elle vraiment une menace au XXI^e siècle, de quel ordre se situe vraiment la menace, et quelles sont les mesures à prendre pour la réduire ?

4 | Mieux réfléchir sur le rôle futur de l'Europe

Il est évidemment difficile dans un rapport de ce type de mixer les considérations planétaires, continentales et nationales. S'agissant d'un rapport de l'Académie des sciences, il paraît néanmoins légitime qu'il tente d'éclairer les responsables français pour savoir comment mieux faire dans notre pays et comment co-construire une meilleure politique européenne. Ce point n'est pas suffisamment traité, et on reste un petit peu sur sa faim pour savoir quel rôle peut jouer l'Europe dans la promotion d'un monde où chacun pourra manger. Notre continent a historiquement eu beaucoup de mal à se nourrir puisque c'était l'un des premiers endroits sur la planète où il y avait beaucoup de bouches à nourrir et peu de terres et de ressources productives. La sécurité alimentaire européenne est maintenant réelle, même si elle est incomplète (nous échangeons énormément sur le marché international et en particulier dépendons beaucoup des autres pour les protéines végétales nécessaires à l'alimentation animale). En mettant les choses au pire, si nous nous retrouvons devant un problème de blocus continental prolongé, nous devrions être capables de continuer à manger, même si cela supposerait de réels changements de régimes alimentaires. Mais en la matière, les succès européens restent fragiles, en particulier parce que notre continent est encore très dépendant de l'énergie fossile et que le renchérissement à venir de l'énergie risque de poser d'énormes problèmes, surtout s'il est demandé à l'agriculture de produire à la fois toute notre nourriture et une partie de notre énergie. De ce point de vue, le rapport aurait pu essayer d'imaginer ce qui pourrait se passer si du point de vue de la sécurité mondiale, les choses se dégradaient.

Par exemple, on se situe dans une hypothèse volontariste en essayant d'explorer les voies qui permettraient de nourrir la quasi-totalité des 9 milliards d'habitants en 2050. Il serait bon néanmoins de voir l'esquisse d'un plan B. Que se passera-t-il si nous continuons à échouer, si le nombre de gens qui ont faim continue à augmenter de 50 millions par an pendant des décennies et que nous nous retrouvons avec un monde de deux milliards de gens qui ont

faim, voire plus, avec l'insécurité générale planétaire qui en résultera ? Comment l'Europe arrivera-t-elle à survivre dans un tel monde ? (***Cette hypothèse a été citée dans le rapport, dans la dimension politique du problème, mais n'a pu être élaborée plus avant***). Et en particulier, quelles relations faut-il mettre en place autour de la Méditerranée, notre espace géopolitique le plus proche, pour pouvoir assurer durablement un minimum d'alimentation à tous les peuples qui vivent à moins de 2 000 à 3 000 km de la France ? (***Cette idée a été introduite dans le rapport***). Comment arriver dès maintenant à enrayer le processus extrêmement préoccupant de gel de nos terres agricoles, qui fait que nous perdons en France environ un département agricole tous les 10 ans, alors que nous risquons d'avoir besoin au cours du XXI^e siècle de davantage de surface agricole sur notre territoire limité ? (***Cette perte en terre a été citée dans le rapport***). Comment arriver à ré-enclencher un phénomène de concentration de l'habitat, qui sera à la fois nécessaire pour des raisons énergétiques et pour des raisons alimentaires ?

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

COMMENTAIRE DE LA FONDATION ENSEMBLE

Irène Serot Almeras
Directrice

Vous abordez des problématiques cruciales. Lorsqu'on lit votre livre, on ne peut s'empêcher de penser que si un grand nombre en prenait connaissance, certains faits et leurs effets pourraient évoluer dans un sens souhaitable. Cidessous, « pêle-mêle », quelques remarques d'ordre général.

- Je pense que vous pourriez donner peut-être plus de pistes « pratiques » lorsque vous évoquez des points sur lesquels les acteurs pourraient agir. Peut-être qu'à la fin de votre ouvrage vous pourriez proposer un glossaire d'idées déjà réalisées sur le terrain, en rapport avec vos thématiques abordées ou de structures qui travaillent sur des mises en œuvre concrètes d'idées allant dans le sens de ce que vous préconisez. En D6 par exemple, on pourrait citer : diffusion de la pilule, investissement massif dans l'éducation des filles (et donc dans les conditions sanitaires dans les écoles), surtout en milieu rural, vérification des lois protégeant les filles (notamment dans les écoles car dès qu'elles atteignent la puberté elles ont bien souvent des problèmes avec les professeurs), etc. (**cette proposition a été citée dans le rapport**).
- Peut-être pourriez-vous insister sur l'effet de l'augmentation de la désertification, qui rend inutilisables certaines terres, la déforestation est peu abordée également, elle est la conséquence de ce que vous évoquez, notamment le besoin de consommation de viande (**remarque prise en compte dans le rapport**).
- Il y a une solution au niveau global que vous n'évoquez pas dans votre rapport, c'est le système de paiement pour services environnementaux (le post-Kyoto) ; c'est vrai que la réunion de Copenhague n'a rien décidé de précis, mais c'est quand même une demande croissante des pays du Sud.
- Dans les chapitres liés à l'agriculture, notamment dans la conclusion du chapitre 5, il me semble que vous n'abordez pas, dans les conséquences de l'utilisation des pesticides et autres produits chimiques, les incidences vécues par les agriculteurs : familles de producteurs de coton en Afrique qui interdisent aux femmes de venir travailler dans les champs, surtout

quand elles sont enceintes ; problèmes de pollution de l'eau notamment en Inde, Bangladesh, Afrique de l'Ouest ; problèmes sur la santé (fertilité) des agriculteurs dans les pays développés, etc.

- Une idée que vous pourriez peut-être lancer au moment où vous parlez des solutions collectives (recommandation A1) : le « green day », ou « jour vert », c'est un jour par semaine où les cantines collectives (d'entreprises, scolaires, hôpitaux, maisons de retraite, centres de vacances, etc.) servent du bio (**remarque prise en compte dans le rapport**).
- Lorsque vous abordez le sujet de l'agriculture raisonnée ou biologique, vous impliquez que ces techniques nécessitent un fort investissement scientifique et technologique. Je ne suis pas tout à fait d'accord. Les techniques me paraissent connues et justement ne nécessitant pas d'investissement puisque simples à mettre en place. Souvent d'ailleurs, ces techniques induisent pour les paysans des économies puisqu'ils n'ont plus besoin d'acheter d'intrants.
- Recommandation A3 : malheureusement il n'y a pas que dans la restauration collective que l'on trouve des pertes, mais dans les grandes surfaces, les lieux comme Rungis par exemple (**remarque prise en compte dans le rapport**) ; une expérience très intéressante de recyclage des fruits et légumes vers des épiceries solidaires est d'ailleurs menée qui donne de très bons résultats.
- Vous parlez des migrations climatiques, mais il y a aussi les migrations liées aux conflits qui peuvent naître d'un manque d'eau ou d'une insuffisance de sécurité alimentaire.
- Recommandation E11 : programme ambitieux de développement agricole des pays les plus pauvres : j'aurais peut être ajouté ici le problème lié au manque de moyens dans ces pays pour transformer les produits récoltés, le fait d'intensifier les cultures économes en eau (on connaît des techniques de culture de riz par exemple qui consomme deux fois moins d'eau), lutte contre l'érosion, etc. (**remarques prises en compte dans le rapport**).
- Recommandation P13 sur l'agriculture européenne : les pays développés qui ont participé presque à 100 % à la dérégulation climatique doivent être les premiers à instaurer des mesures drastiques pour essayer de ne pas pénaliser les pays du Sud. Ces pays doivent adopter des lois protégeant les forêts, par exemple en exigeant la vente sur leur sol de produits certifiés.
- J'aurais bien vu à la fin des recommandations un récapitulatif sous forme de tableau des mesures que vous préconisez, au niveau mondial, européen et nationales (**remarque prise en compte dans le rapport**).

- Chapitre 2, modification des surfaces cultivables : peut-être est-ce l'endroit pour évoquer l'avancée du désert et la diminution des surfaces cultivables ; combien de fois peut-on constater ces faits sur le terrain, des terres précédemment cultivées et qui ne le sont plus du fait notamment de la désertification (**remarque prise en compte dans le rapport**).

Il y a un problème qui ne me semble pas assez abordé, c'est celui (lié à la démographie) des besoins notamment de bois de chauffe. Encore une fois, les alternatives existent, elles sont connues (gaz, fours améliorés, énergies renouvelables, vent, soleil) mais il y a peu de volonté aux niveaux gouvernementaux pour les mettre en œuvre.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

COMMENTAIRE DU GRET (GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES, ASSOCIATION DE SOLIDARITÉ ET DE COOPÉRATION INTERNATIONALE)

Yves Le Bars

Président du conseil d'administration

1. Ce rapport a une grande ambition, celle de relier diverses approches au service d'une question cruciale, celle de la capacité de la planète à alimenter l'ensemble de sa population à échéance de 2050, qui risque d'être à cette date à un pic. Le rapport aborde ces différents aspects avec une grande ouverture, depuis la nutrition, jusqu'à l'économie mondiale, toujours dans une logique de développement durable : les enjeux environnementaux et des changements climatiques sont toujours présents. De nombreux ordres de grandeurs sont apportés. Retenons que la population augmente en hypothèse centrale de 50 %, et que la diversification alimentaire accroît la demande de 20 %. En face, les évolutions de l'offre sont plus difficiles à saisir : de nombreuses incertitudes subsistent (changement climatique, accès à la terre et à l'eau, épuisement éventuel des sols...). Mais, aujourd'hui, ce qui est sûr, c'est la persistance d'une malnutrition pour au moins 1 milliard de nos contemporains du Sud, alors qu'au Nord la malnutrition est source de surpoids pour 1,3 milliard (avec une perspective de 3,3 milliards en 2030, dont 800 000 dans les PED). La consommation de calories animales est dans les pays industrialisés environ de 1 400 kcal/j/habitant, alors qu'elle n'est que d'une centaine en Afrique subsaharienne : l'évolution de cette consommation de produits carnés est l'un des facteurs clés de l'équilibre alimentaire mondial futur. Des données régionalisées sont aussi fournies, avec des cartes en annexe.

2. Des approches complémentaires me sembleraient nécessaires. Trois paramètres de la question alimentaire mériteraient d'être développés :

- *L'alimentation a une dimension culturelle* (et même culturelle) forte : quand il mange, l'homme n'absorbe pas que des molécules, il est en rapport avec la planète et avec les autres... (**remarque prise en compte dans le rapport**). La tenue d'objectifs comme celui de 500 g de calories animales pour tous en 2050 ne me semble pouvoir être réussie que dans la prise

en compte de cette logique. N'est-ce pas parce que cette approche est souvent ignorée que l'obésité s'en trouve accrue ? Un chapitre sur ce sujet aurait donc été bien utile. C'est au moins un axe de recherche qui mériterait d'être privilégié. De ce point de vue, la dépendance alimentaire n'a pas du tout le même sens qu'une dépendance à des produits importés des technologies de l'information.

- *Les marchés mondiaux des produits agricoles sont des marchés de surplus* : ils portent sur une faible proportion de ce qui est produit et consommé, c'est même vrai pour le riz. (**cette proportion a été donnée dans le rapport**). Deux conséquences au moins à cela : la volatilité des prix est associée à cette situation. Cela doit nous encourager surtout à rechercher en priorité des équilibres locaux ou régionaux, avant de penser à l'organisation des marchés mondiaux. La Politique agricole commune de l'Union européenne nous offre un modèle de grande qualité, qui devrait être transporté par exemple dans une zone comme l'Afrique de l'Ouest. Voir l'éditorial du *Monde* du 15 mai 1947, encadré ci-dessous. Globalement je ne suis pas très à l'aise avec la dimension planétaire du rapport : les solutions sont en grande partie locales, périurbaines ou régionales : Européens, n'oublions pas ce que la PAC et ses protections nous a permis de faire... Le rapport ouvre d'ailleurs des pistes dans ce sens quand il écrit que les crises alimentaires étaient toutes associées à des problèmes de répartition et non à des pénuries absolues (**la dimension régionale du problème a été soulignée dans le rapport**).

Éditorial du *Monde* du 15 mai 1947 : La Croisade du blé

La France tout entière est à la veille de manquer de pain. Les moyens techniques susceptibles d'être mis en œuvre pour assurer la soudure apparaissent nettement insuffisants, le gouvernement a décidé de lancer une grande campagne destinée à remuer l'opinion, et à placer tous les citoyens, producteurs, intermédiaires, consommateurs, en face de leurs responsabilités.

Un comité national du pain, groupant les plus hautes personnalités spirituelles et intellectuelles du pays, est en voie de constitution. Le président de la République lui-même s'adressera ce soir à la nation.

Puisse cet appel être entendu ! Il reste en France suffisamment de blé et de céréales panifiables pour assurer la soudure. Le devoir est donc clair : tout ce blé doit être transformé en pain, et ce pain doit servir à honorer les tickets.

Rares sont les exploitations où quelques sacs rebondis n'ont pas été conservés dans un coin obscur du grenier. De bons Français peuvent-ils garder cette manne faute de laquelle des travailleurs, des femmes, des enfants, des vieillards seraient privés de pain ? Une même discipline s'impose au meunier,

au boulanger et au consommateur, qui, les uns et les autres, ont usé trop longtemps des tolérances qui leur étaient consenties.

Pour aboutir, cet effort n'aura pas à être soutenu trop longtemps. Une récolte exceptionnelle s'annonce au Maroc, en sorte que dès la fin juillet le marché pourra être soulagé. Mais il nous faut tenir jusque-là. (René Courtin).

- *La question urbaine dans les pays du Sud.* Dans mes fonctions au GRET, je plaide pour une plus grande prise en compte de cette question : les villes du tiers-monde vont accueillir dans les 30 ou 50 ans à venir près de 3 milliards de nouveaux habitants. C'est beaucoup à partir de la ville qu'il faut considérer la question alimentaire. Si pour l'instant le milliard de malnutris du Sud est pour l'essentiel en milieu rural, cela évolue, et l'épisode de 2007 (avec l'augmentation des prix des produits agricoles) y a contribué. J'ai eu connaissance d'une étude présentée à une réunion du CFSI en 2009, d'un économiste (Pierre Baris) sur les impacts de l'augmentation des prix du riz au Sénégal : l'augmentation des prix a provoqué le doublement de la production dans le delta du Sénégal ! La ville détermine la production agricole à sa proximité. Ce sont des filières qu'il faut faire fonctionner, reliant la ville à la campagne : la sécurité alimentaire se construit aussi dans ces relations à cette échelle, dans des systèmes alimentaires. Il faudra réussir à passer progressivement d'une économie informelle et peu productive à une autre échelle, avec insertion dans des circuits économiques. Les études de Jean-Marie Cour plaident pour « gérer l'économie localement en Afrique de l'Ouest », le programme Ecoloc et l'étude *West Africa Long Term Perspective Study* a montré que l'économie d'un pays ou d'une région peut s'interpréter non seulement comme une combinaison de secteurs ou de branches, mais aussi (et surtout) comme une congruence d'économies locales de petites régions constituées par un centre urbain (ou quelques villes proches) et son hinterland rural. C'est à cette échelle que se joue l'équilibre politique entre rural et urbain : les prix sont trop élevés pour les pauvres des villes, et pas assez rémunérateurs pour que les pauvres des campagnes y trouvent leur compte : c'est un enjeu considérable que de rendre cet arbitrage (**remarque prise en compte dans le rapport**).

3. Il y a de fortes relations entre tous les facteurs ci-dessus et les enjeux cités dans le résumé et les propositions. La baisse de la natalité est en partie dépendante de la nutrition des jeunes enfants, dont la survie pousse à l'espacement des naissances. Le développement d'une agriculture de proximité autour des villes (au Nord comme au Sud) va de pair avec une meilleure nutrition, avec retour à une culture de l'alimentation.

4. Je suis en accord avec beaucoup de positions prises, avec quelques remarques : en particulier je souligne mon accord sur ce qui est dit des biocarburants, la gestion de l'eau, le développement de l'aquaculture...

- *Sur la gestion des marchés agricoles mondiaux*, à condition de les voir comme de surplus et de sécurité. Et de les associer à des ensembles régionaux dotés de règles pour leur autosuffisance (**voir remarques sur les aspects économiques en fin de ces commentaires**).
- *Sur la question des achats internationaux de foncier*, en étant probablement plus restrictif que le texte lui-même : des accords entre États sont probablement plus solides que des règles de marché. Le foncier est sûrement un sujet de recherche à renforcer, et un thème d'action politique prioritaire. Les accaparements de terre existent aussi à l'intérieur des États, ceux qui ont accès au droit pouvant assez aisément prendre les droits au détriment des occupants historiques.
- *Synthèse à faire entre l'aide alimentaire et les exigences du développement*. Le GRET est confronté à cela, en particulier au sud de Madagascar, en Birmanie ou actuellement en Haïti, où nous vivons durement les contradictions de ces deux exigences. Les distributions gratuites en situation de crise sont devenues une menace de création de dépendances, destructrices de l'économie locale en émergence, et d'autant plus qu'elles sont vues du Nord comme une forme de gestion des surplus : la logistique de l'offre prend le pas sur un appui à la survie de la société et de ses habitants... Là aussi il y a aurait beaucoup de recherches à faire sur cette interaction entre réponse d'urgence et développement.
- *Si la démographie est un problème majeur*, il me semble qu'à l'échelle de 2050, il ne se traite qu'indirectement : le bien-être apporté par l'éducation et le développement (nutrition, santé publique) contribue à réduire les naissances « non voulues »...
- *La piste de l'agriculture dite intégrée*, avec moins d'intrants, et une meilleure rotation des cultures, sont mieux adaptées aux changements climatiques, et sont respectueuses de la santé et de l'environnement. Mais le programme ECOPHYTO R&D a montré que si l'on peut certes réduire de 35 à 40 % l'utilisation des pesticides sans perte de revenu pour les agriculteurs, il y a quand même une baisse des rendements de l'ordre de 10 % (cf. le dossier sur le site de l'Inra). Il faut aussi mesurer la disponibilité à long terme des engrais fossiles.
- *L'équité dans la répartition, et la gouvernance*. Saurons-nous trouver le chemin pour l'équilibre souhaité ? L'expérience montre que l'égoïsme des nations domine le jeu...

5. Enfin sur les propositions. Je me réfère aux deux enjeux les plus graves :

- celui de la répartition entre les habitants à 4 000 et ceux à 2 000 kcal/j, avec le croisement des « sous-nutris » et des « sur-nutris », et la réduction des gaspillages ;
- celui de l'organisation de solidarités d'abord à l'échelle nationale ou régionale, avec un accroissement des ressources à proximité des zones déficitaires, assortie d'une gestion mondiale des marchés « en réassurance ».

Les priorités pourraient alors mieux s'ordonner ainsi, en insistant d'abord sur :

- « avancer dans la lutte contre les surpoids au Nord » associé à « développer la production dans les exploitations familiales du Sud » ;
- organiser le marché mondial en renforçant les organisations régionales potentiellement autosuffisantes maîtrisant leurs importations.

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

COMMENTAIRE DU GROUPE LIMAGRAIN

Jean-Claude Guillon

Directeur Développement durable et communication

Avant-propos

Cette contribution résulte à la fois de la lecture critique du rapport sus nommé et des échanges entre lecteurs le 3 mai 2010 à l'Institut de France. Ce rapport a été initié dans un contexte de flambée des cours du lait et des céréales, mais celle-ci n'aura été qu'un simple feu de paille. Certains experts n'hésitaient pas à proclamer que les prix agricoles seraient durablement élevés. C'est dans ce contexte qu'est intervenu le bilan de santé de la PAC fin 2008, avec la poursuite du démantèlement des mécanismes de régulation. Le résultat ne s'est pas fait attendre : les prix se sont effondrés. L'Europe, et plus particulièrement la France, sont confrontées à une crise agricole aiguë, la plus grave depuis la mise en place de la PAC. Ma lecture critique intervient dans ce contexte, qui vient contredire de manière éclatante les hypothèses de bien-être maximisé par le libéralisme total. Les spécificités de la production agricole font que la dérégulation des marchés conduit inéluctablement à exacerber la volatilité des cours. Cette spécificité des marchés agricoles est aujourd'hui scientifiquement démontrée (cf. www.momagri.org). Ma lecture critique intervient aussi dans un contexte où le progrès des connaissances fait que nous allons vivre une véritable rupture dans le rythme du progrès génétique. C'est en fonction de ce double contexte que j'ai pu formuler des remarques et proposer des recommandations qui peuvent utilement compléter les réflexions de grande qualité qui composent ce rapport.

À propos de l'introduction

L'introduction donne le ton du rapport. Quelle n'a pas été ma surprise de constater, dans un rapport de l'Académie des sciences, l'absence de la science en tant que porteuse de potentialités pour résoudre les problèmes et relever les défis évoqués ! La phrase conclusive sonne comme un renoncement, avec un pessimisme malthusien omniprésent. Les mots en témoignent : de « *nouvelles inquiétudes ...* » ; des « *perspectives (climatiques) pas rassurantes* ». Rien sur les perspectives offertes par la science ! Or tout ce que l'on sait et tout ce que l'on entrevoit de l'évolution des connaissances et des technologies laisse penser que le XXI^e siècle ne donnera pas plus raison à M. Malthus que les précédents. Les recommandations présentées pour éclairer les politiques des pouvoirs publics

sont de fait empreintes de ce regrettable pessimisme. La posture est défensive. On sent poindre, sans que cela soit dit, les théories de la décroissance. Or, seule une croissance durable est à même de relever les défis. Nous sommes convaincus que cette croissance verte est à portée de mains. À deux conditions : miser sur l'innovation et sur la régulation des marchés agricoles. **(ces remarques ont été en partie prises en compte dans le rapport, en particulier sur le rôle de la recherche, mais le sentiment de gravité du problème reste).**

À propos de la synthèse

La synthèse comporte une appréciable diversité de considérations, mais elle retient davantage les éléments pessimistes que positifs. De fait, elle véhicule un pessimisme ambiant.

1 | Croissance démographique, migrations

Un manque regrettable : pourquoi ne pas dire que le seul moyen durable de contrôle de la démographie passe par le développement économique ? Encourager les gouvernements à sensibiliser leurs populations à ce problème revient à se placer en donneur de leçon.

2 | Nutrition, obésité, carences alimentaires

Un regret : la décroissance perle sous l'idée d'une politique drastique de limitation de la disponibilité alimentaire mondiale. Par bonheur, l'idée que l'augmentation de la production alimentaire apporterait des solutions est rafraîchissante. Le dernier paragraphe jette les bases de ce qui devrait sous-tendre une véritable politique agricole.

3 | Possibilité de nourrir la planète en 2050

Un diagnostic d'entrée de paragraphe globalement pertinent. Il manque toutefois une référence à la contribution de l'évolution des technologies pour doubler la production alimentaire (**remarque prise en compte**). L'autosuffisance alimentaire est-elle une fin en soi ? La souveraineté alimentaire n'est-elle pas un concept préférable ? Un exemple : Le Japon n'est pas autosuffisant et ne le sera

jamais. Pourtant personne ne s'en inquiète. À juste titre car son niveau de développement lui donne les moyens d'assurer sa souveraineté alimentaire. La façon dont est traitée l'Afrique est très surprenante. Voilà un continent qui dispose de ressources agro-pédo-climatiques considérables, avec la capacité, non seulement de se nourrir mais encore d'exporter des productions agricoles en direction de zones où le rapport population/surfaces cultivables exige des importations. Certes, la question est d'abord politique. Mais pourquoi cantonner l'Afrique au sous-développement? On retrouve le pessimisme ambiant!

4 | Conditions économiques et politiques pour assurer cette alimentation

Un postulat contestable : ériger en postulat de base l'idée que « *soit maintenue voire renforcée la libéralisation du commerce mondial dans tous les secteurs, agricoles et non agricoles* » ne résiste pas à une vraie analyse des réalités quotidiennes. La dérégulation des marchés agricoles imposée peu à peu par le GATT devenu OMC aboutit à un échec retentissant, avec une volatilité des prix qui déstabilise l'ensemble des filières. L'Europe, qui a cédé aux sirènes libérales, en démantelant les mécanismes d'organisation des marchés agricoles, est aujourd'hui confrontée à une crise sans précédent depuis la seconde guerre mondiale. Ne confondons pas économie de marché, qui reste le meilleur des systèmes, et dérégulation des marchés, qui, on le sait maintenant, est le pire. La crise financière en témoigne! (**voir remarques sur les aspects économiques en fin de ces commentaires**).

Le rapport souligne, à juste titre, la nécessité d'éviter des confrontations régionales déséquilibrées et de lutter contre la spéculation. Mais ériger en postulat que l'OMC est l'organisation la mieux placée pour avancer dans cette direction n'est pas crédible. L'OMC n'exerce aujourd'hui qu'un seul rôle : éradiquer les entraves au commerce mondial. Peu lui importe si des zones entières de la planète sont gravement déstabilisées par le flot de productions venu d'ailleurs. L'alimentation des hommes est un sujet beaucoup trop sérieux pour être confié à une organisation qui, par construction, ouvre les portes à la spéculation. La main invisible du marché est totalement incapable d'organiser l'équilibre entre offre et demande. Les travaux de *momagri* démontrent que l'instabilité des prix est inhérente aux marchés agricoles non régulés. Seule une gouvernance internationale peut y parvenir.

Le rapport indique à juste titre que l'Europe a un rôle à jouer pour contribuer à l'alimentation du monde. En revanche, le rôle structurant de la PAC n'est pas mis en valeur. La PAC n'a-t-elle pas été pendant longtemps un exemple de

politique agricole régionale réussie ? N'a-t-elle pas permis, *via* ses mécanismes régulateurs, de développer l'agriculture et les industries agroalimentaires des États membres de l'Union européenne ? Et de fournir aux consommateurs des produits sains et abordables ? Aujourd'hui, il est clair que la crise agricole actuelle résulte du démantèlement des mécanismes de régulation de la PAC.

5 | Agriculture et biodiversité

Un oubli : la biodiversité des espèces cultivées est un levier essentiel des progrès de demain (**remarque prise en compte**). Les nouvelles technologies de caractérisation et d'élargissement des ressources génétiques offrent des perspectives considérables. Des travaux qui refont le parcours génétique qui a conduit de graminées sauvages aux blés modernes sont en cours. Il est regrettable que cet aspect de la biodiversité soit absent du rapport.

6 | Moyens techniques à mettre en œuvre pour la production alimentaire

Une posture réductrice : affirmer que « les experts prévoient la poursuite de la diminution progressive du taux de croissance des rendements amorcée depuis plus de vingt ans » suggère que lesdits experts n'ont pas pris en compte les perspectives considérables offertes par les biotechnologies végétales¹. Le génotypage et le phénotypage à haut débit vont permettre de créer des variétés végétales cumulant des avantages génétiques difficilement associables avec les techniques conventionnelles (**remarque prise en compte**). Le progrès génétique, qui s'est effectivement émoussé depuis les années 1990, va retrouver des niveaux de croissance supérieurs à 1 % par an. Des variétés à la fois plus productives et plus économes en engrais et en eau, à la fois plus tolérantes à la sécheresse et plus résistantes aux insectes et aux maladies, vont voir le jour.

7 | Réduction des pertes

Les pertes et les gaspillages sont des fléaux. Il est regrettable de distinguer seulement les pertes à la récolte et les pertes de transformation. Les pertes avant

¹ L'intérêt de la sélection génomique a été introduit dans le rapport.

récolte sont également considérables. Ce qui est dévoré par les insectes ou ravagé par les maladies dans les pays qui n'ont pas accès aux facteurs de production se chiffre par dizaines de millions de tonnes (**cette question est débattue dans le rapport**).

8 | Biocarburants, chimie verte

Un regret : l'homme a eu, de tout temps, recours aux plantes pour se vêtir, se chauffer, se protéger. La traction animale consommait près de 15 % de la production. Opposer alimentation et chimie verte n'a de sens que si l'on postule que la production agricole ne pourra jamais faire face à ces deux besoins. Certains le pensent. Nous sommes convaincus que les deux sont possibles. Question d'innovation et de régulation des marchés.

9 | Changement climatique

Difficile de se repérer dans un maquis d'incertitudes. Les scénarios oscillent entre les extrêmes. L'agriculture a un rôle considérable à jouer pour apporter des solutions alternatives à la pétrochimie. Les agrocaburants permettent objectivement de piéger du CO₂. Des plantes plus efficaces permettront demain d'améliorer cette contribution.

10 | Les zones critiques

Une satisfaction : recommander que la recherche agricole adaptée aux conditions des pays les moins avancés et/ou en développement soit renforcée est l'une des pierres angulaires pour sortir du sous-développement. Un regret : le levier principal se trouve dans la mise en place de véritables politiques agricoles et alimentaires. Les agriculteurs ont besoin de visibilité et de revenus suffisants pour investir dans les facteurs de production. Les agriculteurs, qu'ils soient d'Afrique, d'Asie ou d'ailleurs, ne doivent pas être voués à une agriculture vivrière. Il est indispensable qu'ils puissent aussi commercialiser une partie croissante de leur production, afin de se créer des revenus. Il faudrait mettre en place une agriculture de type familial, consolidée par des formes de coopératives pour partager les facteurs de production et de commercialisation. Des politiques agricoles régionales permettraient de créer des zones de marché à l'intérieur desquelles les productions pourraient circuler librement, avec des prix fluctuant autour d'un

prix d'équilibre. Cette économie de marché régulée serait protégée vis-à-vis de l'irruption de marchandises à prix bradés (**cette dimension régionale du problème a été soulignée dans le rapport**).

Le think tank momagri (cf. www.momagri.org) propose une politique agricole et alimentaire internationale reposant sur ces principes.

À propos des recommandations

D6 - Je suis mal à l'aise avec cette recommandation qui, pour moi, sonne trop comme une leçon.

E8 - Cette recommandation affaiblit considérablement l'ambition globale du rapport. Elle repose sur un dogme, celui de la dérégulation, dont l'échec est aujourd'hui patent. De plus, elle est en complet décalage avec la politique nationale de retour à une gouvernance des marchés. Il conviendrait de recommander de mettre en place des politiques agricoles au sein d'une gouvernance mondiale (**voir remarques sur les aspects économiques en fin de ces commentaires**).

E9 - Seules des politiques structurelles sont à même d'apporter les réponses. L'intervention publique (**ce mot a été introduit dans le rapport**) est le seul moyen efficace pour assurer aux agriculteurs la visibilité et des revenus sans lesquels aucun développement durable n'est possible.

E10 - Limiter les effets de la spéculation sur les marchés agricoles passe d'abord par des politiques d'intervention publique, par exemple au moyen de stocks d'intervention. La réglementation des mécanismes des marchés à terme est indispensable, mais insuffisante (**voir remarques sur les aspects économiques en fin de ces commentaires**).

E11 - Cette recommandation donne le sentiment de « tourner autour du pot ». Pourquoi ne pas franchir le Rubicon et recommander des politiques agricoles régionales au sein d'une gouvernance internationale ?

P13 - C'est une recommandation essentielle. L'Europe n'a pas le droit de se replier sur elle-même ! En revanche, il manque une recommandation sur l'évolution de la PAC. Il faudrait une recommandation sur la refondation de la PAC. L'Europe a plus que jamais besoin d'une PAC à nouveau régulatrice. C'est d'ailleurs la position de la France.

P14 - À compléter par le volet biodiversité des espèces cultivées (**remarque prise en compte**).

P15 - Cette recommandation est centrale. Elle mérite d'être dédoublée, en distinguant d'une part le volet « pratiques agricoles » et d'autre part le volet « amélioration des plantes » (**remarque prise en compte**) :

- des recherches portant sur l'optimisation des pratiques culturales doivent être soutenues, notamment celles qui portent sur l'utilisation des technologies de l'imagerie et de l'information permettant d'ajuster l'apport d'intrants aux besoins ;
- des recherches portant sur la création de variétés végétales plus productives, plus efficaces pour utiliser l'eau et les engrais, plus tolérantes aux stress biotique et abiotique, doivent être soutenues ;
- le travail de prospective doit être encouragé. Toutefois il serait restrictif de limiter cette recommandation au seul projet Agrimonde. Les travaux de momagri méritent tout autant d'être soutenus.

P17 - La France est un pays qui étanche chaque année 67 000 ha par l'urbanisation et la construction d'infrastructures (soit l'équivalent en ruissellement supplémentaire d'un barrage de 200 millions de mètres cubes tous les deux ans) et qui n'investit pas dans la création de nouvelles réserves hydrauliques : est-elle la mieux placée pour apporter ses conseils éclairés aux autres nations ? Ne serait-elle pas plus crédible si elle relevait le défi de la création de nouvelles ressources sur son territoire ? Une recommandation sur ce thème serait utile.

P20 - Cette recommandation ne tient pas compte d'une réalité majeure : une partie significative de la production de viande rouge provient de la réforme de vaches laitières. Or les systèmes de pâturages extensifs ne sont pas adaptés à la production laitière écologiquement intensive (**remarque prise en compte**).

- Il manque une recommandation portant sur l'encouragement de l'amélioration génétique animale (**remarque prise en compte**). L'efficacité de l'assimilation des nutriments par les animaux d'élevage est un enjeu majeur. Des progrès considérables ont été accomplis, notamment pour les porcs et les volailles : il faut poursuivre dans cette voie, d'autant plus que la génomique animale ouvre des perspectives.

P21 - Cette recommandation gagnerait à être nuancée. Les agrocarburants de première génération ne sont pas condamnables en soi. La question centrale est celle de leur disponibilité, qui ne doit pas porter atteinte à l'alimentation. Cette année, les États-Unis vont transformer 100 millions de tonnes de maïs en agrocarburants. S'ils ne le faisaient pas, les cours du maïs et du blé se seraient encore effondrés, avec pour conséquence la ruine de millions d'agriculteurs.

C24 - La solution de fond passe par la mise en place de politiques agricoles régulatrices. Les risques de marché ne sont pas assurables ! Aucun système d'assurance privé ne peut fonctionner sans régulation (**voir remarques sur les aspects économiques en fin de ces commentaires**).

C25 - Cette recommandation est centrale. La constitution de stocks stratégiques est la seule voie pour assurer la sécurité alimentaire mondiale. Le stockage régional est indispensable, mais il ne suffit pas : il faut une gouvernance mondiale. Elle doit permettre à une autorité internationale d'acquérir ou de vendre en fonction des situations de rapports offre/demande.

C26 - Une recommandation invitant à mettre en place une politique agricole et alimentaire mondiale, pilotée par un Conseil Mondial de la Sécurité Alimentaire serait une belle conclusion de ce rapport (**cette idée est citée dans le rapport**).

COMMENTAIRE DE L'INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Jacques Charmes

Directeur de recherche

Le rapport préparé par l'Académie des sciences sous la direction de MM. H. Leridon et G. de Marsily est très intéressant, très fourni et d'une lecture agréable. Il aborde de façon relativement exhaustive les questions liées à la convergence des impacts des dynamiques démographiques, des changements climatiques et des modes de production agricoles et alimentaires et aux conséquences qui en résultent en vue d'assurer la nourriture de la planète. Mes remarques sont de trois ordres :

- parmi les manques, je relève l'absence de mention et de discussion au sujet des impacts négatifs que peut avoir le subventionnement des agricultures des pays riches sur le développement des agricultures des pays pauvres (**ce point important a été cité dans le rapport**). Malgré sa complexité ou peut-être à cause d'elle, c'est là une question qui doit être absolument abordée. Les excédents des pays du Nord qui fournissent à bas prix des produits de première nécessité permettent certainement d'assurer la survie de populations déshéritées, mais ils ont constitué des obstacles aux progrès d'un secteur rural qui est resté largement en marge des progrès et n'a pas été capable d'assurer un niveau de vie décent aux populations nationales, tant rurales qu'urbaines. Les conséquences sur les régimes nutritionnels et leurs impacts en termes de santé mériteraient aussi d'être traitées. La question de l'aide alimentaire, qui peut avoir les mêmes conséquences négatives, est en revanche traitée par le rapport ;
- parmi les points à renforcer, je relève que la recommandation D6 fait référence, à propos des questions de fécondité, à l'éducation des femmes et à l'amélioration de leur statut. Mais il n'y a pas que sur la question de la fécondité que cette recommandation mérite d'être proposée : elle pourrait être étendue aux questions nutritionnelles ainsi qu'au développement agricole. En d'autres termes, une recommandation forte, spécifique et pluridimensionnelle sur le statut des femmes renforcerait l'arsenal des recommandations (**cette remarque renforce celle de l'Association Équilibre et Population ci-dessus, et est citée dans le rapport**) ;

- les suggestions suivantes ont été prises en compte dans le rapport : une recommandation sur la définition de la pauvreté par la ration calorique ; la part de l'alimentation animale par rapport à l'alimentation humaine ; les revenus rapatriés par des travailleurs émigrés ; l'impact de l'élévation du niveau des mers sur les migrations ne se réduit pas à une diminution des superficies cultivées et de l'habitat, mais il s'applique aussi à toutes les autres activités humaines qui seront amenées à se réduire notamment du fait d'une réduction de la demande.

COMMENTAIRE DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES ET EUROPÉENNES

Sujiro Seam

Sous-directeur de la sécurité alimentaire, du développement économique à la Direction générale de la mondialisation, du développement et des partenariats

1 | Au niveau mondial, l'enjeu central est de développer le partenariat mondial pour l'agriculture, la sécurité alimentaire et la nutrition dans ses trois piliers (gouvernance, connaissance et finance)

Dans ce cadre, il s'agit de **soutenir la réforme du CSA** (comité de la sécurité alimentaire) pour qu'il devienne une plate-forme de coordination permettant d'assurer la cohérence des politiques qui ont un impact sur la sécurité alimentaire, en impliquant tous les acteurs concernés, pour formuler des recommandations stratégiques sur les différents secteurs (agriculture, commerce, développement, santé, environnement, éducation, recherche, énergie...). Il s'agit également de soutenir les travaux de l'équipe spéciale de haut niveau des Nations unies sur la crise alimentaire (*High Level Task Force – HLTF*) dans son rôle de coordination des politiques et des acteurs aux niveaux régional et national et de renforcer son lien avec le CSA. Il convient aussi d'appuyer la mise en place du groupe d'experts de haut niveau (*High Level panel of Experts – HLPE*), créé dans le cadre de la réforme du CSA, et **la réforme du GCGRI** (groupe consultatif pour la recherche agricole internationale), qui se trouve au cœur de l'architecture mondiale en matière de recherche agricole internationale pour le développement (**ces institutions et leur importance ont été citées dans le rapport**). Il est enfin indispensable de poursuivre les efforts consentis pour **inverser la tendance au désinvestissement** dans l'agriculture, la sécurité alimentaire et la nutrition, en favorisant un réengagement financier (aide publique au développement, financements privés, instruments innovants, fonds souverains).

2 | Les quatre piliers de la sécurité alimentaire (disponibilité, accessibilité, qualité, stabilité) doivent être pris en compte dans le cadre d'une approche équilibrée

Sur les questions de nutrition, qui renvoient à des problématiques de santé, éducation, comportement et société :

- dans le cadre d'une approche intégrée de la sécurité alimentaire, il est important de traiter des moyens d'améliorer le niveau de nutrition des populations les plus pauvres à travers une approche équilibrée faisant l'objet d'actions directes mais aussi de mises en place de politiques multiseCTORIELLES adaptées traitant des questions de production, d'accès et de nutrition ;
- c'est dans cette perspective que s'inscrit le **document d'orientation stratégique** sur la nutrition, validé par le CICID (comité interministériel de la coopération internationale et du développement) en 2010.

Sur les questions d'accès, qui ont une forte dimension économique, puisqu'elles sont conditionnées par la création de richesse, il est important de traiter :

- des **filets sociaux** (transferts en liquide, programmes alimentaires, subventions, aides agricoles, programmes nutritionnels...) et d'une meilleure répartition des revenus, de souligner l'importance des transferts financiers des migrants mais sans négliger la nécessité d'investir (**remarque prise en compte dans le rapport**) ;
- du **développement rural**, puisque la crise des prix alimentaires a provoqué des émeutes urbaines notamment parce que, dans certains pays en développement, l'urbanisation a été trop rapide par rapport au rythme de création de richesse dans les villes (**remarque prise en compte dans le rapport**). Ralentir l'exode rural (et non pas l'empêcher) n'implique pas seulement de mieux rémunérer les agriculteurs, mais aussi de favoriser la création d'emplois ruraux non agricoles. De ce point de vue, le secteur agroalimentaire dispose d'un fort potentiel, en particulier pour les femmes. Le développement rural permet aussi d'améliorer l'accès à la santé et l'éducation, d'électrifier les campagnes, de créer des routes et des pistes, de structurer les marchés locaux, de développer les filières agroalimentaires vers l'aval, pour *in fine* réduire le fossé qui s'est creusé entre les conditions de vie rurales et urbaines ;

- de **l'appui à la petite agriculture familiale**, qui ne doit pas être la seule résultante de l'aide publique au développement, mais mobiliser aussi les financements privés et innovants, ainsi que les fonds souverains ;
- de **la régulation des marchés**. La libéralisation des marchés est importante, mais l'instabilité des prix peut avoir de graves conséquences sur la sécurité alimentaire à court terme (accès des consommateurs à la nourriture) et à long terme (découragement des producteurs à investir et à accroître la production). Elle déstabilise les économies agroalimentaires et génère des déséquilibres des balances des paiements difficilement supportables pour les pays les plus vulnérables. Il est essentiel de mettre en œuvre de façon complémentaire des mesures de régulation des prix agricoles (stocks physiques, virtuels, sauvegarde spéciale, contractualisation...) et de gestion des effets négatifs de l'instabilité des prix (marchés à terme, produits assurantiels, fonds de lissage, filets sociaux de sécurité...) (**voir remarques sur les aspects économiques en fin de ces commentaires**) ;
- de **l'idée d'un observatoire**, en lien avec les initiatives existantes, telles que l'observatoire des agricultures du monde (OAM), porté par la France et logé à la FAO, le HLPE ou encore les systèmes mondiaux d'alerte rapide (FAO, États-Unis) (**remarque prise en compte dans le rapport**).

Sur les questions de disponibilité, renvoyant à la production agricole :

- le sujet des **organismes génétiquement modifiés (OGM)** est sensible, mais mérite d'être traité. La question des biocarburants gagnerait à être étudiée non seulement en termes de technique de production, mais aussi en termes de marché de consommation ;
- sur **les achats de terre**, une position française existe, qui traite notamment des questions de partage de la valeur ajoutée et d'intégration des questions foncières dans les politiques d'aide au développement afin d'aller plus loin que les initiatives en cours sur les grands principes à appliquer en la matière ;
- sur **l'élevage**, les recommandations visant à « moins consommer de viande rouge en France/développer la production dans les pays en développement » pourraient être nuancées, en faisant le lien avec les travaux en cours dans le cadre de « l'alliance mondiale », qui porte en particulier sur l'élevage et son potentiel en matière d'atténuation du changement climatique ;
- **le maintien d'une capacité de production agricole en Europe**, le développement d'une agriculture écologiquement intensive et l'importance de la dimension prospective sont à encourager.

Sur les questions de stabilité/régularité, prévention et gestion des crises :

- la France et l'Union européenne soutiennent l'évolution d'une aide alimentaire en nature vers une assistance alimentaire diversifiée favorisant les achats locaux et permettant de restaurer les capacités de production agricole, générer des revenus pour les paysans, améliorer la situation nutritionnelle des plus vulnérables, prévenir l'aggravation des crises alimentaires ;
- le rôle des stocks ne se limite pas à permettre de faire face aux pénuries, mais pourrait être examiné plus largement (fonction de stabilisation des marchés, stocks réels, virtuels, de terres cultivables).

3 | La connaissance, l'expertise, la science et la recherche méritent une attention particulière

- les questions de résistance aux chocs des systèmes alimentaires, au-delà des questions d'adaptation du matériel végétal ou des pratiques agricoles, devraient être approfondies en terme de combinaison des activités économiques (agricoles et non agricoles), contraintes et opportunités des mobilités/migrations, capitalisation économique (épargne), physique (stocks), sociale, mutualisation humaine des risques (solidarité, entraide...). La crise des prix de 2008 a conduit à rendre à nouveau légitime les questions d'intervention publique pour limiter la volatilité des prix ou en atténuer les effets sur les populations les plus vulnérables. La recherche devrait étudier les options ouvertes dans cette perspective et leur combinaison, les conditions institutionnelles et politiques de leur mise en œuvre et leurs effets attendus.
- la recherche devrait se pencher sur les questions liées à l'emploi, aux filets de sécurité et à la disparité des revenus. Elle devrait en particulier mieux identifier les potentialités et les rythmes de création d'emplois et de revenus de différents secteurs économiques (agricole, agroalimentaire, artisanat, industrie, services) face aux défis de la croissance démographique et de l'urbanisation rapide que connaissent encore de nombreux pays ;
- les effets sur la situation nutritionnelle de changements récents dans les sociétés en développement, liés à la demande (par exemple : augmentation des disparités d'accès à l'alimentation ou aux soins) ou à l'offre (par exemple : industrialisation agroalimentaire dans la transformation et la distribution) devraient être précisés ;
- la recherche devrait étudier les relations entre le coût des aliments et la qualité nutritionnelle et sanitaire mais aussi entre le coût et la qualité, en

tenant compte des **effets environnementaux et sociaux de la production et de la commercialisation des aliments**. Des méthodes de quantification des impacts et d'évaluation des options possibles en termes de développement de systèmes alimentaires durables sont à trouver ;

- enfin, le besoin d'informations sur la situation alimentaire et nutritionnelle et ses déterminants rend nécessaire un effort de la recherche pour mettre au service des dispositifs d'information existants les **acquis récents dans les méthodes de recueil et de traitement de l'information** (images satellitaires, méthodologies d'enquêtes de terrain) (*remarque prise en compte dans le rapport*).

Vj ku'r ci g'kpvgpvkqpcmf 'ighv'dnc pm

COMMENTAIRE DU MINISTÈRE DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE

Stéphane Le Moing

Chef du service des relations internationales, Direction générale des politiques agricoles, agroalimentaires et des territoires

Ce rapport aborde de façon constructive un sujet pluridisciplinaire et dégage des recommandations opérationnelles intéressantes, notamment la nécessité de mettre la question agricole au premier plan des préoccupations politiques et économiques des nations.

1 | La gouvernance est peu abordée, à la fois au niveau national, régional et international

Il serait utile de développer cette idée dans les recommandations. Le point 3 « économie et commerce mondial » aborde la question des politiques de développement agricole dans les pays d'Afrique subsaharienne (recommandation E11) mais s'arrête là. Or, la mise en place de stratégies et politiques intégrées en faveur de l'agriculture, de la sécurité alimentaire et de la nutrition est déterminante au niveau national et régional (CEDEAO par exemple). Au niveau international, la réforme de la gouvernance de l'agriculture, de la sécurité alimentaire et de la nutrition est en cours. Elle s'appuie sur **un partenariat mondial pour l'agriculture, la sécurité alimentaire et la nutrition, articulé autour de trois piliers (gouvernance, connaissance et finance)** :

- une nouvelle gouvernance doit permettre d'assurer la cohérence des politiques qui ont un impact sur la sécurité alimentaire, dans le cadre d'une approche ouverte et intégrée. La **réforme du comité de la sécurité alimentaire (CSA)** de la FAO donne naissance à une plate-forme ouverte de coordination, où tous les acteurs concernés (États et leurs différents ministères, organisations internationales et régionales, société civile, organisations non gouvernementales, organisations de producteurs, entreprises privées, fondations) sont présents et qui a vocation à définir des stratégies cohérentes pour la sécurité alimentaire ;

- la connaissance, l'expertise, la science et la recherche doivent être mobilisées au service de l'agriculture, la sécurité alimentaire et la nutrition. **La création du groupe d'experts de haut niveau** (*High Level Panel of Experts* – HLPE), dans le cadre de la réforme du CSA, permet de disposer d'un outil de synthèse de la connaissance et de l'expertise, à l'instar du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) dans le domaine du changement climatique. **Le GCRAI, qui chapeaute 15 centres de recherche agricole internationale**, est engagé dans une réforme de grande ampleur, visant à mettre en place une structure de gouvernance propre et à rationaliser ses modes de financement, au travers de « méga-programmes » dont les priorités de programmation sont à définir dans le cadre de conférences mondiales sur la recherche agricole pour le développement (Global Conference on Agricultural Research for Development – GCARD), organisées par le **Forum mondial pour la recherche agricole**. La première conférence de ce type s'est tenue à Montpellier les 28-31 mars 2010 ;
- il faut investir dans l'agriculture, la sécurité alimentaire et la nutrition pour inverser la tendance à la baisse des financements et de l'aide publique au développement sur ces thèmes. **L'annonce d'engagements budgétaires de 22 milliards de dollars**, à l'occasion du Sommet du G8 de l'Aquila, témoigne d'une volonté renouvelée d'investir dans l'agriculture, la sécurité alimentaire et la nutrition.

2 | Le discours sur la régulation est négatif (chapitre 6, paragraphe 2.3)

La question de la régulation des marchés internationaux est abordée uniquement sous l'angle de la mise en place de stocks tampon. La conclusion est que la mise en place de ces stocks pour stabiliser les prix internationaux des matières premières n'est plus un objectif réaliste : même s'il y a un gain de bien-être, ce gain est largement inférieur au coût de fonctionnement du stock tampon (**voir remarques sur les aspects économiques en fin de ces commentaires**).

Il serait utile de se référer à l'**étude Cirad-Ecart** (*European consortium for agricultural research in the tropics*) qui effectue une revue des instruments possibles pour traiter l'instabilité des prix alimentaires. Il en ressort quatre catégories, selon l'objectif – stabiliser les prix, ou gérer le risque lié au prix – et le mode de gouvernance – basé sur le marché, ou public. Cette étude donne le cadre d'action des interventions françaises en la matière et montre qu'il est souvent nécessaire de combiner plusieurs instruments pour faire face à la volatilité

des prix, et souligne notamment **la nécessité d'utiliser des instruments d'intervention de type public.**

3 | La recommandation C26 concernant la révision du programme de l'aide alimentaire mondial est ambiguë

L'aide alimentaire reste indispensable pour répondre aux situations d'urgence et de crise. La France et l'Europe ont adapté leur politique d'aide alimentaire afin qu'elle soit plus efficace, c'est-à-dire qu'elle réponde réellement aux besoins des populations en difficulté et qu'elle n'ait pas d'effet négatif sur l'agriculture et les marchés des pays touchés.

La France et l'Union européenne encouragent ainsi la promotion des achats locaux et régionaux qui permettent une meilleure adéquation entre les produits et les habitudes alimentaires des bénéficiaires, de promouvoir les productions locales et de réduire les coûts de transport. Ceci vise le soutien au développement de l'agriculture vivrière dans les pays les plus pauvres et cela demande **d'éliminer les pratiques perturbatrices des marchés locaux telles que l'aide en nature et la monétisation.**

L'aide alimentaire doit être déliée, c'est-à-dire être indépendante de nos surplus de production, être accordée sous forme de dons, d'aide financière et non en nature. L'aide sous forme de produits en provenance du marché européen est limitée aux actions d'urgence. La monétisation (vente des denrées dans le pays bénéficiaire en vue de générer des fonds pour financer des projets de développement) est exclue.

4 | Élevage et changement climatique (chapitre 5, paragraphe 4)

Dans sa publication « Livestock's long shadow » (2006), la FAO a attiré l'attention sur les impacts de l'élevage en matière d'environnement et notamment de changement climatique. Ce rapport affirme notamment que l'élevage serait à l'origine de 18 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, juste avant les transports (13 %). Le rapport (chapitre 5, paragraphe 4) reprend ce chiffre de 18 % annoncé par la FAO. Ce chiffre se rapporte bien aux émissions de gaz à effet de serre produites par les animaux et le fumier (méthane CH₄

notamment), mais il intègre également toutes les émissions produites en amont et en aval, tout au long de la filière agroalimentaire (alimentation du bétail, transformation des produits, transports, emballages). Ainsi, si on se limite à la production agricole *sensu stricto*, le GIEC estime qu'elle serait à l'origine de « seulement » 10 à 12 % des émissions, dont le quart environ serait imputable aux élevages. **Ce qui ramène la part de l'élevage à seulement 3 % du total des émissions (cette estimation est maintenant donnée dans le rapport).** Les principales sources de gaz à effet de serre liées à l'élevage sont les suivantes : changements dans l'occupation des sols (36 %), gestion du fumier (31 %), production animale (25 %), production d'aliments (7 %) (Steinfeld *et al.*, 2006). La FAO a d'ailleurs nuancé son rapport de 2006 en publiant son rapport 2009 sur la « situation mondiale de l'alimentation et l'agriculture » consacré à l'élevage.

À PROPOS DES COMMENTAIRES REÇUS SUR LES ASPECTS ÉCONOMIQUES DU RAPPORT

Jean-Claude Berthélemy et Pierre Dhonte

Commentaire général

Beaucoup de commentaires ont été faits autour des recommandations sur le commerce international. Plusieurs intervenants, critiques de la mondialisation, proposent une approche interventionniste dans le commerce international agricole avec des mesures de protection des marchés intérieurs et/ou (ce qui est potentiellement contradictoire) une gouvernance mondiale. La recommandation E8, en particulier, ayant fait l'objet d'interrogations lors de la réunion du groupe de lecture critique, nous tenons à apporter des clarifications.

Pour nous, poursuivre la libéralisation du commerce international n'implique pas l'absence de règles, mais le renforcement du rôle de l'OMC, instrument de gouvernance mondiale du commerce international. Libéraliser le marché international des produits agricoles ne veut pas dire libéraliser les importations alimentaires des pays pauvres, qui le sont déjà très largement de fait, mais plutôt les politiques interventionnistes sur les marchés des pays riches, dont les subventions agricoles introduisent des distorsions sur les marchés internationaux au détriment des agriculteurs des pays pauvres (PAC, subventions américaines aux producteurs de coton, etc.). Nous avons insisté sur la nécessité d'une libéralisation y compris en dehors de l'agriculture car nous sommes convaincus du fait que le problème posé dépasse le cadre des marchés agricoles : le nœud du problème pour les pays pauvres est de parvenir à se développer, et nous ne pensons pas qu'ils pourront le faire si l'accès aux marchés des pays développés ne leur est pas ouvert.

La libéralisation des marchés n'est pas dans notre esprit une panacée, nous avons écrit qu'il s'agissait d'une condition nécessaire, mais pas suffisante, que ce soit d'ailleurs en ce qui concerne les marchés agricoles ou les marchés non agricoles. Nous sommes pleinement d'accord, et c'est l'objet de plusieurs des recommandations E, qu'il faut des mesures complémentaires, en particulier de renforcement des agricultures locales des pays pauvres, et c'est le sens de la recommandation E9. Les recommandations E doivent être considérées **comme**

un ensemble de mesures complémentaires, pas comme un menu d'options dans lequel on pourrait choisir certaines et en rejeter d'autres, ou que l'on pourrait hiérarchiser.

Ceci vaut aussi pour la recommandation E10 qui est complémentaire de E8. Libéralisation du commerce ne veut pas dire libéralisation de la spéculation sur les marchés financiers. Cette confusion, souvent faite par les détracteurs de la mondialisation, nuit au débat. Rappelons par exemple que l'un des défenseurs les plus éloquents de la mondialisation, l'économiste indien Jagdish Bhagwati¹, a toujours prôné la libéralisation commerciale et pas la libéralisation financière. C'est dans cette optique que nous nous plaçons.

Il est paradoxal d'appeler à une gouvernance mondiale et de rejeter en même temps l'OMC. L'OMC est l'exemple même d'une tentative d'organisation multilatérale visant à introduire des règles de gouvernance mondiale. Rappelons qu'avant le GATT et l'OMC (jusqu'aux années 1940), il n'y avait pas de règles du jeu internationales en matière de politiques commerciales, chaque pays pouvant imposer souverainement des mesures de protection de son marché national, ce qui a abouti à des guerres tarifaires qui ont largement contribué à l'aggravation de la crise des années 1930. On peut regretter une démocratie imparfaite dans la gouvernance de l'OMC, en particulier le fait que les pays les plus riches aient un poids prédominant dans ses processus de décision, mais il faut quand même rappeler que si les intérêts des pays pauvres étaient mieux pris en compte à l'OMC cela impliquerait une remise en cause des politiques agricoles interventionnistes nationales telles que la PAC ou les subventions américaines, qui sont prônées par les mêmes promoteurs d'une gouvernance mondiale. Une meilleure gouvernance mondiale est certainement souhaitable. Dans notre esprit, cela impliquerait plus de règles multilatérales contraignantes pour les États, plutôt que la porte ouverte à des politiques de protection ou de subvention sur tel ou tel marché intérieur telles qu'elles ont été pratiquées jusqu'à présent par la plupart des économies développées en matière de commerce agricole.

Commentaires sur la question de la régulation des marchés

Le cadre analytique central sur lequel nous nous appuyons pour conclure que la mise en place de mécanismes de stabilisation des cours mondiaux n'est pas souhaitable, à supposer qu'elle soit réalisable, est celui développé par Newbery et Stiglitz², qui à notre connaissance reste le cadre de référence pour la communauté scientifique des économistes. Or on ne peut pas soupçonner Joseph Stiglitz d'être un défenseur inconditionnel du libéralisme...

¹Jagdish Bhagwati, *In defense of Globalization*, Oxford University Press, 2004.

²David M.G. Newbery and Joseph E. Stiglitz (1981) : *The Theory of Commodity Price Stabilization. A Study in the Economics of Risk*, Clarendon Press, Oxford.

Tout d'abord, il ne faut pas confondre régulation mondiale et régulation locale. En ce qui concerne l'instabilité des prix, nous nous sommes attachés, dans l'optique de ce rapport, à traiter de l'instabilité du marché international. La recommandation du ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche nous invitant à prendre connaissance de l'étude du Cirad³ qui montre qu'il y a plusieurs instruments possibles pour traiter l'instabilité des prix en est un bon exemple. Elle porte en réalité sur l'instabilité des prix alimentaires dans les pays en développement. L'étude du Cirad reprend le cadre de Newbery et Stiglitz, mais soutient qu'il doit être complété par l'analyse d'autres instruments de stabilisation. Les instruments complémentaires évoqués concernent cependant des stabilisations nationales et pas la stabilisation du marché international. L'étude du Cirad prône notamment comme instruments complémentaires **le recours au commerce international** (p. 16) et **la modernisation du marché** (dans les pays en développement) (p. 18). Nous sommes bien d'accord avec ces propositions, que l'on retrouve dans E8 et E9. Mais en aucun cas cela veut dire que des instruments de régulation nationale ou régionale stabiliseront le marché mondial. Ce ne serait tout simplement pas leur objectif, et des régulations nationales visant à déconnecter les prix nationaux des prix internationaux peuvent même avoir des conséquences inverses du point de vue du marché mondial.

Si l'on se place d'un point de vue mondial, une régulation locale peut en effet difficilement stabiliser le marché international, étant donné qu'elle a pour effet de réduire les quantités échangées sur lesquelles l'équilibre du marché doit se réaliser. Le marché international est étroit car il ne s'y échange qu'une faible partie de la production mondiale. Cette étroitesse du marché est un facteur évident d'accroissement de l'amplitude des fluctuations des prix. Toute politique locale visant à déconnecter le marché local du marché international ne peut que renforcer cet effet d'étroitesse du marché international, et donc contribuer à le déstabiliser. C'est d'ailleurs l'une des raisons qui nous poussent à dire que la recherche du meilleur équilibre possible au niveau mondial passe, en partie, par la libéralisation commerciale.

La question spécifique des effets de la PAC européenne, emblématique des approches de régulation régionale, doit être mentionnée ici. La PAC est souvent présentée comme la voie à suivre. La PAC a certainement aidé à améliorer le revenu de certains agriculteurs européens et à assurer à l'Europe une autosuffisance alimentaire. Mais il ne faut pas oublier le prix payé pour cela : environ la moitié du budget de la Commission européenne, des prix intérieurs plus élevés que sur le marché mondial (donc une perte de surplus pour les consommateurs, bien connue par les spécialistes du commerce international), une dégradation de l'environnement dans certains cas (algues vertes, pollution des nappes

³F. Galtier, Comment gérer l'instabilité des prix alimentaires dans les pays en développement ? Cirad UMR MOISA, novembre 2009.

phréatiques) et, comme nous l'avons déjà dit, une distorsion de l'équilibre des marchés internationaux au détriment des pays pauvres. Toute régulation des marchés, qu'elle soit locale ou mondiale, a un prix, et on ne peut pas souligner les mérites de la stabilisation des prix ainsi obtenue sans les mettre en balance avec les coûts directs et indirects qui lui sont associés.

S'agissant de l'assurance contre les risques de marchés ou de récoltes évoquée oralement, il faut bien reconnaître que des instruments existent, même si nous convenons (chapitre 6.3) qu'ils sont encore à un stade partiellement expérimental. Les risques de marché sont assurables, c'est un des objectifs des marchés à terme. Par ailleurs, même s'il est vrai que les solutions d'assurance ne sont pas aujourd'hui généralisées, elles existent aussi, et il est indéniable qu'il s'agit d'un domaine où de nombreuses innovations voient le jour. Nous avons mentionné par exemple les « *cat bonds* », qui sont déjà une réalité ; le CESE⁴ indique qu'il existe aux États-Unis et en Espagne des outils d'assurance de gestion des risques de rendement et de prix. Nous pensons par ailleurs avoir indiqué au chapitre 6.3 les difficultés de la mise en œuvre de ces approches et leurs limites.

Les enseignements des travaux à la Newbery et Stiglitz sont précisément que si l'on veut mettre en œuvre des instruments de régulation, ceux-ci ont un coût économique, en général nettement supérieur au bénéfice que l'on peut en attendre. Néanmoins, récemment, un document cité par Momagri⁵ présente une thèse selon laquelle la dérégulation des marchés conduirait inéluctablement à exacerber la volatilité des cours. Ce document propose un modèle théorique illustré par une simulation numérique, reposant principalement sur un mécanisme de type « *cobweb* » dans lequel les décalages d'anticipations de prix et de décisions de production par les agriculteurs conduisent à des déséquilibres temporaires entre offre et demande qui génèrent des fluctuations cycliques des prix. Ce mécanisme est connu depuis longtemps dans la littérature économique sur le fonctionnement des marchés agricoles ; dans le modèle de Momagri, il est par ailleurs amplifié par l'introduction de comportements de spéculation sur les marchés à terme. Avec ou sans spéculation sur le marché à terme, les mécanismes de type « *cobweb* » peuvent effectivement générer de manière endogène des fluctuations des prix. Cependant, la simulation qui est proposée n'est à aucun moment comparée à une simulation dans laquelle le marché serait « régulé » et elle ne peut pas, en elle-même, constituer une démonstration de la supériorité d'une solution de régulation, dont les instruments ne sont à aucun moment définis, par rapport à une solution d'équilibre de marché.

⁴Projet d'avis du Conseil Économique, Social et Environnemental sur « les modalités de formation des prix alimentaires : du producteur au consommateur ».

⁵Bertrand Munier, Boundedly Rational Exuberance on Commodity Markets, MOMAGRI working paper 2009/11.

Présentation à l'Académie
des sciences
par François Gros

Membre de l'Académie des sciences

- 6 juillet 2010 -

Démographie, climat et alimentation, ces trois mots recouvrent pratiquement l'essentiel de nos interrogations sur l'avenir du monde !

Pour autant, certaines questions demeurent centrales dans ce rapport :

- a) Comment éviter que se reproduisent les très graves crises alimentaires, comme celle qu'a connue le monde dans les années 2007-2009, et qui a suscité, dans près de 20 pays, des émeutes et révoltes de la faim, sachant, qu'à l'heure actuelle, plus d'un milliard d'êtres humains sont sous-alimentés de façon chronique (chiffre qui a crû de 150 millions d'individus en l'espace de deux ans) ?
- b) Comment parviendrons-nous à nourrir les 9 milliards d'individus qui, selon la plupart des études démographiques, constitueront la population du globe, aux environs de 2050 ?
- c) Comment concilier les efforts demandés à l'agriculture avec la question de plus en plus prégnante du respect de l'environnement ?
- d) Comment se prémunir contre les risques liés au changement climatique, en ce qui concerne l'agriculture ?
- e) Et surtout, comment tenir compte des contraintes économiques, pour assurer l'équilibre alimentaire de demain ?

Ce rapport, qui a été animé par nos deux confrères, Henri Leridon et Ghislain de Marsily, est le résultat du travail d'un groupe de personnes dont vous avez la liste, et qui émanent de l'Académie des sciences, de l'Académie d'agriculture de France et de l'Académie des sciences morales et politiques. Au groupe des membres de ces académies se sont joints des collègues extérieurs – 28 réunions de travail se sont échelonnées sur une période de deux ans.

Enfin, il faut rappeler que le présent document fait suite au rapport RST intitulé *Les eaux continentales*, coordonné par Ghislain de Marsily en 2006, ainsi qu'au tout récent rapport (2010) *Événements climatiques extrêmes*, coordonné par Henri Décamps. Est en préparation une autre étude intitulée « Gestion des sols et services écosystémiques ».

J'examinerai brièvement les points suivants :

1. Quelles sont les données du problème et les solutions, telles qu'abordées dans le rapport ?
2. Quelles sont les recommandations ;

3. Quelles sont les réactions du groupe de lecture critique ?

I – Données générales – Solutions proposées

Le rapport comprend deux grandes parties :

- la première, intitulée « Contraintes », analyse les situations et les défis, aux plans démographique et climatique, ainsi qu'en termes d'évolution des habitudes alimentaires, de lutte contre la faim et d'impératifs écologiques ;
- la seconde, intitulée « Les moyens de la production alimentaire en 2050 », examine comment répondre aux défis décrits dans la première partie pour assurer l'équilibre alimentaire d'ici à 2050.

Première partie « Contraintes »

1 | Démographie

Ce thème est abordé sous trois angles :

- les projections numériques concernant l'accroissement de la population ;
- l'urbanisation croissante ;
- les migrations.

1.1 Projections numériques

Les projections issues des analyses fournies par les institutions et organisations spécialisées, en France et au plan international (ex. : la Division de la population des Nations unies) conduisent à une valeur de 9 milliards d'habitants vers 2050.

Cela repose sur l'hypothèse, assez raisonnable, d'une certaine baisse de la fécondité, laquelle est aujourd'hui, en moyenne mondiale, de 2,5 enfants par femme (la Chine est passée de 5,7 à 1,8, l'Afrique se situe à 5,4).

Si la fécondité demeurait à son taux moyen de 2,5, les extrapolations conduiraient à une valeur de 11 milliards d'habitants en 2050.

Où vivront les 3 milliards d'habitants supplémentaires ?

D'une part, en Asie, avec un différentiel de 1,53 milliard d'habitants, d'autre part, en Afrique, avec un accroissement de 1,18 milliard, les populations de l'Amérique latine s'accroissant de 208 millions, celles de l'Amérique du Nord de 129 millions, tandis que l'Europe devrait afficher une diminution légère (36 millions).

1.2 Urbanisation

Une caractéristique majeure de la démographie, dans les 40 à 50 ans à venir, sera la concentration dans les villes ; la part de la population urbaine devrait passer de 49 à 70 %. La situation sera très critique dans les pays en développement, notamment en Afrique subsaharienne, car il s'agira, la plupart du temps de villes nouvelles dépourvues d'accès aux services de base et incapables de procurer les ressources suffisantes aux citoyens.

1.3 Migrations

On devrait assister à un accroissement des phénomènes de migrations, le nombre total de migrants ruraux, réfugiés climatiques, ou personnes fuyant les conflits de toute sorte, pouvant atteindre le chiffre de 2 millions par an.

2 | Climat

En ce qui concerne la nature, les causes et l'ampleur des changements climatiques, et les événements extrêmes liés au climat, le rapport s'est surtout penché sur leur impact prévisible au niveau de la production agricole.

L'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère, couplée à celle de la température, pourrait se traduire par un accroissement de l'ordre de 160 millions d'hectares de terres cultivables, consécutif à la remontée géographique du « permafrost », dans les régions du Nord, mais il devrait faire perdre, estime-t-on, de l'ordre de 110 millions d'hectares dans les régions du Sud, suite aux phénomènes d'aridification.

La remontée du niveau de la mer, selon l'étude du Giec de 2007, devrait faire perdre environ 10 millions d'hectares de terre dans les grands deltas asiatiques, lesquels fournissent 85 % du riz mondial.

Les déforestations qui ont de fortes probabilités d'être très intensifiées pour accroître les surfaces cultivables, devraient avoir des incidences défavorables sur le niveau de CO₂.

L'intensification de l'agriculture mécanisée à taux élevé de fertilisants, augmentera les besoins en énergie fossile.

Enfin, l'élevage est générateur, comme l'on sait, de gaz à effet de serre, tel que le méthane.

3 | Demande alimentaire actuelle et facteurs d'évolution

Le rapport aborde ensuite la question centrale : « quelle est la situation alimentaire actuelle et quels sont les facteurs prévisibles de son évolution ? »

3.1 Situation actuelle

En ce qui concerne la situation alimentaire actuelle, le groupe de travail fait les constats suivants :

Persistence d'une insécurité alimentaire massive, due à la sous-alimentation chronique dans divers pays à faibles ou moyens revenus. Plus d'un milliard de personnes sont aujourd'hui sous-alimentées, dont 98 % vivent dans les pays en développement. En valeur absolue, c'est l'Asie qui affiche le plus grand nombre de sous-alimentés (environ 650 millions de personnes), tandis que l'Afrique subsaharienne en affiche environ 350 millions, soit près de 33 % de la population, en dépit de progrès notables, notamment en Afrique de l'Ouest.

Au plan énergétique, le rapport rappelle qu'entre 1960 et 2003 les disponibilités alimentaires sont passées, au niveau mondial de 2 300 à 3 000 kcal/pers.j, contre une progression de seulement 2 000 à 2 800 kcal dans les pays en développement, l'Afrique subsaharienne demeurant au-dessous de 2 500 kcal/pers.j.

Quant aux pays de l'OCDE, c'est clairement la suralimentation qui prévaut en moyenne avec 4 000 kcal/pers.j, et une consommation exagérée de produits carnés, contrastant avec leur déficit dans de nombreux pays du Sud.

À côté d'une alimentation très insuffisante en apports caloriques, sévit, dans les pays pauvres, une malnutrition maternelle et infantile, assortie de graves carences en micronutriments (vitamine A ; fer, zinc et iode), cause de retards de croissance, l'ensemble entraînant, estime-t-on, la mort de 3,5 à 5 millions d'enfants de moins de 5 ans, chaque année, et étant responsable de 20 % de la mortalité maternelle.

Enfin, se développent depuis quelques années, au sein des populations défavorisées, (notamment dans les pays émergents, parmi les « ruraux » ayant migré dans les zones périurbaines) et ce, avec une rapidité alarmante, ce que l'on appelle « les maladies de transition », caractérisées par un taux très élevé d'obèses, souffrant fréquemment de maladies cardiovasculaires ou de diabètes.

La sous-alimentation observée dans les pays du Sud n'est pas due seulement à une insuffisance de la production alimentaire. Elle résulte souvent des inégalités dans la répartition des disponibilités alimentaires, et bien sûr aussi de la pauvreté, ainsi que des guerres et conflits régionaux.

3.2 Évolution souhaitable de l'alimentation entre 2000 et 2050 ?

La progression démographique, même si elle ne représente pas le seul facteur dans l'accroissement des besoins alimentaires des prochaines décennies, demeurera le facteur dominant. Mais il faut ajouter les changements qui se dessinent, dans les régimes alimentaires, et dans les systèmes d'alimentation tels qu'ils se développent dans les villes, l'industrialisation de la production alimentaire, l'essor de la grande distribution...

Comme cela sera développé dans la seconde partie du rapport, les stratégies pour une alimentation durable en 2050, impliqueront :

- dans les pays industrialisés, une limitation de la surconsommation actuelle des produits animaux, surtout des granivores, dont la production est beaucoup trop consommatrice de terres, d'eau et de grains ;
- dans les pays en développement, une augmentation des disponibilités énergétiques alimentaires, un accroissement de la ration en produits carnés, là où c'est nécessaire et à court terme, la lutte contre la sous-alimentation chronique, les malnutritions et les maladies de transition.

4 | Biodiversité

Le rapport consacre un développement important à la question de savoir comment concilier la préservation de la biodiversité avec l'augmentation nécessaire des surfaces cultivables.

Il propose :

- de séparer le moins possible les terres agricoles à production intensive des aires de protection de la biodiversité, en rétablissant la continuité entre les espaces ordinaires et les espaces naturels protégés ;
- d'adopter systématiquement des méthodes agricoles respectueuses de la biodiversité, laquelle joue un rôle majeur dans la fertilité des sols liée notamment à la réactivité essentielle des micro-organismes ;
- de diminuer l'usage des engrais et pesticides, afin d'éviter les pollutions et eutrophisations.

Tout cela, en conformité avec ce que l'on appelle aujourd'hui « une agriculture doublement verte » qui tente de concilier l'accroissement de la production agricole avec le respect de l'environnement, la variabilité des statuts économiques et l'équité sociale.

Deuxième partie « Moyens de la production alimentaire en 2050 »

Comme déjà évoqué, la deuxième partie du rapport est d'une importance capitale, dans la mesure où on y examine les moyens techniques et les ressources nécessaires pour réaliser l'équilibre alimentaire de la planète dans les 3-4 décennies à venir.

1 | Disponibilité des terres cultivables

On estime qu'environ 40 % de la surface totale des terres cultivables (et représentant un peu plus de 4 milliards d'hectares) sont déjà cultivées ; les terres non encore utilisées présentent de nombreuses difficultés d'accès, ou sont, selon les cas, trop humides, trop arides, ou trop salées...

Parmi les 3,7 milliards d'hectares de forêts, on estime qu'une partie non négligeable sera utilisée pour l'agriculture, avec les conséquences écologiques et climatiques déjà signalées. Parmi les 4,7 milliards d'hectares de surfaces herbacées et arbustives, la plus grande partie ne pourra servir qu'à l'élevage.

On trouvera dans le rapport des chiffres précis en ce qui concerne les disponibilités de terres cultivables par continent.

L'Asie utilise déjà la plus grande partie de son espace cultivable : 75 %. Cette proportion va jusqu'à 95 % pour l'Inde. Les surfaces restantes se situent en Indochine centrale (Birmanie, Thaïlande, Laos) et en Indonésie (Irian Jaya, Sulawesi, Bornéo...). Le Maghreb et le Moyen-Orient disposent de ressources en eau insuffisantes. L'Afrique subsaharienne a des réserves importantes ; elle n'utilise que 22 % des terres cultivables, mais est confrontée aux problèmes que l'on sait.

L'Amérique du Sud dispose d'une très grande quantité de terres à mettre en œuvre, mais au détriment de la forêt amazonienne.

L'Amérique du Nord a déjà utilisé l'essentiel des terres disponibles. Les terres restantes sont fragiles et peu utilisables.

L'Europe, comme les États-Unis, utilise déjà tout l'espace disponible, sauf à réduire la forêt. La Russie pourrait bénéficier de la grandeur de son territoire. Les rendements actuels y sont faibles, ce qui laisse une marge importante.

En entrant plus en détails dans les nouveaux modes de production, le rapport examine la situation dans les grandes exploitations mécanisées et dans les petites exploitations familiales.

S'agissant des grandes exploitations, elles vont être confrontées de plus en plus aux coûts de l'énergie, en particulier liés au labour, à l'achat des engrais azotés, des phosphates et de la potasse.

Les orientations préconisées sont :

- le semis direct, sans labour, ou avec travail minimum du sol ;
- l'agriculture biologique, c'est-à-dire ne faisant pas appel aux engrais ou aux produits phytosanitaires. Toutefois, les rendements sont plus faibles (d'environ 40 %) par rapport à ceux de l'agriculture conventionnelle ;
- l'agriculture dite « raisonnée », avec réduction des intrants chimiques et recherche de marges économiques plutôt que de meilleurs rendements ;

- l'agriculture dite « écologique intensive » préconisée lors du Grenelle de l'environnement, qui vise un équilibre entre agriculture conventionnelle et respect des écosystèmes.

Parmi les limitations des surfaces cultivables, l'une des plus importantes est la salinisation des terres qui concernerait déjà plus de 400 millions d'hectares.

En ce qui concerne l'eau, les experts estiment que, pour subvenir aux besoins futurs, sa consommation au niveau agricole devrait doubler. Or, l'agriculture est déjà l'activité humaine qui en est la plus grande utilisatrice (70 % des eaux douces prélevées servent à l'irrigation).

Autres limitations : les pertes au niveau du champ (mauvaises herbes, agents pathogènes, destruction des récoltes par les insectes).

L'amélioration des ressources alimentaires, outre la mise en culture de surfaces nouvelles, reposera sur **l'amélioration des rendements** :

- a) augmenter l'efficacité d'utilisation de l'eau, de l'azote et des phosphates ;
- b) pratiquer davantage les rotations d'espèces capables, grâce à la symbiose bactérienne, de fixer l'azote de l'air ;
- c) créer de nouvelles variétés végétales mieux adaptées à la sécheresse, résistantes aux stress, aux agents pathogènes, et ayant une meilleure efficacité photosynthétique, soit par sélection naturelle de mutations aléatoires, soit par sélection dite génomique, soit par les procédés de la transgénèse. En 2008, on rappelle que 128 millions d'hectares de surfaces transgéniques ont été utilisés dans le monde.

D'autres volets d'amélioration des ressources pour les années à venir, concernent :

- l'élevage (il y a un accroissement considérable des effectifs d'animaux, ce qui soulève d'ailleurs beaucoup de problèmes) ;
- les ressources halieutiques (on connaît les problèmes de surexploitation des stocks, liée en particulier au chalutage) ;
- l'aquaculture.

Mais un autre facteur qu'il conviendra de prendre en compte est la compétition qui va s'établir de plus en plus entre utilisation alimentaire et non alimentaire

de la biomasse. Les auteurs considèrent que la production des biocarburants de première génération (conversion des céréales en éthanol) est pour partie responsable de la flambée des cours agricoles entre 2006 et 2008. Or, l'Union européenne vise la production de 20 % de son énergie sous la forme d'énergies renouvelables, notamment d'origine agricole, d'ici 2020, et l'incorporation de biocarburant pour les transports routiers à hauteur de 10 %.

Quant aux biocarburants de deuxième génération, issus des déchets lignocellulosiques, des ressources forestières ou de certaines plantes annuelles, ils n'entrent pas en compétition avec la production alimentaire, mais demeurent dans une phase de recherche et de démonstration.

2 | Environnement économique

La dernière partie du rapport est consacrée aux aspects macroéconomiques des problèmes.

En ce qui concerne l'évolution des prix des produits alimentaires, les auteurs estiment que, si les conditions permettant un équilibre entre l'offre et la demande (avec des niveaux de prix relativement stables) ne sont pas réunies, on assistera à une hausse de prix dans l'hypothèse d'une offre insuffisante ; tout en admettant qu'il y aura des différences région par région, selon les besoins d'importation.

Pour assurer une sécurité alimentaire durable, le rapport table sur une plus grande fluidité des marchés internationaux, faute de quoi les mécanismes naturels inhérents à l'équilibrage des marchés ne peuvent jouer pleinement. Il prône donc un élargissement des marchés internationaux, et l'abaissement des barrières commerciales à l'exportation. Il n'est pas en principe favorable, en ce qui concerne les prix, à une réglementation stricte qui serait coûteuse pour les producteurs et les consommateurs. Il donne sa préférence à des codes de bonne conduite. En ce qui concerne la régulation des marchés internationaux, le rapport est réservé, quant à la constitution de stocks tampons.

Pour autant, les auteurs sont très conscients, dans ce chapitre, de la situation particulière des pays pauvres, où règnent la sous-nutrition et la malnutrition. En dehors des aides alimentaires d'urgence, ils insistent sur la nécessité de redynamiser fortement l'agriculture des pays concernés, avec des investissements portant sur l'irrigation, les structures de transport, les moyens de communication en réseaux, l'accès aux intrants et le développement de structures commerciales.

On rappelle d'ailleurs que les dirigeants du G8 réunis à l'Aquila, en juillet 2009, ont annoncé l'apport d'un financement à hauteur de 20 milliards de

dollars sur trois ans, pour améliorer la sécurité alimentaire, pas seulement l'aide alimentaire directe, mais aussi à travers des investissements dans la production agricole et les infrastructures rurales.

II – Recommandations

Le groupe de travail a avancé près d'une vingtaine de recommandations faisant écho aux idées et aux solutions proposées dans le rapport. Leur nombre et leur diversité ne permettent cependant pas de revenir spécifiquement sur chacune d'elles. Toutefois, on voudra bien trouver ici, sous forme résumées, certaines parmi les plus significatives.

Politique de recherche

- Encourager les recherches portant, d'une manière générale, sur la nutrition humaine et sur les conséquences pouvant résulter de ses déséquilibres potentiels.
- Stimuler les recherches inspirées des travaux récents en biotechnologies pour accroître les rendements agricoles, sélectionner des variétés végétales résistantes aux phytopathogènes et aux stress physicochimiques.
- Contrôler, voire proscrire la production des biocarburants de première génération, tout en encourageant celle des biocarburants de deuxième génération (lignocellulose) et troisième génération (algues).
- Encourager l'aquaculture, développer une halieutique moderne plus respectueuse des stocks et assurant leur renouvellement.

Stratégies visant à améliorer la politique alimentaire mondiale

- S'attacher dans les décennies à venir, à une agriculture à la fois plus « productive » et plus respectueuse de l'environnement. Tout en protégeant la petite paysannerie locale des pays du Sud, faire en sorte qu'elle puisse accéder graduellement à une économie de marché lui permettant de dégager des gains de production susceptibles d'améliorer à la fois l'accès aux outils et produits nécessaires à l'agriculture familiale, et les conditions compatibles avec une meilleure qualité de vie.
- Encourager l'économie du marché des produits agricoles au plan international, tout en luttant contre la spéculation et la rétention des stocks en cas de crise...

Réorganisation des systèmes de prévention et d'aide alimentaire

- Développer une politique alimentaire mondiale fondée sur une meilleure prévoyance des risques et sur des interventions plus rapides, en cas de crises alimentaires aiguës.
- Encourager la réduction de la consommation généralement excédentaire en calories et protéines d'origine carnée, qui sévit dans les pays industrialisés et qui est souvent à l'origine de diverses pathologies (obésité, maladies cardiovasculaires, diabètes...).
- Apporter une aide alimentaire d'urgence aux populations dénutries des pays du Sud, connaissant les problèmes de la faim, avec une attention particulière pour les mères et les enfants.
- Certains aspects de l'aide alimentaire doivent être pris en compte : d'une part, veiller à ce que les rations d'urgence soient mieux équilibrées en micronutriments, d'autre part (et sur un plan général) faire en sorte que cette aide, si elle est à moyen et long terme, n'entre pas en compétition avec les économies locales en matière agricole.

Problèmes généraux liés à l'accroissement démographique

- Développer et accroître les campagnes publiques visant à encourager la réduction des taux de fécondité trop élevés que connaissent encore de nombreux pays en développement.
- Améliorer partout le statut des femmes, lesquelles sont spécialement fragilisées par les crises alimentaires et sur qui pèsent les responsabilités locales les plus lourdes.
- Créer un Observatoire mondial pour analyser conjointement et pour prévoir les différentes « dimensions » des problèmes liés à l'accroissement démographique futur, à l'alimentation de demain, et aux incidences des changements climatiques sur l'agriculture et la biodiversité.

III – Commentaires du groupe de lecture critique

Ces commentaires sont nombreux et approfondis. Ils reflètent, par la finesse de leur analyse, l'intérêt, l'écho qu'a trouvé le rapport, jugé par beaucoup de commentateurs de façon très positive, même si cela n'exclut pas le souhait exprimé par certains de développer plus avant des aspects particuliers, ni, ici et là, quelques critiques.

- **Insister sur l'amélioration du statut des femmes dans le monde et dans les pays pauvres en particulier**

On fait remarquer que, s'agissant par exemple de l'alimentation, les femmes qui ont encore peu d'autonomie financière ont un important retard socio-économique. Elles contribuent pourtant largement aux ressources agricoles des PED étant en réalité responsables de 80 % des cultures vivrières et ne détenant cependant, que 10 % des moyens de production et des terres.

- **Pour plusieurs commentateurs, la question liée à l'urbanisation croissante des populations est tout à fait capitale**

Il faut, selon eux, se pencher davantage sur le fonctionnement futur des villes, en relation avec la question des approvisionnements alimentaires (eau, distribution) et sur l'agriculture de proximité.

- **D'autres souhaitent davantage d'accent sur les problèmes de gouvernance aux niveaux national, régional et international**

Ils rappellent que la réforme de la gouvernance de l'agriculture, de la sécurité alimentaire et de la nutrition est en cours, au niveau du Comité de sécurité alimentaire de la FAO, et évoquent l'importance des travaux menés par l'Équipe spéciale de haut niveau des Nations unies (High Level Task Force).

- **Divers commentateurs souhaitent que le rapport donne une place plus importante aux recherches de caractère biotechnologique**, en insistant davantage sur les techniques de sélection variétales et de transgénèse qui permettraient d'améliorer la résistance des plantes.
- **À l'inverse, ou symétriquement, d'autres estiment que les problèmes « culturels » et d'organisation sociale sont au moins aussi importants que la mise en œuvre de nouvelles techniques performantes.**

Pour eux, le rapport devrait donner plus de place aux sciences sociales et humaines, et apporter une écoute plus grande au monde rural.

- **Plusieurs commentateurs font référence au rôle de l'Europe dans la recherche d'un meilleur équilibre alimentaire mondial, en s'inspirant de ce qu'a réalisé la PAC.**

- **En ce qui concerne enfin le volet économique, certains d’entre eux, tout en saluant le fait que le rapport ait donné une place importante à la dimension macroéconomique des problèmes, sont réservés quant aux propositions de maintien de la libéralisation du commerce mondial et quant au rôle des marchés pour un meilleur équilibre dans les questions alimentaires des pays du Sud. Ils prônent plutôt l’établissement de réglementations internationales.**

Les auteurs du rapport ont tenu compte de ces remarques en rappelant d’ailleurs qu’ils n’ont pas, pour autant, négligé la nécessité de réglementations visant à lutter contre la spéculation, la rétention des stocks, l’achat des terres exploitables, etc., et à éviter que la petite paysannerie dans les pays pauvres soit victime des fluctuations des cours sur les marchés mondiaux, estimant qu’il faut aider les populations des pays pauvres à réaliser des gains de production leur permettant d’accéder à des marchés rentables.

Conclusion

Considérations générales

Ce rapport a requis un travail considérable. Il représente une impressionnante synthèse des questions soulevées par la recherche de l’équilibre alimentaire mondial pour les prochaines décennies. Il évalue, avec objectivité, les pistes qui s’ouvrent et les solutions proposées par les experts nationaux et internationaux.

Il n’a pas suscité moins de 28 réunions, assorties de nombreuses consultations émanant d’institutions scientifiques diverses, du monde agricole, etc. et inclut des contributions variées.

Rappelons que le groupe de travail comprenait également des représentants de l’Académie d’agriculture de France, ainsi que de l’Académie des sciences morales et politiques.

Ce rapport devrait donc rencontrer, me semble-t-il, un écho important au niveau des pouvoirs publics ainsi que des organisations nationales et internationales, mais aussi du public en général, compte tenu de l’importance (et de l’actualité parfois brûlante) des questions posées.

Même si, comme tout rapport RST de ce type, celui-ci est perfectible, le résultat dans son ensemble m’apparaît excellent et devrait entraîner l’adhésion de notre compagnie.

Commentaires particuliers

Compte tenu de la structure générale des rapports RST, laquelle implique, à côté des synthèses appropriées, un ensemble de contributions individuelles émanant de divers confrères ou spécialistes extérieurs, l'homogénéité rédactionnelle peut parfois en souffrir et l'on peut noter ici et là quelques redondances, sans doute inévitables. La synthèse générale qui figure au début du document revêt donc une importance toute particulière en regroupant les messages principaux. Toutefois, on peut se demander si, compte tenu de l'ampleur du sujet traité, de sa portée et de l'intérêt probable du public, la rédaction d'un ouvrage à large diffusion publique, ne serait pas envisageable à terme.

En ce qui concerne les développements proprement dits, et faisant écho à certaines remarques du groupe de lecture critique, je pense que le secteur des biotechnologies végétales, bien que bénéficiant ici de contributions de qualité, aurait peut-être mérité un développement plus étendu.

La même remarque s'applique aux problèmes concernant l'hygiène sanitaire, notamment le contrôle de la qualité des eaux, qualité souvent en cause, et donc à prendre sérieusement en compte pour réduire l'incidence des maladies transmissibles.

Certains commentateurs du groupe de lecture critique estiment que le rapport est parfois pessimiste ; d'autres ne partagent pas ce point de vue, puisqu'il ouvre de multiples pistes et avance de nombreuses recommandations.

On serait tenté d'évoquer ici la formule bien connue de Romain Rolland, selon laquelle : « il faut allier le pessimisme de l'intellect à l'optimisme de la volonté ». C'est précisément ce qu'a tenté, et à mon avis pleinement réussi à faire, ce rapport d'une grande richesse.