

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.

This page intentionally left blank

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

This page intentionally left blank

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.

This page intentionally left blank

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.

This page intentionally left blank

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 DERCOURT	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
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

This page intentionally left blank

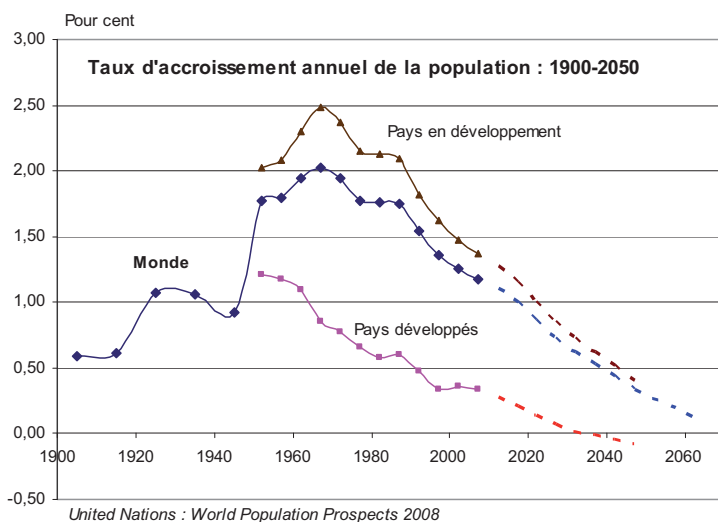
INTRODUCTION

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.

This page intentionally left blank

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