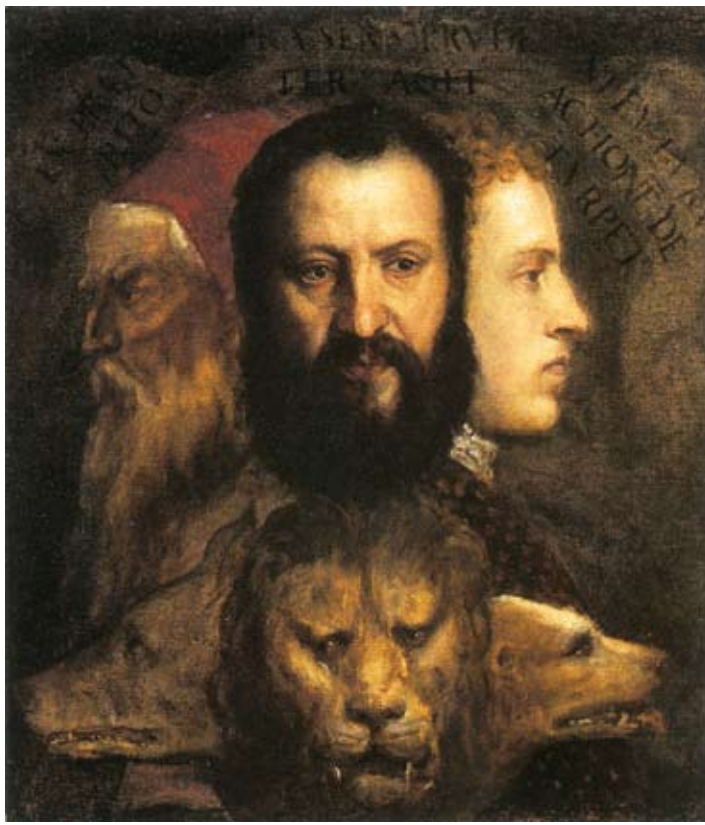
Joseph H. Hulse

DÉVELOPPEMENT DURABLE
un avenir incertain

Avons-nous oublié les leçons du passé ?

IDRC CRDI

pul



Titien, *Allégorie de la prudence,*
Source : National Gallery, Londres

Ex praeterito praesens prudenter agit
ni futura actione deturbet.

De l'expérience du passé le présent agit prudemment
de peur de mettre en péril l'action future.

Développement durable : un avenir incertain

Avons-nous oublié les leçons du passé ?

This page intentionally left blank

Joseph H. Hulse

Développement durable : un avenir incertain

Avons-nous oublié les leçons du passé ?

Les Presses de l'Université Laval
L'Harmattan
Centre de recherches pour le développement international
2008

Les Presses de l'Université Laval reçoivent chaque année du Conseil des Arts du Canada et de la Société d'aide au développement des entreprises culturelles du Québec une aide financière pour l'ensemble de leur programme de publication.

Nous reconnaissons l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise de son Programme d'aide au développement de l'industrie de l'édition (PADIÉ) pour nos activités d'édition.

Cette édition est publiée conjointement par
Les Presses de l'Université Laval
2305, rue de l'Université
pavillon Pollack, bureau 3103
Québec (Québec), Canada G1V 0A6
www.pulaval.com

et le

Centre de recherches pour le développement international
BP 8500, Ottawa (Ontario), Canada, K1G 3H9

www.crdi.ca/info@idrc.ca

ISBN 978-1-55250-375-1 (édition électronique)

Mise en page : In Situ

Maquette de couverture : Laurie Patry

© 2008, Joseph H. Hulse

Tous droits réservés.

Imprimé au Canada

Dépôt légal 4e trimestre 2008

Aucune partie de cet ouvrage, y compris sa couverture, ne peut être reproduite, sauvegardée dans un dispositif d'archivage ou transmise par quelque moyen que ce soit (électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou autre) sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur.

ISBN: 978-2-7637-8596-7 (PUL)

ISBN: 978-2-296-06534-5 (L'Harmattan)

Les Presses de l'Université Laval
Pavillon Pollack, bureau 3103
2305, rue de l'Université
Québec (QC)
G1V 0A6
www.pulaval.com

L'Harmattan
5-7, rue de l'École Polytechnique
75005 Paris
Tél. 01 40 46 79 20
Fax 01 43 25 82 03
www.editions-harmattan.fr

Cet ouvrage est dédié à la mémoire du professeur Y. Nayudamma,
ami très cher, scientifique indien d'exception,
ancien membre du Conseil des gouverneurs du CRDI.

Il a incarné toute sa vie ces propos maintes fois réaffirmés :
« La science n'est d'aucune utilité si elle ne sert pas à répondre
aux besoins des êtres humains, en particulier les plus démunis
d'entre eux. »

This page intentionally left blank

Table des matières

PRÉFACE (Professeur M. G. K. Menon) 1

AVANT-PROPOS 5

REMERCIEMENTS 9

1 INTRODUCTION. LE DÉVELOPPEMENT DURABLE : OBJECTIF ET PORTÉE DE CET OUVRAGE 11
Les difficultés de la définition et du concept 12
La mémoire organisationnelle 13
Des conceptions anciennes du développement durable 14
L'évolution du concept depuis la Deuxième Guerre mondiale 15
L'analyse des systèmes alimentaires 16
Les biotechnologies industrielles 17
Questionnements éthiques, idéologiques et politiques 18
Remarques d'ordre général 19

2 DÉFINITIONS ET CONCEPTS 21
Définition et caractérisation du développement 21
Qu'est-ce que le développement durable ? 22
Le développement durable : statique ou dynamique ? 24
Les premiers stades du développement humain 25
Le développement comme remède à la pauvreté 27
Complexité du développement international 28
La conservation des ressources 36
L'épargne nette corrigée 41
Des incertitudes encore irrésolues 42

3 LES PREMIERS PAS DU DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL 45
La Charte de l'Atlantique 45
L'Organisation des Nations Unies et sa Charte 46
Le système monétaire international 46
L'ONU et ses institutions spécialisées 47
L'affranchissement du colonialisme 48
La colonisation de l'Afrique 48
Le conflit au Moyen-Orient 49
Les conférences internationales sur le développement 49
Les objectifs des programmes de développement international 51
L'évaluation des programmes de développement international 56
Les Rapports sur le développement dans le monde de la Banque mondiale 58
Commentaire des Rapports sur le développement dans le monde de la Banque mondiale 71
Les Rapports mondiaux sur le développement humain du PNUD 73
RMDH 2003 73
Remarques conclusives 79

4 DE PEARSON À JOHANNESBURG 81
La Commission Pearson 81
La Commission Brandt 86
La Commission Brundtland 88
Pearson, Brandt, Brundtland : des parallèles 92
Les conférences internationales sur l'environnement et le développement 95
Le Sommet mondial des Nations Unies pour le développement durable (SMDD) 102
Remarques conclusives 105

5 LA PAUVRETÉ 107
Pauvreté et développement 107
La pauvreté dans les Rapports sur le développement dans le monde de la Banque mondiale 111
L'insertion 115
La sécurité matérielle 115
Obstacles au commerce et espoirs de réforme 118
Les recommandations du PNUD 119
Remarques d'ordre général 119

6 LE DÉVELOPPEMENT DANS L'AGRICULTURE ET LES BIOTECHNOLOGIES 121
Survivre et durer 121
Agriculture et biotechnologies 122
L'évolution de la planète Terre 123
Chasse et cueillette 124
Le régime alimentaire des premiers hominidés 125
De la chasse à l'agriculture sédentaire 127
Évolution démographique, économique et sociale des civilisations des vallées fluviales 129
L'agriculture romaine 133
De l'empirisme à l'agriculture scientifique 136
De l'alchimie à la chimie 139
La classification taxonomique 141
Mendel 144
Remarques conclusives 145

7 L'AGRICULTURE DURABLE 147
Des concepts divers et divergents 147
Autres commentaires et recommandations 149
Variations sur le thème de la durabilité 155
Les engrais chimiques 158
Controverses 160
Les modifications génétiques 171
Les avantages potentiels des cultures GM 176
Remarques conclusives 177

8 LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE DURABLE 179
Des définitions diverses 179
Sécurité alimentaire, revenu et pauvreté 181
Les réserves alimentaires stratégiques 185
La satisfaction des besoins nutritionnels 187
Croissance urbaine et sécurité alimentaire 193
Remarques conclusives 194

9 LES BIOTECHNOLOGIES INDUSTRIELLES 197
Les biotechnologies : définition et évolution 197
Les premiers pas des biotechnologies 198
La conservation des aliments 199

Du travail manuel à la mécanisation 200
Les industries alimentaires et pharmaceutiques 208
L'influence des supermarchés 209
Les biotechnologies industrielles : évolution et perspectives d'avenir .. 210
Le secteur biomédical..... 211
La bio-informatique..... 216
Les biotechnologies industrielles : tendances et perspectives 217
Les procédés de conservation 221
Remarques conclusives..... 226

10 L'ENVIRONNEMENT ET LES RESSOURCES..... 229
La formation de la planète et son évolution..... 229
La gouvernance des environnements et des ressources..... 230
Quelle durabilité pour les ressources planétaires ? 231
Bataille de chiffres autour de la capacité maximale de peuplement 232
« Vous tous, habitants de la terre... » 234
L'énergie 241
Atmosphère et climat..... 251
L'eau 261
Remarques conclusives..... 269

11 DES EXEMPLES DE PROJETS RÉUSSIS 273
Le projet Canada–Mysore..... 274
La recherche sur les systèmes d'exploitation agricole –
Les constatations de M. S. Swaminathan 282
L'emploi dans les entreprises agroalimentaires rurales..... 283
Les biovillages de la MSSRF 284
Le programme de santé et d'emploi VGKK/KT-CFTRI 285
Priorité aux zones intertropicales semi-arides 287
Les systèmes post-récolte..... 289
L'agroforesterie et la foresterie sociales..... 292
La gestion locale de l'eau..... 294
Les soins de santé essentiels en Tanzanie..... 297
Faire des vagues – en échappant au tsunami..... 300

12 QUESTIONNEMENTS POLITIQUES ET IDÉOLOGIQUES..... 305
Les systèmes de gouvernance..... 305
Des priorités politiques changeantes 306

Des politiques d'aide chancelantes 307
Des conceptions disparates de la démocratie 308
Quel est le but de l'existence humaine ?..... 312
Religion et politique 314
Des systèmes politiques éphémères 315
Le potentiel de l'Inde dans le commerce mondial..... 318
La participation du politique au développement national..... 319
Les gouvernements et la recherche-développement industrielle 320

13 ÉTHIQUE, COMMUNICATIONS, FORMATION..... 323
Concepts et questionnements éthiques..... 323
L'éthique dans les biotechnologies..... 324
Les avantages potentiels des modifications génétiques 328
La génomique fonctionnelle..... 332
L'éthique et les bio-industries durables..... 333
L'éthique dans le commerce international 336
Le degré de centralisation de la gestion des filiales à l'étranger..... 338
Résumé et conclusions 338
La formation des ressources humaines..... 339
Langage et communications..... 341
L'évolution des moyens de communication 342
Un grand oublié du développement : le suivi des progrès réalisés..... 346

ÉPILOGUE..... 349
Remarques conclusives..... 356

GLOSSAIRE 357

RÉFÉRENCES..... 369

INDEX..... 379

This page intentionally left blank

Préface

Professeur M. G. K. Menon

Un jour, mon grand ami J. H. Hulse (que, personnellement, je n'appelle jamais autrement que « Joe ») m'a demandé par téléphone d'écrire un avant-propos pour un livre qu'il était en train de rédiger sur le thème *Développement durable : un avenir incertain (Avons-nous oublié les leçons du passé ?)*. J'ai accepté sans aucune hésitation, et ce, pour plusieurs raisons. Premièrement, Joe et moi nous connaissons depuis très longtemps ; je suis heureux de le compter au nombre de mes excellents amis ; je le sais sérieux, intègre et toujours profond dans sa réflexion. Deuxièmement, le développement durable et la compréhension de ses mécanismes constituent pour moi la *question cruciale* qui se pose à nous à l'heure actuelle.

T. S. Eliot écrit dans *La Chanson d'amour de J. Alfred Prufrock* :

« [...] t'amener à une question cruciale.

Ah ! Ne demande pas ce que c'est.

Partons plutôt pour notre visite ! »

Ouvrons ce passionnant ouvrage de Joe Hulse, donc, et visitons-le avec grande attention !

Scientifique de formation, Joseph Hulse a travaillé dans le secteur industriel et dans des organismes d'aide, surtout à la promotion de la recherche et du développement. Ses compétences et son expérience professionnelles en font un spécialiste des sciences de la vie, en particulier en ce qu'elles concernent l'alimentation, l'agriculture et l'agroalimentaire. Il s'est fréquemment rendu en Inde et dans d'autres pays en développement. Il a dirigé le CASAFA, un comité du Conseil international pour la science (ICSU), alors que je présidais cet organisme. Ce comité a travaillé notamment à l'application des sciences aux secteurs agricole et alimentaire dans une optique interdisciplinaire, plus particulièrement dans les pays en développement.

Dans cet ouvrage, Joseph Hulse fait abondamment référence à un pays développé qu'il connaît très bien, le Canada. Il évoque Lester Pearson, un ancien Premier ministre canadien qui s'est illustré comme l'un des plus grands dirigeants du monde. Mais Joseph Hulse est aussi très au fait de la situation des pays en développement et il est animé d'une sincère compassion envers les pauvres de notre planète. Cet intérêt s'explique en partie par les nombreux séjours qu'il a effectués en Inde. Son ouvrage est tout entier imprégné de cette empathie. Joseph Hulse dresse aussi le bilan de plusieurs projets mis en œuvre par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), un organisme fondé par le Premier ministre Lester Pearson, et dans lequel Joseph Hulse a travaillé comme maître de recherches de 1970 à 1988. En tant qu'ancien membre du Conseil des gouverneurs, je ne peux que me réjouir du fait que le CRDI assure la copublication de cet ouvrage.

Ce livre s'intéresse à de nombreux thèmes se rapportant au développement durable. Je le trouve réellement instructif, passionnant et d'une lecture aisée. Chacun de ses chapitres procure une information riche et pertinente.

Cet ouvrage se distingue particulièrement par le fait qu'il s'appuie, ainsi que l'indique Joe lui-même, sur « une analyse philologique et philosophique des origines étymologiques des termes [...] et de l'évolution des concepts qu'ils désignent », et ce, pour chacun des domaines auxquels il s'intéresse. Il rappelle également des faits marquants de l'histoire des grandes civilisations et décrit les étapes qui nous ont menés à la situation actuelle. Ce livre est bien l'œuvre d'un érudit, pas celle d'un technicien.

Le développement durable suscite, surtout depuis un demi-siècle, un intérêt très marqué chez les spécialistes et dans le grand public. L'expression s'est largement répandue depuis qu'elle a été utilisée par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement présidée par madame Gro Harlem Brundtland, et dont le désormais célèbre rapport intitulé *Notre avenir à tous* a été publié en 1987. Il est toutefois intéressant de constater qu'un très ancien texte religieux de l'Inde nous exhortait déjà à la prudence il y a plus de 2 000 ans :

> « Tout ce qui est dans ce monde manifesté, immobile et mouvant, se trouve sous le regard et dans les mains de la Divinité. Utilise ses ressources avec mesure... Ne t'empare pas de la propriété de ceux qui viendront après toi. »

Cet égard envers « ceux qui viendront après toi », autrement dit l'équité intergénérationnelle, constitue la pierre angulaire d'un développement véritablement durable. Le concept n'est pas nouveau : on pourrait citer plusieurs textes anciens des quatre coins du monde qui l'évoquaient en leur temps. Les populations, alors, étaient encore peu nombreuses et les systèmes écologiques

leur assuraient des ressources à profusion ; le problème du gaspillage et de la conservation était donc essentiellement d'ordre éthique.

Plusieurs difficultés entravent les efforts que nous déployons actuellement pour mettre en œuvre un développement durable, notamment la croissance inexorable d'une population déjà très nombreuse ; le dilemme éthique posé par ces riches qui ne veulent pas partager leurs richesses avec les pauvres et qui s'exonèrent eux-mêmes de toute responsabilité envers les indigents ; les forces motrices à l'œuvre dans la mondialisation, l'économie de marché et la consommation insatiable ; et la pression visiblement croissante qui pèse sur les systèmes environnementaux indispensables au maintien de la vie. Ces constats soulignent clairement l'importance des dimensions éthiques dans nos modes de fonctionnement.

Je suis néanmoins optimiste, et convaincu que nous cheminons dans la bonne direction. Nous commençons à comprendre l'importance du développement sous toutes ses formes (politique, social, économique, scientifique, culturel, humain) ; les relations entre le développement, la pauvreté et la paix ; les possibilités d'action que nous offrent la science et la technologie pour améliorer les conditions de vie des êtres humains ; les enjeux scientifiques entourant les nombreux défis qui s'imposent à nous (climat, eau, désertification, énergie, etc.) ; et les interrogations éthiques qui sous-tendent tous ces axes de réflexion et d'action. Mais surtout, notre cheminement ne repose pas sur une sagesse qui nous aurait été révélée ; il progresse par les voies sinueuses de la consultation d'un nombre considérable de personnes et d'instances.

Le rapport de la Commission Brundtland me semble résumer très bien ce point de vue : « [la] survie de l'humanité et son bien-être peuvent dépendre de la mesure dans laquelle on saura élever le développement durable au rang d'une éthique mondiale. » Tel est notre impératif actuel !

Nous devons changer nos habitudes de consommation. Ainsi que le soulignait le Mahatma Gandhi : « Il y a suffisamment pour combler les besoins de chacun, mais pas pour assouvir la cupidité de tous. » À l'unanimité, hindouisme, islam, taoïsme, christianisme, confucianisme, bouddhisme ainsi que les innombrables autres religions plus ou moins répandues dans nos sociétés actuelles considèrent la sobriété dans la consommation comme une vertu. Nous devons maintenant apprendre à concilier la continuation de la croissance économique, indispensable au maintien d'emplois rémunérateurs, et cette nécessaire modération de la consommation.

Le livre de Joseph Hulse nous procure une information fournie et un terrain de réflexion privilégié pour aborder cette question cruciale. Je tiens ici à féliciter l'auteur des efforts remarquables qu'il a déployés pour clarifier

de nombreux questionnements relatifs à ce thème particulièrement complexe, et pour les exposer en termes limpides.

L'indéfectible soutien de son épouse, Adeline, a beaucoup nourri son travail – en tant qu'ami, j'en suis témoin. Je tiens donc également à féliciter Adeline de sa contribution à ce livre.

Enfin, je ne peux qu'être profondément touché par le fait que l'auteur dédie son ouvrage à la mémoire du professeur Y. Nayudamma, qui était également l'un de mes amis très chers.

Le professeur M. G. K. Menon est actuellement le président de l'Institut indien de technologie (Delhi), conseiller principal au Département de l'espace de l'Organisation indienne de recherche spatiale, président de l'Institut indien de la statistique (Kolkata) et président du Centre de recherche Raman de Bangalore. Tout au long de sa brillante carrière de scientifique et de décideur, il a occupé de nombreux postes de haut rang : ministre de la Science et de la technologie (Inde) ; secrétaire ministériel, ministère de la Science et de la technologie ; secrétaire ministériel, ministère de l'Électronique ; membre de la Commission de planification ; conseiller scientifique auprès du Premier ministre de l'Inde. Le travail du professeur Menon a été couronné de plusieurs distinctions prestigieuses, en particulier les prix Padma Bushan, Padma Vibhushan et Abdus Salaam.

Avant-propos

Cet ouvrage porte sur : (i) le « développement durable », une expression courante qui désigne généralement une utilisation éthique, conservatrice et prudente de toutes les ressources ainsi qu'une certaine bienveillance envers l'humanité et la biodiversité ; et (ii) l'incapacité des personnes et des organisations à tirer les enseignements du passé.

Les termes « développement » et « durable » seront analysés ici d'un point de vue étymologique et sémantique. Trop souvent, ils sont employés sans être définis avec exactitude ; les publications sur la nature et les modalités du développement durable regorgent par conséquent de concepts confus et divergents. Pour bien comprendre ce qu'est le développement durable, il faut d'abord réaliser une analyse systématique des facteurs et des ressources qui interviennent dans ce processus et qui interagissent entre eux, différemment selon le contexte. Le développement durable n'est pas un objectif qui s'atteint par un chemin linéaire ; il ne s'explique pas non plus au moyen d'une formule toute faite. Chaque processus de développement doit être analysé à la lumière de son contexte social, économique, physique, et parfois politique.

Qu'ils soient gouvernementaux ou non, rares sont les organismes qui se dotent d'une mémoire organisationnelle ou institutionnelle vivante et actualisée, c'est-à-dire qui établissent régulièrement un bilan analytique et critique de l'expérience acquise dans l'optique de formuler des stratégies d'action fructueuses et d'éviter la répétition des erreurs passées. Ainsi que l'ont observé nombre de philosophes éclairés, l'incapacité à tirer les enseignements de l'histoire ne mène qu'à l'infinie redite des mêmes méprises.

Cet ouvrage insiste également sur l'impérieuse nécessité d'établir un langage précis constitué de termes et de phrases limpides et sans équivoque aucune pour les destinataires de l'information ainsi transmise. Dans son essai intitulé *La politique et la langue anglaise* (publié en 1946 dans sa version originale), George Orwell souligne à juste titre que le laisser-aller langagier conduit à la pensée bête et à l'action insensée. La masse considérable des documents publiés sur le développement durable abonde pourtant en laisser-aller langagier : les auteurs autant que les organismes de développement

eux-mêmes parlent constamment du développement durable sans jamais dire quel sens exact ils donnent à cette expression.

Le présent ouvrage porte sur le développement humain, les conditions de vie économiques et environnementales, les ressources et les biotechnologies – agriculture, alimentation, soins de santé, procédés et produits diagnostiques, prophylactiques et thérapeutiques qui permettent la vie sur Terre.

Les publications sur le développement international s'intéressent à des thèmes très divers : aide et assistance aux collectivités démunies ; comptes rendus historiques du développement des biotechnologies agricoles, alimentaires et pharmaceutiques essentielles à la survie et à la santé humaines ; détérioration, par l'être humain, de l'environnement et des écosystèmes ; etc. Puisqu'elles sont trop nombreuses pour faire ici l'objet d'un bilan exhaustif, le présent ouvrage s'intéresse plus particulièrement aux évolutions que son auteur considère comme les plus significatives dans ces domaines :

a. Programmes d'aide ou d'assistance internationale ;
b. Passage de l'empirisme artisanal à la compréhension scientifique des biotechnologies indispensables à la survie, à la santé et au bien-être des êtres humains ;
c. Évolution des biotechnologies industrielles ;
d. Principaux questionnements entourant la détérioration de l'environnement et les changements climatiques ;
e. Surexploitation des ressources essentielles ;
f. Déplétion de la biodiversité, des terres arables et des réserves hydriques ; et
g. Enjeux éthiques et politiques du commerce international, de la répartition des richesses et de l'accès aux ressources essentielles.

Ce livre rappelle tout d'abord les préceptes de la Charte de l'Atlantique et les étapes ainsi que l'objectif de la création de l'Organisation des Nations Unies, de ses institutions spécialisées et des banques internationales de développement. Il dresse le bilan des recommandations émises par différentes commissions et conférences internationales, par les *Rapports sur le développement dans le monde* de la Banque mondiale et par les *Rapports mondiaux sur le développement humain* du PNUD. Il se penche sur les politiques gouvernementales et les actions humaines et industrielles qui dégradent l'environnement planétaire et en épuisent les ressources naturelles. Il décrit la progression des biotechnologies essentielles à la survie et à la santé humaines depuis 6 000 ans et expose les répercussions de la croissance urbaine débridée sur la sécurité alimentaire et sanitaire.

Les réactions suscitées par les catastrophes naturelles majeures (par exemple, le tsunami asiatique) et par les souffrances humaines imputables aux atrocités commises au Rwanda et au Darfour prouvent que la société civile se montre souvent plus sensible et compatissante que la plupart des gouvernements et des politiciens, plus préoccupés, eux, d'acquérir ou de conserver le pouvoir que de favoriser la survie et le bien-être d'hommes et de femmes qui ne peuvent pas voter pour eux.

Ce texte illustre l'incommensurable écart entre les sommes dépensées en armements et les engagements financiers pris envers les programmes de lutte contre la pauvreté et la maladie. Plusieurs observateurs tout à fait crédibles affirment aujourd'hui que les épidémies, la pollution atmosphérique et les changements climatiques planétaires représentent pour la santé et le bien-être humains des risques bien plus grands que n'importe quelle forme de terrorisme ; les graines de l'action terroriste, ajoutent-ils, trouvent toujours un terreau plus fertile dans les populations chassées de leurs terres et dépossédées de leurs biens, qui vivent dans l'extrême pauvreté ou subissent un chômage endémique chronique.

Plusieurs observations reviennent dans différents chapitres du présent ouvrage : cette insistance n'a d'autre but que de souligner l'importance de ces constats.

L'Allégorie de la Prudence de Titien résume bien la thèse centrale de ce livre :

Ex praeterito praesens prudenter agit
ni futura actione deturbet.

« S'appuyant sur le passé,
le présent agit avec prudence

pour ne pas entraver l'action future. »

J'espère que cet ouvrage saura informer et aider tous ceux et toutes celles qui s'inquiètent des souffrances humaines, de la détérioration de l'environnement et du pillage des ressources de la planète – en particulier ceux et celles qui s'engagent dans des programmes d'aide ou d'assistance internationale, qu'ils soient gouvernementaux ou non. S'il réussit à sensibiliser ses lecteurs aux expériences passées ainsi qu'aux politiques et priorités indispensables pour assurer un avenir équitable et pacifique à toute l'humanité et pour garantir la stabilité environnementale et la conservation de la biodiversité, il aura atteint son but.

Joseph H. Hulse
Mars 2007

This page intentionally left blank

Remerciements

Je tiens à souligner la grande amabilité du Conseil des administrateurs de la National Gallery de Londres, qui m'a permis de reproduire ici la toile de Titien intitulée *L'Allégorie de la Prudence*.

Un immense merci au professeur M. G. K. Menon des mots si généreux de son Avant-propos. Son savoir immense, sa compréhension fine et sensible des thèmes abordés dans ces pages ainsi que ses commentaires judicieux ont considérablement enrichi le contenu de cet ouvrage.

Par leurs encouragements, V. Prakash et M. S. Swaminathan m'ont convaincu d'écrire ce livre à partir d'une conférence prononcée en 2004 dans le cadre d'un congrès international tenu au CFTRI de Mysore. Qu'ils en soient ici remerciés très sincèrement.

B. K. Lonsane a annoté la première version de ce texte et m'a prodigué des conseils toujours très constructifs sur son contenu et sa présentation. Je lui en suis extrêmement reconnaissant.

Comment passer sous silence la contribution de Clyde Sanger ? Ce distingué Canadien, également journaliste international, a rédigé le texte de plusieurs des études de cas présentées dans le chapitre 10 et m'a soumis des recommandations très pertinentes concernant le contenu de cet ouvrage.

Toute ma gratitude est acquise à Bill Carman, éditeur au Centre de recherches pour le développement international, qui m'a patiemment et judicieusement conseillé, et qui a mené les négociations avec la maison d'édition.

Un merci très affectueux à mon épouse, Adeline, qui m'a recommandé d'incorporer à cet ouvrage *L'Allégorie de la Prudence* de Titien.

Enfin, bien que je cite la plupart des sources d'information que j'ai utilisées dans cet ouvrage, il va sans dire que j'assume l'entière responsabilité des opinions que j'y exprime et dont certaines, à n'en pas douter, ne feront pas l'unanimité parmi ses lecteurs.

Joseph H. Hulse

Juin 2007

This page intentionally left blank

I
Introduction

Le développement durable : objectif et portée de cet ouvrage

Cet ouvrage a pour objectif d'examiner dans une perspective historique la notion de développement durable ainsi que plusieurs concepts apparentés. Il aborde en particulier les sujets suivants.

a. Le développement international – La lutte contre la pauvreté, la misère, les iniquités économiques et sociales ; les facteurs susceptibles d'influer sur la sécurité alimentaire et sanitaire de l'humanité.

b. Les biotechnologies industrielles – Elles ont beaucoup évolué au fil du temps et interviennent aujourd'hui dans l'agriculture, la production, la conservation et la distribution des aliments, la fabrication des produits pharmaceutiques diagnostiques et curatifs.

c. Les inquiétudes que les percées majeures réalisées dans le secteur des biotechnologies agricoles et industrielles suscitent dans la société civile par rapport à la santé et la sécurité ; les questionnements quant à la capacité des milieux et des ressources terrestres à supporter la pression grandissante des activités humaines et industrielles.

Le terme « développement » peut décrire l'état, les modalités d'évolution ou la progression à plus ou moins long terme de n'importe quel phénomène ou activité humaine ou industrielle. Le credo moderne veut que tout « développement », quel qu'en soit le but, soit « durable ». Le « développement durable » constitue ainsi un objectif capital de même qu'un principe d'action maintes fois réaffirmé des agences internationales, des gouvernements nationaux et de leurs ministères, des industries (en particulier celles qui dépendent des ressources naturelles et des biotechnologies), de divers organismes et des

secteurs de la société civile qui se préoccupent de développement humain, de préservation des milieux naturels, de biodiversité et de ressources essentielles.

C'est dans les années 1970 que l'expression « développement durable » s'est enracinée dans le langage courant. Depuis, l'adjectif « durable » qualifie généralement les processus et les activités qui cheminent d'une manière efficace mais économe, prudente, en puisant avec retenue dans les ressources, sans en compromettre la conservation ou le renouvellement, et qui, selon toute probabilité, ne devraient ni nuire à la santé et au bien-être des humains et autres organismes vivants, ni détériorer les milieux écologiques et autres environnements. Le concept de développement durable ouvre la voie à toutes sortes d'interprétations qui s'articulent en dimensions diverses et complexes – certaines peuvent faire l'objet de mesures, descriptions, déterminations ou observations fiables ; d'autres découlent de principes éthiques, d'idéologies politiques ou sociales, d'opinions personnelles, d'idées préconçues.

Les difficultés de la définition et du concept

Cet ouvrage s'ouvre sur une analyse philologique et philosophique des origines étymologiques des termes « développement » et « durable » et de l'évolution des concepts qu'ils désignent. Dans un domaine marqué par le foisonnement des perceptions vagues, imprécises, et des objectifs confus, souvent contradictoires entre eux, une telle analyse s'avère indispensable. Les dissemblances conceptuelles apparaissent clairement en regard du « développement international » (une aide organisée fournie aux collectivités et aux pays pauvres en vue d'améliorer leur qualité de vie, leurs possibilités d'emploi et leurs systèmes de gouvernance), de l'agroalimentaire et des biotechnologies agricoles et industrielles, et de différents programmes de recherche bioscientifique.

Les opinions divergent quant aux répercussions probables des interactions entre l'environnement, le climat et l'évolution démographique sur les activités humaines, agricoles et bio-industrielles ; quant aux enjeux relatifs au commerce international ; quant aux possibilités d'action qui s'offrent aux entreprises transnationales ; et quant aux répercussions possibles de la pauvreté et des iniquités sociales sur les troubles civils et les conflits internationaux.

Le « développement », quelle que soit la manière dont on le définisse, exige la mise en œuvre d'une analyse systématique des facteurs, nombreux et complexes, qui déterminent ou orientent les changements et les progrès économiques, sociaux et technologiques. Il est incontestable que, si les prin-

cipes scientifiques fondamentaux sont universellement valables et applicables, les technologies et les systèmes politiques, eux, ne peuvent pas toujours être directement transposés d'un pays ou d'un groupe humain à un autre, dont les ressources, les contraintes, les traditions et les comportements sociaux diffèrent.

La mémoire organisationnelle

Ainsi que le montre l'analyse des activités de développement international depuis la Deuxième Guerre mondiale, rares sont les agences de développement qui conservent une mémoire organisationnelle exhaustive et fiable ; de plus, la plupart des administrateurs semblent ignorer en grande partie ce qui s'est fait avant eux. « On ne se souvient pas des choses anciennes », souligne le Livre de l'Ecclésiaste. Or, écrivait Cicéron, « ne pas connaître ce qui est advenu, c'est s'enfermer dans l'enfance à jamais[1] ». George Santayana, philosophe natif d'Espagne, rappelait dans *Life of Reason* que ceux qui n'apprennent pas les leçons de l'histoire sont condamnés à répéter les erreurs du passé. « La mémoire historique est le seul guide sûr pour naviguer d'une manière rationnelle dans les eaux mystérieuses d'un avenir incertain », résume judicieusement un auteur anonyme. De nombreuses publications citées dans le présent ouvrage le confirment : l'avenir du développement est, justement, très incertain – et ce, quelle que soit la manière dont on définisse ou conçoive le développement. Toutes les personnes et tous les organismes qui s'attachent à élaborer ou implanter des programmes de « développement » seraient donc bien avisés d'étudier les leçons du passé.

Le texte qui suit analyse le développement international dans une perspective historique en commençant par la Charte de l'Atlantique, la création des banques internationales de développement, et la fondation de l'Organisation des Nations Unies et de ses instances. Il dresse ensuite le bilan des innombrables conférences, commissions et publications qui se sont consacrées aux progrès réalisés et qui ont défini des priorités et des programmes d'action pour soulager la pauvreté et la malnutrition tout en préservant les ressources indispensables au maintien de conditions d'existence satisfaisantes pour les générations futures. Cet ouvrage se penche en particulier sur le cas des pays qui sont passés d'une relative pauvreté à une certaine prospérité ; il explique pourquoi d'autres pays sont restés à la traîne et décrit les disparités

1. Les citations pour lesquelles on n'indique pas de source en français, ni dans le corps du texte, ni dans la section Références en fin d'ouvrage : Notre traduction. (NdlT)

économiques et sociales considérables à l'intérieur des pays et entre eux dans l'accès aux biens et services de base et dans les possibilités d'action.

Les indicateurs du développement humain et du développement des collectivités ont grandement évolué au fil du temps. Alors que les indices d'autrefois restaient strictement économiques (le produit national brut par personne), nous disposons aujourd'hui d'indices plus complexes qui tiennent compte de la santé, de l'instruction, des conditions sociales, de la protection des milieux écologiques et des espèces, et des systèmes de gouvernance. Cet ouvrage fait le point sur le développement agricole et urbain depuis les civilisations anciennes des vallées fluviales jusqu'à la mécanisation et aux modifications génétiques de l'ère moderne ; il décrit aussi les processus qui ont mené les industries agroalimentaires et pharmaceutiques depuis les méthodes artisanales fondées sur l'observation, la perception et l'empirisme jusqu'aux biotechnologies dérivées d'une recherche-développement scientifique systématique. Il définit et analyse les biotechnologies (au pluriel) d'une manière plus complète que ne le font généralement les observateurs de notre époque quand ils résument la biotechnologie (au singulier) aux recherches en génomique et aux modifications génétiques d'espèces botaniques ou zoologiques.

Des conceptions anciennes du développement durable

L'idée que le développement, quel qu'en soit l'objectif, doit s'inscrire dans le long terme et non dans l'éphémère, et que la demande et la consommation actuelles ne doivent pas déposséder les générations futures – cette idée n'est pas neuve : elle remonte à plusieurs siècles. Au 3e siècle AÈC[2], Tertullien écrivait : « Notre nombre est un fardeau pour le monde, qui peine à nous fournir ses éléments naturels en quantités suffisantes pour nos exigences croissantes. »

Si le Joseph de la Bible a véritablement existé, est-ce à cause d'un songe qu'il a entrepris d'entreposer les céréales récoltées pendant les années d'abondance afin de pourvoir aux besoins des années de disette ? Ou cette décision reposait-elle sur la connaissance qu'il possédait de certains registres ? Avant lui, plusieurs dynasties égyptiennes avaient noté annuellement la date de crue maximale du Nil et inscrit les années privées de pluies par les sécheresses sévissant dans les hautes terres d'Éthiopie, d'où provient une partie des eaux

2. Dans l'ensemble du texte, les abréviations « AÈC » (avant l'ère chrétienne) ou « ÈC » (de l'ère chrétienne) sont utilisées respectivement en lieu et place de « av. J.-C. » et « A. D. ».

du grand fleuve. Les années maigres, l'eau était trop rare pour assurer l'irrigation des récoltes ; en l'absence de réserves céréalières, la famine sévissait [De Burgh, 1947]. De leurs observations scrupuleuses, les Égyptiens concluaient que 365 jours environ séparent les crues maximales – constatation qui leur a permis d'inventer un calendrier plusieurs millénaires avant le calendrier julien.

Archéologues et égyptologues ont découvert et déchiffré des documents édictant des règles éthiques qui définissent la responsabilité du gouvernement et des individus envers les pauvres et les malades : ce sont notamment les enseignements de Kagemni (vers 2900 AÈC) et d'Amenemhat (vers 1500 AÈC) ainsi que les règles de gouvernance d'Amenhotep [Akhénaton] (vers 1400 AÈC). Dans son Épilogue comme dans plusieurs de ses 282 lois codifiées, Hammurabi, roi de Babylone, décrétait vers 2200 AÈC la justice et l'équité du traitement pour tous ses citoyens, prévoyait des pénalités pour ceux qui oppriment ou trompent leurs voisins, et assurait la prise en charge à long terme des veuves et des orphelins démunis [Harper, 1999]. Déplorant la cupidité des marchands romains, Cicéron exigeait de l'État qu'il assure la sécurité de tous les citoyens romains, vivants et à naître. Cicéron croyait également que la connaissance de l'histoire et du passé peut inspirer l'adoption de normes morales de gouvernance qui garantissent la justice pour tous les citoyens, ceux de la génération actuelle comme ceux des générations futures [Cowell, 1948].

Au 7e siècle de l'ère chrétienne, le prophète Mahomet suscite l'émergence de l'islam (« soumission à Dieu ») par aversion envers les marchands arabes prospères et avares. La *zakat* constitue l'un des piliers de l'islam : elle oblige tous les musulmans à donner aux pauvres une part significative de leur richesse [Armstrong, 1997].

L'évolution du concept depuis la Deuxième Guerre mondiale

La plupart des religions énoncent dans leur doctrine le devoir de conscience qui incombe aux puissants et aux privilégiés de faire preuve de compassion envers les pauvres et les défavorisés. De tout temps, des individus et des institutions se sont illustrés par des actes de bienveillance qui alimentent l'espérance. La Société des Nations a été fondée après la Première Guerre mondiale pour concrétiser des intentions très nobles. Il a toutefois fallu attendre la fin de la Deuxième Guerre mondiale pour assister à une véritable internationalisation du développement conçue spécifiquement pour atténuer la pauvreté, l'incidence des maladies chroniques ainsi que les iniquités écono-

miques et sociales. L'analyse des programmes et des priorités des organismes d'aide dessine l'évolution des modalités et des objectifs de l'assistance au développement ; elle révèle aussi un contraste marqué entre la progression économique et industrielle de la plupart des régions de l'Asie et la persistance de la pauvreté, la détérioration des conditions sanitaires et la dégradation de l'existence économique et sociale dans les pays de l'Afrique subsaharienne. Nous nous intéresserons ici plus particulièrement à l'agriculture, à l'agroalimentaire et aux biotechnologies qui produisent les aliments nécessaires au maintien des conditions minimales de santé ainsi que les médicaments utilisés pour diagnostiquer, prévenir et guérir les maladies aiguës ou chroniques. Le présent ouvrage examine des opinions et des prévisions divergentes quant à l'environnement de la planète, ses ressources, son atmosphère, son climat, ses terres arables, ses eaux douces, continentales et côtières, ses forêts et sa biodiversité.

Ce livre se penche sur les misères infligées par des idéologies égocentriques qui se réclament d'un ordre divin et sont imposées par la force. Il illustre les avantages de la coopération Sud-Sud entre des pays qui se trouvent à des étapes différentes du développement économique et technologique, par opposition aux pratiques et politiques d'aide liée des programmes bilatéraux des donateurs.

L'analyse des systèmes alimentaires

La croissance incontrôlée des collectivités urbaines pèse lourdement sur les ressources et les structures essentielles à la sécurité alimentaire future. Il s'avère donc urgent de déterminer la manière dont évoluent la demande, l'offre et la distribution des produits alimentaires dans les collectivités urbaines qui sont actuellement en pleine expansion, et de concevoir des systèmes complets intégrant la production des récoltes et l'élevage du bétail dans les campagnes, l'implantation de structures sûres de conservation des produits après la récolte et l'instauration de mécanismes relativement bon marché de distribution des produits depuis les exploitations rurales jusqu'aux transformateurs et marchés urbains. Il est maintenant possible, et nécessaire, d'élaborer des modèles mathématiques de simulation qui permettent de définir les moyens et l'échéancier les plus efficaces pour acheminer les aliments périssables de la campagne à la ville ou d'un centre urbain à l'autre. Des emplois s'ouvrent dans l'agroalimentaire rural et dans le traitement primaire appliqué aux produits alimentaires périssables afin de répondre à l'évolution de la

demande des consommateurs urbains. Il est urgent d'établir des relations de coopération professionnelle entre des analystes de systèmes dûment formés et les scientifiques en recherche-développement du secteur des biotechnologies agricoles et industrielles. Dans cette optique, l'auteur de cet ouvrage dirige un groupe de travail international qui étudie les systèmes alimentaires intégrés puis soumet des recommandations aux instances concernées. L'objectif de ce groupe est de favoriser la sécurité alimentaire de pays et de collectivités qui se situent à différents stades de développement, qui présentent des besoins variables et qui disposent de ressources très diverses.

L'histoire de l'analyse des systèmes alimentaires et agricoles montre que les organismes de développement ainsi que les gouvernements doivent tout d'abord étudier et comprendre les structures et les mécanismes en place avant de prescrire quelque amélioration que ce soit. L'analyse des systèmes alimentaires prend d'abord en considération les possibilités d'action et les ressources indispensables à un développement productif, ainsi que les contraintes et les risques inhérents à l'adoption et à l'adaptation de technologies nouvelles et d'innovations encore mal connues.

Les biotechnologies industrielles

On observe dans le monde entier un accroissement et une diversification des besoins et de la demande en soins de santé. Par conséquent, les secteurs de la santé changent, dans leurs activités comme dans leurs structures. Les investissements en temps et en argent qu'il faut consentir pour découvrir et développer de nouveaux médicaments deviennent prohibitifs, même pour les très grandes entreprises. Le secteur pharmaceutique se réorganise en deux sous-secteurs complémentaires : les grands fabricants pharmaceutiques s'appuient maintenant sur des centaines d'entreprises qui se spécialisent dans les biotechnologies et qui procurent des services très spécifiques, sous licence ou dans le cadre d'autres ententes de coopération avec de grandes entreprises ou des fournisseurs de soins de santé. La demande des services en santé pourrait bientôt devenir supérieure aux capacités de l'offre, surtout dans les pays dont les gouvernements tiennent à offrir une couverture complète et gratuite à l'ensemble de leur population.

Questionnements éthiques, idéologiques et politiques

Cet ouvrage se penche sur les sphères d'interrogation éthique et politique suivantes.

a. Les innovations bioscientifiques, par exemple les modifications transgéniques, l'utilisation des cellules souches embryonnaires humaines et la génomique fonctionnelle ;

b. Les systèmes nationaux et internationaux de gouvernance ;

c. L'intégrité des échelons de gestion et de direction dans les entreprises transnationales ;

d. Le commerce international des produits de l'agriculture et des biotechnologies ;

e. Les iniquités résultant des subventions massives que les gouvernements de l'Europe et de l'Amérique du Nord accordent annuellement à leurs producteurs de marchandises agricoles et autres ;

f. Le manquement des pays prospères à leur engagement, prescrit dans la Charte de l'Atlantique, de légiférer en faveur d'un commerce équitable et juste.

Cet ouvrage affirme que les transnationales doivent toujours se comporter en entreprises citoyennes et non en colonisateurs commerciaux.

Il recommande fortement que les politiques d'aide liée cèdent le pas à des formes d'assistance qui permettent aux bénéficiaires de se développer et d'adopter des systèmes et des technologies correspondant à leurs ressources et leurs besoins. Une bonne partie des investissements en développement se perd parce qu'elle est fournie sous la forme de l'envoi d'« experts » ne possédant qu'une connaissance limitée des conditions sociales, des cultures et des traditions des populations qu'ils sont censés aider, ou sous la forme d'un transfert de technologies mal adaptées aux ressources et aux besoins des bénéficiaires. Des pays tels que l'Inde, qui a réalisé d'impressionnants progrès agricoles, technologiques et industriels, sont en réalité mieux placés pour procurer une aide adéquate et fructueuse aux pays subsahariens et autres régions défavorisées que les programmes d'aide liée imposés par les gouvernements donateurs prospères.

Enfin, cet ouvrage aborde les préoccupations des consommateurs et des sociétés civiles quant à l'innocuité des biotechnologies modernes utilisées dans la production des aliments et des médicaments et quant à leurs conséquences potentiellement néfastes, en particulier en ce qui concerne les

modifications génétiques et l'utilisation des cellules souches embryonnaires humaines. Pour l'humanité dans son ensemble, l'accroissement de la demande des soins de santé ainsi que l'augmentation correspondante des coûts joueront un rôle majeur dans l'attribution des ressources et dans les priorités futures des gouvernements, des organismes internationaux et du secteur privé.

Remarques d'ordre général

L'objectif que cet ouvrage se propose d'atteindre est certes ambitieux ; des omissions sont donc inévitables. Je tiens à souligner que les opinions exposées ici, dont certaines extrêmement critiques, m'appartiennent pleinement. Ayant consacré plus de 40 ans au développement international, je mesure bien l'ampleur et la complexité des difficultés, et je reste parfaitement conscient qu'il n'existe pas de solutions simples qui seraient applicables à toutes les collectivités et en toutes circonstances.

J'espère néanmoins que les observations présentées ici inciteront tous les acteurs du « développement » à définir d'abord, et en termes précis, leurs objectifs et leurs critères d'évaluation, puis à analyser d'une manière critique et à comprendre à fond les structures et les mécanismes en place et ceux qui ont été tentés au préalable avant de chercher à implanter quelque projet d'amélioration que ce soit.

This page intentionally left blank

2
Définitions et concepts

Définition et caractérisation du développement

« Quand on définit et mesure son objet d'étude, alors on en sait quelque chose », affirmait Lord Kelvin, l'éminent physicien. « Dans le cas contraire, on n'en possède qu'une connaissance insatisfaisante et lacunaire. » Antoine-Laurent Lavoisier, le grand chimiste français du 18e siècle, exhortait les scientifiques à se montrer aussi exacts et rigoureux dans leurs paroles et leurs écrits que dans leurs mesures analytiques. Dans *De l'autre côté du miroir*, de Lewis Carroll, Humpty Dumpty prononce des phrases dénuées de sens puis s'en défend d'une pirouette : « Quand j'emploie un mot, [...] il signifie ce que je veux qu'il signifie, ni plus, ni moins[1]. » Les textes non scientifiques grand public qui portent sur le « développement durable » semblent parfois perpétuer la tradition d'Humpty Dumpty plutôt que celle de Kelvin et Lavoisier...

Le rapport Pearson [Pearson, 1969] soulignait que le terme « développement » avait posé à la Commission d'extraordinaires difficultés sémantiques. La Commission Brandt [Brandt, 1980] renonçait à le définir. La Commission Brundtland [Brundtland, 1987a, b] ne tentait pas de circonscrire la signification du mot « développement » mais indiquait simplement : « [...] le "développement" c'est ce que nous faisons tous pour essayer d'améliorer notre sort [...]. »

Le terme « développement » s'est répandu vers le 17e ou 18e siècle. Il désigne les modalités de l'évolution et du progrès dans toute activité mise en œuvre par des humains, des entreprises ou des institutions. L'expression « développement international » est devenue plus courante à la fin des années

1. Lewis Carroll, *De l'autre côté du miroir*, Verviers, Nouvelles Éditions Marabout s. a. (Belgique), 1978. Traduction de l'anglais par André Bay. (NdlT)

1940, dans la foulée de la création de la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (Banque mondiale), du Programme des Nations Unies pour le développement et, dans les pays industrialisés, de l'établissement d'organismes ou d'agences de développement financés par les gouvernements et chargés d'offrir de l'assistance technique, sociale ou économique aux pays plus pauvres d'Afrique, d'Asie, d'Amérique latine et du Moyen-Orient. Ainsi que le soulignent les Commissions Pearson, Brandt et Brundtland, le terme « développement » échappe dans ce contexte à toute définition ou caractérisation précise – ainsi qu'en témoignent d'ailleurs les débats sur le sujet.

Le développement est une évolution, un « déploiement graduel ». Le terme provient du préfixe *des-* et de l'ancien français *voloper* : « ôter ce qui enveloppe ; enlever les voiles ». En ce sens, la danse des sept voiles de Salomé illustre bien le concept de « déploiement graduel ». Les organismes qui cherchent des solutions rapides à des problèmes complexes devraient accorder une attention plus soutenue à cette notion de déploiement graduel. Pendant la conférence de Bretton Woods de 1944, Harry Dexter White, un représentant haut gradé du Trésor des États-Unis, soulignait avec force que le développement doit, pour porter ses fruits, s'inscrire dans le long terme et reposer sur une planification prudente et progressive et sur un engagement patient et persévérant. Autrement dit, le développement est efficace dans la mesure où il se déploie graduellement. Les Commissions Pearson, Brandt et Brundtland expriment un point de vue similaire en affirmant qu'il n'existe pas de remède rapide à la malnutrition, aux iniquités entre riches et pauvres, à la pauvreté chronique. Le rapport Brandt le confirme : « Les solutions rapides sont illusoires ». Brundtland renchérit : les solutions rapides n'existent pas.

Qu'est-ce que le développement durable ?

La création du concept général de développement durable est souvent attribuée au rapport Brundtland : il s'agit de « répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations à venir de satisfaire les leurs ». « [L]e développement durable n'est pas un état d'homéostasie, ajoute le document, mais plutôt un processus de changement dans lequel l'exploitation des ressources, le choix des investissements[, l'orientation du développement technique ainsi que le changement institutionnel] sont déterminés en fonction des besoins tant actuels qu'à venir. Nous ne prétendrons certainement pas qu'il s'agit là d'un processus simple. [...] En dernière instance, le développement durable est bien affaire de volonté politique. » Malheureusement, l'engagement et la volonté politiques sont souvent de courte durée, dénués de la persévérance indispensable pour que le dévelop-

pement se déploie graduellement et que ses objectifs, préalablement définis d'une manière précise, soient atteints. Les priorités et les politiques des donateurs changent en général au rythme des nominations des responsables politiques et administratifs.

Dans le numéro de janvier 2006 de *Harper's Magazine*, Paraj Khanna affirmait que la notion de « volonté politique » est une contradiction dans les termes : les programmes et les orientations politiques fluctuent au gré des gouvernements et des directions ministérielles qu'ils nomment. Pour l'essentiel, la volonté et les priorités politiques témoignent des intérêts des politiciens et de leurs partisans.

L'expression « développement soutenable » a parfois été proposée pour remplacer celle de « développement durable ». Elle est intéressante en ceci que le verbe « soutenir » provient du latin *sustenire* : « tenir quelque chose par-dessous, stabiliser en offrant un soutien, empêcher de tomber ». Ce verbe a également donné « sustenter » : « alimenter, nourrir, soutenir les forces par la nourriture ». Fait intéressant à constater dans le contexte du développement durable, le nom latin *sustentatio* est apparenté au verbe *sustentare* (qui provient lui-même de *sustinere*) et signifie : « suspension, délai » ou... « patience ». « Soutenir » et « sustenter » sont des verbes d'action, des verbes transitifs qui supposent l'intervention d'un sujet et d'un objet. Pour soutenir ou sustenter, il faut une cause agissante, humaine ou non.

Cependant, les dictionnaires courants ne proposent pas l'adjectif « soutenable » au sens où il faudrait l'entendre dans l'expression « développement soutenable », ni le nom « soutenabilité ». Je suis par ailleurs d'accord avec Charles Kidd, de l'Association des États-Unis pour l'avancement des sciences (*American Association for the Advancement of Science*) quand il écrit : « Les racines du mot "soutenabilité" [*sustainability*] plongent dans des concepts fondamentalement différents, [...] au point qu'il paraît vain d'en chercher une définition précise. L'utilisation de ce terme n'est acceptable que dans la mesure où chacun des analystes qui l'emploient indique clairement le sens dans lequel il l'entend. » Or, ils prennent rarement cette peine [Kidd, 1992]. Dans un texte d'une grande profondeur et d'une érudition remarquable, Kidd souligne que la documentation relative au développement durable est si volumineuse qu'il serait impossible d'en réaliser un bilan complet ou une analyse exhaustive et que, de toute façon, le résultat qui pourrait être ainsi obtenu ne mériterait pas tous les efforts investis. Kidd propose donc une étude des « mouvements » successifs qui ont édicté ou recommandé des moyens de concrétiser le développement durable.

Le développement durable : statique ou dynamique ?

Certaines conceptions du développement durable l'assimilent à une hibernation pétrifiée, ou encore à un mouvement perpétuel prenant place dans un monde dont la demande en ressources n'augmenterait pas. Le physicien et mathématicien Rudolf Clausius a formulé sa deuxième loi de la thermodynamique en 1850. Dans les cinquante années qui ont suivi, le Bureau des brevets de la Grande-Bretagne a reçu pas moins de 500 demandes de dépôt de brevet pour des inventions promettant le mouvement perpétuel. Au sens littéral du terme, la « durabilité » peut désigner un état immuable, un ensemble d'actions mises en œuvre pour empêcher l'effondrement d'un système ou d'une entité. Par exemple, les termites assurent la durabilité de leur organisation sociale et de leurs habitats depuis plus d'un million d'années. Des millénaires avant que James Joule et Lord Kelvin ne publient les résultats de leurs recherches sur l'expansion des gaz et sur les principes physiques du refroidissement par évaporation, les termites appliquaient déjà le refroidissement par évaporation pour stabiliser la température intérieure de leurs lieux de vie...

En général, toutefois, c'est dans le changement que le développement s'inscrit. Mais pour maintenir (faire durer) le rythme et les modalités du développement, il faut mettre en œuvre des mécanismes d'encadrement efficaces du processus ainsi qu'une succession logique d'étapes préalablement définies. La planification du développement durable suppose une définition précise des objectifs visés et des critères d'évaluation des progrès réalisés. Or, le développement est trop souvent qualifié de « durable » sans que ses objectifs ni ses critères d'évaluation aient été énoncés, et sans que les progrès réalisés soient mesurés d'une manière systématique.

Au fil des ans, l'expression « développement durable » en est venue à désigner l'implantation d'actions prudentes et conservatrices, l'intégrité éthique, la respectabilité. Quand on les scrute de près, on constate cependant que de nombreux projets dits « de développement durable » ne présentent pas ces caractéristiques. De plus, telle initiative véritablement « durable » dans une collectivité ou un lieu donné s'avère rarement applicable et adaptable à tous les groupes humains ou à toutes les régions. Les systèmes acceptables et financièrement accessibles aux riches excèdent souvent les ressources des plus démunis. Il n'est pas rare en outre que des gens à l'abri de la pauvreté chronique recommandent aux pays plus pauvres des remèdes à des maux qui découlent en fait de dégâts environnementaux causés par les Européens et les Nord-Américains. Selon un document éclairant de la *Canadian Agricultural Economics and Farm Management Society*, les publications sur le développe-

ment durable soulignent l'inadéquation des investissements dans le capital humain, les infrastructures légales et le capital technologique et physique, et rappellent le rôle important de tels investissements dans l'évolution économique des sociétés humaines [CAEFMS, 1990].

Le développement, concept polymorphe

Ainsi que nous l'avons indiqué en introduction, le terme « développement » peut décrire l'état, les modalités de croissance, ou encore la progression ou la régression de n'importe quel phénomène ou activité. Le concept de développement peut ainsi s'appliquer au cosmos tout entier, aux milieux et aux écosystèmes de la terre, à l'évolution économique, agricole ou industrielle nationale, régionale ou mondiale, ou encore à chacune des innombrables dimensions qui constituent ces réalités et phénomènes. Technologies du développement durable du Canada (TDDC) décrit sa mission en ces termes : « [A]gir comme le principal catalyseur en vue de la construction d'une infrastructure technologique du développement durable au Canada. » Pour cette fondation canadienne, la technologie du développement durable représente l'ensemble des produits qui intègrent viabilité économique, gérance environnementale et équité sociale, et qui répondent aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs – une conception qu'elle emprunte au rapport de la Commission Brundtland. Sans vouloir ternir de quelque manière que ce soit les excellentes intentions de TDDC, force est de constater que les pratiques industrielles actuelles, en particulier celles des producteurs pétroliers et des grands consommateurs énergétiques, ne suscitent pas un consensus très fort parmi les Canadiens et autres Nord-américains quant à la caractérisation des technologies du développement durable et à la définition qu'en donne TDDC. Les politiciens manifestent du reste peu d'intérêt envers les besoins des générations futures, et ce, d'ailleurs, quelles que soient les aspirations qui seront les leurs : voudront-elles maintenir un niveau de vie et un taux d'utilisation des ressources comparables à ceux des Nord-américains d'aujourd'hui ? Atteindre un niveau de consommation plus élevé ? Adopter un mode de vie moins gourmand en énergie et autres ressources commerciales ?...

Les premiers stades du développement humain

Selon les vestiges les plus anciens dont nous disposons, le développement humain se résumait à ses tout premiers stades à la simple survie. Pour continuer d'exister et pour se développer, chaque famille ou collectivité primitive devait se procurer les ressources suffisantes pour se nourrir, se loger et se vêtir.

Les outils et les armes rudimentaires procuraient au groupe familial les moyens d'assurer sa subsistance et de défendre ses membres et ses biens contre les ennemis. Certaines collectivités ont survécu et se sont développées ; d'autres ont disparu. La vie était périlleuse, alors, brutale et brève. À mesure que les chasseurs, les cueilleurs et les collectivités primitives se regroupaient et s'alliaient, d'abord en villes-États puis en pays, la responsabilité du développement devenait de plus en plus l'apanage des gouvernants. Les civilisations de l'Égypte ancienne, de Babylone et de l'Indus (civilisation harappéenne) sont passées de la subsistance à l'agriculture commerciale en élaborant des techniques permettant à un nombre plus restreint d'agriculteurs de produire assez d'aliments pour que le reste de la population puisse se consacrer à des activités non agricoles, et en inventant des méthodes pour faire passer les excédents des saisons et des régions d'abondance aux périodes et aux zones de pénurie.

Les pays qui gagnaient en population et en puissance dominaient graduellement les plus faibles, développant au passage des empires et conquérant des peuples qu'ils réduisaient en esclavage à leur propre profit. Pour les pays ou autres groupes humains qui cherchent à en assujettir d'autres, les objectifs de développement se définissent généralement à l'aune de la puissance économique et militaire.

Une fois le pouvoir militaire établi, les organisations religieuses prenaient le relais en renforçant ou supplantant ces nouvelles institutions. Le Saint Empire romain, dont les structures administratives étaient calquées sur celles de l'armée romaine, a dominé toute l'Europe pendant plus de 1 000 ans. L'association de la religion et de la force de frappe militaire a permis aux pays européens les plus puissants de coloniser de vastes secteurs de l'Afrique et des Amériques. Ensuite, l'islam a pris de l'expansion, d'abord en dominant les nations sémitiques, puis en étendant son influence aux autres continents. Après la Première Guerre mondiale, les idéologies politiques (en particulier celles qui se réclamaient de Marx ou de Lénine) ont dominé des régions considérables de l'Europe de l'Est et ont graduellement accru leur influence sur les politiciens d'autres pays. Le national-socialisme de l'Allemagne et de l'Italie des années 1930 a moins duré, mais il a eu des répercussions majeures sur la vie de plusieurs centaines de millions de gens.

Quelles que soient leurs ambitions et leurs convictions militaires, religieuses ou idéologiques, tous les colonisateurs affirment agir avant tout pour le bien-être physique, spirituel ou moral de ceux et celles qu'ils assujettissent. Dans les faits, c'est la soif de pouvoir qui leur dicte leurs critères de développement. La manière dont ils élargissent et maintiennent leur sphère de

contrôle détermine leur propre stade de développement, tel du moins qu'ils le définissent. À son apogée, l'Empire britannique était si vaste et si puissant que, disait-on, le soleil ne s'y couchait jamais.

Le développement comme remède à la pauvreté

Aussi loin que remontent les archives historiques, gouvernants et philosophes ont constamment réaffirmé que les riches et puissants doivent s'abstenir d'opprimer les faibles et se montrer charitables et compatissants envers les pauvres. Il a toutefois fallu attendre la Deuxième Guerre mondiale pour assister, au fil de l'émancipation graduelle des anciennes colonies, à une véritable internationalisation du développement visant à soulager la pauvreté extrême, améliorer les conditions de vie et assurer la sécurité alimentaire et les soins de santé pour toute l'humanité. Aujourd'hui, le développement international (l'assistance fournie par les pays les plus prospères aux plus pauvres et plus faibles qu'eux) est administré par des organismes internationaux, nationaux ou non gouvernementaux, par les instances de l'ONU, selon différents mécanismes de coopération et d'action collective, par les gouvernements et ONG (organisations non gouvernementales ; organismes non gouvernementaux), au cas par cas ou dans le cadre de structures bilatérales. Les effets des programmes de développement international ont d'abord été mesurés par des critères relativement simples tels que la croissance du revenu national brut par habitant. Plus tard, les objectifs du développement international se sont complexifiés. Toutefois, les agences de développement sont loin d'en donner toutes la même interprétation ou d'appliquer les mêmes méthodes pour les atteindre.

Le « développement » peut donc viser des objectifs variés et se mesurer à l'aune de critères tout aussi hétéroclites. S'appliquant à une telle diversité de phénomènes, d'activités et de processus, le « développement » échappe à toute définition ou description simple. Chaque projet de développement doit être défini, caractérisé et évalué au moyen de critères spécifiques, dont certains peuvent être observés ou quantifiés tandis que d'autres dépendent de dimensions subjectives – philosophies, convictions, opinions, idéologies, idées préconçues. L'accolement de l'adjectif « durable » au nom « développement » ne fait que compliquer davantage encore les définitions, critères et méthodes d'évaluation.

Complexité du développement international

Les grands organismes de développement international ont été mis sur pied peu après 1945 pour venir en aide aux pays pauvres, pour la plupart d'anciennes colonies devenues des États indépendants et souverains. Les objectifs déclarés des projets de développement consistaient alors à doter les nouveaux États de mécanismes de gouvernance efficaces, y compris du point de vue économique, qui libéreraient leurs populations de la pauvreté, de la faim et de l'insécurité.

Le développement humain

Les programmes de « développement humain » visent en général à améliorer la qualité de vie des populations. Dans leur ouvrage intitulé *Nous n'avons qu'une terre* [1972], Barbara Ward et René Dubos indiquent que le développement humain, en ce qu'il se rapporte aux conditions et à l'environnement dans lesquels les gens vivent, constitue un concept subjectif et mal défini. Ils analysent un obstacle philosophique conceptuel majeur auquel se heurtent ceux et celles qui tentent d'étudier sous l'angle rationnel les interactions entre les activités humaines et celles des autres organismes vivants. Les auteurs posent la question suivante : les humains sont-ils simplement des singes supérieurs, ainsi que leur patrimoine génétique le montre, auquel cas ils n'auraient pas plus d'importance ou de signification que les autres organismes vivants ; ou *Homo sapiens* doit-il être considéré comme un genre et une espèce à part, distincte de tous les autres et méritant une place particulière dans l'ensemble des créatures grandes et petites ? La Genèse soutient que Dieu a créé l'homme à son image, mâle et femelle, et qu'il leur a dit : « Fructifiez et multipliez-vous, peuplez la terre et soumettez-la ; assurez votre domination sur les poissons de la mer, les oiseaux du ciel et tous les êtres vivants qui vivent sur terre. »

L'attribution à *Homo sapiens* de privilèges et d'un droit de domination d'origine divine sur toutes les créatures constitue une pomme de discorde permanente entre les adeptes de certaines religions et les défenseurs des droits des animaux et promoteurs d'une conservation prudente de la biodiversité. La Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Rio, 1992) déclarait dans son Principe 1 : « Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature. » Le Principe 8 ajoute : « Afin de parvenir à un développement durable et à une meilleure qualité de vie pour tous les peuples, les États devraient réduire et éliminer les modes de

production et de consommation non viables et promouvoir des politiques démographiques appropriées. » S'il est difficile de ne pas être d'accord avec les principes qui sous-tendent ces proclamations respectables, celles-ci n'en donnent pas moins lieu, dans la pratique, à une diversité extrême d'interprétations possibles.

En plus d'évoluer constamment, les indices de mesure du développement humain diffèrent d'un analyste et d'une instance à l'autre. L'un des objectifs premiers du développement étant d'atténuer la pauvreté, les estimations du revenu national et individuel ainsi que les taux annuels de croissance interviennent dans la plupart des indices du développement humain. Cependant, les estimations du revenu individuel ne sont, dans le meilleur des cas, que des approximations généralement obtenues en divisant le revenu total du pays par le nombre de ses habitants. Les statistiques sur la population et sur le revenu national sont le plus souvent compilées par les gouvernements ; elles ne se calculent pas de la même façon et ne présentent pas la même fiabilité d'un pays à l'autre. La collecte de données économiques et démographiques exactes ainsi que leur analyse constituent des processus difficiles et coûteux, et varient fortement selon le pays considéré. Enfin, les gouvernements ne sont pas toujours très désireux de fournir aux organismes de développement une information économique susceptible d'attirer l'attention sur les lacunes de leur gestion et de leur administration.

Les indices du développement économique

Les pays les plus pauvres sont souvent appelés « pays en voie de développement » ou « pays en développement ». La Banque mondiale les classe ensuite en « pays à revenu faible (PRF) », « pays à revenu intermédiaire, tranche inférieure (PRITI) » et « pays à revenu intermédiaire, tranche supérieure (PRITS) ». Au nombre des indices du revenu national annuel figure le « produit intérieur brut (PIB) » : exprimé en dollars des États-Unis (USD) au taux de change courant, il est égal à la valeur totale de tous les produits de l'activité économique dans un pays donné sur un exercice financier donné. Les estimations du PIB peuvent être calculées à partir des prix au marché ou du coût des facteurs de production ; les activités économiques prises en compte dans le calcul diffèrent d'un économiste gouvernemental à l'autre. Par conséquent, les chiffres cités pour le PIB doivent être considérés comme des indicateurs estimatifs plutôt que des statistiques précises. Le « produit national brut (PNB) » est la somme du PIB et du revenu net généré à l'étranger ; il peut également être calculé selon les prix au marché ou selon le coût des facteurs de production. Les réserves exprimées au sujet du PIB s'appliquent également

au PNB. Le *command GDP* (le PIB corrigé en fonction des termes de l'échange) est un concept récent qui tient compte de ce que les économistes appellent les « termes de l'échange », en particulier les valeurs relatives des importations et des exportations. De 2000 à 2005, le PIB (calcul conventionnel) du Canada a augmenté de 15 pour cent, alors que son PIB corrigé en fonction des termes de l'échange augmentait de 18,2 pour cent.

Comme le PIB et le PNB sont généralement indiqués en dollars des États-Unis, ils dépendent en partie des taux de change entre ce dollar et les autres devises. Les prix au marché local des aliments et autres biens essentiels au bien-être et à la santé des êtres humains varient considérablement d'un pays et d'une période à l'autre. Le PIB par habitant (PIB/hab.) et le PNB par habitant (PNB/hab.) exprimés en dollars des États-Unis ne rendent compte ni des coûts, ni du niveau de vie, ni du pouvoir d'achat familial ou collectif relatifs des diverses régions considérées. Pour rendre justice à la disparité des coûts de la vie dans les différents pays, les économistes utilisent la « parité des pouvoirs d'achat (PPA) », un indicateur qui fait appel à l'ajustement des taux de change officiels entre les devises pour égaliser les prix du « panier » habituel de biens et de services. Le PIB/hab. moyen exprimé en PPA se mesure sur une échelle de 1 à 100 dans laquelle les États-Unis, considérés comme bénéficiant du niveau de vie le plus élevé du monde, représentent la valeur maximale (100). Le PIB en PPA des autres pays est ensuite obtenu grâce au chiffre indiqué dans la grille des PPA. Le tableau 1 indique le PIB/hab. moyen estimé par la Banque mondiale pour plusieurs pays ou groupes de pays, selon qu'il est calculé au taux de change officiel (a) ou avec ajustement PPA (b).

Tableau 1

PIB/hab. et PIB(PPA)/hab. (USD) pour 1999

	(a)	(b)		(a)	(b)
OCDE	22 000	28 500	Éthiopie	100	640
Canada	23 000	28 000	Burundi	110	600
R.-U.	22 000	24 000	Tanzanie	270	535
Asie	2 700	4 300	Nigéria	280	800
Inde	450	2 230			
R. p. de Chine	800	3 600			

La composition du panier de base varie considérablement d'un pays et d'une collectivité à l'autre : les préférences alimentaires ne sont pas les mêmes

à Mumbai et à Montréal. Par conséquent, les PPA ne sont que des estimations, et non des outils exacts de comparaison. Elles s'avèrent néanmoins plus utiles que les PIB au taux de change officiel pour comparer des collectivités entre elles.

Cherchant à pousser plus loin la standardisation du panier de biens et services, le magazine *The Economist* a inventé l'« indice Big Mac » : le prix d'un hamburger Big Mac vendu dans les établissements McDonald's du pays considéré. Pour justifier ce nouvel outil, *The Economist* souligne que le Big Mac est l'un des rares aliments que l'on trouve partout dans le monde et dont la composition est relativement identique en tous points de la planète. En janvier 2004, le magazine a ainsi déterminé que le prix d'un Big Mac à Beijing s'élevait à 1,23 USD contre 2,80 USD aux États-Unis ; il en conclut que le yuan est sous-évalué de 56 pour cent par rapport au dollar des États-Unis. En janvier 2004, d'autres analyses de l'indice Big Mac ont amené *The Economist* à conclure que l'euro était surévalué de 24 pour cent et le yen japonais, sous-évalué de 12 pour cent.

La croissance constante du revenu et des actifs négociables a longtemps été considérée comme un indicateur décisif du développement humain, national et industriel. Pendant de nombreuses générations, la pauvreté s'est mesurée au revenu estimé. Pour sortir de la pauvreté, il fallait gagner un revenu supérieur à une certaine somme fixée arbitrairement. Les dimensions financières continuent de jouer un rôle prépondérant dans l'évaluation du niveau de développement. Depuis quelques années, toutefois, plusieurs indicateurs sociaux s'ajoutent aux indicateurs financiers pour enrichir la définition et la mesure du développement humain.

Les indicateurs sociaux du développement

La Banque mondiale a établi en 1987 un ensemble d'indicateurs sociaux relatifs au développement humain. Le rapport qu'elle a fait paraître à cette occasion s'ouvrait sur la déclaration suivante : « Le but ultime du développement est d'améliorer la condition humaine, en particulier pour les membres les moins favorisés de la société. C'est dans cette optique que la Banque mondiale s'efforce d'élever le niveau de vie général et d'atténuer la pauvreté des masses, en collaboration avec les gouvernements nationaux [...]. Pour mesurer le chemin parcouru en direction de cet objectif, la Banque a compilé différents indicateurs sociaux calculés à partir de données fournies par les pays eux-mêmes, selon la définition retenue au niveau national ou par des organismes internationaux spécialisés dans l'éducation, la nutrition, la santé

et autres secteurs sociaux [...]. Le développement économique fait augmenter l'offre et la demande des biens matériels. Mais les dimensions sociales de la vie changent aussi. Certains considèrent ce changement comme un *résultat* de l'évolution économique : à mesure que la collectivité considérée gagne en prospérité économique, les caractéristiques de sa population changent et les institutions prennent de l'ampleur afin d'assurer une plus grande diversité de services sociaux. D'autres considèrent ces changements sociaux comme les *causes* de l'évolution économique : par exemple, l'élévation du niveau d'instruction contribue à accroître la productivité économique. D'un point de vue comme de l'autre, les indicateurs du changement social peuvent compléter les indicateurs économiques et permettre de mesurer le développement d'une manière plus exacte et de formuler des politiques mieux ciblées dans ce domaine [...]. Il n'est pas facile d'obtenir un consensus sur la pertinence respective des différents indicateurs du développement social ; il n'est pas aisé non plus de s'entendre sur la meilleure manière de les mesurer [...]. Les définitions et les méthodologies varient d'un pays à l'autre. Le lecteur est donc invité à faire preuve de prudence dans l'interprétation des données. » [World Bank, 1987]

Le rapport propose d'abord une comparaison des années 1965 et 1985 du point de vue de certains indicateurs sociaux. Il consacre ensuite deux pages aux indicateurs obtenus pour les différents pays à revenu faible (PRF) ou intermédiaire (PRI), ces pays étant classés par ordre alphabétique, de l'Afghanistan au Zimbabwe. Les indicateurs choisis sont entre autres les suivants : PNB/hab. ; pourcentage de la main-d'œuvre travaillant dans l'agriculture ; mortalité infantile pour 1 000 naissances vivantes ; consommation alimentaire moyenne en kilocalories par personne ; pourcentage de la population inscrit à l'école primaire. En Asie, en Afrique et en Amérique latine, de 1965 à 1985, la mortalité infantile a régressé d'une manière significative et les inscriptions à l'école primaire ont augmenté ; la consommation alimentaire moyenne a augmenté partout sauf en Afrique, où elle n'était plus que de 2 000 kcal/pers./jour à la fin de la période considérée.

Dans le *Rapport sur le développement dans le monde* (RDM) qu'elle consacrait en 2003 au développement durable, la Banque mondiale propose notamment les indicateurs du développement suivants : revenu national brut (RNB) ; RNB ajusté en fonction de la parité des pouvoirs d'achat ; taux de croissance du PIB/hab. ; espérance de vie à la naissance ; taux de mortalité avant l'âge de 5 ans (pour 1 000 enfants) ; taux d'analphabétisme chez les personnes de plus de 15 ans ; émissions de dioxyde de carbone (en millions de tonnes par an). Bien qu'elle se justifie parfaitement, l'intégration graduelle

d'indicateurs économiques, sociaux et environnementaux a rendu la mesure du niveau de développement encore plus complexe et ardue.

Les indices du développement humain du PNUD

Ancien ministre du Développement économique du Pakistan, Mahbub ul Haq a assuré en 1990 la direction de la rédaction du tout premier *Rapport mondial sur le développement humain* (RMDH), une publication du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). Ce document comparait les pays selon un tout nouvel indicateur : l'indice du développement humain (IDH).

Jusque-là, le « développement » se mesurait à l'évolution du PIB national : les analystes tenaient pour acquis que la croissance économique « ruisselle », propageant ainsi ses bienfaits aux membres moins bien nantis de la société. Mahbub ul Haq soutenait au contraire que, bien que la croissance économique soit essentielle, elle n'induit pas nécessairement une élévation du niveau de développement humain. L'atténuation de la pauvreté, qui est due à un accès trop restreint au revenu, aux actifs, au crédit, aux services sociaux et à l'emploi, constitue certes une dimension importante du développement humain ; mais elle n'est pas la seule. L'IDH tient compte de l'espérance de vie, du degré d'alphabétisation des adultes et du niveau de vie. Il se calcule à partir de plusieurs indices secondaires : a. l'indicateur de la pauvreté humaine (IPH) ; b. l'indicateur sexospécifique du développement humain (ISDH) ; et c. l'indicateur de la participation des femmes (IPF).

Le calcul de l'IDH intègre différentes grandeurs estimatives, notamment : pauvreté (pourcentage de la population qui vit avec moins de 1 $/jour) ; part de la population souffrant de malnutrition ; pourcentage de la population inscrite dans un établissement d'enseignement primaire ; degré d'égalité entre hommes et femmes ; mortalité des enfants ; accès à des installations sanitaires satisfaisantes. En ce qui concerne l'égalité hommes–femmes, l'indice mesure l'espérance de vie, le taux d'alphabétisation des adultes, le revenu du travail, la possession de ressources et actifs économiques ainsi que la participation à la vie politique.

L'IDH idéal est égal à 1. Le tableau 2 indique les IDH estimés pour différents pays en 1980 et en 2001. Compte tenu de la complexité du calcul, l'écart entre les pays prospères (qui affichent tous un indice très élevé) n'est probablement pas significatif statistiquement.

Tableau 2

IDH de quelques pays, 1980 et 2001

	1980	2001
Canada	0,881	0,937
É.-U.	0,883	0,937
R.-U.	0,847	0,930
Inde	0,443	0,590
R. p. de Chine	0,554	0,721
Afrique du Sud	0,676	0,684
Zimbabwe	0,570	0,496

À l'exception de l'Afrique subsaharienne, l'IDH a augmenté depuis dix ans dans toutes les régions en développement, quoique à des rythmes variables. À partir des données du RMDH 2005, les tableaux ci-dessous classent les pays et les régions en différentes catégories selon leur IDH : IDH les plus élevés, moyens, et les plus faibles (chiffres de 2003). Les numéros indiqués à gauche des noms de pays correspondent au rang dans le classement. Ainsi, la Norvège se place en tête de liste avec l'IDH le plus élevé de tous ; le Niger occupe le dernier rang.

Rang	IDH les plus élevés	IDH	Rang	IDH moyens	IDH
1	Norvège	0,963	62	Fédération russe	0,785
2	Islande	0,956	85	R. p. de Chine	0,795
3	Australie	0,955	120	Afrique du Sud	0,658
4	Canada	0,949	127	Inde	0,602
10	É.-U.	0,944	135	Pakistan	0,527
15	R.-U.	0,939	139	Bangladesh	0,520

Rang	IDH les plus faibles	IDH		Régions	IDH
161	Érythrée	0,444		La moins développée	0,518

170	Éthiopie	0,367		Asie de l'Est et Pacifique	0,768
176	Sierra Leone	0,298		Amérique latine et Caraïbes	0,797
177	Niger	0,281		Asie du Sud et Afrique subsaharienne	0,515

Le développement : encadré ou débridé ?

Constatant le rythme soutenu de la croissance et de la diversification de l'activité industrielle et technologique, certains observateurs attentifs se demandent si les êtres humains possèdent les connaissances, la sagesse et les moyens nécessaires pour tracer leur propre destinée et déterminer le sort et les besoins des générations futures. Les humains ont-ils la volonté et la capacité d'établir des relations stables entre eux-mêmes, l'environnement et les autres organismes vivants ? L'intérêt des pays les plus prospères envers l'accroissement de leur propre richesse matérielle et de leur propre pouvoir militaire annonce-t-elle l'extinction d'une bonne partie du monde actuel ? Présage-t-elle de pénuries accablantes pour des millions et des millions de gens moins prospères et moins puissants qui vivent aujourd'hui ou vivront demain ? Est-il inévitable que des extrémistes se réclamant de différentes idéologies religieuses condamnent le reste de l'humanité à des souffrances et des conflits sans fin ?

Le révérend Thomas Robert Malthus fait paraître son *Essai sur la population* en 1798. L'ouvrage suscite alors une forte controverse, qui reste d'ailleurs très vive à l'heure actuelle. Malthus y défend l'opinion selon laquelle les populations humaines, à moins d'être limitées par la maladie, l'abstinence sexuelle ou les conflits militaires, s'accroissent inévitablement plus vite que les moyens nécessaires à leur subsistance. Quelques années plus tôt, Benjamin Franklin avait déjà formulé des craintes similaires : « Quand nous tentons d'amender les voies de la Providence et d'intervenir dans la conduite du monde, nous devons faire preuve d'une grande circonspection pour ne pas causer plus de tort que de bien. » Il y a une cinquantaine d'années, quand les populations d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine augmentaient à une vitesse vertigineuse, nombreux ont été ceux et celles qui s'attendaient à voir se concrétiser la pessimiste prédiction de Malthus.

La conservation des ressources

Immédiatement après la Deuxième Guerre mondiale, de nombreux tenants du mouvement conservationniste pensaient, comme Malthus, que les ressources de la planète n'arriveraient ni à soutenir les économies en plein essor des pays industriels, ni à nourrir les populations, elles aussi en pleine expansion, de l'Afrique, de l'Asie et de l'Amérique latine. Parallèlement aux inquiétudes relatives à une éventuelle pénurie des ressources nécessaires pour satisfaire les demandes toujours plus diverses de populations toujours plus nombreuses, la préservation de l'environnement commençait à s'imposer comme une préoccupation majeure en soi. L'écologisme et le mouvement pour une limitation de la croissance ont pris de l'ampleur dans les années 1960 et 1970, peut-être sous l'impulsion de Rachel Carson [Carson, 1968]. Dans les années 1970, le mouvement écologiste s'est élevé contre le comportement des grandes entreprises et des puissants gouvernements et contre la recherche effrénée d'une prospérité matérielle indifférente à ses propres conséquences pour l'environnement planétaire. Pour les écologistes, l'absence d'entraves aux activités humaines et industrielles et au développement mènerait de façon sûre au désastre écologique. Une publication établie à partir des actes d'une conférence de la Conservation Foundation affirme ainsi : « [...] jusqu'ici, le développement international s'est révélé destructeur » [Farrar et Milton, 1972]. Ce document met le lecteur en garde contre « les pressions qui s'exercent sur les systèmes naturels et excèdent leur capacité de régénération », un avertissement qui annonce les préoccupations plus récentes quant à la pollution de l'air et de l'eau, la dégradation des terres et le saccage de la biodiversité.

Depuis de nombreux siècles, les puissants, autant les individus que les régimes politiques, manifestent pour l'accumulation des possessions matérielles et des richesses excessives un appétit qui suscite beaucoup d'interrogations et d'inquiétudes chez les penseurs de l'éthique. Il y a 4 000 ans déjà, Hammurabi, roi de Babylone, soulignait dans l'épilogue de son Code de 282 lois que les règles de gouvernance qu'il édictait empêcheraient les forts d'opprimer les faibles. Plusieurs de ces lois prévoyaient des pénalités pour les agriculteurs dont la négligence causait des dommages aux terres et aux ressources de leurs voisins [Harper, 1999].

Le mouvement « Croissance zéro/Croissance lente » a donné lieu à la publication de plusieurs documents à contre-courant des idées dominantes. En particulier, les membres d'un groupe de recherche lié au Club de Rome étaient convaincus que la croissance démographique fulgurante, la raréfaction des ressources essentielles, la détérioration et la pollution de l'environnement

ainsi que les demandes excessives de ressources de la part des riches et des puissants mèneraient à l'effondrement des économies du monde avant la fin du 20e siècle. Leurs conclusions se fondaient sur différents modèles de simulation informatique : tous prévoyaient des désastres d'envergure mondiale si la croissance économique ainsi que l'exploitation et la consommation de ressources par les individus et les entreprises n'étaient pas considérablement restreintes [Meadows, D. H. *et al.*, 1972 ; Meadows, D. L., 1977]. Les partisans de ces mouvements insistaient sur le fait que les pays industrialisés devaient implanter des stratégies sérieuses de conservation énergétique et remplacer les combustibles fossiles par des sources d'énergie renouvelables.

Le mouvement de l'écodéveloppement plaidait en faveur d'un équilibre entre les objectifs économiques et les impératifs de saine gestion des écosystèmes. Professeur à l'Université d'Auckland, en Nouvelle-Zélande, mais également spécialiste de la planification et de l'écologie, Robert Riddell prédisait dans un ouvrage publié en 1981 et intitulé *Eco-development, Economics, Ecology and Development* : « Maintenant que les puits de pétrole commencent à s'assécher, les pays du Nord vont agiter leurs sabres nucléaires pour tenter de s'approprier les gouttes précieuses qu'il en reste. » Ces propos annonçaient avec perspicacité l'invasion de l'Irak par les États-Unis et la Grande-Bretagne. On ne s'étonnera pas de constater que les instances et régimes politiques prospères refusent d'être restreints dans leur acquisition et leur exploitation des ressources de la planète Terre. Pour eux, la recherche et le progrès technologiques pourvoiront aux besoins futurs ; si nécessaire, les ressources pourront être arrachées par la force militaire à des collectivités sans défenses.

La protection de l'environnement

Depuis sa fondation, en 1948, l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) plaide ardemment auprès des différents pays pour qu'ils assurent une protection et une conservation plus efficaces de leurs propres environnements, mais aussi de l'environnement mondial. L'UICN a été parmi les premières instances à établir le lien entre, d'une part, la notion de durabilité et, d'autre part, la préservation de l'environnement et la qualité de vie des êtres humains. Le Rapport annuel 1972 de l'UICN appuie la conservation des ressources environnementales et la mise en œuvre de décisions et d'actions politiques aidant l'ensemble des êtres humains à atteindre le niveau de qualité de vie le plus élevé possible, dans le respect de la durabilité. L'UICN incite les autres organismes à adopter le principe selon lequel la croissance ne peut être durable que dans la mesure où elle tient compte

des limites des ressources naturelles disponibles sur la planète. Tous les plans de développement doivent évaluer les conséquences néfastes qui pourraient toucher l'environnement et prendre en considération les besoins des générations futures. C'est toutefois le rapport Brundtland qui a donné à la notion d'équité intergénérationnelle sa tribune la plus éclatante [Brundtland, 1987a, b].

Avant l'émergence de concepts plus complets, la détérioration de l'environnement était largement assimilée à la pollution atmosphérique causée par l'utilisation des combustibles fossiles dans les industries et les véhicules motorisés des pays industrialisés prospères. Cependant, de nombreux pays moins riches considéraient la croissance industrielle comme une condition essentielle du développement économique. Bien que l'anecdote ne soit peut-être pas véridique, on cite souvent le cas de ce chef d'État africain qui aurait décrit en ces termes ses espoirs quant à l'avenir économique de son pays : « De gros nuages de fumée crachés par d'innombrables cheminées d'usines. »

La Conférence des Nations Unies sur l'environnement qui s'est tenue en 1972 à Stockholm soulignait que la pauvreté extrême constitue tout à la fois l'une des causes et l'une des conséquences de la détérioration de l'environnement. Elle mentionnait spécifiquement l'insuffisance en nombre et en qualité des installations sanitaires ; l'eau contaminée ; les taudis ; et les pratiques menant à la dégradation des ressources naturelles, par exemple l'agriculture sur brûlis, l'abattage d'arbres en guise de combustibles, la surexploitation des pâturages naturels, la destruction des terres arables. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (établi par la Conférence de Stockholm), le WorldWatch Institute, l'Institut des ressources mondiales (*World Resources Institute* – WRI), un nombre croissant d'ONG s'intéressant à l'environnement ainsi que la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement qui s'est tenue à Rio en 1992 ont beaucoup sensibilisé les populations et les gouvernements au problème de la détérioration environnementale causée par différents modèles de développement. Les points de vue restent polarisés entre deux camps : a. les biologistes, écologistes et conservationnistes affirment que le maintien des niveaux actuels de consommation condamnerait les générations futures aux privations ; b. satisfaits de faire perdurer l'exploitation ahurissante qu'ils font actuellement des ressources naturelles, les plus riches rétorquent que la science et la technologie sauront répondre en temps utile aux besoins futurs et affirment, en dépit des preuves contraires, que la pollution de l'atmosphère, des eaux souterraines et superficielles et des écosystèmes côtiers ne représente pas un obstacle sérieux à l'expansion économique et industrielle illimitée.

Les questionnements scientifiques et éthiques

Dans une publication très étayée, des scientifiques de la Fondation internationale pour l'économie écologique et de l'Institut national de la nutrition, en Italie, proposent des analyses scientifiques et éthiques du développement durable [Giampetro et Bukkens, 1992]. Les auteurs soulignent la nature complexe et multidisciplinaire du développement humain durable ainsi que la nécessité de protéger adéquatement la biosphère. Ils décrivent des modèles énergétiques permettant d'étudier les interactions entre les sociétés humaines et leurs environnements respectifs dans des horizons temporels très variables allant de la journée au millénaire, mais aussi de mesurer l'exploitation que font les êtres humains du « capital biophysique » – une expression proposée pour désigner la capacité intrinsèque des écosystèmes à transformer l'énergie solaire pour alimenter des procédés biophysiques stabilisant les structures et les fonctions de la biosphère. Les auteurs estiment que le niveau de vie des États-Unis exige une dépense énergétique en combustibles fossiles de 200 000 kcal/jour/personne, un niveau de consommation insensé qui reste inaccessible à la majeure partie du reste du monde, en particulier les personnes les plus démunies qui dépendent des ressources naturelles provenant d'écosystèmes fragiles pour survivre. De plus, quand bien même ce niveau de vie deviendrait accessible à l'ensemble de la planète, il s'avérerait vite impossible à maintenir.

Des analyses critiques font le point sur le dilemme classique de l'intérêt social – l'opposition entre le bien commun et la liberté illimitée des individus de rechercher la prospérité – et sur l'influence significative du progrès technologique rapide sur le développement humain. Les questions relatives à la conservation de la biodiversité en regard des besoins humains font également l'objet d'analyses sensibles opposant ici encore, d'une part, l'attitude de ceux qui ont amplement accès aux ressources pour maintenir le mode de vie qu'ils ont choisi et, d'autre part, les démunis dont la survie dépend de l'utilisation de toutes les ressources biologiques auxquelles ils peuvent avoir accès. Le document cite des données d'analyses énergétiques estimant à 44 000 térawatts la quantité d'énergie solaire qui est absorbée dans le cycle biochimique hydrique planétaire, alors que la quantité totale d'énergie consommée par les activités humaines au niveau mondial s'élève à seulement 10 térawatts.

Les questions éthiques entourant le développement durable concernent la déplétion de la biodiversité, c'est-à-dire l'élimination de millions d'organismes qui ne présentent aucune valeur ou utilité immédiate pour les systèmes alimentaires ou les procédés industriels. Giampetro et Bukkens concluent que la croissance démographique, si elle n'est pas restreinte, n'est pas

supportable à long terme ; que la dilapidation des ressources par l'essor de l'agriculture intensive mène au déclin de la fertilité des sols, à la consommation excessive d'eau et à la pollution de l'air et de l'eau par les sous-produits de la décomposition des engrais ; et que les connaissances scientifiques actuelles s'avèrent impuissantes à définir les coûts et les avantages des nombreux modèles possibles du développement humain. La croissance incontrôlée des activités humaines conduira inévitablement à des famines majeures et autres catastrophes.

Considérations économiques, environnementales et sociales

Dans une série d'essais particulièrement fouillés, un groupe de chercheurs associés au Global Development and Environment Institute de l'Université Tufts, et placés sous la supervision de Jonathan M. Harris, analyse le développement durable sous divers angles [Harris *et al.*, 2001]. Au début de leur réflexion, les auteurs établissent que les observateurs reconnaissent de plus en plus l'existence des trois dimensions essentielles du développement durable qui sont indiquées ci-dessous.

a. Dimension économique – Pour être durable du point de vue économique, un système doit être capable de produire des biens et des services de manière continue, de maintenir la dette extérieure et gouvernementale à un niveau acceptable, et d'éviter les déséquilibres sectoriels extrêmes susceptibles de nuire à la production agricole ou industrielle.

b. Dimension environnementale – Pour être durable du point de vue environnemental, un système doit préserver un bassin stable de ressources et éviter la surexploitation des systèmes de ressources non renouvelables ; il doit notamment préserver la biodiversité, la stabilité atmosphérique et les écosystèmes, qui ne sont pas toujours considérés comme des ressources économiques.

c. Dimension sociale – Pour être durable du point de vue social, un système doit mener à l'équité dans la répartition des ressources et dans les possibilités d'action qui s'offrent aux différents membres de la population considérée, et prévoir des services sociaux satisfaisants dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'équité hommes–femmes, etc.

Les auteurs étudient les points suivants d'une manière très détaillée.

- Dimension environnementale : capital naturel ; aspects économiques de l'environnement et de l'écologie ; équité intergénérationnelle dans l'accès aux ressources environnementales.

- Dimension sociale : réconciliation de l'environnement et du développement, gouvernance de l'offre des services sociaux.
- Déséquilibre entre les pays prospères « du Nord » et les pays défavorisés « du Sud », notamment l'exploitation sans contrepartie de la biodiversité des pays du tiers monde ; confrontation inégale des riches et des pauvres dans les négociations relatives aux ressources, au commerce et à la pollution atmosphérique.
- Caractéristiques de la croissance démographique ; urbanisation (en particulier en ce qui concerne les mégalopoles de l'Inde) ; étalement industriel ; exploitation des ressources naturelles.
- Contraintes pesant sur la production agricole et espoirs entourant la sécurité alimentaire de l'avenir ; utilisation durable des ressources naturelles ; risques que pourraient représenter les organismes transgéniques ; conservation des forêts et des stocks de poissons.
- Énergie et changements climatiques.
- Mondialisation – définie comme l'intégration accélérée des économies du monde par la libéralisation du commerce et des investissements ; conséquences variables des programmes d'ajustement structurel dans les pays pauvres avec comparaison des points de vue, d'une part, des observateurs qui affirment les bienfaits macroéconomiques de ces politiques et, d'autre part, de leurs opposants, qui considèrent que leurs coûts sociaux et environnementaux dépassent les gains économiques qu'elles permettent de réaliser à court terme.

Les auteurs opposent les opinions de deux camps : a. ceux et celles qui considèrent l'intégration économique mondiale comme néfaste pour l'environnement planétaire et pour l'emploi (notamment des travailleurs et des syndicats du Nord prospère) ; et b. ceux et celles qui considèrent la « mondialisation » comme une occasion rarement offerte d'alimenter un développement économique exponentiel. Les auteurs concluent que la « mondialisation », pour être durable, exige une coopération planifiée entre les entreprises transnationales, les agences internationales, les gouvernements, et les collectivités qu'ils gouvernent et qui sont les plus susceptibles de vivre les conséquences du phénomène.

L'épargne nette corrigée

Le *Rapport sur le développement dans le monde 2003* de la Banque mondiale propose une formule pour calculer un indice composé des progrès réalisés par un pays donné dans le domaine du développement : l'épargne

nette corrigée. Pour les économistes de la Banque mondiale, cette « épargne nette corrigée » est égale à l'épargne intérieure nette (la différence entre l'épargne intérieure brute et la consommation de capital fixe), *plus* les dépenses en éducation, *moins* la diminution des ressources énergétiques, fossiles et minérales, la déplétion nette de la forêt et les dégâts du dioxyde de carbone. À l'aide de cette formule complexe, les économistes de la Banque mondiale calculent l'épargne nette corrigée (exprimée en pourcentage du PIB) pour différents groupes de pays classés par revenu ou par région.

Revenu faible	7,8	Revenu élevé	13,5
Extrême-Orient et Pacifique	25,2	Afrique subsaharienne	3,9

De tels calculs constituent sans aucun doute un exercice des plus stimulants pour des économistes de haut vol. On doit toutefois s'interroger sur la fiabilité des données utilisées dans ce calcul, en particulier quand elles sont fournies par les pays les plus pauvres : parmi eux, nombreux sont ceux qui n'ont pas la capacité de recueillir et d'analyser avec exactitude des données de cette nature et de cette ampleur. « Tout en reconnaissant le besoin d'un indice composé [...], ajoute le rapport de la Banque mondiale, il importe de noter que les indicateurs sont plus utiles lorsqu'ils sont destinés à étudier des problèmes spécifiques. »

Ce même document souligne l'importance d'une « comptabilité verte » : par rapport au PIB classique, qui ne témoigne pas réellement du niveau de bien-être des êtres humains dans le pays considéré, le « PIB vert » rendrait plus justement compte de la conservation des ressources et de la protection de l'environnement. La comptabilité verte se veut une tentative d'amendement des comptabilités nationales en vue d'y intégrer la dégradation de l'environnement, les services rendus par l'environnement, et l'évolution des stocks de capital naturel.

Des incertitudes encore irrésolues

Ce chapitre a proposé quelques conceptions individuelles et institutionnelles du « développement durable ». Ayant lu ce chapitre, le lecteur, à l'instar de l'auteur, se rappellera peut-être la traduction du *Rubayat* d'Omar Khayyam par Edward Fitzgerald : « Et ils sortirent par la porte par laquelle ils étaient entrés... » De toute évidence, les termes « développement » et « développement durable » sont susceptibles d'interprétations très diverses. Par

conséquent, ni le « développement » ni le « développement durable » ne peuvent faire l'objet d'une analyse sensée tant que leurs buts et leurs objectifs ne sont pas définis avec précision et que les critères de mesure ou d'évaluation du « développement » ne sont pas clairement exposés. Puisque la définition précise et les critères exacts manquent le plus souvent, les réflexions entourant le « développement » et le « développement durable » restent pour la plupart extrêmement difficiles à appréhender. On doit même se demander si tous les partisans du « développement durable » se sont effectivement dotés d'une définition précise du but, des objectifs et des critères devant servir à mesurer le chemin parcouru, et s'ils possèdent, ou cherchent à posséder, une compréhension systématique de tous les enjeux en cause. Tant que les tenants du développement durable et les acteurs de sa mise en œuvre continueront d'être guidés par Humpty Dumpty plutôt que Kelvin et Lavoisier, la confusion et les malentendus continueront de régner en maîtres.

This page intentionally left blank

3
Les premiers pas du développement international

La Charte de l'Atlantique

Un excellent ouvrage décrit dans le détail les négociations qui se sont tenues à Versailles après la Première Guerre mondiale et qui ont mené à la mise sur pied de la Société des Nations (SdN), l'instance qui a précédé les Nations Unies ; il explique également le refus des États-Unis d'adhérer à cette Société par suite d'une décision de leur Congrès, ainsi que les mécanismes du déclin de la SdN [MacMillan, 2003]. Si la Société des Nations n'a pas survécu, l'idée d'un organisme international chargé d'assurer la paix dans le monde et de promouvoir la coopération entre les pays, elle, est restée bien vivace.

Le 12 juin 1942, sur un navire de guerre croisant dans l'océan Atlantique, Franklin D. Roosevelt, président des États-Unis, et Winston Churchill, Premier ministre britannique, ont élaboré la Charte de l'Atlantique. Ce document énonce les conditions fondamentales auxquelles les pays du monde doivent se rallier pour que l'humanité tout entière vive dans la paix une fois la Deuxième Guerre mondiale terminée. La Charte envisage un monde pacifique dans lequel tous les êtres humains sont libérés du besoin, de la peur, de la faim, de la pauvreté, de l'ignorance, et dans lequel ils bénéficient tous de soins de santé appropriés pour éradiquer les maladies chroniques. La Charte affirme : a. le droit de chaque peuple à choisir la forme de gouvernement dans laquelle il souhaite vivre ; b. le droit de tous les pays à accéder également aux transactions commerciales et aux matières premières nécessaires à leur prospérité économique ; et c. le devoir de toutes les nations de renoncer à l'usage de la force militaire pour concrétiser leurs ambitions ou pour imposer leur volonté ou leur idéologie à d'autres pays. Il est bien regrettable que les diri-

geants politiques actuels des États-Unis et de la Grande-Bretagne ne paraissent pas adhérer à la vision et aux aspirations généreuses de leurs prédécesseurs.

Les représentants des 26 pays alliés contre l'Allemagne et le Japon ont signé en 1942 une Déclaration d'acceptation des principes de la Charte de l'Atlantique. L'année suivante, les dirigeants des États-Unis, du Royaume-Uni, de l'Union soviétique et de la Chine conviennent de créer un nouvel organisme international fondé sur les principes énoncés dans la Charte de l'Atlantique. Les représentants de ces quatre pays se rencontrent en 1944 à Dumbarton Oaks, à Washington, où ils établissent la version préliminaire d'une charte pour cette nouvelle entité : l'Organisation des Nations Unies (ONU). En avril 1945, à San Francisco, la Conférence des Nations Unies sur l'organisation internationale rassemble des délégués de 50 pays ; dans les deux mois qui suivent, ils s'entendent sur le contenu d'une Charte des Nations Unies précisant l'objectif de cette organisation, ses principes directeurs et sa structure. L'Organisation des Nations Unies voit le jour officiellement le 24 octobre 1945. Depuis, le nombre de ses membres est passé à 191.

L'Organisation des Nations Unies et sa Charte

Les intentions énoncées dans la Charte des Nations Unies sont nobles et louables. Il est navrant que plusieurs des principaux signataires de ce document, désireux d'accroître leur influence et leur pouvoir politique, aient si souvent ignoré les responsabilités auxquelles ils s'étaient engagés. La Charte affirme notamment : « Nous, peuples des Nations Unies, [sommes] résolus à préserver les générations futures du fléau de la guerre [...], à proclamer à nouveau notre foi dans les droits fondamentaux de l'homme, dans la dignité et la valeur de la personne humaine, dans l'égalité de droits [...] des nations, grandes et petites, [...] à favoriser le progrès social et instaurer de meilleures conditions de vie [...], à pratiquer la tolérance, à vivre en paix l'un avec l'autre [...], à unir nos forces pour maintenir la paix et la sécurité internationales, [...] à recourir aux institutions internationales pour favoriser le progrès économique et social de tous les peuples. »

Le système monétaire international

En 1944, des représentants de différents pays se rencontrent à Bretton Woods, dans le New Hampshire (aux États-Unis), pour fonder la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (BIRD – la Banque mondiale) et le Fonds monétaire international (FMI). Par cette décision, « le monde prenait délibérément le contrôle du système monétaire international »

[Plumptre, 1977]. Il a été décidé alors, et il en reste ainsi de nos jours, que la BIRD et le FMI auraient leurs sièges sociaux à Washington, et que le président de la Banque mondiale serait un citoyen des États-Unis tandis que celui du FMI serait européen. Certains observateurs critiques estiment que ces règles accordent aux philosophies politiques et économiques des États-Unis une influence excessive sur les activités et le devenir de la BIRD et du FMI. À cet égard, on ne peut que s'inquiéter de la nomination récente, par le président Bush, de l'un des principaux architectes de la guerre contre l'Irak au poste de président de la Banque mondiale.

Le FMI a été créé pour aider les pays aux prises avec des balances des paiements défavorables dans une économie mondiale caractérisée par la fixité des taux de change. Aujourd'hui, les États-Unis, jugeant que les devises asiatiques sont sous-évaluées et induisent ainsi un déséquilibre commercial États-Unis/Asie, exercent des pressions importantes pour que le FMI encadre les valeurs relatives des monnaies nationales.

L'ONU et ses institutions spécialisées

Il fallait instaurer une famille complète d'organismes internationaux pour atteindre les objectifs d'humanisme et de paix énoncés dans la Charte de l'Atlantique. C'est dans cette optique que se sont graduellement développées l'Organisation des Nations Unies (ONU) et ses institutions spécialisées. Jones [1965] décrit les premiers temps de l'ONU et de ses organismes associés. Chacune de ces institutions possède sa propre charte et bénéficie du soutien des gouvernements nationaux qui décident d'en être membres. C'est le cas de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (*Food and Agriculture Organization* – FAO), l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* – UNESCO). Les 191 pays membres de l'ONU ne font pas nécessairement partie de toutes ses institutions spécialisées.

En 1965, l'ONU comptait déjà 14 institutions spécialisées, dont la BIRD, le FMI et l'Association internationale de développement (*International Development Association* – IDA). (L'IDA est le guichet de la Banque mondiale chargé d'offrir des prêts préférentiels à taux d'intérêt nul ou faible ; dans certains cas, ces prêts sont remboursables en monnaie locale.) On distingue à cette même époque ces quatre autres instances reliées à l'ONU : le Programme Alimentaire Mondial (PAM), qui procure de l'aide alimentaire aux pays souffrant d'insécurité alimentaire grave ; le Fonds des Nations Unies

pour l'enfance (*United Nations Children's Fund* – UNICEF) ; le Programme élargi d'assistance technique (PEAT) ; et le Fonds spécial des Nations Unies (FSNU). Le PEAT et le FSNU ont été fusionnés en 1966 pour donner naissance au Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), une instance qui finance différents projets de développement, soit directement auprès des pays en développement, soit par l'intermédiaire d'une institution spécialisée de l'ONU.

L'affranchissement du colonialisme

Quelque 60 États indépendants et souverains se sont constitués à même les anciennes colonies des pays européens dans les 25 années qui ont suivi la Deuxième Guerre mondiale. Les ressources économiques, matérielles et humaines (notamment en ce qui concerne la main-d'œuvre instruite et qualifiée) variaient considérablement de l'un de ces pays nouveaux à l'autre. Cependant, à des degrés divers, tous ont eu besoin alors, et ont encore besoin pour la plupart, d'une assistance économique et technique extérieure. Elle leur a d'abord été fournie par les institutions de l'ONU, puis par les gouvernements des pays plus prospères de l'Amérique du Nord, de l'Europe et de l'Océanie. Les nouveaux États souverains présentaient au moment de la décolonisation des besoins, des capacités et des ressources très diverses, et qui dépendaient en partie du tracé de leurs nouvelles frontières, des modalités de leur colonisation, et des aspirations et priorités de leurs anciens colonisateurs : certains ont légué à leurs ex-colonies des structures institutionnelles encadrant l'instruction ou le développement agricole et économique ; d'autres les ont laissées aux prises avec un analphabétisme généralisé ou presque.

La colonisation de l'Afrique

En 1884, Otto von Bismarck, qui était alors le Chancelier de l'Allemagne et le principal architecte de l'unification allemande, convoque à Berlin une conférence dont le but officiel est de définir un modèle de développement économique international pour l'Afrique. L'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grande-Bretagne, l'Italie, la Norvège, les Pays-Bas, la Suède et la Turquie participent aux rencontres. La conférence fractionne l'Afrique en une mosaïque de colonies dont les contours sont indifférents, ou presque, à la répartition géographique des ethnies et des tribus indigènes qui se partagent alors le continent. Russell Warren Howe [1967] décrit avec éloquence le fruit des discussions : « Léopold, roi de la Belgique, a eu les coudées franches pour bâtir son État libre du

Congo [et] l'inéluctable principe de la conquête et de la colonisation a déferlé sur des milliers de kilomètres, du Cap au Caire. » Bismarck souligne à l'époque la nécessité « d'associer les indigènes d'Afrique à la civilisation en ouvrant le continent aux relations commerciales. » Aucun « indigène d'Afrique » n'a toutefois été invité à la Conférence de Berlin ; les Africains n'ont pas non plus été consultés quant aux décisions prises à l'issue de la rencontre [Howe, 1967]. Kennedy [1989] décrit la manière dont les pays riches ont acquis puis abandonné leurs colonies africaines.

L'ouverture bismarckienne du continent africain au commerce a transformé les colonies africaines en réservoirs de précieuses matières premières que les industries des maîtres coloniaux pouvaient ensuite transformer et vendre avec un profit considérable. L'état déplorable dans lequel se trouvent actuellement plusieurs pays de l'Afrique subsaharienne est certes imputable à la corruption et à la mauvaise gestion des gouvernements locaux. Mais les conflits interethniques et intertribaux plongent leurs racines dans le découpage des territoires africains qui s'est effectué au mépris complet des démarcations ethniques lors de la Conférence convoquée par Bismarck à Berlin.

Le conflit au Moyen-Orient

La quête du profit par l'acquisition malhonnête des ressources de pays soumis s'exprime de manière manifeste dans toute l'Afrique. Elle est également responsable de la situation désastreuse et dangereuse que l'on observe à l'heure actuelle au Moyen-Orient et dans la partie occidentale de l'Asie. La trahison infligée aux pays arabes par les Britanniques Sir Arthur Balfour et Sir Mark Sykes et par le Français Georges Picot, puis ratifiée par la Grande-Bretagne, la France et les États-Unis dans le Traité de Versailles, visait à l'époque, comme aujourd'hui du reste, la conservation de la mainmise sur les réserves pétrolières de cette région du monde et sur les pays auxquels elles appartiennent [MacMillan, 2003]. Les gouvernements occidentaux et leurs alliés qui maintiennent une activité militaire au Moyen-Orient et dans l'ouest de l'Asie ignorent apparemment que la Charte de l'Atlantique affirme le droit de tous les pays à choisir la forme de leur gouvernement et interdit à tous les pays d'imposer par la force militaire leur idéologie ou leur conception du gouvernement idéal.

Les conférences internationales sur le développement

La deuxième moitié du 20e siècle a été émaillée d'innombrables conférences, missions et publications sur le « développement international ». En

principe, toutes ces manifestations s'inscrivaient dans un cadre déontologique : le devoir qui incombe aux pays prospères d'améliorer la qualité de vie des personnes moins bien loties. En pratique, elles s'organisaient et se déployaient souvent au gré des priorités politiques des donateurs. Le récapitulatif ci-dessous rappelle la date de certaines de ces conférences majeures, le lieu des rencontres ainsi que les résultats produits.

1944	Bretton Woods	Création de la BIRD et du FMI
1945	San Francisco	Création de l'Organisation des Nations Unies
1945	Québec	Fondation de la FAO
1960	Washington	Fondation de l'Association internationale de développement (*International Development Association* – IDA)
1971	Washington	Fondation du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI ; *Consultative Group on International Agricultural Research* – CGIAR)
1972	Stockholm	Conférence des Nations Unies sur l'environnement – Elle mènera à la mise sur pied du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE)
1975	Rome	Conférence mondiale de l'alimentation – Elle établit le Conseil mondial de l'alimentation (démantelé ultérieurement) et le Fonds international de développement agricole (FIDA)
1977	Nairobi	Conférence des Nations Unies sur la désertification
1978	Singapour	Conférence internationale sur la science et la technologie au service du développement
1981	Nairobi	Conférence mondiale sur l'énergie
1990	New York	Sommet mondial pour les enfants
1992	Rio de Janeiro	Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement
1993	Vienne	Conférence des Nations Unies sur les droits de l'Homme
1994	Le Caire	Conférence des Nations Unies sur la population et le développement
1995	Copenhague	Conférence des Nations Unies sur la pauvreté et le développement social
1995	Beijing	Conférence mondiale sur les femmes
1996	Rome	Sommet mondial de l'alimentation
1997	Istanbul	Conférence des Nations Unies sur les établissements humains

2002	Johannesburg	Sommet mondial pour le développement durable (bilan de la Conférence de 1992 de Rio)
2004	Bangkok	Conférence s'inscrivant dans une série de rencontres sur le VIH/sida
2006	Toronto	La dernière en date des conférences sur le VIH/sida (30 000 délégués)

En ce qui a trait aux deux derniers événements de cette liste, peut-on douter que les gouvernements, les observateurs individuels et les instances qui s'inquiètent véritablement du sort des êtres humains ignorent encore le potentiel de dévastation actuel et futur de la pandémie de VIH/sida ? Avons-nous encore besoin de conférences internationales pour faire connaître l'horreur du sida ? Combien de médicaments antiviraux et combien d'assistance médicale aux victimes du VIH/sida aurait-on pu acheter avec les millions de dollars dépensés pour déplacer et héberger les délégués de ces gigantesques rencontres internationales ? Je considère pour ma part que la plupart de ces immenses conférences ne servent qu'à offrir une tribune aux politiciens et aux conférenciers pour qu'ils y prononcent des déclarations pieuses. Les incontournables revendications en faveur d'investissements essentiels substantiels et d'actions significatives trouvent rarement des échos concrets.

Il est certes difficile de mesurer d'une manière systématique le coût des grandes conférences internationales et de le comparer aux bienfaits tangibles qui en découlent. Les coûts sont toujours élevés : la plupart des fonctionnaires et des politiciens de haut rang voyagent en première classe et sont hébergés dans les hôtels les plus luxueux. Il n'est pas inintéressant de se demander combien de pauvres auraient pu bénéficier d'un accès à l'eau potable, d'une amélioration de leurs installations sanitaires et d'un accès à l'instruction primaire avec l'argent dépensé pour convoquer les conférences sur l'environnement et le développement qui se sont tenues en 1992 et 2002, respectivement à Rio et Johannesburg.

Les objectifs des programmes de développement international

La première phrase du rapport de la Commission d'étude du développement international (dite « Commission Pearson ») de 1969, intitulé *Vers une action commune pour le développement du Tiers Monde*, affirme : « Le fait que l'écart va grandissant entre les économies des pays industrialisés et celles des pays en voie de développement constitue l'un des problèmes majeurs de notre temps » [Pearson, 1969]. Comme on dit en français : « Plus ça change,

plus c'est la même chose[1]. » En dépit des sages conseils de Cicéron, Kierkegaard, Churchill, Santayana et bien d'autres, qui nous rappellent que ceux qui n'apprennent pas les leçons de l'histoire sont condamnés à répéter les erreurs du passé, les organismes et agences du secteur du développement ainsi que les politiciens persistent à se comporter comme s'ils ignoraient tout du passé – ou comme s'ils refusaient d'en apprendre les leçons. Rares sont les agences de développement qui se dotent d'une mémoire organisationnelle ou institutionnelle systématique et l'alimentent régulièrement. La tendance à s'agripper à des slogans accrocheurs et éphémères ne correspondant à aucune définition précise n'est que trop répandue.

Erreurs, revers et avancées du développement

Selon un rapport sur le développement établi par un comité parlementaire canadien, Brian Walker, ancien directeur d'Oxfam, considérait que c'était à force de travailler dans le domaine de l'aide et du développement qu'il en était arrivé à saisir toute la complexité du processus. « Le domaine du développement, ajoute le rapport, est un véritable dépotoir de modèles abandonnés qui mettaient tous l'accent sur un seul aspect du développement [...] et faisaient abstraction du reste » [Winegard, 1987]. Dans la même optique, Margaret Catley-Carlson, présidente de l'Agence canadienne de développement international (ACDI), écrit dans le Rapport annuel 1985 de son organisme : « Le monde en développement se développe-t-il réellement ? La réponse à cette question ne peut être qu'approximative et hypothétique. [...] Le développement [est] un travail de longue haleine, aux résultats incertains [...]. »

Ces propos illustrent le manque d'empressement des agences de développement à mener des analyses rigoureuses et critiques des systèmes, à partir desquelles elles pourraient élaborer leurs priorités et leurs programmes. Constat tout aussi désolant : de nombreux projets de transfert de technologies sont mis en œuvre sans qu'ils s'appuient sur une étude systématique préalable des ressources, des possibilités d'action, des contraintes et des environnements physiques, économiques et sociaux des bénéficiaires visés. Bien que d'importants progrès aient été réalisés dans les pays diversement qualifiés, depuis les années 1960, de pays « à revenu faible », « sous-développés », « moins développés », ou « en développement », la majeure partie des efforts et des sommes investis a été gaspillée en projets mal conçus par des agences apparemment ignorantes des principes de l'analyse moderne des systèmes.

1. En français dans le texte. (NdlT)

Il n'est pas rare que les nouveaux venus du secteur de l'aide au développement cherchent des solutions simples à des situations hautement complexes, ou qu'ils tentent de transférer des technologies ou des processus isolés entre des collectivités extrêmement différentes l'une de l'autre. L'Inde ne connaît que trop bien ces « experts » étrangers qui arrivent bardés de solutions toutes prêtes et qui cherchent des problèmes leur correspondant, faisant au passage l'impasse sur plusieurs siècles d'expérience pratique indienne. « Le système actuel d'aide internationale, avec sa profusion d'organismes bilatéraux et multilatéraux, manque de direction et de cohérence », soulignait le rapport Pearson [1969]. La situation semble avoir peu changé depuis.

Depuis les années 1960, l'Inde et d'autres pays asiatiques ont réalisé des progrès considérables dans leur développement agricole, économique, industriel et technologique. Quelle est la part relative de l'aide extérieure et des efforts internes dans ces progrès ? C'est impossible à dire. Selon les critères économiques conventionnels, l'Inde a progressé plus rapidement que les pays industrialisés aux premiers stades de leur développement. De 1790 à 1820, sur cette période qu'il est convenu d'appeler la « révolution industrielle », le produit intérieur brut (PIB) de la Grande-Bretagne a augmenté d'environ 2 pour cent par année (selon les estimations disponibles). De 1990 à 1999, le PIB de l'Inde a augmenté en moyenne de plus de 6 pour cent par an. Certes, les connaissances et les ressources scientifiques étaient moins nombreuses et moins poussées pendant la révolution industrielle qu'à l'époque de l'essor indien. L'évolution économique de l'Inde n'en constitue pas moins le témoignage éclatant de la sagesse dont ce pays a fait preuve depuis son indépendance en investissant de manière soutenue dans la recherche, le développement et l'instruction supérieure. Depuis les années 1960, l'aide publique au développement (APD) consentie par les pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) aux pays plus pauvres est loin, elle, d'avoir été soutenue et de s'être inscrite dans la durée.

Tableau 3a

APD fournie par les pays de l'OCDE

	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002
Total OCDE (en milliards USD)	6,5	7,0	13,9	27,0	29,4	53,4	54,5	52,3	58,3
% du PNB – OCDE	0,48	0,34	0,35	0,37	0,36	0,34	0,30	0,24	0,23
% du PNB – É.-U.	0,49	0,31	0,27	0,25	0,24	0,15	0,13	0,11	0,13
% du PNB – R.-U.	0,47	0,37	0,37	0,35	0,33	0,31	0,32	0,32	0,31

% du PNB – Canada	0,19	0,37	0,54	0,52	0,49	0,47	0,45	0,22	0,28
% du PNB – Danemark									0,96
% du PNB – Norvège									0,89
% du PNB – Suède									0,83
% du PNB – Pays-Bas									0,81

Seuls les pays scandinaves et les Pays-Bas ont atteint la cible recommandée de 0,7 pour cent de leur PNB. Par ailleurs, la définition de l'APD et les destinataires de cette aide varient considérablement d'un donateur à l'autre. Certains donateurs intègrent les dons d'armes dans leurs calculs de l'APD. Les États-Unis, qui se classent dans les derniers rangs des pays de l'OCDE pour ce qui concerne le pourcentage du PNB consacré à l'aide, accordent la plupart de cette assistance à un pays du Moyen-Orient que l'on ne peut certes pas considérer comme pauvre ou sous-développé selon les critères internationaux généralement reconnus. Près de 40 pour cent de l'APD des pays scandinaves sont consacrés aux pays les plus pauvres, mais seulement 15 pour cent de l'APD des États-Unis suivent cette voie.

Tableau 3b

L'APD en 2004 selon les estimations du PNUD

	Total (en milliards USD)	Par habitant (USD)
Monde	69,8	
Pays à faible revenu	32,1	13,7
Revenu intermédiaire	19,0	8,4
Ens. pays en développement	65,4	9,7
Afrique subsaharienne	22,7	32,9
Asie du Sud	6,6	4,3
Amérique latine/Caraïbes	6,1	9,9

En 2004, plus de 400 milliards USD ont été consacrés à la guerre et aux projets de reconstruction en Afghanistan et en Irak, et cette somme devrait augmenter de manière significative à l'avenir. Ces dépenses amenuisent graduellement l'APD fournie aux pays les plus pauvres. Dans le numéro du

8 décembre 2006 du *Guardian Weekly*, Julian Borger décrit la manière dont d'importantes sommes destinées à la construction en Irak sont en fait dilapidées par la corruption et par des entreprises qui surfacturent leurs services.

Pays riches, pays pauvres

Ward [1961] et Galbraith [1965] ont beaucoup étudié l'inégalité de la répartition du revenu et des ressources entre les pays riches et les pays pauvres, mais aussi à l'intérieur d'entités nationales très disparates quant à leur idéologie politique. Dans les pays prospères comme dans les moins riches, d'importantes inégalités séparent les riches des pauvres. En ce qui concerne les pays les moins prospères, leur pauvreté peut être atténuée dans une certaine mesure par la mise en œuvre d'une aide au développement constructive ; par contre, les inégalités entre les riches et les pauvres au sein d'un même pays doivent être réglées par les gouvernants de ces collectivités elles-mêmes.

Née dans les années 1940, l'économie moderne du développement s'intéresse aux pays ou régions considérés comme sous-développés ou moins développés que le reste du monde. À l'origine, ses objectifs, que Pearson, Brandt et Brundtland ont décrits de diverses manières, consistaient à élever le niveau de vie général des pays pauvres en augmentant l'offre de biens et de services essentiels à leurs populations en croissance rapide. Le Fonds monétaire international, la Banque mondiale et l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (*General Agreement on Tariffs and Trade* – GATT), qui est entré en vigueur à la fin des années 1940, ont été implantés pour établir un contexte stable de développement économique et social pour l'ensemble des pays. Les critères d'évaluation du développement humain ont évolué : s'ils se résumaient à l'origine à des estimations du PNB ou du PIB/hab., ils intègrent maintenant des besoins fondamentaux tels que l'instruction, l'alimentation, l'état de santé et les services de santé, les installations sanitaires et les possibilités d'emploi, en particulier pour les pauvres des régions rurales et urbaines.

Certains analystes proposent de réformer radicalement le FMI, la Banque mondiale et certaines des institutions des Nations Unies. En ce qui a trait à l'ONU, le débat entourant une éventuelle réforme de cet organisme repose sur la question suivante : les Nations Unies devraient-elles avant tout, ainsi que ses concepteurs semblaient le souhaiter, servir les intérêts des pays les plus pauvres et répondre à leurs besoins, ou devraient-elles devenir l'instrument permettant aux plus puissants d'imposer leur idéologie au reste du

monde ? De nombreux observateurs estiment que l'ONU et ses institutions devraient exercer une influence plus grande sur les politiques et les actions nationales qui nuisent à l'environnement et tendent à exacerber les conflits. La désignation des pays membres permanents du Conseil de sécurité de l'ONU et la détermination des pouvoirs de cet organe constituent une source majeure de questionnements ainsi qu'un motif important de dissension. Le Conseil compte actuellement cinq membres permanents : la Chine, la France, la Russie, la Grande-Bretagne et les États-Unis. Ces pays sont de toute évidence très peu représentatifs de l'ensemble des membres du Conseil de sécurité. De plus, les pouvoirs de cet organe sont constamment restreints par le droit de veto que possède chacun de ses cinq membres permanents. La nécessité d'une éventuelle réforme de l'ONU et l'autorité de cette instance dans les questions internationales continueront sans aucun doute d'alimenter les débats et de susciter des discordes dans les années à venir.

Les organisations non gouvernementales (ONG) sont certes très disparates au niveau de leurs ressources, de leurs capacités, de leur expérience et de leurs idéologies. Néanmoins, plusieurs d'entre elles jouent un rôle précieux de contrepoids par rapport à la Banque mondiale, au FMI et à d'autres programmes d'agences internationales. Différentes ONG analysent les conséquences des programmes de développement sur les soins de santé primaires, l'eau potable, la protection de la biodiversité, la lutte contre la pollution et, d'une manière plus générale, la conservation des milieux écologiques et les changements environnementaux. Elles attirent l'attention du grand public sur les activités de développement qui accentuent la détérioration de l'environnement, les iniquités sociales ou la mauvaise administration politique, et sur le détournement des ressources effectué par des personnes ou des instances corrompues [Fox et Brown, 1998]. Par leurs ressources comme par leurs capacités, les ONG diffèrent grandement les unes des autres. Certaines ont toutefois réussi à rassembler des ressources importantes et ont acquis une expérience substantielle. Il est dommage que seulement 0,02 pour cent de l'APD de l'OCDE soit acheminé par l'intermédiaire des ONG.

L'évaluation des programmes de développement international

Qu'ils soient multilatéraux (administrés par les Nations Unies et les institutions qui lui sont associées) ou bilatéraux (aide directe d'un pays donateur à un pays bénéficiaire), la plupart des investissements dans les programmes de développement international proviennent du Trésor public des gouvernements donateurs et des contribuables des pays considérés. Depuis 40 ans, un nombre stupéfiant de conférences, commissions, comités et consultations

ont été convoqués pour évaluer l'évolution du développement dans les pays désignés à l'origine par les termes « en développement » ou « du tiers monde ». Depuis peu, il est en vogue d'appeler ces mesures du développement des « évaluations d'impact », une expression tout aussi insaisissable, sur le plan sémantique, que le terme « durabilité ». Le mot « impact » provient du latin *impactus*, le participe passé du verbe *impingere* : « frapper, heurter ». Pendant la Première Guerre mondiale, l'armée britannique a intégré le terme « impact » à son vocabulaire militaire pour désigner le résultat d'une explosion ou d'une frappe de missile. À proprement parler, l'expression « évaluation d'impact » renvoie donc à un événement unique et retentissant. Appliquée à la mesure des interactions diverses et complexes d'ordre économique, environnemental, social et technologique qui constituent les processus et les programmes de développement, elle est complètement dénuée de sens. Quant à l'expression « impacts négatifs », sa réalité sémantique semble encore plus douteuse.

L'une des difficultés inhérentes à l'évaluation des progrès réalisés dans les programmes de développement consiste en ce que leurs concepteurs et leurs instigateurs négligent souvent de définir des objectifs et des critères précis et quantifiables à l'aune desquels ces projets pourraient être évalués. Dans les premières années de ces programmes, des sommes substantielles ont été investies sur la foi de cette hypothèse naïve selon laquelle la mise sur pied d'institutions, l'envoi d'équipements et le déploiement d'une expertise étrangère déboucheraient inévitablement sur un développement graduel. Mais il manquait à ces projets une désignation précise des objectifs, des bienfaits escomptés, des personnes ou instances censées concrétiser ces buts, des contraintes, des risques et obstacles possibles. Il n'était pas inhabituel, à l'époque, de croire en l'existence d'une solution qui saurait répondre à tous les besoins. À la fin des années 1960, j'ai rencontré un « expert » d'une institution de l'ONU qui proposait un plan de développement agro-industriel identique pour l'Iran et l'Ouganda, deux pays pourtant très différents dans leurs traditions, leurs cultures, leurs écosystèmes, leurs climats et leurs ressources.

Les nombreux rapports publiés sur le développement constituent néanmoins un vaste bassin de données, de descriptions et d'observations. Qu'on les évalue selon les critères économiques classiques, les unités de mesure industrielles ou les indicateurs sociaux, les progrès réalisés par les pays bénéficiaires de l'aide au développement s'avèrent toujours extrêmement hétérogènes. Quand ils sont devenus des États souverains et indépendants, dans les années 1960, le Ghana et le Nigéria étaient plus prospères que la République de Corée (Corée du Sud). Selon des données récentes de la Banque mondiale, le PNB/hab. de la Corée du Sud s'établit maintenant à environ

8 500 USD, contre 390 USD pour le Ghana et 280 USD pour le Nigéria. Exprimé en parité des pouvoirs d'achat, les PNB/hab. de la Corée du Sud, du Ghana et du Nigéria s'élèvent respectivement à 11 500, 1 990 et 1 220 USD. Si les économies financières et industrielles de la plupart des anciens pays pauvres de l'Asie se sont développées d'une manière impressionnante, les pays de l'Afrique subsaharienne ont stagné, voire régressé pour plusieurs d'entre eux. Dans les années 1980, le Zimbabwe comptait parmi les pays les plus productifs de l'Afrique : exportateur net de céréales, il possédait un secteur agroalimentaire bien développé ainsi qu'une dynamique université. Aujourd'hui, l'économie, l'agriculture et le secteur agroalimentaire du Zimbabwe subissent un déclin majeur. De 1990 à 1995, la production alimentaire du Zimbabwe a baissé de plus de 30 pour cent ; par contre, les investissements militaires ont dépassé les sommes consacrées à la santé et à l'instruction. Depuis 1980, le taux de change du dollar du Zimbabwe (ZWD) par rapport au dollar des États-Unis est passé d'une presque parité à 1 USD pour 100 000 ZWD. Le taux d'inflation du Zimbabwe est maintenant supérieur à 1 400 pour cent par an et, selon toute probabilité, devrait encore augmenter.

L'ensemble des constatations et recommandations des nombreux et coûteux bilans d'envergure établis sur le développement remplirait d'innombrables CD-ROM. On trouvera ci-après un résumé très bref de certaines de ces études les plus importantes, notamment des *Rapports sur le développement dans le monde* de la Banque mondiale ; les rapports des Commissions Pearson, Brandt et Brundtland, toutes trois convoquées et financées par la Banque mondiale ; et des documents relatifs à deux conférences internationales sur l'environnement et le développement tenues à Rio (1992) et Johannesburg (2002).

Les *Rapports sur le développement dans le monde* de la Banque mondiale

Cette série de rapports s'est amorcée en 1978. Chacune de ses éditions porte sur un problème spécifique de développement et propose des analyses statistiques, des commentaires et des recommandations. Ces rapports sont établis par le personnel de la Banque mondiale et contiennent un avis d'exonération de responsabilité précisant que les points de vue et opinions qui y sont exprimés sont ceux des auteurs, pas nécessairement ceux du Conseil ou des Administrateurs de la Banque mondiale. Par ailleurs, les auteurs ne garantissent pas l'exactitude des données fournies dans le document – une mise en garde qui ne surprend pas quand on constate que les tableaux statis-

tiques font état de chiffres concernant la population totale, le PIB et le PNB/hab., les indicateurs macroéconomiques, la répartition du revenu, les données sur la santé, l'instruction, la production et la consommation énergétique commerciale, l'utilisation des sols, le taux de la croissance démographique urbaine, la dette extérieure, la valeur des exportations et des importations... Les analyses couvrent en outre plus de 125 pays. L'établissement d'un recensement fiable de la population et la détermination de la répartition du revenu constituent des processus extrêmement coûteux et complexes dans n'importe quel pays du monde. Dans les régions dans lesquelles les conflits, troubles civils et insécurités alimentaires ou autres exacerbent les flux migratoires, et dans lesquelles les services publics ne possèdent ni les compétences ni les ressources nécessaires, la collecte des données et l'établissement de statistiques exactes relèvent de l'impossible. Les chiffres avancés par la Banque mondiale doivent donc être considérés comme des indications générales plutôt que des constatations précises.

La liste ci-dessous indique les thèmes des *Rapports sur le développement dans le monde* publiés par la Banque mondiale de 1978 à 2004.

1978 Bilan des progrès du développement 1950–1975

1979 Les politiques internationales et les perspectives du développement

1980 La pauvreté et le développement humain

1981 Les perspectives du commerce international

1982 L'agriculture et le développement économique

1983 La récession économique mondiale ; les perspectives de rétablissement

1984 Les changements démographiques et le développement

1985 Le capital international et le développement économique

1986 Les perspectives d'une croissance soutenue

1987 L'industrialisation et le commerce international

1988 La gestion de l'économie mondiale

1989 Les systèmes financiers et le développement

1990 La pauvreté

1991 Le défi du développement

1992 La détérioration de l'environnement

1993 Investir dans la santé

1994 Les infrastructures du développement

1995 Les travailleurs dans un monde en pleine intégration

1996 Du plan au marché
1997 L'État dans un monde en pleine évolution
1998 Les connaissances au service du développement
1999 Le développement au seuil du XXIe siècle
2000 Combattre la pauvreté
2002 Des institutions pour les marchés
2003 Le développement durable
2004 Mettre les services de base à la portée des pauvres
2006 Équité et développement

Les *Rapports sur le développement dans le monde* de la Banque mondiale constituent la source la plus régulière de données d'informations exhaustives sur le « développement », dans le sens le plus large du terme. De plus, ils analysent la situation de la plupart des pays du monde. À chaque édition, le texte et les commentaires totalisent plus de 200 pages et comprennent dans certains cas une vingtaine de tableaux statistiques. Nous résumerons ici le contenu et les commentaires de certains de ces rapports.

RDM 1978

Publié en 1978, le tout premier *Rapport sur le développement dans le monde* dresse le bilan des modalités du développement et des progrès réalisés dans ce domaine de 1950 à 1975. Il établit que, d'une manière générale, la situation dans les pays en développement à revenu faible (PRF) s'est améliorée d'une manière significative sur ces 25 années. La plupart des PRF se sont libérés de leur joug colonial et sont maintenant gouvernés par des personnes provenant de leur propre population. La Banque estime que le revenu moyen par habitant a augmenté de 3 pour cent/an pour l'ensemble des PRF ; l'espérance de vie à la naissance est passée de 36 à 44 ans (contre 72 ans dans les pays de l'OCDE) ; la mortalité infantile est passée de 142 à 122 pour mille naissances vivantes (15 dans l'OCDE).

Néanmoins, Robert McNamara, alors président de la Banque mondiale, rappelle que 800 millions de personnes, vivant pour la plupart dans les zones rurales de l'Afrique subsaharienne et de l'Asie, restent reléguées dans la « pauvreté absolue ». Elle se caractérise par la malnutrition chronique, l'analphabétisme, la maladie, les conditions d'habitation insalubres et sordides, une mortalité infantile élevée et une espérance de vie faible. La production agricole, dont la plupart des PRF dépendent du point de vue économique, a augmenté en moyenne de 2,1 pour cent/an. Mais la population globale des

PRF a augmenté de 2,4 pour cent/an sur la même période ; elle a presque doublé entre 1950 et 1975. Autre menace pour la sécurité alimentaire : les populations urbaines de l'Afrique subsaharienne, de l'Amérique latine et de l'Asie ont augmenté respectivement de 5, 4,3 et 4 pour cent par an.

Le RDM relève également que l'APD totale a plus que quadruplé de 1960 à 1978. Exprimées en part du PIB du pays donateur, les contributions des États-Unis ont baissé, passant de 0,53 à 0,26 pour cent ; celles du Canada ont augmenté, passant de 0,19 à 0,54 pour cent. Dans ses prévisions démographiques, la Banque sous-estime de plus de 500 millions de personnes la population qui sera celle des PRF en l'an 2000. Le RDM 1978 souligne que le niveau de vie s'améliore de manière inégale et lente et que la priorité absolue des programmes de développement doit consister à atténuer la pauvreté en accélérant la croissance économique dans les PRF. Plus particulièrement, il recommande des politiques et des mesures visant à accroître les possibilités d'emploi et augmenter le revenu dans les collectivités rurales les plus pauvres ; le RDM conseille par ailleurs d'offrir à ces collectivités un meilleur accès aux services essentiels dans l'éducation, la santé et le secteur social. Enfin, le Rapport souligne les écarts considérables qui séparent les pays dans la consommation d'énergie commerciale. En 1975, les pays industriels consommaient en moyenne 3 500 kg équivalent pétrole par habitant [kep/hab.], contre 35 dans les PRF.

RDM 1985

Intitulé *Les mouvements internationaux de capitaux et le développement économique*, ce rapport établit que, selon les estimations, le revenu annuel moyen aurait augmenté de 3,1 pour cent/an dans les pays industrialisés entre 1950 et 1980, de 3 pour cent/an dans les pays à revenu intermédiaire (PRI), mais de seulement 1,3 pour cent dans les PRF. Les auteurs se penchent sur les avantages et les risques que représentent les mouvements de capitaux des pays riches vers les pays pauvres. Les bénéficiaires qui ont utilisé avec prudence les capitaux importés ont connu une croissance dynamique de leur économie et de leur production ; à l'inverse, les bénéficiaires imprudents, notamment ceux qui ont consacré les capitaux étrangers à l'achat d'armements, ont ralenti leur croissance économique et alourdi leur dette extérieure. De 1970 à 1985, le total de la dette cumulative à moyen et long terme des pays en développement est passé d'environ 70 milliards à environ 700 milliards USD ; dans les pays pauvres d'Afrique, la dette totale est passée de 19 à 58 pour cent du PNB. En plus de se laisser entraîner dans des aventures militaires, les pays les plus pauvres ont vu leurs économies subir de plein fouet, à la fin des années

1970 et au début des années 1980, la flambée des prix du pétrole, l'augmentation des taux d'intérêt, les subventions aux exportations et autres obstacles au libre commerce instaurés par les pays prospères européens, nord-américains et autres.

RDM 1990

Consacré à la pauvreté, ce rapport estime que plus d'un milliard de personnes vivent dans la pauvreté extrême dans les PRF, essentiellement en Asie du Sud et en Afrique subsaharienne. Regroupant 30 pour cent de la population mondiale, l'Asie du Sud compte 50 pour cent des personnes les plus pauvres du monde. Dans cette région, 520 millions de personnes survivent avec des revenus inférieurs à 2 USD/jour ; en Afrique subsaharienne, 180 millions de personnes doivent se contenter de cette somme. (Ces chiffres s'étaient encore alourdis en l'an 2000 ; ils s'élevaient respectivement à 1,2 milliard et 570 millions.) Pour atténuer l'incidence catastrophique de la pauvreté, la Banque recommandait des politiques et des investissements visant à stimuler la création d'emplois à forte intensité de main-d'œuvre, en particulier dans les collectivités rurales. L'accroissement efficace de l'emploi rural exige toutefois des investissements substantiels dans les infrastructures de ces régions, dans leurs moyens de transport et de communication, le réseau électrique, l'eau potable, les services de conseil technique et financier ainsi que l'accès aux marchés. Le Rapport notait également l'urgence d'améliorer l'accès aux services sociaux et aux services de santé dans les régions rurales.

RDM 2000

Le *Rapport sur le développement dans le monde 2000–2001* porte principalement sur la lutte contre la pauvreté, un thème que nous examinerons plus en détail dans un chapitre ultérieur. Tout en se déclarant optimiste parce qu'il constate que les pays donateurs ont renouvelé et renforcé leurs engagements antérieurs envers le développement et la réduction de la pauvreté, le document observe que les pays de l'OCDE ont en fait diminué l'aide qu'ils procurent aux plus démunis (en pourcentage de leur PNB). Pour certains donateurs, l'aide constitue un moyen d'imposer leur idéologie ou d'obtenir des avantages pour leur propre économie et leurs propres industries ; tel est notamment le cas de la plupart des programmes d'aide liée. Le Rapport déplore le manque de coordination et l'absence de priorités concertées parmi les donateurs. Il souligne de plus l'insuffisance des consultations entre les pays donateurs et les pays et collectivités destinataires. En Tanzanie, quelque 40

pays donateurs ont soutenu plus de 2 000 projets différents dans les années 1990. Sur cette même période, 65 agences gouvernementales et quasi gouvernementales du Ghana ont reçu de l'aide. On sait par ailleurs que certains gouvernements de pays pauvres se servent de l'aide reçue pour remplacer, et non compléter, les investissements gouvernementaux dans l'agriculture, la santé, l'éducation, les services sociaux et autres services essentiels. Le RDM 2000 indique que les donateurs ont souvent tendance à exercer une domination sur les bénéficiaires sans jamais engager de consultations ni de dialogue cordial avec ceux et celles que leurs projets sont censés aider. Avant de se lancer dans un programme nouveau, les donateurs ne prennent généralement pas le temps de bien comprendre la situation locale, les ressources disponibles et les contraintes. Ils semblent tout ignorer de ce conseil d'un courtier nord-américain : « D'abord, l'investigation ; ensuite, l'investissement. » Le manque de planification systématique et l'absence d'objectifs précis interdisent la mise en place d'un suivi et d'une évaluation efficaces des progrès réalisés. (J'ai personnellement constaté que les donateurs font rarement le point sur les conséquences de leurs projets quelques années après que ceux-ci ont pris fin. Très souvent, ils semblent au contraire se désintéresser complètement des projets dès l'instant où ils arrivent à leur terme.)

Le RDM 2000 répète la constatation de Pearson, Brandt et Brundtland : il n'existe ni stratégie simple, ni solution rapide face au problème complexe de la pauvreté et du sous-développement. La population de certains pays donateurs semble convaincue qu'en raison de lacunes dans la gestion, seule une faible proportion de l'aide étrangère arrive à ses destinataires et leur bénéficie concrètement. Le RDM 2000 exhorte une fois de plus les donateurs à renoncer à l'aide liée, à contribuer plus généreusement à l'allègement de la dette et à acheminer des sommes plus importantes par l'intermédiaire d'ONG ayant fait la preuve de leur efficacité. On estime que moins de 10 pour cent de l'aide gouvernementale est administrée par les ONG – et, ainsi que nous l'avons mentionné, cette estimation surévalue sans doute la part de ces organismes. Les donateurs devraient employer des personnes possédant une expérience pertinente, des personnes capables d'évaluer avec justesse les besoins et les possibilités d'action des bénéficiaires, de mesurer les progrès réalisés, de déterminer les modifications qui doivent être apportées aux activités mises en œuvre et, ce qui est plus délicat, de décider du moment où il convient de mettre un terme aux projets. La conception, le développement et le suivi des programmes ne peuvent pas être efficacement pris en charge par des gens qui ne se rendent que sporadiquement dans les régions visées, et toujours « en coup de vent », et qui passent l'essentiel de leur temps dans

les sièges sociaux du pays donateur, à plusieurs milliers de kilomètres de l'action.

RDM 2003

Intitulé *Développement durable dans un monde dynamique*, le RDM 2003 pose d'entrée de jeu la question suivante : « Comment assurer un travail productif et une qualité de vie correcte aux 2,5 à 3 milliards de personnes qui vivent actuellement avec moins de 2 dollars par jour – et aux 3 milliards d'habitants supplémentaires que devraient compter les pays en développement en 2050 – d'une manière durable du point de vue écologique et d'un point de vue social ? » Le Rapport ajoute que ce défi s'inscrit dans une période de transition qui verra l'humanité s'acheminer vers un monde essentiellement urbain. Dans les pays en développement, les populations rurales devraient rester stables ou baisser dans les 30 prochaines années ; par contre, les populations urbaines vont probablement doubler. Les mégalopoles de plus de 10 millions d'habitants vont se multiplier : de 16 qu'elles sont à l'heure actuelle, elles devraient être plus de 30 en 2025. Une attention toute particulière doit être accordée aux millions et millions de personnes qui se trouvent aux prises avec une pauvreté extrême et s'efforcent de survivre sur des sols fragiles, dans des régions arides aux précipitations incertaines, sur des terres peu fertiles et soumises à une érosion constante. Le RDM 2003 considère que les PRF devront réaliser au cours des 50 prochaines années une croissance substantielle de leur revenu et de leur productivité. L'émergence inéluctable d'une société urbanisée impose la mise en œuvre de stratégies soigneusement conçues pour saisir les possibilités d'action et résoudre les problèmes dans les domaines social, économique et environnemental. Les objectifs fixés pour le développement doivent accorder la priorité à l'élimination de la pauvreté rurale et urbaine ; à l'intensification de la production agricole ; à l'implantation d'une gestion durable des terres et de l'eau afin d'assurer une production alimentaire suffisante pour répondre aux besoins des populations urbaines en pleine expansion ; et à l'amélioration de l'efficacité des procédés de préservation, de conservation et de distribution des produits alimentaires depuis les producteurs ruraux jusqu'aux marchés urbains. La création d'emplois dans le secteur agroalimentaire rural hors des exploitations agricoles s'avère tout aussi importante et urgente.

Dans les zones sèches, la rareté de l'eau deviendra l'obstacle le plus important au développement agricole, économique et social. La demande en eau des ménages, des exploitations agricoles et des entreprises industrielles ne peut pas être satisfaite par une simple redistribution des ressources hydri-

ques ou par l'implantation de structures de distribution de l'eau. La production agricole doit s'orienter vers des techniques plus économes en eau ; l'agriculture, qui est le secteur qui consomme le plus de ressources hydriques, doit laisser une plus grande place aux autres demandes. La mise en œuvre d'un approvisionnement adéquat en eau exige des investissements substantiels dans la désalinisation, la purification et le recyclage des eaux usées.

Les villes vont gagner en ampleur et en densité démographique sous l'effet de l'exode rural, des naissances, et de l'étalement urbain qui multipliera les habitations et les entreprises industrielles dans les zones rurales avoisinantes. Quand elle n'est ni planifiée, ni contrôlée, l'expansion urbaine génère plusieurs fléaux : prolifération des taudis ; insuffisance de l'approvisionnement en eau potable, des installations sanitaires et des mécanismes de gestion des déchets ; épidémies dues au surpeuplement ; pollution de l'eau ; malnutrition et insuffisance des soins de santé ; manque d'infrastructures pour le transport public, privé et commercial ; aggravation de la pollution atmosphérique par les rejets des entreprises industrielles et des véhicules à moteur. La pollution de l'air et de l'eau, les épidémies ainsi que les migrations humaines transfrontalières sont des phénomènes douloureux qui s'inscrivent dans la durée. Il est déplorable de constater que certains gouvernements refusent égoïstement de se conformer aux protocoles environnementaux internationaux ou rejettent toute réprimande ou sanction quand ils polluent de manière excessive ou qu'ils négligent de conserver ou de protéger leur environnement et celui de leurs voisins.

En ce qui concerne la planification du développement durable, le RDM 2003 propose d'adopter des échéances de 20 à 50 ans pour prévoir les conséquences environnementales et sociales les plus probables des programmes de développement. Le principal défi que doivent relever les gouvernements et les agences spécialisées en développement est d'atténuer l'extrême pauvreté tout en protégeant l'environnement et en conservant les ressources les plus critiques. Sur les 30 dernières années, alors que la population mondiale s'accroissait de 2 milliards de personnes, le revenu annuel moyen par habitant dans les pays en développement est passé de 990 à 1 350 USD, en dollars constants de 1995 ; la mortalité infantile a diminué de moitié, passant de 107 à 58 pour mille naissances vivantes ; l'analphabétisme des adultes a baissé aussi, passant de 47 à 25 pour cent. La baisse du nombre des personnes qui doivent survivre avec moins de 1 $/jour peut être attribuée à la croissance économique exceptionnelle de la République populaire de Chine. Cependant, la pauvreté extrême persiste dans toute l'Afrique subsaharienne et s'aggrave même dans de nombreuses collectivités. Les pays du sud-est asiatique ont bénéficié dans leur ensemble d'une croissance économique impressionnante ;

les deux tiers des personnes les plus pauvres du monde vivent néanmoins dans cette région.

Le RDM 2003 décrit différentes ressources indispensables au développement : les ressources humaines (savoir-faire, talents et aptitudes des personnes et des institutions ; ces ressources dépendent en partie des infrastructures d'éducation et de formation) ; les ressources naturelles renouvelables et non renouvelables telles que les forêts, les réserves halieutiques, les gisements minéraux, l'air, l'eau et les sols ; les ressources fabriquées, notamment la machinerie, l'équipement, les structures et les actifs financiers. Les infrastructures et les services sociaux sont difficiles à quantifier, particulièrement quand ils sont fortement déterminés par les coutumes, cultures et traditions locales.

Le RDM 2003 dresse la liste des organisations et des institutions qui doivent participer conjointement au développement durable : les organismes gouvernementaux, les entreprises industrielles commerciales, les institutions de la société civile, les organismes environnementaux et politiques. Il plaide en faveur d'une réforme institutionnelle qui empêcherait que des programmes apparemment souhaitables de développement ne favorisent dans les faits l'instabilité sociale ou environnementale. Le Rapport propose des manières d'améliorer les moyens de subsistance sur les terres particulièrement fragiles ; il souligne l'urgence d'éradiquer la pauvreté rurale, de renforcer l'intégration campagnes/villes, d'intensifier la production agricole et de gérer les terres et l'eau d'une manière prudente et économe ; il insiste aussi sur la nécessité de concevoir des systèmes alimentaires intégrés qui assureraient efficacement la sécurité alimentaire des villes en même temps que la prospérité des campagnes. Le Rapport déplore le fait que les subventions excessives accordées aux secteurs agricoles des pays prospères ont fait chuter les prix mondiaux des produits alimentaires et des marchandises au détriment des agriculteurs et des économies des pays pauvres. Les familles prospères continueront certes de pouvoir se procurer en abondance des aliments relativement bon marché pour elles, mais les tendances actuelles font craindre que la sécurité alimentaire des pauvres ne soit plus assurée à l'avenir. Les producteurs ruraux devront accroître leurs récoltes et leurs cheptels pour satisfaire leurs propres besoins et pour vendre leur production aux marchés locaux et plus lointains.

Le Rapport illustre les interactions entre l'accès aux terres agricoles, la détérioration des ressources et la pauvreté rurale. Dans les régions en développement, depuis 30 ans, la détérioration des terres a fait baisser les récoltes de 12 pour cent. Les enquêtes sur les systèmes culturaux et sur l'utilisation des engrais en Afrique montrent que le non-renouvellement des éléments

nutritifs du sol entrave considérablement les cultures et qu'il est à la fois une cause et une conséquence de la pauvreté endémique. Si les analyses macroscopiques mondiales témoignent de l'abondance des terres et de l'eau, les analyses désagrégées objectives montrent qu'il existe dans tous les continents des régions marquées par l'insuffisance des ressources et leur surexploitation, en particulier en Afrique subsaharienne. La Commission mondiale de l'eau prévoit que la demande augmentera de 50 pour cent sur les 30 prochaines années, et que 4 milliards de personnes, soit environ la moitié de la population mondiale, souffriront d'un manque d'eau d'ici 2025. La rareté des terres et de l'eau est une cause probable de conflits militaires au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, des régions dans lesquelles la pénurie et les rivalités qu'elle entraîne se manifestent plus nettement qu'ailleurs.

Le RDM 2003 traite aussi des effets externes – les coûts environnementaux, économiques ou sociaux que les actions d'un pays ou d'une collectivité font payer à d'autres pays ou collectivités sans qu'eux-mêmes aient à les subir, bien qu'ils en soient responsables. Ainsi, les retenues d'eau et les grands barrages construits dans un pays situé en amont d'un cours d'eau pour y générer de l'électricité peuvent priver les agriculteurs des pays en aval de l'eau indispensable à l'irrigation de leurs cultures ; autre exemple : la pollution atmosphérique acide générée par les industries d'un pays donné peut empoisonner l'air et les eaux intérieures des pays voisins.

Le Rapport se penche sur les modalités de l'urbanisation et sur leurs conséquences à prévoir. Il souligne que la mise en place d'un développement urbain durable exige une planification et un contrôle plus serrés que par le passé. C'est aux entités juridiques locales qu'incombe la responsabilité de la planification et du contrôle sur les territoires qui sont de leurs ressorts respectifs ; néanmoins, les instances et organisations internationales reconnues doivent, et de toute urgence, observer les conditions de mise en œuvre des décisions prises et veiller à l'application des règlements visant à empêcher la surexploitation des ressources, les détériorations écologiques et environnementales ainsi que l'implantation de politiques ou procédés qui contribueraient aux changements climatiques, aux migrations humaines et à la propagation des maladies par-delà les frontières nationales.

La Banque affirme que le Plan Marshall mis en œuvre pour reconstruire l'Europe au lendemain de la Deuxième Guerre mondiale pourrait servir de modèle aux programmes d'aide aux pays pauvres d'Afrique. Cette transposition est-elle envisageable ? Cela n'est pas sûr. En effet, si la capacité industrielle et productive de l'Europe avait été dévastée par les opérations militaires, ce continent restait riche de nombreux scientifiques, technologues

et administrateurs possédant une longue expérience de la gestion agricole, industrielle et gouvernementale. Les ressources, humaines et autres, dont disposent à l'heure actuelle les pays pauvres, sont loin d'égaler celles de l'Europe de l'après-guerre.

Dans son résumé conclusif, le RDM 2003 déploie la longue liste des tares et défauts maintes fois constatés dans les programmes de développement actuels et antérieurs, mais aussi celle des recommandations antérieures constamment ignorées. Il évoque notamment l'insuffisance de la productivité dans les PRF (où vit ce cinquième de la population mondiale qui doit survivre avec moins de 1 $/jour) ainsi que les inégalités considérables à l'intérieur des pays et entre eux : le revenu moyen des 20 pays les plus riches est égal à 37 fois celui des 20 pays les plus pauvres – et ce ratio a doublé depuis 1970. Le Rapport déplore les dépenses considérables en armements, les dommages et agressions infligés à l'environnement ainsi que la maigre réponse des riches et des puissants, à ces maux comme à bien d'autres. Il constate avec sagesse qu'on ne peut pas définir le développement international durable en termes simples, ni tracer une voie linéaire pour y parvenir ; que l'atténuation de la pauvreté, de la maladie et des problèmes sociaux qui frappent tant de gens est une responsabilité de tous les pays, tous les gouvernements et, de fait, tous les êtres humains. Le document se penche sur des points de vue divergents face à la surconsommation et la surexploitation des ressources de la planète : d'un côté, les conservationnistes environnementaux ; de l'autre, les gouvernements des pays les plus prospères et leurs industries respectives. Le RDM 2003 donne un aperçu des dévastations et détériorations auxquelles l'humanité peut s'attendre si tous les pays adoptaient un niveau de consommation des ressources équivalent à celui des pays les plus prospères à l'heure actuelle.

RDM 2006

Intitulé *Équité et développement*, le RDM 2006 analyse différentes dimensions de l'inégalité : à l'intérieur des pays et des collectivités, mais aussi entre eux, dans l'accès à l'instruction, aux services de santé, aux marchés et aux investissements, à la terre, à l'égalité des droits et à la justice. (Il ne mentionne pas l'inégalité du traitement administré à différents pays par de plus puissants qu'eux ; il n'indique pas non plus que les pays considérés comme des alliés de convictions politiques comparables sont généralement traités beaucoup plus favorablement que certains gouvernements élus démocratiquement, mais dont les idéologies politiques diffèrent de celles des puissants.)

Se démarquant sur ce point très nettement des éditions antérieures, le RDM 2006 ne propose que quatre tableaux d'indicateurs du développement :

a. Les principaux indicateurs – la population, le RNB (brut et en PPA), l'espérance de vie à la naissance et les émissions de CO_2/hab. ;

b. Les objectifs du Millénaire pour le développement ;

c. L'activité économique : le PIB, la production agricole, la formation brute de capital ;

d. Le commerce, l'aide et les finances.

Le tableau 4 insiste sur le commerce des marchandises et sur les investissements directs étrangers (IDÉ).

Pour 2003, le total mondial des IDÉ est estimé à 573 milliards de dollars. Dans les pays à revenu faible, ils s'élèvent à 18,2 milliards ; en Asie de l'Est et dans la région Pacifique, 59,6 milliards. (On relève ici une contradiction en ceci que les IDÉ en Chine sont censés s'élever à 53,5 milliards de dollars, et les IDÉ à Hong-kong, à 13,6 milliards de dollars.)

De 2002 à 2004, l'aide nette a augmenté ; une part importante de cette aide a été consacrée à l'annulation de la dette, aux secours en cas d'urgence ou de catastrophe, et à la reconstruction des propriétés et des services détruits ou endommagés par les frappes militaires sur l'Afghanistan et l'Irak. Sur cette même période, l'APD fournie aux pays pauvres les plus endettés a baissé en termes réels. En 2003, pour l'ensemble des pays OCDE/CAD (Comité d'aide au développement), l'APD représentait à peine 0,25 pour cent du PIB (0,15 pour cent dans le cas des États-Unis). À titre de comparaison, les subventions accordées par ces pays à leurs propres exportations agricoles s'élevaient à au moins 1,5 pour cent du PIB de l'OCDE/CAD. En d'autres termes, les subventions agricoles de l'OCDE/CAD représentaient six fois l'APD que cette instance accorde aux pays les plus pauvres du monde.

Dans son avant-propos du RDM 2006, le président de la Banque mondiale, Paul D. Wolfowitz, souligne la nécessité d'améliorer le climat de l'investissement pour tous les pays. Le RDM 2006 reste relativement silencieux sur la question de la disparité des possibilités d'investissement entre les pays riches et puissants, d'une part, et les pays les plus pauvres, d'autre part. Ancien économiste en chef de la Banque mondiale, Joseph Stiglitz souligne à juste titre que les pays pauvres ont besoin de bénéficier d'assises économiques beaucoup plus solides et d'une aide économique plus généreuse avant d'ouvrir leurs marchés à la concurrence internationale.

L'Abrégé du RDM souligne : « [L]'inégalité économique et politique tend à promouvoir des institutions économiques [...] qui favorisent systématiquement les intérêts des agents les plus influents. » Plus loin, il ajoute : « La distribution de la richesse est étroitement corrélée aux distinctions sociales qui stratifient les personnes, les communautés et les nations entre groupes dominants et groupes dominés. » Ayant occupé des postes de haut rang dans le gouvernement républicain des États-Unis, Paul D. Wolfowitz connaît bien la problématique des pays pauvres et faibles dominés par les idéologies financières, politiques et militaires des puissants – une problématique qui se manifeste clairement dans le conflit israélo-palestinien.

L'épilogue du RDM 2006 proclame la supériorité des marchés sur la planification et l'encadrement centralisés (c'est-à-dire exercés par les gouvernements). Il est de notoriété publique que les agences gouvernementales et quasi gouvernementales possèdent rarement les compétences et l'expérience commerciale nécessaires pour gérer des entreprises rentables. Néanmoins, même les gouvernements les plus puissants, aussi dévoués soient-ils à la libre entreprise, se servent de l'argent de leurs contribuables pour tirer d'affaire des compagnies aériennes au bord de la faillite, subventionner leurs exportations agricoles au détriment des pays plus pauvres, et favoriser des entreprises industrielles triées sur le volet en leur octroyant de juteux contrats d'armements. Un accès complètement libre et sans aucune restriction à tous les marchés étrangers se traduirait par une domination absolue des plus pauvres par les plus riches, par les pays puissants et par les entreprises transnationales qu'ils protègent et favorisent.

On ne peut pas non plus se montrer exagérément optimiste quant à l'équité dans les pays industrialisés, où les rétributions et privilèges financiers accordés aux cadres supérieurs des grandes entreprises dépassent de très loin les salaires des hommes et des femmes qui travaillent dans les usines et ceux des travailleurs immigrants.

Que le soutien au développement humain constitue une dimension centrale et critique du développement durable, cela ne fait aucun doute. Ainsi qu'on le verra dans l'étude de cas indienne (chapitre 11), les jeunes et les femmes pauvres des régions rurales peuvent acquérir des capacités et des savoir-faire relativement complexes leur permettant de devenir propriétaires d'une petite entreprise rentable, de la gérer convenablement, et de transformer localement les ressources biologiques de leurs régions en produits alimentaires non périssables et en médicaments. Mais ceux et celles qui ont acquis ces savoir-faire et ces capacités doivent avoir rapidement accès aux services de conseil technique et financier qui leur sont nécessaires. De plus, ces services

doivent de préférence leur être prodigués par des membres hautement qualifiés de leurs propres collectivités. Il est possible d'atténuer de manière permanente la pauvreté chronique, ainsi que la malnutrition et la faiblesse générale qu'elle entraîne, en donnant aux personnes pauvres les moyens de devenir propriétaires d'entreprises industrielles ou commerciales locales rentables, de les gérer et d'y être employées.

Le RDM 2006 recommande que les relations donateurs/bénéficiaires soient réorientées de manière à permettre aux destinataires de l'aide d'établir leurs propres priorités, politiques et programmes de développement. Cette recommandation, déjà formulée par Pearson, Brandt et Brundtland, a été maintes fois répétée depuis. Toutefois, tant que les donateurs se serviront de l'aide avant tout pour soutenir leurs propres agriculteurs et entreprises industrielles, l'iniquité ne pourra que persister entre les riches, qui s'enrichissent, et les pauvres, qui s'appauvrissent.

Commentaire des *Rapports sur le développement dans le monde* de la Banque mondiale

Tous les RDM de la Banque mondiale (jusqu'en 2006) fournissent des données statistiques nombreuses et récentes ainsi que des évaluations critiques des critères du développement dans les pays les plus pauvres. Si la plupart des recommandations globales formulées dans les RDM de la Banque font nécessairement l'unanimité, il n'en reste pas moins qu'il paraît difficile d'espérer une diminution prochaine des inégalités considérables entre les riches et les pauvres, et des souffrances immenses qui en résultent, si les pays les plus prospères et les plus puissants du monde ne réorientent pas en profondeur leurs priorités politiques actuelles. Face au déclin persistant de l'aide au développement à l'étranger (ADÉ) offerte aux plus pauvres de l'humanité par la plupart des pays de l'OCDE, et face à l'absence des priorités unifiées et cohérentes dans les programmes de développement, il est bien difficile de croire que l'écart croissant entre les riches et les pauvres, tant à l'intérieur des pays qu'entre eux, puisse se résorber de si tôt. Si les progrès économiques et techniques constatés en Asie, particulièrement en Inde et en Chine, s'avèrent gratifiants et encourageants, la situation maussade de la plupart des pays de l'Afrique subsaharienne reste une cause d'inquiétude extrême. La triste situation de l'Afrique subsaharienne ne peut pas s'améliorer simplement au moyen d'investissements étrangers, ou par la multiplication de programmes d'aide liée brouillons, disparates, désorganisés et mal coordonnés imposés par une nuée d'organismes.

Il est important de reconnaître que bon nombre des fléaux qui frappent l'Afrique plongent leurs racines dans cette sotte entreprise de colonisation qui s'est déployée dans la foulée de la Conférence de Bismarck. On pense en particulier à la République démocratique du Congo, où de très jeunes enfants sont forcés de travailler de nombreuses heures d'affilée dans des mines de cuivre appartenant à des compagnies minières étrangères. Par ailleurs, plus d'un pays africain a été, et reste à ce jour, exploité par ses propres gouvernants corrompus et, dans certains cas, maintenus au pouvoir par des entreprises et des pays étrangers qui bénéficient ainsi d'un accès bon marché à leur richesse en minerais sans qu'une part significative des revenus générés par cette exploitation commerciale se traduise en bienfaits économiques ou sociaux pour la population pauvre et les enfants opprimés.

En dépit des mises en garde formulées par Barbara Ward et la Commission Pearson il y a plus de 30 ans, la pauvreté extrême perdure et reste une honte sociale internationale, d'autant plus que les inégalités entre riches et pauvres, à l'intérieur des pays comme entre eux, ne cessent de s'accroître. La Banque mondiale rappelle que 23 pour cent des terres agricoles, pâturages, forêts et zones boisées se sont détériorés depuis les années 1950 ; de cette superficie, une part importante a subi des dommages si majeurs qu'ils en sont irréversibles. Depuis 1960, un cinquième des forêts tropicales a été détruit. De 1980 à 1995, 200 millions d'hectares de forêt ont disparu dans les régions en développement. Selon l'Institut des ressources mondiales (*World Resources Institute* – WRI), à peine un cinquième des forêts originelles de la planète ont survécu jusqu'à aujourd'hui [WRI, 1997]. Le déclin de la biodiversité ainsi que la destruction des espèces indigènes par l'introduction d'espèces exotiques envahissantes constituent une préoccupation constante pour de nombreux observateurs.

Pour assurer la sécurité économique et alimentaire d'une population mondiale en croissance, et dont la moitié vivra bientôt dans des villes, il s'avère impératif d'établir une coopération internationale permettant de planifier à plus long terme, mais aussi d'amener toutes les parties concernées à prendre l'engagement d'utiliser les ressources de la planète d'une manière plus équitable et plus économe. Les gouvernements doivent travailler à la mise sur pied d'une intégration efficace des productions alimentaires et agricoles et des systèmes après-production (les mécanismes de préservation, de conservation, de traitement et de distribution des produits alimentaires qui interviennent après la moisson). Sur une note plus optimiste, on doit souligner que des volumes importants d'information peuvent maintenant être rapidement transmis par voie électronique, ce qui permet aux pays de mettre

en commun leurs connaissances et leurs apprentissages et d'avoir accès à une diversité considérable de données précieuses.

La Banque mondiale se demande constamment ce qu'il faut entendre par « développement durable », et quel serait le meilleur moyen d'évaluer le chemin parcouru dans ce domaine. Elle avance que les indicateurs du progrès sont plus significatifs une fois désagrégés, car ils permettent alors de diagnostiquer et d'analyser les difficultés et les activités spécifiques. Les rapports de la Banque mondiale évoquent les problèmes que susciterait à long terme le remplacement des ressources et actifs détériorés ou surexploités. Ils répètent ce faisant les constatations et conseils de plusieurs visionnaires qui les ont précédés : a. quelle que soit la manière dont on le définisse, le développement est un processus dynamique, et non un état statique ; et b. ainsi que le préconisait Harry Dexter White en 1944 à Bretton Woods, tous les programmes de développement doivent être planifiés et mis en œuvre avec la plus grande prudence, en accordant notamment autant d'attention aux risques potentiels qu'aux bienfaits espérés.

Les Rapports mondiaux sur le développement humain du PNUD

RMDH 2003

Le RMDH 2003 présente les classements IDH ainsi que différentes données sur les dépenses des pays, les modalités du développement et le bien-être des populations. Il rappelle en outre les objectifs de la Déclaration du Millénaire adoptée par 189 pays en l'an 2000. Les objectifs statistiques spécifiques (par exemple, la réduction de la pauvreté et de la faim) devraient en principe être concrétisés au plus tard en 2015.

a. Réduire de moitié la proportion de la population dont le revenu est inférieur à 1 $ par jour.
b. Réduire de moitié la proportion de la population souffrant de la faim.
c. Réduire des deux tiers le taux de mortalité des enfants.
d. Réduire de moitié le pourcentage de la population privée d'un accès régulier à l'eau potable.
e. Procurer un accès universel à l'instruction primaire.
f. Promouvoir l'égalité entre les hommes et les femmes.
g. Assurer la durabilité de l'environnement mondial.

Les autres objectifs sont notamment les suivants : a. améliorer les conditions de vie des habitants des taudis ; b. établir un partenariat mondial pour le développement ; c. améliorer l'accès aux possibilités d'emploi pour les millions de personnes pauvres des PRF ; d. annuler la dette bilatérale et accroître l'APD fournie par les pays donateurs jusqu'à l'objectif de 0,7 pour cent du PNB proposé par Pearson ; e. offrir un accès bon marché aux médicaments essentiels pour endiguer les épidémies graves.

La Déclaration du Millénaire se présente comme un plan d'action. Cependant, bien qu'elle propose des objectifs chiffrés précis dans les domaines de la lutte contre la pauvreté et la faim et dans celui de l'accès à l'instruction primaire et à l'eau potable, elle se montre moins explicite sur la manière dont les objectifs visés peuvent être atteints, sur l'identité des instances qui doivent prendre en charge leur concrétisation et sur les critères qui doivent être appliqués pour mesurer le chemin parcouru. Certains objectifs échappent à toute quantification rationnelle : « assurer la durabilité de l'environnement mondial », par exemple. Qu'est-ce qu'un environnement durable ? Quelles conditions faut-il réunir pour assurer la durabilité de l'environnement ? Le débat est loin d'être clos. En particulier, on ne discerne guère de consensus entre, d'une part, les pays et les collectivités prospères qui souhaitent encore accroître leurs possessions matérielles et, d'autre part, ceux qui accepteraient de vivre plus modestement, d'opter pour une conservation prudente des ressources et de partager plus équitablement les ressources essentielles de la planète. La plupart des objectifs énoncés, aussi louables soient-ils, ne font qu'exprimer en des termes différents les objectifs de développement proposés dans d'innombrables documents antérieurs.

Le classement 2001 selon l'indicateur du développement humain

Nous avons décrit dans un chapitre antérieur les principes et les critères permettant de calculer l'indicateur du développement humain (IDH) d'un pays. Les classements situent la Norvège au premier rang avec un IDH de 0,944. Considérant la complexité du calcul de l'IDH, on peut avancer sans trop risquer de se tromper que les écarts entre les pays du haut du classement, essentiellement des pays riches de l'OCDE, ne sont pas véritablement significatifs. Dans ce groupe de pays de l'OCDE, l'espérance de vie à la naissance s'échelonne de 77 à 79 ans ; le PIB/hab. en PPA se situe entre 24 200 $ (Royaume-Uni) et 34 300 $ (États-Unis). Pour l'ensemble des PRF, l'IDH moyen s'élève à 0,561 ; le PIB/hab. en PPA est de 2 200 $; et l'espérance de

vie s'établit à 59 ans. Le tableau 4 rappelle certaines statistiques du RMDH pour l'Inde, le Nigéria et le Zimbabwe.

Tableau 4

Classement de certains pays selon l'IDH

	Espérance de vie (en années)	PIB/hab. en PPA (en USD)	IDH
Inde	63	2 800	0,590
Nigéria	52	900	0,463
Zimbabwe	36	2 300	0,496

Compte tenu des ressources dont disposent le Nigéria et le Zimbabwe, leurs scores médiocres ne peuvent être attribués qu'aux insuffisances de leur gouvernance et de la gestion des ressources.

Dépenses en armements et engagement envers l'APD

Parallèlement aux engagements envers l'APD, le RMDH 2003 rappelle les estimations des ventes et achats d'armes ainsi que les effectifs des forces armées. Ces données dessinent un triste portrait des priorités internationales : il juxtapose un empressement très net à dépenser des sommes considérables en achat d'armes et une honteuse réticence des riches à investir dans le soulagement des souffrances humaines.

Tableau 5

Statistiques de l'armement – 2001

	Exportations d'armes (en milliards USD)	Effectif des forces armées (en milliers de personnes)
Monde	16 500	19 600
É.-U.	3 900	1 400

Tableau 6

Sommes versées au titre de l'aide à l'étranger en 1990 et 2001

	APD totale 2001	% du PNB		Par hab. et par an, USD	
	(en milliards USD)	1990	2001	1990	2001
Norvège	1,3	1,2	0,83	285	299
É.-U.	11,4	0,21	0,11	57	39
Canada	1,5	0,44	0,22	83	51
R.-U.	4,6	0,27	0,32	53	80
OCDE	52,0	0,33	0,22	75	63

Le RMDH 2003 calcule que, si tous les gouvernements des pays de l'OCDE faisaient passer leur APD à 0,7 pour cent de leur PNB, ainsi que le proposait Pearson, l'APD totale passerait de 52 milliards à 165 milliards de dollars – soit 1 pour cent du commerce mondial des armes.

RMDH 2005

Le RMDH 2005 a pour sous-titre *L'aide, le commerce et la sécurité dans un monde marqué par les inégalités*. Dans sa préface, Mark Malloch Brown, alors Administrateur de l'instance, souligne que la concrétisation des objectifs du Millénaire pour le développement (OMD), qui sont décrits d'une manière relativement détaillée dans le RMDH 2003, constitue « le plus grand défi que doit relever la communauté du développement ». Brown évoque les obstacles qui entravent les progrès par rapport à l'aide, au juste commerce et aux conflits persistants.

La rubrique « Vue d'ensemble » rappelle le tsunami qui a tué plus de 300 000 personnes, obtenu une couverture médiatique considérable et suscité une réaction remarquablement rapide et généreuse de la part de simples citoyens du monde entier. Cette volonté d'aider ceux et celles que frappent des tragédies soudaines contraste vivement avec l'appui sporadique et temporaire qui est déployé face à de nombreuses souffrances chroniques et tenaces : pensons à ces 1 200 enfants qui meurent chaque heure de pauvreté, de privations et de maladie. Dès que le spectacle horrible des conséquences de la catastrophe naturelle s'efface des écrans de télévision du monde, l'aide et la volonté de partage se tarissent. Ainsi que le soulignait Pearson, dans les tragédies très médiatisées, la compassion et la bonté du geste cèdent rapidement le pas à la lassitude. Brown se demande si les innombrables conférences internationales, discussions et engagements verbaux envers la lutte contre la

pauvreté ne serviraient pas simplement à offrir aux pays riches une tribune pour prononcer bien plus de vœux pieux qu'ils n'entreprennent d'actions constructives.

Le RMDH 2005 propose trois piliers sur lesquels devrait s'établir la coopération internationale.

a. Amélioration de l'aide au développement – Elle souffre actuellement de sous-financement ; elle échappe dans une large mesure à toute coordination et s'avère d'une piètre qualité (des lacunes sérieuses que soulignaient déjà Pearson, Brandt et Brundtland).

b. Rendre les pratiques du commerce international plus équitables – Depuis le « cycle du développement » de Doha de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), quatre ans plus tôt, bien peu de choses ont été réalisées. Les politiques commerciales des pays riches continuent de refuser aux pays pauvres la part de la prospérité internationale qui pourrait leur revenir moyennant la mise en place de modalités commerciales plus équitables. Les politiques commerciales iniques sont contraires aux OMD, et les pays prospères qui les appliquent sont hypocrites et injustes.

c. Garantir la sécurité des personnes – « Des conflits violents affectent des centaines de millions de personnes. » – Comme l'indique le Secrétaire général des Nations Unies dans son rapport intitulé *Dans une liberté plus grande*, l'interaction mortelle de la pauvreté et des conflits violents représente une grave menace à la sécurité collective de la communauté internationale. Le RMDH 2005 insiste sur le fait que la pauvreté et le dénuement, d'une part, et les conflits, d'autre part, s'exacerbent mutuellement.

Des 52 pays dont la mortalité infantile a augmenté ou s'est maintenue, 30 ont subi des conflits dévastateurs depuis 1990. Le RMDH 2005 condamne les donateurs qui refusent leur aide aux pauvres gens prisonniers de pays dont les dirigeants ou les seigneurs de guerre livrent bataille. (La situation consternante des Palestiniens, opprimés par leurs propres dirigeants et maintenus en état d'assujettissement par Israël, aurait pu être citée en exemple ici.)

Dans un chapitre consacré à l'efficacité et à la qualité de l'aide, le RMDH 2005 reprend les critiques antérieures de Pearson, Brandt et Brundtland sur la volatilité, l'instabilité et l'imprévisibilité des programmes d'aide bilatérale. Le FMI constate d'ailleurs l'intensification de la volatilité et de l'imprévisibilité des flux de l'APD sur les 20 dernières années. Conséquence de cet état de fait, les pays pauvres ne peuvent jamais être sûrs que les programmes d'aide amorcés seront maintenus jusqu'à ce qu'ils aient porté leurs fruits. Les analystes

se penchent également sur le fait que les organismes d'aide modifient leurs politiques et leurs priorités chaque fois que change leur haute direction ou le gouvernement de leur pays.

Le RMDH 2005 reprend les préoccupations exprimées par Pearson, Brandt et Brundtland : les donateurs se trouvent dans une dynamique de concurrence entre eux, et non de coordination. Au dernier bilan, l'Éthiopie recevait de l'aide de 37 donateurs indépendants. Il y a quelques années, le ministre de l'Agriculture d'un petit pays ouest-africain m'a indiqué qu'il avait reçu au cours des 12 mois précédents 289 propositions d'aide, chacune offrant un programme ou un projet différent. Chacun des donateurs exige des évaluations et des rapports plus ou moins précis sur la gestion financière et sur les activités mises en œuvre. Le fardeau administratif imposé au personnel des instances récipiendaires, déjà surchargé de travail, représente souvent un coût en temps et en ressources humaines supérieur à la valeur de l'aide accordée.

Le RMDH 2005 souligne que les conflits violents qui touchent un pays engendrent souvent de l'insécurité et des hostilités dans les pays environnants. Quand les gouvernements des États-Unis et de la Grande-Bretagne ont décidé d'envahir l'Irak, les analystes les ont prévenus que cette action, illégale en regard des normes internationales, provoquerait des troubles et de l'instabilité dans tout le Moyen-Orient. Ces lugubres prédictions se sont avérées. Aucun gouvernement du Moyen-Orient ou presque n'est à l'abri d'une révolte déstabilisatrice ; quant à l'Irak, il semble condamné soit à la guerre civile, soit à la partition en trois territoires contrôlés respectivement par les Kurdes, les Sunnites et les Chiites, chacun de ces trois groupes étant ennemi des deux autres.

Le RMDH 2005 exhorte les Nations Unies et leurs membres à évaluer d'une manière critique et objective la manière dont certaines politiques et actions gouvernementales ont pu exacerber les hostilités. Considérant l'égocentrisme de nombreux gouvernements, il semble toutefois improbable qu'une telle étude objective soit jamais entreprise. Ceux et celles qui sont convaincus que leurs idéologies religieuses et politiques proviennent d'une inspiration divine et constituent les seules voies acceptables pour l'ensemble de l'humanité n'approuveront jamais la tenue d'une étude internationale susceptible de remettre en cause leurs politiques et leurs convictions.

Le RMDH 2005 laisse entendre, à juste titre, que les conflits violents ne pourront pas être résolus tant que tous les gouvernements, groupes ethniques et religions ne seront pas disposés à reconnaître les droits des gens et des pays dont les croyances et convictions diffèrent des leurs, ni tant que l'accès

à toutes les ressources et à toutes les possibilités d'action essentielles à la survie à long terme de l'ensemble de l'humanité ne sera pas devenu beaucoup plus équitable qu'il ne l'est actuellement.

Remarques conclusives

Après avoir analysé les *Rapports sur le développement dans le monde* de la Banque mondiale, les *Rapports mondiaux sur le développement humain* du PNUD et de nombreuses autres sources d'information fiables et renommées, il est bien difficile de se montrer optimiste, ne serait-ce que prudemment, quant à l'éradication prochaine de la pauvreté, de la faim et de la maladie dans les pays et les collectivités les plus pauvres de la planète. Cette situation désolante, très manifeste chez les plus démunis du monde, se trouve inéluctablement aggravée par la propagation alarmante du VIH/sida et par la volatilité et l'imprévisibilité de l'APD fournie par les pays prospères, un phénomène encore exacerbé par le fait que les gouvernements des pays riches dépensent des sommes considérables pour mener ce qu'ils appellent la « guerre contre le terrorisme ». Cette lassitude du bon geste, que Pearson déplorait tant, semble maintenant plus multiforme et plus omniprésente qu'il n'aurait pu le tolérer, ni même l'imaginer.

This page intentionally left blank

4
De Pearson à Johannesburg

Depuis 1967, trois Commissions de haut niveau ont été convoquées par la Banque mondiale à intervalle de dix ans, chacune d'elles étant placée sous la direction d'un ancien chef de gouvernement. Ainsi que l'indiquait le Président de la Banque mondiale, l'objectif visé était de rassembler un groupe de personnalités d'expérience qui « étudieraient en commun les effets de [longues] années d'aide pour le développement, en évalueraient les résultats, décèleraient les erreurs et proposeraient les politiques qui pourraient mener à des progrès plus rapides à l'avenir. » Dirigée par le très honorable Lester B. Pearson, ancien Premier ministre du Canada, la première de ces trois commissions a été convoquée en 1968. Les deux autres ont été constituées en 1977 et 1987, et placées respectivement sous la direction de Willy Brandt, ancien Chancelier de la République fédérale d'Allemagne, et de Gro Harlem Brundtland, ancienne Première ministre de la Norvège. Messieurs Pearson et Brandt avaient tous deux reçu le Prix Nobel de la paix avant de se voir confier la présidence de leurs commissions.

Comme toutes les rencontres qui se proposent de mesurer les progrès du développement, les trois commissions se sont heurtées au fait que tous les organismes et les personnes croyant posséder une expertise dans ce domaine espéraient être consultés et s'attendaient à ce que leurs préoccupations et leurs points de vue figurent dans le rapport final. Le présent chapitre tente de récapituler les observations et les recommandations les plus significatives de chacune des trois commissions.

La Commission Pearson

Appuyée par un secrétariat d'envergure, la Commission Pearson a beaucoup voyagé : elle a rencontré de nombreux représentants gouvernemen-

taux des PRF, des organismes de développement et des instances donatrices ainsi que des personnes possédant de l'expérience dans le développement ; elle a par ailleurs examiné une documentation extrêmement volumineuse sur le sujet. Le rapport de la Commission compte plusieurs centaines de pages de texte et de tableaux [Pearson, 1969]. Il affirme d'entrée de jeu : « Le développement ne se limite pas au progrès économique et matériel et [l'ampleur du] produit national brut n'est nullement la garantie que le pays possède d'autres valeurs et qualités. »

Le rapport s'amorce sur un bilan des programmes de développement mis en œuvre de 1950 à 1968. Les années 1950 et 1960 ont été celles d'un enthousiasme grandissant envers l'assistance aux PRF : de 1961 à 1968, l'aide aux PRF est passée de 8 milliards à 12,8 milliards USD. Dans les années 1950, la croissance économique de plusieurs PRF était supérieure à celle des pays industrialisés quand ils se trouvaient à un stade comparable de leur développement économique. L'aide au développement s'est toutefois mise à tirer de l'arrière et à stagner vers la fin des années 1960 : « Les programmes d'aide extérieure sont examinés dans un climat lourd de désillusion et de méfiance. » Pearson souligne que, très souvent, l'objectif premier de l'aide bilatérale est de permettre au pays donateur de s'assurer des avantages politiques, de raffermir ses positions stratégiques, de promouvoir ses idéologies politiques ou de stimuler ses propres exportations. L'aide est accordée dans l'optique de soutenir et d'accroître la capacité militaire plutôt que de lutter contre la pauvreté ou d'offrir des services sociaux à la population. Certains donateurs considèrent l'aide comme un moyen de déclencher rapidement une deuxième révolution industrielle dans les PRF, alors que les besoins les plus pressants se manifestent plutôt au niveau de la sécurité alimentaire, économique et sociale. Pour Pearson, l'aide au développement doit atténuer les inégalités considérables qui séparent les riches des pauvres et empêcher que l'humanité ne se scinde plus nettement encore entre nantis et démunis.

Pearson souligne qu'il est absurde de placer tous les PRF dans une catégorie homogène. Ces pays sont extrêmement disparates par leurs superficies, leurs densités démographiques, leurs milieux naturels, leurs besoins, leurs possibilités d'action et leurs ressources. En 1968, la population de l'Inde s'élevait à 530 millions de personnes (elle était de plus d'un milliard en 2003) ; celle de la Gambie comptait 300 000 personnes (en 2003, selon les estimations, 1,1 million). Entre 1950 et 1985, 60 anciennes colonies ont accédé à l'indépendance politique. Bon nombre d'entre elles, accablées de pauvreté, ne possédaient qu'une maigre expérience de l'autonomie gouvernementale, de l'administration des services publics et de la gestion des finances, des

ressources et des industries. Le monde n'avait jamais connu de changements politiques et économiques aussi majeurs, hétérogènes et rapides. Les programmes d'assistance constituaient alors une nouveauté. Ils étaient souvent mis en œuvre au gré de tâtonnements et d'approximations successives. La plupart des donateurs visaient des résultats rapides et complètement irréalisables ; ils cherchaient des remèdes simples à des problèmes extrêmement complexes et variés.

Ayant tenu des consultations auprès de donateurs et de bénéficiaires, Pearson recommande de préciser les objectifs du développement en les assortissant de critères de mesure fiable des progrès ou des reculs. (Une quarantaine d'années d'expérience dans le domaine me permettent toutefois d'affirmer que la plupart des programmes de développement ont ceci en commun qu'ils accordent trop peu de temps et d'efforts à la détermination systématique des besoins, possibilités d'action, ressources et obstacles potentiels avant de débloquer des fonds et de mettre les projets sur les rails.) Toute initiative de développement devrait viser à améliorer la qualité de vie, l'état de santé et la longévité, et à favoriser l'instauration d'une répartition plus équitable de la prospérité et des ressources. Le développement et la croissance économique doivent en arriver à s'alimenter d'eux-mêmes, de sorte que les PRF puissent se libérer de leur dépendance envers l'aide étrangère ; ils doivent en outre viser des objectifs plus susceptibles d'être atteints par un déploiement graduel et patient plutôt que par l'implantation de « solutions éclairs ». Le rapport Pearson déplore la dépendance extrême de l'Afrique subsaharienne envers l'aide étrangère – une aide souvent investie dans des projets dont les objectifs sont dictés par les donateurs. Pearson lui-même et sa Commission ne pouvaient sans doute pas imaginer à l'époque que cette situation africaine, déjà catastrophique, continuerait de se détériorer au point calamiteux que l'on constate à l'heure actuelle.

La Commission Pearson pose au début de son rapport une question qui ne manque pas de surprendre : « Pourquoi les pays riches doivent-ils chercher à aider ceux qui ne le sont pas ? » La réponse la plus simple qu'il propose aux pays civilisés est la suivante : ceux qui possèdent beaucoup ont la responsabilité morale d'aider les plus démunis. L'utilisation optimale des ressources de la planète se fera par la coopération internationale, pas par le conflit. La pollution environnementale causée par les habitudes de vie malsaines d'un pays peut avoir des incidences négatives sur la santé et sur l'intégrité écologique d'autres pays. Les épidémies ne s'arrêtent pas aux frontières nationales. Dans un contexte apparenté, Pearson souligne qu'un ensemble de programmes internationaux de longue haleine a permis de faire

reculer fortement la mortalité et la morbidité dues aux pestes, bubonique et autres, au choléra, à la malaria et à la variole entre 1951 et 1966.

Le rapport insiste régulièrement sur le fait que l'idée d'un développement instantané, voire seulement rapide, n'est qu'une illusion et ne mène qu'à la déception et à la frustration. Armés de prévoyance et de réflexion, d'une stratégie de planification systématique, de patience et de persévérance, de nombreux pays considérés comme des PRF (en 1968) peuvent s'assurer une croissance autonome avant la fin du 20e siècle. (Pour plusieurs pays d'Asie, la prédiction de Pearson s'est effectivement réalisée.) La Commission affirme le besoin urgent de préciser le but de tous les programmes de développement et de mieux coordonner les efforts. L'assistance technique, elle aussi, néglige trop souvent d'adapter ses objectifs aux besoins réels des bénéficiaires visés. « [I]l faudrait le porter [le volume de l'aide publique au développement] à 0,70 pour cent du PNB des pays donateurs en 1975 », poursuit le document. (Ainsi qu'on le voit dans le présent ouvrage, rares sont les pays donateurs qui ont atteint ce but.)

« La richesse ne donne pas à un pays prospère et puissant le droit de dominer la vie nationale d'un autre pays en raison de l'aide qu'il peut lui donner », indique le rapport Pearson. L'aide prodiguée à un pays pauvre ne garantit en rien que le bénéficiaire adoptera les doctrines et idéologies politiques du donateur ; elle ne doit d'ailleurs pas viser ce but. « Dans beaucoup de pays en voie de développement, le chômage et le sous-emploi atteignent des taux critiques et la situation à cet égard s'aggravera probablement [...]. » « L'endettement extérieur [...] s'est accru rapidement. [...] Le service de la dette augmente de 17 pour cent par an [dans les années 1960]. [...] L'allègement de la dette constitue une forme d'aide légitime. » « [Implantée pour protéger leurs propres intérêts agricoles et commerciaux,] la politique commerciale des pays évolués oppose de nombreux obstacles à l'accroissement des recettes d'exportation des pays moins avancés qu'eux dans le domaine économique. »

Le rapport souligne l'augmentation considérable de la production céréalière due à l'adoption de phénotypes de plus haut rendement dans le blé et le riz, ainsi qu'à la mise en œuvre de systèmes agricoles plus productifs. En Inde, l'accroissement annuel de la production céréalière est passé de 0,1 pour cent pour la période 1960–1965 à 7,2 pour cent pour 1966–1968. En dépit de nombreuses déceptions et lacunes, le bilan de l'aide au développement s'avère encourageant. Dans les années 1960, même si l'aide étrangère représentait à peine 2 pour cent du revenu total des PRF, ces sommes ont généré des bienfaits immenses quand elles étaient investies de manière judicieuse et

productive ; elles ont permis notamment de faire augmenter la productivité de l'agriculture et d'autres systèmes de production. Bien dirigée, l'aide a souvent stimulé l'investissement étranger privé. Investie dans des programmes d'instruction et de formation, elle a permis d'accroître et de préciser les compétences de la main-d'œuvre. Inévitablement, le mouvement de modernisation dans les PRF a suscité des tiraillements entre les gardiens des traditions ancestrales et les partisans de l'adoption de techniques et de systèmes sociaux plus avancés. Tout projet de développement repose sur la nécessité d'établir un partage plus efficace des retombées positives du progrès, entre les personnes comme entre les pays. Le rapport Pearson souligne à cet égard que la mise en place d'un développement durable et stable exige une répartition équitable de la prospérité et de l'accès aux ressources essentielles.

La rapidité de la croissance démographique représente un défi majeur pour la stabilité du développement. L'accroissement de la population doit s'accompagner d'une augmentation des investissements dans les infrastructures de l'instruction, des services de santé, du logement, de l'approvisionnement en eau potable, des installations sanitaires et des autres services essentiels. Dans les années 1960, dans l'ensemble de l'Asie, l'Afrique et l'Amérique latine, les populations urbaines ont augmenté deux fois plus vite que la population totale. Pearson souligne que les organismes de développement et les gouvernements des PRF se sont trop peu intéressés à ce phénomène, et qu'ils ont insuffisamment planifié leur réponse, négligeant par conséquent la mise en place des ressources et des services indispensables dans les villes populeuses. Les pays dans lesquels les taudis se multipliaient à l'époque (et dans lesquels ils existent encore dans certains cas) ont ignoré complètement ou presque les leçons de la prolifération des logements misérables pendant et après la révolution industrielle. Certains des PRF les plus petits et les plus pauvres ont été soumis à d'importantes pressions visant à leur faire adopter massivement des technologies conçues et développées pour des pays plus avancés qu'eux – des technologies inadaptées à leurs besoins et à leurs ressources. Chaque pays doit avoir accès à des scientifiques et des technologues qualifiés pour sélectionner les technologies et les adapter à sa situation propre. Sous réserve que les gouvernements soient disposés à coopérer entre eux, les instituts régionaux de technologie pourraient offrir leurs services à plusieurs pays simultanément.

Le rapport Pearson propose une longue liste de recommandations. La plupart sont encore valides et pertinentes de nos jours, mais elles stagnent dans l'oubli et restent donc à concrétiser. Les recommandations de Pearson touchent notamment les politiques commerciales ; les investissements étrangers privés ; l'amélioration de la planification systématique et des critères

d'évaluation des projets et programmes de développement ; l'urgence de l'allègement de la dette et de l'accroissement des prêts à taux d'intérêt faible ; l'éradication de l'aide consentie sous forme d'armements ; l'abandon définitif de l'aide liée. Pour Pearson, l'aide liée constitue une entrave importante au développement : elle exige des PRF qu'ils importent des biens et des services dont ils n'ont pas forcément grand besoin, et souvent à des prix plus élevés que ceux des concurrents de leurs donateurs. En somme, l'aide liée bénéficie généralement beaucoup plus à la population et aux industries du pays donateur qu'aux pauvres des PRF récipiendaires. Les donateurs devraient autoriser les bénéficiaires de leur aide à s'en servir pour acheter des biens et des services essentiels aux conditions les plus économiques. Le rapport Pearson formule une vingtaine de recommandations pour rendre la planification et l'acheminement de l'aide au développement plus rationnels et plus efficaces. Il plaide avec force en faveur d'un accroissement des investissements dans l'instruction, les services de santé, les services sociaux, la planification familiale et le contrôle démographique. Il propose de revoir plusieurs procédures de la Banque mondiale, du Fonds monétaire international (FMI) et de l'Association internationale de développement (*International Development Association* – IDA), le guichet de la Banque mondiale chargé d'octroyer des prêts préférentiels. Il souligne en particulier la nécessité d'élargir le mandat de l'IDA et d'en améliorer l'efficacité.

La Commission Brandt

Le rapport s'amorce sur l'expression d'un espoir, celui que la Commission « [contribue] au développement des valeurs morales à travers le monde » [Brandt, 1980]. Il se penche sur les risques immenses que l'absence d'engagements plus fermes envers la coopération internationale ferait peser sur les générations futures. Considérant le parcours de Brandt pendant la Deuxième Guerre mondiale, il n'est pas étonnant que les priorités qu'il fixe pour le changement et la réforme soient, dans l'ordre : la paix, la justice, l'emploi. « [Le rapport soulève] les questions traditionnelles de paix et de guerre [et s'interroge sur la manière de] remédier à la faim dans le monde, à la misère massive et aux angoissantes inégalités entre les conditions de vie des riches et celles des pauvres. » Brandt reprend à son compte la mise en garde de Pearson : « Les solutions rapides [aux problèmes de développement] sont illusoires. » Il souligne en outre la nécessité de « réduire la courbe ascendante des armements compliqués et onéreux. » Quand le rapport a été établi, en 1980, l'APD totale représentait moins de 5 pour cent des dépenses militaires mondiales annuelles (qui s'élevaient à environ 450 milliards USD) ; le coût d'un char de combat

(en 1978) correspondait à celui du stockage de plus de 100 000 tonnes de céréales, un stockage qui permettrait de réduire substantiellement les pertes après-récolte ; le prix d'un avion à réaction représentait la création de 40 000 pharmacies rurales. Aucun projet de « nouvel ordre économique » ne faire l'économie d'un désarmement mondial d'envergure.

En dépit des ressources techniques et financières susceptibles d'accroître la production agricole et l'offre alimentaire, la faim persiste et reste une honte pour tous les peuples civilisés. La lutte contre la faim doit devenir une priorité de premier ordre pour tous les organismes de développement. « Soins médicaux, développement social et niveau économique doivent progresser dans l'interdépendance [...]. » En d'autres termes, le « développement » ne peut pas être vu comme une question isolée, mais doit être abordé en tant que problématique comprenant des dimensions interdépendantes et interactives s'articulant en systèmes hautement complexes. Des consultations véritablement coopératives entre les donateurs et les récipiendaires des PRF s'avèrent indispensables pour définir et évaluer les programmes de développement d'une manière satisfaisante.

Pour Brandt, les politiciens et les fonctionnaires qui définissent les politiques de développement des donateurs sont « trop loin de l'expérience de l'homme moyen ». Les pays industriels ont tendance à se comporter comme si les combustibles étaient renouvelables à l'infini. Il est urgent d'investir dans le développement de ressources énergétiques renouvelables. La pollution, atmosphérique et autre, ainsi que la surexploitation des ressources terrestres et aquatiques s'accentuent sur toute la planète. La surpêche, la déforestation sauvage, l'érosion des sols et l'avancée des déserts menacent la qualité de vie de nombreuses collectivités, et leur survie même. Les pays prospères ne se rendent pas à cette évidence : nous vivons dans un monde d'interdépendance. Alors même que leurs économies prospéraient, les donateurs ont déployé peu d'efforts pour atteindre l'objectif fixé par Pearson : consacrer 0,7 pour cent de leur PNB à l'APD. Brandt déplore que le budget de l'APD des États-Unis, qui comptaient pourtant parmi les chefs de file du mouvement au début des années 1960, soit devenu très inférieur en 1978 à ce qu'il avait déjà été. « Quand toutes les nations s'associent à une entreprise destinée à accroître les chances de survie du monde et à promouvoir la prospérité globale, la nation la plus puissante et la plus riche ne peut se contenter d'un rôle marginal [...]. »

Si Brandt ne définit pas le « développement », il insiste sur le fait que celui-ci doit s'intéresser avant tout au bien-être des gens, pas seulement aux technologies. Le « développement » ne doit pas non plus se limiter à la crois-

sance économique et industrielle. La richesse et les ressources produites doivent être réparties de manière plus équitable. L'objectif du développement est de permettre aux pays pauvres de combler leurs propres besoins, la nature précise de ces besoins et les modalités de leur satisfaction étant fonction de l'histoire du pays, de son patrimoine culturel, de ses traditions religieuses, de ses ressources, de son climat et de ses milieux naturels. Pour faire baisser le chômage dans les PRF très densément peuplés, les technologies doivent favoriser le recours à une main-d'œuvre nombreuse plutôt qu'à une mécanisation poussée. Brandt reprend à son compte une préoccupation déjà exprimée par Pearson : le fait que les pays cherchent à acquérir les technologies modernes est en soi générateur de tensions sérieuses.

Brandt énonce plusieurs priorités.

- Réduction de la faim, de la malnutrition et de l'extrême pauvreté, en particulier en Afrique et en Asie.
- Amélioration des modalités commerciales pour les produits, agricoles et autres, provenant des PRF ; suppression des obstacles à ce commerce.
- Réforme du système monétaire international en vue de stabiliser les taux de change, avec augmentation des droits de tirage spéciaux pour les pays les plus pauvres ; la Banque mondiale et les banques régionales devraient accroître d'une manière substantielle leurs capacités de prêt.
- Engagement ferme des donateurs envers leur propre APD et envers l'assistance au développement afin d'en assurer la prévisibilité et la durabilité ; ainsi que les observateurs l'ont souvent souligné, le développement est un processus lent, qui s'inscrit dans le long terme, et les projets d'aide à court terme causent souvent plus de tort que de bien.
- Mise en place d'une stratégie internationale de l'énergie qui favorise la conservation rigoureuse des ressources et le développement coopératif de sources d'énergie renouvelables.
- Instauration d'un programme systématique de sécurité alimentaire internationale à long terme.

La Commission Brundtland

Le nom de la Commission définit son objectif : Commission mondiale sur l'environnement et le développement [Brundtland, 1987a]. La définition que la Commission donne du « développement durable » est celle qui est la plus souvent reprise dans les documents sur le sujet : « [Le développement

durable consiste à] répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations à venir de satisfaire les leurs. » Cette affirmation doit s'entendre dans un sens très large ; en effet, personne – ni les membres de la Commission, ni qui que ce soit d'autre – ne peut raisonnablement prévoir les besoins, aspirations ou exigences des générations futures. Souhaiteront-elles maintenir le niveau de vie actuel des pays les plus prospères et les plus gaspilleurs de la planète ? Ou accepteront-elles de mener des vies plus sobres, plus respectueuses des ressources et des écosystèmes ?

Gro Harlem Brundtland, la présidente de la Commission, a constitué trois comités consultatifs d'experts chargés de se pencher respectivement sur l'énergie, l'industrie et la sécurité alimentaire. J'étais moi-même membre du comité consultatif sur la sécurité alimentaire ; il a rédigé un rapport complémentaire intitulé *Food 2000* [Brundtland, 1987b]. Les observations et recommandations de *Food 2000* s'inscrivent dans le cadre plus large de l'ensemble des questions relatives à l'agriculture et à l'agroalimentaire.

Les Commissions Pearson et Brandt abordaient la question de la détérioration de l'environnement, entre autres thèmes. La Commission Brundtland, elle, s'était vu confier spécifiquement le mandat d'analyser les interactions entre l'environnement et le développement. « L'environnement n'existe pas en tant que domaine distinct des actions, ambitions et nécessités humaines [...], souligne le rapport Brundtland. [Le] mot même d'"environnement" [a] une connotation de naïveté dans quelques milieux politiques. Certains ont aussi donné au mot "développement" une portée très étroite en lui conférant le sens de "ce que les nations pauvres devraient faire pour devenir plus riches" [...]. » Le rapport souligne : « Or, l'"environnement" c'est là où nous vivons tous, et le "développement" c'est ce que nous faisons tous pour essayer d'améliorer notre sort dans cet environnement. [...] L'aggravation de la pauvreté et la dégradation de l'environnement entraînent un gaspillage des possibilités et des ressources [...]. » « Nous envisageons plutôt la possibilité d'une nouvelle ère de croissance économique, s'appuyant sur des politiques qui protégeraient, voire mettraient en valeur, la base des ressources », indique également le Rapport.

Brundtland énumère une longue liste des dommages et désastres environnementaux.

- Chaque année, six millions d'hectares de terres sèches productives se transforment en déserts stériles.
- Plus de 11 millions d'hectares de forêt sont détruits chaque année.

- Les précipitations acides (générées par les émissions des industries et des véhicules) tuent des forêts et des lacs et endommagent d'importantes superficies de terre au-delà du seuil de réversibilité.
- La combustion de carburants fossiles produit des dégagements de CO_2 dans l'atmosphère qui accentuent le réchauffement planétaire.
- Près de 60 millions de personnes, surtout des enfants, meurent chaque année de maladies diarrhéiques causées par la consommation d'eau contaminée.
- La détérioration de l'environnement entrave le développement économique.
- La déforestation pratiquée par les agriculteurs des terres hautes produit des inondations dans les fermes des terres basses.
- La déforestation des flancs de coteaux et versants de collines nuit aux habitants des terres basses : n'étant plus retenus par les racines des arbres, les sols sont emportés par les pluies.
- Dans les années 1970, 35 millions d'Africains ont été durement touchés par la sécheresse.

Brundtland dénonce les sommes consacrées aux armements. Dans les années 1980, les dépenses militaires s'élevaient à 1 000 milliards USD par an et ne montraient aucun signe de fléchissement. L'affectation de recettes fiscales à l'achat d'armes accapare des ressources qui pourraient être investies d'une manière plus productive pour protéger l'environnement et lutter contre la pauvreté. Faute de connaissances suffisantes, de technologies adéquates et d'organisations sociales appropriées, il nous est encore difficile de définir avec exactitude la notion de « développement durable ». Personne ne peut prédire les conséquences à long terme des détériorations infligées aux milieux naturels et aux écosystèmes, ni celles de la surexploitation des ressources à régénération lente, voire non renouvelables. La science s'avère impuissante à déterminer la capacité de la biosphère à supporter les innombrables effets désastreux de l'activité humaine et industrielle. Au niveau international et mondial, le développement durable exige de toutes les personnes et toutes les collectivités, particulièrement les plus prospères, qu'elles adoptent des modes de vie compatibles avec la préservation des ressources écologiques et naturelles de la planète. En particulier, ces personnes et ces collectivités doivent réduire leur consommation de ressources énergétiques non renouvelables. Par habitant, les pays riches consomment 80 fois plus d'énergie que l'Afrique subsaharienne. La demande énergétique des PRF allant croissant, il devient indispensable que les pays riches très industrialisés modèrent leur consom-

mation d'énergie. Si les PRF qui dépassent actuellement le stade de l'économie essentiellement agricole pour s'engager sur la voie de l'industrialisation en viennent à adopter massivement les technologies industrielles courantes dans les pays riches, leur essor industriel s'accompagnera nécessairement d'une intensification de la pollution de l'air et des eaux souterraines et superficielles. La combustion du charbon, qui est le combustible fossile le plus abondant de la planète, produit d'importantes émissions polluantes. L'implantation de technologies moins gourmandes en énergie et moins polluantes s'avère essentielle à la protection des écosystèmes et des milieux vitaux.

Brundtland propose des mesures susceptibles de freiner l'explosion démographique dans les pays pauvres. De nombreuses recherches montrent que les gens qui sortent de l'extrême pauvreté et accèdent à un niveau d'instruction plus élevé choisissent en général d'avoir des familles moins nombreuses. La biodiversité subit des agressions majeures ; de nombreuses espèces disparaissent rapidement. Or, les espèces sauvages procurent des médicaments, du matériel génétique pour l'amélioration des plantes et du bétail, ainsi que des matières premières pour l'industrie. En plus des dimensions économiques, Brundtland cite des motifs éthiques, esthétiques et scientifiques qui justifient la préservation de la biodiversité.

La Conférence des Nations Unies sur le droit de la mer jetait les bases d'un accord international de gestion plus conservatrice des océans de la planète. « Les accords concernant la pêche devraient être renforcés afin d'empêcher la surexploitation qui règne actuellement », recommande le rapport Brundtland. Quelques années plus tard, face à une vive opposition internationale, la Norvège abolissait la chasse à la baleine – la capture et la mise à mort d'une espèce aquatique en danger grave d'extinction. Madame Brundtland était alors redevenue la Première ministre de la Norvège !

Le rapport Brundtland propose également la recommandation suivante : « Les gouvernements et les institutions internationales devraient procéder à un bilan coût-efficacité en tenant compte de ce qu'il en coûterait, pour parvenir à la sécurité, soit que l'on dépense l'argent en armements, soit qu'on le dépense à réduire la pauvreté ou à restaurer un environnement ravagé. » Sous le titre « Un avenir compromis », le rapport affirme : « La Terre est une ; le monde, lui ne l'est pas. Nous n'avons qu'une seule et unique biosphère pour nous faire vivre. Et pourtant : chaque communauté, chaque pays poursuivent leur petit bonhomme de chemin, soucieux de survivre et de prospérer, sans tenir compte des éventuelles conséquences de leurs actes sur autrui. D'aucuns consomment les ressources de la planète à un rythme qui entame l'héritage des générations à venir. D'autres – bien plus nombreux – consom-

ment peu, trop peu, et connaissent une vie marquée par la faim et la misère noire, la maladie et la mort tôt survenue. »

Ce dernier paragraphe résume dans l'essentiel la philosophie et les recommandations du rapport Brundtland. Ce document analyse plus en détail certaines questions spécifiques, notamment : a. le contrôle de l'économie mondiale ; b. la population et les ressources humaines ; c. la sécurité alimentaire (la préservation des ressources et du potentiel de la terre) ; d. les espèces et les écosystèmes (la conservation des ressources en vue du développement) ; e. l'énergie (les choix cruciaux pour l'environnement et le développement) ; f. l'industrie (les moyens de produire plus de biens et de services en utilisant moins de ressources rares) ; g. le défi urbain (la planification et la gestion des villes et mégalopoles en croissance) ; h. la paix, la sécurité et la diminution draconienne des stocks d'armes.

Pearson, Brandt, Brundtland : des parallèles

Les trois Commissions ont fait appel aux services de spécialistes éminents possédant une vaste expérience du domaine à l'étude. Leurs secrétariats, consultants et conseillers ont produit un volume impressionnant de données précises et pertinentes. Chacune des trois Commissions s'est vu confier un mandat précis, différent de celui des deux autres ; néanmoins, leurs constatations et leurs recommandations vont constamment dans le même sens. Ainsi, elles insistent toutes les trois sur l'élargissement du gouffre entre les riches et les pauvres, dans chacun des pays comme entre eux. À l'époque de la Commission Pearson (1968), les pays à revenu faible (PRF) représentaient 66 pour cent de la population mondiale, mais seulement 12 pour cent du PNB mondial total. Quelque 20 ans plus tard, la Commission Brundtland rappelait que la population des pays en développement constituait 70 pour cent de la population mondiale totale, mais seulement 10 pour cent du PNB mondial. Brundtland appuyait les recommandations de Pearson et Brandt, qui exhortaient les pays donateurs à consacrer au moins 0,7 pour cent de leur PNB à l'APD. De 1965 à 2000, l'APD totale (exprimée en pourcentage du PNB total des pays donateurs) est passée de 0,48 à 0,29 pour cent. Les États-Unis se sont distingués par un déclin encore plus marqué de leur APD, qui est passée de 0,49 à 0,1 pour cent de leur PNB.

Les trois Commissions se sont vivement inquiétées de l'accroissement de la dette des PRF. Selon les estimations, elle serait passée de 50 milliards USD en 1967 [Pearson, 1969] à 250 milliards USD en 1986 [Brundtland, 1987]. Le total de l'APD de tous les pays donateurs s'élevait à environ 6,5

milliards USD en 1967 ; en 1986, il s'était haussé à 34 milliards USD. Selon les données de la Banque mondiale, les Commissions Pearson et Brundtland auraient en fait sous-estimé l'endettement des PRF. Ainsi, le *Rapport sur le développement dans le monde 1985* de la Banque mondiale établit que la dette à moyen et long terme des PRF est passée de 70 à 700 milliards de dollars de 1970 à 1984. Dans les PRF les plus pauvres, la dette est passée de 19 à 58 pour cent du PNB.

Les trois Commissions ont insisté sur l'urgente nécessité de faire reculer la pauvreté et ont déploré les maigres progrès réalisés dans ce domaine. La plupart des pauvres de la planète vivent en Asie du Sud et en Afrique subsaharienne. De 1985 à 2000, selon les chiffres de la Banque mondiale, le nombre des personnes qui vivent avec moins de 2 $ par jour est passé de 520 millions à 1,23 milliard en Asie du Sud, et de 180 millions à 570 millions en Afrique subsaharienne. En d'autres termes, la moitié des personnes les plus démunies du monde vivent en Asie du Sud, et un tiers en Afrique subsaharienne. Les trois Commissions ont déploré par ailleurs le fait que les pays les plus riches dépensent beaucoup plus en armes qu'en aide aux pauvres. La Commission Brandt a estimé que l'APD totale des donateurs pour les années 1970 représentait moins de 5 pour cent de leurs dépenses en armements. Les Commissions s'accordaient également pour plaider en faveur d'un soutien plus important aux services sociaux et services de santé, aux installations sanitaires et à l'eau potable. Les trois Commissions soulignaient le taux élevé de chômage et insistaient sur la nécessité de créer des emplois à forte intensité de main-d'œuvre, en particulier pour les pauvres des régions rurales. Malheureusement, les politiciens autant que les syndicats de travailleurs des pays prospères se sont opposés énergiquement aux mesures de soutien à l'emploi dans les PRF, surtout dans les cas où les travailleurs de ces pays pauvres pourraient produire des biens bon marché susceptibles d'être ensuite exportés vers les pays riches. Nous voilà bien loin du « Travailleurs de tous pays, unissez-vous ! » Les trois Commissions ont réclamé l'instauration de règles du commerce international plus justes, en particulier pour les produits agricoles, avec notamment des réductions importantes des subventions aux exportations et des entraves plus discrètes aux flux commerciaux qui sont mises en place par les Américains, les Européens et les Japonais. Leur appel est resté lettre morte. La Commission Brundtland estime à environ 250 milliards de dollars par an le montant des subventions agricoles octroyées par les pays membres de l'OCDE. En dépit des plaidoyers que multiplient les PRF, l'Organisation mondiale du commerce (OMC) et différentes instances et intervenants sensibles à la cause des plus démunis, les estimations indiquent que les subventions agricoles ont augmenté, pour dépasser les 350 milliards de dollars au tournant du siècle.

Jusqu'à l'époque de la Commission Brundtland, au moins 50 pour cent du PIB des PRF provenait de l'agriculture ; les revendications en faveur d'un accroissement du soutien au secteur agricole et agroalimentaire rural étaient donc très fortes. Les analystes s'alarmaient notamment de l'écart considérable qui séparait la production céréalière alimentaire de l'Asie, dont les récoltes s'étaient accrues substantiellement depuis la fin des années 1960, et celle de l'Afrique subsaharienne, dont la production alimentaire par habitant avait stagné, voire décliné.

Du fait de son objectif, dont témoignait sa dénomination, la Commission Brundtland a accordé une attention toute particulière aux questions environnementales. Les trois Commissions ont toutefois manifesté leur inquiétude par rapport à plusieurs thèmes environnementaux : détérioration des terres arables ; dégradation d'envergure de la fertilité des sols ; pollution de l'air et des eaux souterraines et superficielles ; surpêche dans les eaux côtières et profondes ; appauvrissement de la biodiversité ; déforestation ; avancée des déserts ; consommation excessive de combustibles fossiles (avec l'accroissement des émissions de « gaz à effet de serre » et l'augmentation des températures planétaires qu'elle entraîne). Les trois Commissions ont rappelé aux destinataires de leurs rapports respectifs les relations d'interdépendance qui unissent le développement économique et technologique, d'une part, et l'environnement et les ressources essentielles, d'autre part.

Les trois Commissions se sont penchées sur l'expansion continue des villes et des agglomérations urbaines. Ainsi qu'on le constate également dans de nombreuses économies industrialisées, la croissance urbaine est mal planifiée et mal encadrée ; en particulier, les décideurs accordent trop peu d'attention à la planification urbaine, à la mise sur pied des services essentiels pour la santé et le bon développement des villes, à la congestion routière (inévitable dans ces circonstances) et à la pollution atmosphérique générée par les émissions des véhicules.

Tout en relevant des cas remarquables de croissance productive dans certains pays asiatiques, les membres des Commissions s'accordaient à considérer que, ainsi que l'indiquait déjà le rapport Pearson, l'écart entre les riches et les pauvres se creuse. Comme Pearson l'a souligné dans plusieurs interventions publiques, les pays riches semblent gagnés par la lassitude du bon geste. Les trois Commissions se déclaraient convaincues qu'il suffirait d'une volonté politique soutenue pour éradiquer le dénuement qu'elles décrivaient. Malheureusement, le manque de volonté politique que Pearson, Brandt et Brundtland déploraient dans leurs rapports respectifs se manifeste de manière encore plus flagrante au moment où nous écrivons ces lignes. Les pays les

plus puissants du monde se montrent beaucoup plus empressés à imposer leurs volontés aux plus faibles par la force de leurs armes qu'à lutter contre la pauvreté et les nombreuses inégalités criantes et constatées de longue date.

À la lecture du catalogue exhaustif des fléaux – pauvreté, faim, maladie et autres privations ou souffrances humaines – que les trois Commissions établissent, on ne peut que s'étonner que d'innombrables conférences et rencontres internationales, toutes plus coûteuses les unes que les autres, aient été convoquées depuis dans le seul but de répéter encore et encore les constats et recommandations que les trois Commissions avaient formulés avant elles. Parmi ceux et celles qui ont débité leurs vertueuses banalités lors de ces conférences et rencontres ultérieures, et même parmi les personnes qui travaillent actuellement à l'emploi des organismes de développement, combien ont lu les rapports des trois Commissions ? Le reste du présent chapitre sera consacré au bilan de deux de ces conférences gigantesques et coûteuses : Rio de Janeiro (1992) et Johannesburg (2002).

Les conférences internationales sur l'environnement et le développement

Signifiant à l'origine l'enceinte, le contour, les environs, le terme « environnement » a ensuite désigné les conditions dans lesquelles les organismes vivants se développent. Dans le langage actuel, il recouvre tous les facteurs qui entourent une activité, une discipline, un milieu naturel ou un état d'être, ou qui agissent sur lui d'une manière ou d'une autre. On peut parler ainsi d'environnements politiques, économiques, sociaux, culturels, technologiques, industriels ou physiques. De nos jours, le terme « environnement » désigne également l'ensemble des conditions qui déterminent un état d'être ou une activité de développement ou, à tout le moins, qui influent sur cet état d'être ou cette activité. Dans un sens plus restreint, il concerne uniquement les milieux physiques : l'atmosphère qui entoure la Terre, les composantes structurelles de notre planète, ses ressources, son climat et ses conditions météorologiques, ainsi que les interactions de tous ces facteurs avec les phénomènes naturels et les êtres humains et autres organismes vivants ainsi que leurs activités respectives.

La première Conférence des Nations Unies sur l'environnement a été convoquée en 1972 à Stockholm. Elle a mené à la mise sur pied du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), dont le siège social est à Nairobi. Le mandat du PNUE consiste à favoriser l'adoption de bonnes

pratiques environnementales, suivre l'évolution des conditions environnementales internationales dans le monde entier et recommander des sources d'énergie nouvelles. La notion d'environnement étant très vaste, le PNUE a eu, dans ses premières années d'existence, certaines difficultés à se doter d'objectifs propres qui ne seraient pas déjà couverts par d'autres organismes internationaux. Une deuxième conférence de l'ONU sur l'environnement s'est tenue en 1987 à Nairobi, mais n'a pas approfondi de manière significative les connaissances et notions préalables.

La Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED)

La Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED), dite également « Sommet de la Terre », s'est tenue à Rio de Janeiro en 1992. Elle constituait alors la plus vaste conférence de ce genre jamais organisée. Plus de 100 dirigeants politiques nationaux y ont participé, chacun d'eux accompagné d'une délégation assez nombreuse. Plusieurs centaines de représentants des instances de l'ONU, d'autres associations et organismes internationaux, de groupes d'études et de recherches y ont également pris part, ainsi que de nombreux observateurs s'intéressant à des phénomènes, activités et dynamiques plus ponctuels se rapportant à l'environnement terrestre ou à certaines de ses dimensions. Une conférence parallèle s'est tenue à Rio en même temps que la CNUED ; elle regroupait essentiellement des ONG du secteur de l'environnement ou du développement.

J'ai tenté de faire la lumière sur le coût de cet événement gigantesque – sans succès. Considérant que plusieurs délégations importantes étaient dirigées par des chefs de gouvernement, le coût total des déplacements et de l'hébergement dépasse probablement le million de dollars. À cette somme s'ajoutent les frais relatifs aux installations et aux équipements nécessaires pour la conférence, aux services de secrétariat (temps et autres ressources), à la convocation, la réunion et l'élaboration des comptes rendus des innombrables allocutions, rencontres, consultations et autres discussions (temps, ressources humaines et autres) ainsi qu'au volume considérable des documents préparatoires élaborés en vue de la CNUED. Même pour les comptables les plus chevronnés, l'analyse coûts-bénéfices de cet événement s'avère impossible.

Plusieurs conférences et autres rencontres ont eu lieu avant la CNUED.

La conférence ASCEND 21

Convoquée à Vienne en novembre 1991 par le Conseil international pour la science (*International Council of Scientific Unions* – ICSU), la Conférence internationale sur un programme d'action scientifique pour l'environnement et le développement (*Agenda of Science for Environment and Development into the twenty-first century* – ASCEND 21) a compté parmi les rencontres les plus impressionnantes qui ont précédé la CNUED. ASCEND 21 regroupait quelque 240 participants et 37 observateurs provenant de 70 pays. Les comptes rendus publiés totalisent environ 250 000 mots. Y figure notamment le texte de 10 conférences majeures et exposés subséquents sur les thèmes suivants : population et utilisation des ressources naturelles ; détérioration et utilisation des terres agricoles ; industrie et déchets ; énergie ; santé ; cycles hydrologiques et biogéochimiques mondiaux ; atmosphère et climat ; systèmes marins et côtiers ; ressources d'eau douce ; biodiversité ; qualité de vie ; science et environnement ; politiques relatives à la technologie [ICSU-ASCEND, 1992].

Par ailleurs, la Commission de l'ICSU sur l'application des sciences en agriculture, foresterie et aquaculture (*Commission on the Application of Science to Agriculture, Forestry and Aquaculture* – CASAFA) a été mandatée pour élaborer un rapport sur l'agriculture durable et la sécurité alimentaire, un document de quelque 56 000 mots [ICSU-CASAFA, 1991]. Les deux textes de l'ICSU s'inscrivent dans le flux volumineux des documents établis en préparation de la Conférence de Rio. Considérant la masse d'information mise à leur disposition, il est douteux que les délégations aient eu le temps de lire tous les textes élaborés en prévision de la CNUED. On peut même soupçonner que, dans la plupart des cas, seuls les auteurs eux-mêmes ont lu ces documents en entier.

La conférence ASCEND 21 a été convoquée en vue d'établir, à l'orée du 21e siècle, un plan d'action pour les sciences de la nature, de la société, de l'ingénierie et de la santé dans leurs interfaces avec l'environnement et le développement. Les recommandations d'ASCEND 21 offrent un point de vue pertinent sur l'orientation future de la science internationale. « Que peut faire la science ? » Sous ce titre provocateur, le rapport d'ASCEND 21 rappelle que la Terre est le seul corps céleste dont on peut affirmer en toute certitude que la vie humaine y existe ; il ajoute qu'elle ne restera habitable que dans la mesure où elle arrivera à préserver les ressources vitales qui la caractérisent (ressources vitales : qui permettent le maintien de la vie). La terre, les océans et l'atmosphère sont interdépendants et agissent les uns sur les autres par l'intermédiaire des cycles biogéochimiques de l'eau et des nutriments qui,

ensemble, définissent le milieu et l'état, extrêmement complexes, de la terre. Les recherches montrent que l'activité humaine a modifié le système vital de la planète et constitue un risque sérieux pour le développement durable des générations actuelles et futures.

Les activités et les interventions humaines les plus nocives sont les suivantes : l'explosion démographique ; la surexploitation des ressources ; les technologies agricoles et industrielles ; l'utilisation des combustibles fossiles, qui perturbent les systèmes climatiques planétaires. La conférence ASCEND 21 plaidait en faveur d'un accroissement du soutien aux recherches scientifiques s'intéressant aux systèmes complexes de la planète – notamment celles qui portent sur les fluctuations naturelles et anthropiques (provoquées par l'être humain) ; les cycles hydrologiques et leurs interactions avec les sols et la végétation ; les effets des changements climatiques sur les écosystèmes naturels ou utilisés par l'être humain ; les zones côtières (qui regroupent 75 pour cent de la population humaine mondiale) ; les moyens de mesurer les reculs de la biodiversité ; la protection des écosystèmes fragiles ; l'évaluation de la capacité de charge de la terre (ou capacité maximale de peuplement, c'est-à-dire la population maximale qu'elle peut soutenir) ; la détermination et la conception des systèmes de prévisions environnementales ; l'évolution de l'utilisation des terres ; l'incidence de la production des déchets et de la pollution sur la santé publique ; et la mise au point de sources énergétiques plus efficaces.

Les recommandations du Sommet de la Terre : la Déclaration de Rio et Action 21

De par l'ampleur, la complexité et la diversité des comptes rendus, il est impossible de résumer d'une manière simple et concise tous les travaux de la CNUED. En plus de donner lieu à l'élaboration d'innombrables propositions, recommandations et accords préliminaires, la CNUED a permis d'obtenir un consensus général des délégations gouvernementales sur plusieurs conventions internationales : a. changements climatiques ; b. diversité biologique ; c. lutte contre la désertification dans les milieux écologiques fragiles. La CNUED a proclamé 27 principes ; la plupart d'entre eux s'adressent aux gouvernements nationaux. Le Principe 1 établit que les êtres humains, qui sont au centre des préoccupations relatives au développement durable, ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature. Les autres principes réclament : que le développement se fasse de manière à répondre aux besoins des générations actuelles et futures (un écho de Brundtland) ; que tous les États coopèrent à l'élimination de la pauvreté ainsi qu'à la protec-

tion et au rétablissement de l'intégrité des écosystèmes de la terre ; que leur coopération repose sur la mise en commun des connaissances scientifiques et techniques ; que tous les citoyens du monde soient correctement informés et incités à protéger l'environnement et les ressources de la planète ; que chaque gouvernement adopte des dispositions législatives environnementales correspondant à sa situation propre ; et qu'il adopte des lois définissant la responsabilité environnementale et déterminant les indemnisations à verser aux victimes de la pollution et de la détérioration des propriétés. (Rappelons qu'il y a plus de 4 000 ans déjà, Hammurabi, roi de Babylone, décrétait que, si les eaux d'irrigation ou les animaux s'étant échappés d'une ferme provoquaient des dommages à la propriété ou aux récoltes d'un autre fermier, le responsable devait fournir une indemnisation adéquate à la victime de sa négligence.) [Harper, 1999]

D'autres principes énoncés dans la Déclaration de Rio soulignent la nécessité de mesurer les incidences des activités nuisibles pour l'environnement et exhortent les gouvernements à avertir immédiatement les autres États en cas d'événement ou d'activité pouvant endommager leurs ressources ou leurs biens. La Déclaration souligne le rôle vital des femmes dans la gestion de l'environnement et des ressources. Enfin, elle énonce des principes que semblent malheureusement ignorer plusieurs pays dotés d'une formidable force de frappe militaire. Ainsi, le Principe 23 affirme : « L'environnement et les ressources naturelles des peuples soumis à oppression, domination et occupation doivent être protégés. » Ce principe acquiert une résonance toute particulière dans le cas de peuples opprimés tels que les Palestiniens et les Irakiens.

Le Principe 24 établit que la guerre exerce une action intrinsèquement destructrice sur le développement durable, et que tous les gouvernements doivent respecter le droit international et protéger l'environnement en temps de conflit armé. Concis, le Principe 25 indique simplement : « La paix, le développement et la protection de l'environnement sont interdépendants et indissociables. »

Le Sommet Planète Terre de 1992 avait une ampleur et des ambitions bien plus vastes que celles des conférences antérieures sur l'environnement. Il portait essentiellement sur le développement économique durable – une notion que l'on pourrait interpréter comme regroupant toutes les formes du développement qui ne détruisent ni ne surexploitent les ressources naturelles au point qu'elles en priveraient les générations futures. Action 21, le plan d'ensemble établi dans le cadre de cette conférence, invite les grands pays à

se doter de technologies et d'industries qui protègent l'environnement et ses ressources.

Une Commission spéciale a été nommée pour veiller à ce que les pays tiennent leurs promesses et engagements d'Action 21. À l'instar de toutes les institutions de l'ONU et instances internationales similaires, la Commission n'avait cependant pas la capacité de contraindre les pays à respecter leur parole. Ses instigateurs espéraient que la mesure des progrès réalisés dans la foulée de Rio et la diffusion de cette information inciteraient tous les pays à se conformer à Action 21. Lors de sa première réunion, en 1994, la Commission a cependant constaté que plusieurs pays industrialisés revenaient sur leurs engagements de Rio et fournissaient moins de la moitié des fonds promis. Les gouvernements des pays les plus pollueurs semblaient en fait plus soucieux de protéger les bénéfices de leurs industries polluantes que d'investir dans des technologies pouvant réduire les émissions des cheminées de leurs entreprises et des pots d'échappement de leurs voitures.

Les recommandations d'Action 21 reprennent dans une très large mesure celles de commissions et d'analyses antérieures. Action 21 se présentait comme le plan d'action qui assurerait la conservation des ressources environnementales et le développement durable tout au long du 21e siècle. La CNUED recommandaient notamment plusieurs orientations politiques aux pays pauvres.

a. Accroître leurs capacités de traitement, de distribution et de mise en marché pour (i) répondre à l'évolution des besoins internes et (ii) assurer leur compétitivité dans le commerce international.

b. Intensifier la diversification pour atténuer leur dépendance envers un nombre restreint de marchandises.

c. Adapter à leur situation propre les technologies susceptibles d'éviter la surexploitation des ressources naturelles.

La CNUED souligne que le développement durable exige la mise en œuvre d'investissements prudents provenant de sources financières internes et externes. Les transferts nets négatifs de ressources financières (situation dans laquelle les versements vers l'extérieur au titre des importations et du service de la dette sont supérieurs aux recettes du commerce international) exacerbent la pauvreté, l'épuisement des ressources et la détérioration de l'environnement. Le service de la dette extérieure constitue un obstacle au développement économique et social. Enfin, s'ils permettent dans certains cas d'améliorer la balance des paiements et les budgets fiscaux, les programmes d'ajustement structurel imposés de l'extérieur déclenchent souvent des difficultés sociales et environnementales, notamment par la diminution des

budgets consacrés aux soins de santé, à l'éducation et à la protection de l'environnement.

Il est bien difficile de déterminer dans quelle mesure le Sommet de la Terre a su sensibiliser et mobiliser le grand public envers la protection de l'environnement planétaire et de ses ressources. La CNUED a certes recueilli un volume considérable de données et d'opinions. Toutefois, Action 21 reprend pour l'essentiel, en les approfondissant parfois, des observations et recommandations déjà présentes dans les rapports Pearson, Brandt et Brundtland. Les sommes colossales qui ont été consacrées à l'organisation et à la convocation de la CNUED auraient-elles pu être investies de manière plus productive dans des programmes de lutte contre la pauvreté, de protection environnementale, de conservation de la biodiversité ou de préservation des ressources ? Peut-être. Au début des années 1960, le comité national de la Campagne canadienne de lutte contre la faim classait ses bénévoles en deux catégories : les parleurs et les agissants. On peut se demander si la CNUED et autres gigantesques conférences internationales ne servent pas plus à offrir une tribune aux parleurs qu'à permettre aux agissants de passer à l'action. L'une des personnes qui ont participé à la CNUED a qualifié ce rassemblement de « dialogue de sourds » : la plupart des dirigeants politiques qui se sont rendus à la Conférence y ont fait résonner leur rhétorique de tout son éclat ; mais ils n'ont écouté personne.

De Rio à Johannesburg

M. S. Swaminathan analyse dans un texte très fouillé les recommandations de Rio, les répercussions de cette Conférence ainsi que ses propres espoirs envers les rencontres de Johannesburg de 2002 [Swaminathan, 2002] : « Les politiques environnementales promues par les pays les plus riches visent à protéger le niveau de vie élevé qu'ils ont acquis grâce à l'intensification sans précédent de l'exploitation des ressources naturelles au siècle dernier, écrit-il dans l'introduction de son ouvrage. Les pays pauvres, eux, doivent aujourd'hui accroître leur production alimentaire sur des sols affamés et assoiffés. » Swaminathan reprend à son compte le plaidoyer de Pearson, Brandt et Brundtland en faveur de mesures efficaces visant à offrir des emplois rémunérés stables aux millions de chômeurs des PRF.

Swaminathan évoque différentes rencontres internationales ayant confirmé et amplifié certains des principes et recommandations de Rio. On citera notamment : a. le Sommet mondial de l'alimentation 1996 de la FAO, dont l'objectif était de réduire de moitié, avant 2015, le nombre des personnes

souffrant de malnutrition chronique (cette population est estimée à plus de 800 millions de personnes, dont 28 pour cent vivent en Afrique subsaharienne) ; et b. la rencontre des gouvernements nationaux tenue à Kyoto en 1997, qui proposait de réduire les gaz à effet de serre de 15 pour cent avant 2010 (un objectif qui ferait baisser de 800 millions de tonnes les quantités de CO_2 émises dans l'atmosphère). Il est désolant, mais pas très étonnant, de constater que, si les pays de l'Union européenne (UE) appuient généralement cette initiative, les États-Unis n'ont toujours pas officiellement signé le Protocole de Kyoto.

Swaminathan [2002] analyse, en les illustrant par de nombreuses statistiques, certaines dimensions bien précises des interactions entre environnement et développement : la sécurité des approvisionnements en nourriture et en eau ; l'environnement et le citoyen ; la gestion génétique intégrée ; l'éradication de l'insécurité alimentaire et de la pauvreté ; l'alimentation au troisième millénaire. L'auteur conclut son ouvrage par des recommandations d'action, notamment dans le domaine de la lutte contre la faim. L'Inde doit être citée en exemple à ce chapitre et, plus particulièrement, le travail tout à fait remarquable que l'auteur lui-même a accompli au cours des 50 dernières années, et qui se fonde sur une manière compatissante d'envisager la problématique : « Le progrès, ce n'est pas d'ajouter à l'abondance de ceux qui ont déjà beaucoup ; c'est de donner suffisamment à ceux qui ont trop peu. »

Le Sommet mondial des Nations Unies pour le développement durable (SMDD)

Le Sommet mondial des Nations Unies pour le développement durable (SMDD) a été convoqué en 2002 à Johannesburg pour mesurer le chemin parcouru depuis 1992 dans la mise en application concrète des principes du Sommet de la Terre de Rio et des recommandations d'Action 21. Les actes publiés du SMDD regroupent deux documents : la Déclaration politique et le Plan de mise en œuvre.

La Déclaration politique

Dans la Déclaration politique, les pays rassemblés au Sommet réaffirment tout d'abord leur engagement envers le développement durable et l'élaboration d'une société mondiale humaine, équitable et généreuse, consciente de l'impératif que constitue le respect de la dignité humaine de chaque personne. Les pays assemblés assument leur responsabilité collective consistant

à renforcer les « piliers du développement durable » – le développement économique, le développement social et la protection de l'environnement. Ils soulignent par ailleurs l'interdépendance de ces piliers.

Le document n'indique pas la manière dont les mesures concrètes mises en œuvre dans la foulée d'Action 21 seront évaluées, ni sur le plan quantitatif, ni sur le plan qualitatif. Les énoncés regroupés sous le titre « Les défis auxquels nous devons faire face » laissent toutefois entendre que bien peu de progrès ont été réalisés à l'égard de l'éradication ou, à tout le moins, de l'atténuation significative, des inégalités entre les riches et les pauvres et des dommages causés à l'environnement – des phénomènes décrits par Pearson, Brandt et Brundtland et rappelés lors du Sommet de la Terre : a. « Le profond clivage qui divise la société humaine entre riches et pauvres et le fossé toujours plus large entre le monde développé et le monde en développement font peser une lourde menace sur la prospérité, la sécurité et la stabilité mondiales » ; b. « L'environnement mondial continue d'être malmené. La réduction de la diversité biologique se poursuit, les ressources halieutiques continuent de se réduire, la désertification progresse dans des terres naguère fertiles, les effets préjudiciables du changement climatique sont déjà évidents, les catastrophes naturelles sont de plus en plus fréquentes et dévastatrices et les pays en développement, de plus en plus vulnérables, et la pollution de l'air, de l'eau et du milieu marin continue de priver des millions d'individus d'une existence convenable. » Plus loin, la Déclaration ajoute : « Nous risquons de voir ces disparités mondiales se perpétuer et, si nous n'agissons pas d'une manière qui modifie radicalement leur vie, les pauvres de la planète risquent de perdre confiance en leurs représentants et dans les systèmes démocratiques en faveur desquels nous demeurons engagés [...]. »

La Déclaration politique rappelle les menaces qui pèsent sur le développement durable de l'humanité : pauvreté chronique, faim et malnutrition ; occupations étrangères ; conflits armés ; corruption ; catastrophes naturelles ; intolérance et incitation à la haine raciale, ethnique, religieuse ou autre ; maladies chroniques telles que l'infection au VIH/sida, la malaria ou la tuberculose. Elle exhorte les pays développés à tenir leurs engagements en matière d'aide publique au développement (proposition Pearson de 1969).

Bien que le document ne la formule pas explicitement, ses constatations ne peuvent mener qu'à cette seule conclusion : les millions de dollars investis pour convoquer et organiser le Sommet de la Terre n'ont produit aucun des résultats espérés ou escomptés – ou peu s'en faut. Les pays les plus prospères et les plus puissants du monde ont ignoré pour l'essentiel la longue liste des maladies, inégalités et détériorations persistantes décrites dans les rapports

de la CNUED et d'autres conférences et commissions internationales, de même que la liste des mesures à prendre pour les éradiquer ou, à tout le moins, les atténuer.

Le Plan de mise en œuvre

Ce document dense de quelque 35 000 mots formule plus de 150 recommandations dont certaines comportent plusieurs paragraphes de précisions et de mises en contexte. Par exemple, la section intitulée *Élimination de la pauvreté*, qui rappelle une fois de plus que « l'éradication de la pauvreté est le principal défi auquel doit s'attaquer le monde d'aujourd'hui », reprend des objectifs d'Action 21 et des recommandations formulées par d'autres conférences internationales ainsi que dans la Déclaration du Millénaire de l'ONU – le tout explicité en près d'une dizaine de paragraphes principaux et une quarantaine de sous-paragraphes. Les autres propositions d'action portent par exemple sur la « modification des modes de consommation et de production non viables » et la « protection et gestion des ressources naturelles ». Au total, plus de 150 recommandations visant des objectifs très divers.

Le Plan de mise en œuvre réclame un soutien politique et financier substantiel pour de nombreux organismes, congrès et programmes internationaux déjà en activité ainsi que pour un certain nombre de programmes dont il propose la mise sur pied : « Développement durable à l'heure de la mondialisation » ; « Santé et développement durable » ; « Développement durable des petits États insulaires » ; « Développement durable pour l'Afrique ». Cette rubrique fait directement référence au Nouveau Partenariat pour le développement de l'Afrique (*New Partnership for Africa's Development* – NEPAD), qui reprend lui-même de nombreuses propositions d'action énoncées dans des documents antérieurs. Le Plan de mise en œuvre préconise l'adoption d'autres projets de développement durable pour l'Amérique latine, les Caraïbes, l'Asie et le Pacifique, l'Asie occidentale et la région de la Commission économique pour l'Europe.

Le Plan de mise en œuvre se conclut sur la description de « moyens de mise en œuvre » : plus d'une centaine de recommandations de décisions et d'actions s'adressant à l'ensemble des pays du monde. L'ampleur de ce document ainsi que la multiplicité de ses thèmes ont de quoi faire douter ses plus ardents défenseurs. Comme bien d'autres textes avant lui, le Plan de mise en œuvre exhorte les pays à accroître leur APD – une revendication constamment ignorée depuis plus de 30 ans. La plupart des recommandations sont formulées en termes larges et imprécis ne comportant aucune tentative de définition

des mots les plus sujets à interprétation : « développement », « durable », « mondialisation », « bonne gouvernance », « transparence »... Pearson, Brandt et Brundtland avaient eux-mêmes eu du mal à définir certains de ces termes. Enfin, au mépris complet du sens commun et des enseignements de la gestion, qui nous invitent à présenter les plans d'action sous forme de listes claires de priorités fermes, ni le Plan de mise en œuvre, ni les « moyens » de cette mise en œuvre n'indiquent une quelconque hiérarchie des priorités. La plupart des paragraphes consistent en généralisations si vagues qu'elles échappent à toute interprétation précise susceptible de déboucher sur une action concrète. Peut-être les auteurs du document considèrent-ils toutes ces recommandations comme étant d'égale importance – auquel cas ils fourniraient aux donateurs une excuse toute prête pour esquiver leurs responsabilités. Comment, en effet, pourraient-ils appuyer toutes ces propositions ? Aucune hiérarchie des priorités n'étant établie, les donateurs ont beau jeu de n'en appuyer aucune, ou de ne s'intéresser qu'à celles qui conviennent à leurs propres aspirations ou priorités politiques.

Le document de Johannesburg se résume donc à un bilan doublé d'une régurgitation de toutes les recommandations et propositions soumises par les organismes, les agences et les observateurs et analystes individuels qui ont participé à la rencontre, auxquels s'ajoute une redite de tous les questionnements soulevés lors d'innombrables conférences et commissions antérieures. Faute de définitions précises, de hiérarchie claire des priorités, de prévisions détaillées des ressources matérielles et humaines indispensables à leur concrétisation, et d'estimations du délai de mise en œuvre et du coût de chacun des programmes de développement envisagés, il est complètement impossible d'implanter ces propositions d'une manière efficace. De plus, même si tous les pays donateurs faisaient passer leur APD à 0,7 pour cent de leur PNB, le total des sommes ainsi recueillies serait encore très inférieur au coût de concrétisation des propositions du Plan de mise en œuvre.

Remarques conclusives

Il est bien difficile de discerner quels sont les objectifs concrets et féconds que de gigantesques conférences internationales telles que celles de Rio ou de Johannesburg peuvent atteindre. Les comptes rendus de ces rencontres fourmillent de belles phrases ronflantes et sonores, mais ils souffrent d'un déplorable manque : sur la masse des engagements et des actions qu'ils préconisent, ils ne font pas ressortir les plus urgents ou les plus prioritaires, et ils ne décrivent pas les mesures à prendre pour les concrétiser. Les sommes considérables qui ont servi à financer ces titanesques rencontres auraient pu

être, me semble-t-il, investies d'une manière beaucoup plus profitable dans des projets conçus pour atténuer des fléaux et des inégalités déjà clairement circonscrits par Pearson, Brandt et Brundtland – et si souvent confirmés par les conférences et comités ultérieurs.

On propose maintenant de convoquer une autre conférence internationale – une de plus – pour analyser le chemin parcouru en direction des objectifs définis à Rio et à Johannesburg. Quelle information nouvelle et pertinente peut-on attendre d'une conférence supplémentaire de ce type ? Que pourrait-elle nous apprendre que nous ne sachions déjà et qui n'ait déjà été constaté maintes et maintes fois ? Les partisans d'un tel sommet feraient peut-être bien de se remémorer cette observation que notait John Kenneth Galbraith, économiste de Harvard, dans l'un de ces classiques, *L'ère de l'opulence* : nous vivons dans un monde de plus en plus manipulé en vue de favoriser la consommation abrutissante et infinie de tout ce dont nous avons le moins besoin.

5
La pauvreté

Pauvreté et développement

La plupart des personnes et des organismes qui travaillent dans le secteur du développement économique et social s'accordent à considérer que l'atténuation de la pauvreté est l'un des objectifs fondamentaux de tous les programmes de développement. La pauvreté peut se définir de plusieurs façons, selon le dictionnaire ou l'analyste social consulté : l'état de qui ne possède ni fortune ni bien matériel ; l'absence de ressources et de revenus suffisants pour maintenir des conditions de vie saines ; l'insatisfaction d'un ou plusieurs besoins humains de base – nourriture, vêtements, logement, eau potable, services de santé, accès à des installations sanitaires adéquates. Ces paramètres définissent l'indigence, la pauvreté absolue ou quasi absolue. Sauf exception, les pays riches ne connaissent pas la pauvreté « absolue » ; leurs habitants les plus démunis vivent plutôt dans une pauvreté « relative » : ils appartiennent à des segments de la société qui ont des actifs ou des revenus inférieurs à ceux de la majorité. Les personnes les plus pauvres du monde vivent essentiellement en Afrique et en Asie ; elles possèdent si peu qu'elles doivent se battre chaque jour pour simplement survivre.

Définition de la pauvreté

L'élaboration d'une définition de la pauvreté qui soit précise et internationalement reconnue est une tâche difficile à laquelle se heurtent constamment les organismes gouvernementaux et non gouvernementaux ainsi que les agences qui travaillent dans le développement ou les services sociaux. Selon l'hypothèse que les PRF (pays à revenu faible) sont les pays les plus pauvres du monde, le seuil de pauvreté se situait en 1982 et en 1995

à 410 $ et 765 $ par personne et par an, respectivement. Une enquête réalisée auprès de plusieurs organismes de développement international début 2004 montre que, pour certains d'entre eux, le seuil de pauvreté s'établit à 1 $/pers./jour (365 $/pers./an), mais qu'il est de 2 $/pers./jour (730 $/pers./an) pour d'autres. Plusieurs instances de l'ONU considèrent maintenant comme pauvres les personnes dont le revenu est inférieur à 1 USD par jour.

Aux États-Unis, le seuil officiel de pauvreté est un niveau de revenu défini par le Bureau de la statistique (*Bureau of Census*). Dans ce pays, la classification des segments pauvres de la population repose sur l'écart entre le revenu estimé et le seuil officiel de la pauvreté. Au Canada, la définition du seuil de pauvreté varie selon le gouvernement, l'agence sociale ou l'organisme non gouvernemental considéré. Pour certaines instances, le seuil de pauvreté est le revenu médian estimatif de l'ensemble de la population canadienne. Pour le Conseil canadien de développement social, il dépend de la taille de la famille, du lieu d'habitation et de l'importance démographique de la collectivité de résidence. En 2002, le seuil de pauvreté pouvait ainsi fluctuer entre 36 250 dollars canadiens (CAD) (c'est-à-dire 30 000 USD) et 25 000 CAD (21 250 USD) pour une famille de quatre personnes, selon qu'elle vivait dans une métropole, une ville moyenne ou une collectivité rurale. Il est bien évident que les personnes qui se situent sous le seuil de la pauvreté au Canada vivent dans un dénuement beaucoup moins marqué que les habitants de l'Afrique ou de l'Asie qui doivent se contenter de moins de 1 ou 2 $ par personne et par jour. Contrairement aux Canadiens et Canadiennes, les pauvres de l'Afrique et de l'Asie du Sud ne bénéficient pas de services de santé et autres services sociaux. Des millions de pauvres de l'Asie et de l'Afrique seraient sans doute enchantés d'avoir accès au niveau de vie et aux services sociaux et de santé dont disposent de nombreux Canadiens et Canadiennes vivant sous le seuil de la pauvreté tel qu'il est défini au Canada.

Les recherches sur la pauvreté

La population canadienne a commencé à prendre la pleine mesure de l'extrême pauvreté grâce à deux conférenciers dont les interventions ont été radiodiffusées dans les années 1960 : Barbara Ward [Ward, 1961] et John Kenneth Galbraith [Galbraith, 1965]. Plusieurs publications très pénétrantes de M. S. Swaminathan reprennent l'état des lieux lamentable que dressaient à l'époque Ward et Galbraith ainsi que les moyens d'atténuation qu'ils préconisaient [Swaminathan, 1999, 1999a, 2002]. L'indigence que décrivaient ces deux analystes il y a 40 ans n'est encore, hélas, que trop répandue sur notre planète.

Galbraith rappelle que la première des conséquences de la pauvreté, et la plus flagrante, est l'instabilité sociale et civile – une évidence dont les décideurs politiques actuels ne tiennent malheureusement aucun compte. L'auteur décrit avec beaucoup d'éloquence la spirale descendante de la pauvreté : les pauvres ne pouvant ni tirer parti des méthodes correctrices implantées, ni adopter les innovations productives comportant des risques, leur pauvreté engendre nécessairement une pauvreté plus grande encore. À l'inverse, la richesse engendre la richesse et accroît la capacité des riches à exploiter ceux qui sont trop pauvres pour s'en protéger.

Dans sa conférence Massey sur les pays pauvres et les pays riches, un éblouissant bilan historique de l'aventure humaine, Barbara Ward circonscrit les paramètres politiques, socioéconomiques, biologiques et techniques indispensables à l'atténuation de la pauvreté :

a. Égalité des chances et équité dans l'accessibilité aux ressources entre les personnes et les pays, sans distinction de classe, de race, de sexe ou de religion ;
b. Universalité de l'accès aux ressources et services essentiels à la survie, la santé et la sécurité ;
c. Adéquation entre la production et la distribution alimentaires, d'une part, et l'accroissement et la répartition démographiques, d'autre part ;
d. Transition des techniques artisanales aux technologies industrielles ; soutien à l'emploi rural dans l'agroalimentaire ; mise en œuvre d'innovations technologiques adaptées aux besoins, ressources et possibilités d'action des individus et collectivités appelés à les implanter et à en bénéficier.

Il est souvent malaisé d'établir la distinction entre les causes de la pauvreté et ses conséquences : ainsi que Galbraith l'a montré, elles s'exacerbent les unes les autres. La malnutrition amenuise la capacité d'apprendre et de travailler, ce qui empêche les affamés de garder un emploi stable et rémunérateur. L'histoire fait état de nombreux cas de pauvreté relative qui dégénère en pauvreté absolue quand les riches et les puissants oppriment et réduisent en esclavage ceux qui sont trop faibles pour leur résister. Dans les civilisations anciennes, certains dirigeants éclairés tels que Hammurabi ont promulgué des lois protégeant les pauvres de la prédation des riches et puissants [Harper, 1999].

Le Département de développement international ainsi que l'Institut de recherches sur la pauvreté (*Institute of Poverty Research*) de l'Université de

Manchester, en Angleterre, proposent de nombreuses analyses de la pauvreté, de ses caractéristiques, causes et conséquences.

Ampleur du phénomène de la pauvreté

Le *Rapport mondial sur le développement humain 2002* des Nations Unies estime qu'au moins 1,2 milliard de personnes (20 pour cent de la population mondiale) se battent quotidiennement pour survivre avec moins de 1 $ par jour. Si l'on fait abstraction de la République populaire de Chine, ce chiffre s'est accru de 28 millions dans les années 1990. Sur les 155 pays considérés comme des PRF ou d'anciens pays « en développement » maintenant en transition, seulement 30 affichent une croissance du revenu par habitant supérieure à 3 pour cent par an. Ci-dessous, le tableau 7 indique le pourcentage de la population vivant avec moins de 1 $ par jour dans quelques pays ; le tableau 8 fournit les données des grandes régions du monde pour les années 1990.

Tableau 7

Pourcentage de la population vivant avec moins de 1 $/jour

Afrique subsaharienne	49	Népal	38
Nigéria	70	Bangladesh	36
Éthiopie	80	Inde	35

Tableau 8

Croissance du revenu et réduction de la pauvreté dans les années 1990

	Croissance du revenu moy.(%)/ pers./an	Baisse de la pauvreté (%)	Nombre des personnes vivant avec moins de 1 $/ jour (en millions)		% de la population vivant avec moins de 1 $/jour	
			1990	1999	1990	1999
Afrique subsaharienne	–[0,4]	–[1,6]	240	315	47	49
Asie de l'Est/ Pacifique	+6,4	+14,9	485	280	31	16
Asie du Sud	+3,3	+8,4	505	490	45	37

En Europe, ce sont d'abord les monastères du Moyen Âge qui ont porté secours aux nécessiteux. Plus tard, en 1597, le Parlement anglais promulgue

une *Loi sur les pauvres* inspirée de dispositions législatives élisabéthaines adoptées antérieurement pour secourir les indigents, notamment l'implantation d'un impôt pour les pauvres en 1563 et la détermination de sa méthode de perception en 1573. Aux 16e et 17e siècles, les conseils municipaux d'Angleterre sont tenus de soulager différents fléaux sociaux. Ils doivent en particulier construire des foyers et des écoles pour les enfants ainsi que des hôpitaux pour les malades, secourir les personnes âgées, et prévoir des lieux de travail pour les personnes disposées à travailler et capables de le faire et des institutions correctionnelles pour les « oisifs volontaires » [Bindoff, 1950]. Modifiant le droit anglais concernant le secours aux pauvres, la *Loi de Speenhamland* de 1795 confie aux conseils paroissiaux la responsabilité de compléter le revenu des travailleurs agricoles afin qu'il atteigne un niveau suffisant pour leur subsistance.

À la fin du 18e siècle, au moment où paraissent les *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations* d'Adam Smith et les *Traités de législation* de Jeremy Bentham, les Dissidents rationnels propagent cette opinion radicale selon laquelle les *Lois sur les pauvres* de la Grande-Bretagne surprotègent les indigents et les incitent à l'oisiveté [Plumb, 1963]. Notre époque reste très marquée par cet antagonisme : d'un côté, ceux et celles qui, forts de leur conscience sociale, considèrent l'aide aux pauvres comme une responsabilité gouvernementale et civique ; de l'autre, ceux et celles qui voient le dénuement comme une calamité qu'on s'inflige à soi-même ou comme le châtiment divin de l'inconduite et des péchés. L'écart entre riches et pauvres est plus restreint dans les pays qui appliquent des politiques sociales généreuses que dans ceux qui assimilent l'acquisition d'une fortune considérable à la juste récompense d'un travail zélé, et ce, quelle que soit la manière dont cette richesse démesurée est obtenue. Chez les tenants de l'accumulation sans frein, l'aphorisme de Francis Bacon selon lequel « la connaissance est en elle-même puissance » cède le pas à un autre credo : « la richesse est en elle-même puissance ».

La pauvreté dans les *Rapports sur le développement dans le monde* de la Banque mondiale

Depuis 1980, au début de chaque décennie, la Banque mondiale consacre son *Rapport sur le développement dans le monde* (RDM) à la lutte contre la pauvreté. Ainsi, le RDM 1980 portait sur « la pauvreté et le développement humain » ; celui de 1990 se consacrait sobrement à « la pauvreté » ; celui de l'an 2000 récapitulait les stratégies et mesures proposées pour atténuer la pauvreté, résumant au passage l'évolution et la complexification des notions connexes au développement humain sur les 50 années précédentes. Dans les

années 1950 et 1960, le développement passait en grande partie par la mise en place d'investissements massifs dans le capital physique et les infrastructures. Dans les années 1970, les analystes constatèrent que le capital physique s'avérait insuffisant et que les investissements dans la santé, l'éducation et la formation jouaient un rôle incontournable dans la lutte contre la pauvreté. Les années 1980 ont été le témoin d'un autre virage, exacerbé cette fois par l'intensification de la crise de la dette dans les pays pauvres et par la récession économique mondiale. Les progrès réalisés par les pays de l'Asie de l'Est et de la région Pacifique contrastent alors de manière flagrante avec la pauvreté persistante de l'Asie du Sud et de l'Afrique subsaharienne. Le RDM 1990 plaidait en faveur d'une amélioration de la gestion économique, de l'octroi d'une place plus importante aux forces du marché, et d'un accroissement des investissements dans la santé et l'instruction.

Le *Rapport sur le développement dans le monde 2000* estime que, sur les 6 milliards de personnes que compte la planète, 2,8 milliards (47 pour cent) tentent de survivre avec moins de 2 USD/jour ; et 1,2 milliard (20 pour cent), avec moins de 1 $/jour : de ceux-ci, les pauvres d'entre les pauvres, 44 pour cent vivent en Asie du Sud ; 24 pour cent en Afrique subsaharienne. On observe dans de nombreux pays des inégalités considérables entre les plus riches et les plus pauvres. Le tableau 9 indique pour quelques pays le pourcentage du revenu national total qui revient au quintile (20 pour cent) et au décile (10 pour cent) les plus pauvres et les plus riches de la population, selon les chiffres du RDM 2000.

Le facteur « Les plus riches/les plus pauvres » correspond au pourcentage du revenu national total qui revient au quintile (ou au décile) le plus riche de la population, divisé par le pourcentage du revenu national total qui revient au quintile (ou au décile) le plus pauvre de cette même population. Ainsi, le quintile (20 pour cent) le plus riche de la population brésilienne bénéficie d'un revenu 25,5 fois supérieur à celui du quintile le plus pauvre ; en Afrique du Sud, le revenu moyen du décile (10 pour cent) le plus riche est égal à 42 fois celui du décile le plus pauvre. Selon les estimations, le total des actifs appartenant aux 350 personnes les plus riches du monde serait supérieur au PNB combiné des pays regroupant près de la moitié des personnes les plus pauvres de la planète. Un rapport récent (2000) de l'Institut mondial de recherche sur l'économie du développement des Nations Unies (*World Institute for Development Economics* – WIDER) établit que le centile (1 pour cent) le plus riche de la population adulte mondiale possède près de 40 pour cent des actifs planétaires.

Tableau 9

	Les plus pauvres		Les plus riches		Facteur « Les plus riches/ les plus pauvres »	
	20%	10%	20%	10%	20%	10%
États-Unis	5,8	2,3	47,7	32,3	8	14
Royaume-Uni	6,6	2,6	43,0	27,3	6,5	10,5
Canada	7,5	2,8	39,3	23,8	5,2	8,5
Brésil	2,5	0,9	63,8	47,6	25,5	53,0
Inde	8,1	3,5	46,1	33,5	5,7	9,6
Afrique du Sud	2,9	1,1	64,8	45,9	22,3	42,1
Fédération russe	4,4	1,7	53,7	38,7	12,2	23,0

Le RDM 2000 souligne les multiples dimensions de la pauvreté ainsi que les difficultés de sa quantification, qu'on la considère au niveau individuel ou familial, et sous l'angle du revenu familial ou de la consommation estimative. Le PIB par habitant exprimé en USD ou en parité des pouvoirs d'achat (PPA) et le PIB ou le RNB divisé par le nombre d'habitants procurent bien peu d'indications sur la répartition du revenu dans la population.

La pauvreté en Inde

Le RDM 2000 examine différents aspects de la pauvreté ainsi que ses causes, en s'attardant particulièrement au cas de l'Inde. Le Rapport décrit les très pauvres comme des hommes et des femmes présentant les caractéristiques suivantes : a. leurs revenus et leurs actifs sont insuffisants pour leur permettre d'acquérir les biens et services de première nécessité tels que la nourriture, le logement, les vêtements, les services de santé et l'instruction ; b. ils n'ont pas voix au chapitre et pas de possibilités de communiquer avec les autorités, ni d'exercer une quelconque influence sur elles ; et c. leurs ressources matérielles et physiologiques sont inadéquates pour faire face aux épreuves soudaines telles que les épidémies, les pénuries alimentaires ou les changements climatiques extrêmes. En Inde, la pauvreté s'accompagne d'une restriction majeure de l'accès aux services d'instruction et de santé ; elle s'explique en partie par les inégalités entre les castes, les classes et les sexes. Les données recueillies

par les enquêtes nationales sur échantillon (ENÉ) indiennes montrent que, en dépit d'une bonne croissance économique (mesurée par le PIB, qui a augmenté d'environ 6,1 pour cent par an dans les années 1990), la diminution de la pauvreté a ralenti en Inde. S'il s'avère extrêmement difficile de recueillir et d'analyser des données démographiques et économiques fiables dans une population aussi diverse et nombreuse que celle de ce sous-continent, les statistiques compilées au fil des ENÉ n'en révèlent pas moins un accroissement de la disparité des revenus – en particulier entre la classe moyenne urbaine en plein essor, d'une part, et les pauvres des villes et des régions rurales, d'autre part. Le RDM 2000 avance que les évaluations comparatives de la pauvreté urbaine et rurale sur l'ensemble du territoire indien peuvent être faussées par les lacunes des méthodes de recherche, et que l'écart entre les taux de réduction de la pauvreté des zones urbaines et des zones rurales pourrait ainsi être moins important que certaines données publiées ne l'indiquent. Néanmoins, si l'exactitude des statistiques disponibles peut effectivement être mise en doute, l'écart entre le pouvoir d'achat des très riches et celui des très pauvres se manifeste clairement aux yeux de quiconque se rend régulièrement en Inde, en Afrique et dans d'autres pays d'Asie.

Les différents États de l'Inde sont également très disparates du point de vue de l'incidence de la pauvreté sur leurs territoires respectifs, mais aussi de l'écart entre riches et pauvres. Depuis plusieurs années, le Kerala offre à sa population des services d'instruction et de santé supérieurs à ceux de bien d'autres États ; en dépit d'un revenu moyen très inférieur, il affiche depuis plusieurs années une espérance de vie moyenne supérieure à celle de Washington.

La lutte contre la pauvreté

En soulignant qu'il s'appuie sur des données collectées sur une longue période, mais aussi sur l'expérience pratique, le RDM 2000 propose de combattre la pauvreté sur trois fronts : le développement des possibilités d'emploi ; l'insertion ; la sécurité matérielle. Les pauvres n'ont pas accès aux possibilités d'action les plus cruciales, à savoir : des emplois stables et rémunérateurs. Le RDM 2000 dresse la liste des autres possibilités dont les pauvres des régions rurales sont totalement ou partiellement privés, et qui contribuent aussi à leur dénuement : le crédit ; les routes et autres moyens de communication ; l'approvisionnement fiable en électricité ; des marchés rentables ; des écoles ; l'eau potable ; les installations sanitaires ; les services de santé. Pour la Banque mondiale, la pauvreté consiste en un réseau complexe de possibilités d'action inaccessibles, et toute situation économique doit être évaluée à l'aune

de critères quantitatifs et qualitatifs. Pour atténuer la pauvreté, les gouvernements doivent réduire les inégalités dans l'accessibilité des possibilités d'action et des ressources essentielles. Malheureusement, la lutte contre la pauvreté par le déploiement d'un accès plus équitable aux voies d'avenir est un processus extrêmement lent, car les riches et puissants exercent sur les politiciens et les politiques gouvernementales une influence très supérieure à celle de citoyens plus pauvres.

L'insertion

Le RDM 2000 constate en termes très généraux que l'insertion suppose la participation de tous les citoyens aux processus décisionnels susceptibles d'influer sur les conditions de vie et de développement des personnes et du pays – les pauvres, la classe moyenne, les riches et puissants. La notion d'« insertion » revient très souvent dans les ouvrages sur le développement économique et social. Mais son sens reste flou. La Banque mondiale propose-t-elle…

a. de faire participer activement tous les citoyens aux processus décisionnels et de mettre en œuvre une décentralisation significative du pouvoir, de l'autorité et des responsabilités depuis les gouvernements nationaux vers les collectivités locales ?

b. d'octroyer aux collectivités locales les ressources nécessaires pour concrétiser des décisions qu'elles auraient elles-mêmes prises ?

c. de tenir un référendum officiel de type suisse sur toutes les questions d'importance ?

d. de s'en remettre aux représentants gouvernementaux nommés ou élus au niveau national pour promulguer et faire respecter les lois qu'ils jugeraient eux-mêmes les plus conformes à l'intérêt général ?

Dans de nombreuses démocraties, ou prétendues telles, qu'elles soient riches ou pauvres, ce que l'on appelle « l'intérêt général » se ramène en pratique à celui de ceux et celles qui possèdent le pouvoir politique ou qui procurent un soutien financier ou idéologique direct à ces puissants.

La sécurité matérielle

Pour le RDM 2000, le renforcement de la sécurité matérielle consiste à « [a]tténuer la vulnérabilité (aux chocs économiques, aux catastrophes naturelles, à la mauvaise santé, à l'invalidité et à la violence physique) ». « À cet effet, poursuit le document, il appartient à l'État de prendre des mesures

efficaces pour gérer le risque de chocs économiques généraux et d'instaurer des mécanismes efficaces atténuant les risques auxquels sont confrontés les pauvres [...]. Il faut aussi développer les actifs des pauvres, diversifier les activités des ménages et offrir un choix de mécanismes d'assurance en cas de choc préjudiciable [...]. » Le RDM 2000 précise que les trois volets de sa stratégie de lutte contre la pauvreté présentent un caractère profondément complémentaire entre eux et ne sont pas cités par ordre d'importance. « [A]ider les pauvres à faire face aux chocs et à gérer les risques, poursuit le RDM 2000, [leur permet] de profiter des opportunités créées par le marché. »

Le RDM 2000 plaide en faveur d'une approche globale, mais reconnaît qu'il n'existe pas de formule simple et exhaustive de réduction de la pauvreté : chaque pays doit se doter de ses propres politiques, élaborées à la lumière de ses priorités nationales, de ses besoins individuels et collectifs, des ressources dont il dispose et des possibilités d'action et d'investissement qui s'offrent à lui. Le document appuie l'investissement privé, l'innovation technologique, le soutien aux micro-entreprises et petites entreprises, l'accès au crédit bon marché, la formation en technologie et en gestion des entreprises ainsi que l'établissement et le maintien des infrastructures essentielles. Il recommande aux pays pauvres de soutenir leur agriculture, de préserver leurs services essentiels et de se lancer à la conquête des marchés internationaux. Enfin, le RDM 2000 insiste de nouveau sur la nécessité de procurer des droits et des possibilités d'action plus équitables aux femmes de tous les pays et de toutes les collectivités.

Si l'on peut difficilement être en désaccord avec les recommandations du RDM 2000, force est de constater qu'elles se résument pour l'essentiel à de vagues généralisations visant des buts nombreux. Sur l'ensemble des possibilités d'action, l'accès à un emploi stable et rémunérateur doit être considéré comme une priorité de premier plan. Un membre de l'Armée britannique des Indes aurait déclaré en 1856 que les famines indiennes ne sont pas des pénuries de nourriture, mais de travail, et que là où se trouve le travail, là se trouve l'argent pour acheter la nourriture. Le Mahatma Gandhi a repris cette idée avec éloquence au début des années 1920 en écrivant que, pour un pays affamé et sans emploi, Dieu n'ose apparaître que sous les traits du travail et du salaire, gage de nourriture.

Les auteurs du document de la Banque mondiale conviennent que l'accès au crédit est indispensable, mais ils ne soulignent pas que les décideurs et les travailleurs du secteur agroalimentaire rural (production, transformation, distribution) ont aussi besoin de services de conseil en technique, gestion financière et commercialisation – ces services doivent en outre être offerts en permanence dans leurs collectivités respectives, et non pas prodigués dans

quelque laboratoire gouvernemental lointain ou dispensés par des spécialistes qui leur rendraient brièvement visite de temps à autre.

La liste des facteurs d'insécurité est trop longue pour qu'une action concrète soit envisageable. Même les pays les plus riches et les plus avancés sur les plans scientifiques et technologiques ne peuvent pas prévoir tous les fléaux, encore moins s'en prémunir – catastrophes naturelles (tremblements de terre, sécheresses, tempêtes) ; épidémies touchant les humains ou le bétail ; agitation sociale ; conflits militaires. Par ailleurs, comment assurer des droits et des possibilités d'action équitables aux femmes dans un monde amplement dominé par les hommes, et dans lequel les femmes restent rares aux postes de haut rang des gouvernements, de l'industrie et du commerce ? Le RDM 2000 n'indique aucun moyen de faire changer les collectivités dont les traditions sociales ou religieuses refusent aux femmes tout accès à ne serait-ce qu'un semblant d'équité ou d'égalité vis-à-vis de leurs pères, de leurs frères et de leurs maris. Le RDM 2000 n'explique pas non plus comment convaincre, ou obliger, les riches et puissants à s'ouvrir aux besoins et opinions de leurs voisins moins fortunés qu'eux, à compatir avec eux d'une manière concrète, à légiférer en faveur d'un accès équitable aux ressources et aux possibilités d'action pour tous les citoyens.

Des possibilités d'action insuffisantes pour les femmes

Dans de nombreux pays, les femmes se montrent plus prudentes et plus efficaces que les hommes dans la gestion de l'argent et dans les affaires commerciales. Malheureusement, rares sont les programmes de développement qui tiennent compte de cet état de fait. Jusqu'au 19e siècle, le terme « économique » désignait l'administration de la maison ; il provient d'ailleurs d'un terme grec possédant la même signification : οικονομεια (*oikonomeia*). Sachant gérer leurs foyers, les femmes ont donc été les premières économistes de l'humanité. Dans la majeure partie de l'Afrique et dans bon nombre de régions asiatiques, ce sont les femmes qui gèrent et administrent les marchés. Il y a quelque temps déjà, j'ai personnellement indiqué à un ministre africain des Finances, un homme possédant un doctorat en macro-économie, qu'il devrait avant toute chose confier ses propres attributions professionnelles à la principale *market mammy*[1] des environs s'il souhaitait vraiment mener son pays à la prospérité...

1. En Afrique de l'Ouest, petite commerçante ou revendeuse travaillant sur les marchés. (NdlT)

Obstacles au commerce et espoirs de réforme

Le RDM 2000 rappelle que les barrières tarifaires et les subventions mises en place par les gouvernements de l'OCDE entraînent chaque année des pertes de revenus de plus de 20 milliards USD, l'équivalent de 40 pour cent du total de l'aide pour 1999. Elles constituent donc un facteur majeur d'exacerbation de l'indigence dans les pays les plus pauvres. Le passé n'incite pas à l'optimisme que le RDM 2000 affiche quand il espère que le monde en développement et la communauté internationale uniront leurs efforts et mettront leurs connaissances en commun pour accélérer l'éradication de la pauvreté au 21e siècle. Des discussions tenues dans le cadre d'une rencontre récente de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) procurent quelque espoir que les subventions agricoles nationales, qui constituent un obstacle sérieux à l'implantation d'un commerce international véritablement équitable, soient abaissées graduellement et, à terme, éliminées. Toutefois, considérant l'influence politique majeure des agriculteurs américains et européens, il est irréaliste d'escompter une réduction significative des 350 milliards de dollars que les États-Unis et l'Union européenne dépensent annuellement pour subventionner leurs exportations agricoles.

Le RDM 2000 signale en terminant que les concepts relatifs à la coopération et au développement sont en train d'être repensés, et que de nouvelles modalités d'assistance sont en cours d'élaboration ou déjà mises à l'épreuve sur le terrain. La Banque mondiale se dit également optimiste de voir la communauté internationale renouveler ses engagements envers la lutte contre la pauvreté – mais où sont les preuves concrètes ? Dans les années 1990, l'APD (exprimée en pourcentage du PNB) a reculé dans presque tous les pays de l'OCDE. Le pays le plus riche et le plus puissant du monde engloutit chaque année d'innombrables milliards de dollars en armements et opérations militaires, mais consacre moins de 12 milliards de dollars à l'aide extérieure. De surcroît, la plus grande partie de cette aide est destinée à un pays qu'aucun critère rationnel ne peut désigner comme étant sous-développé, en développement ou d'un revenu faible.

L'Institut international d'études stratégiques (*International Institute of Strategic Studies* – IISS) souligne qu'en 2003, les dépenses mondiales en armements ont dépassé les 997 milliards USD, une somme plus de 17 fois supérieure au total des contributions des pays de l'OCDE aux programmes de lutte contre la maladie et la pauvreté chroniques. Les dépenses en armements vont continuer d'augmenter avec les conflits qui perdurent en Irak, en Afghanistan et ailleurs, et l'aide à la reconstruction en Irak et en Afghanistan éclipsera le développement international tel que le concevaient Pearson, Brandt et Brundtland.

Les recommandations du PNUD

Le *Rapport mondial sur le développement humain* (RMDH) de 2003 recommande aux gouvernements et aux organismes internationaux d'appliquer les mesures suivantes pour réduire ou éliminer la pauvreté :

a. Investir dans les soins de santé et l'instruction ; assurer l'accès à l'eau potable et à des installations sanitaires adéquates ;

b. Accroître la production agricole et en stimuler la productivité ;

c. Améliorer les infrastructures rurales ;

d. Adopter des politiques de stimulation des industries rurales à forte intensité de main-d'œuvre ;

e. Assurer l'égalité entre tous les citoyens, particulièrement entre hommes et femmes ;

f. Promulguer des lois garantissant le maintien d'environnements durables ;

g. Promouvoir la mise en place d'industries concurrentielles de transformation des biens en vue de l'exportation.

Remarques d'ordre général

La pauvreté constitue tout à la fois une cause et une conséquence de l'insécurité. Celle-ci a trois visages : l'économique ; l'alimentaire ; la santé. La pauvreté extrême et chronique ainsi que l'insécurité qu'elle entraîne sont des causes fondamentales de ce qu'il est maintenant convenu d'appeler le « terrorisme ». Quand des millions de jeunes gens se voient refuser l'accès à l'emploi ainsi qu'à des revenus suffisants pour subvenir à leurs besoins de base, quand leurs territoires sont envahis et leurs propriétés détruites, quand ils en sont dépouillés par des pays plus puissants, comment s'étonner qu'ils recourent à la violence contre leurs oppresseurs ? Le « terrorisme » perdurera et s'intensifiera en violence tant que les pays puissants, ignorant les prescriptions de la Charte de l'Atlantique, chercheront à imposer leurs convictions et leurs méthodes de gouvernance à de plus faibles qu'eux par leur force militaire.

Les objectifs du Millénaire visent une réduction de moitié de la pauvreté. Ils sont admirables – mais difficilement réalisables. Ce lamentable état de fait se perpétuera tant que les riches et puissants refuseront d'adopter des modes de consommation plus sobres et de partager leurs ressources personnelles et nationales avec les moins fortunés qu'eux, à l'intérieur des frontières de leurs pays respectifs comme à l'extérieur d'elles. Ainsi que l'observait sagement le

Mahatma Gandhi : « Les ressources de la planète sont suffisantes pour combler les besoins de chacun, mais pas pour assouvir la cupidité de tous. »

Le refus que manifestent les plus riches de partager leurs possessions avec les moins bien nantis confirme que c'est bien aux gouvernements, encouragés en cela par ceux et celles qui les ont élus, qu'il revient d'assurer une meilleure redistribution des actifs et un accès plus équitable aux ressources et aux possibilités d'action. Ainsi que le soulignait avec discernement B. R. Sen, ancien Directeur général de la FAO, aujourd'hui disparu : « La pauvreté d'un seul est la pauvreté de tous ; le manque d'un seul est celui de tous. »

6
Le développement dans l'agriculture et les biotechnologies

Survivre et durer

Tous les organismes vivants sont mus par deux forces : se reproduire et survivre. Pour survivre, ils doivent se protéger de leurs ennemis et bénéficier d'un approvisionnement alimentaire suffisant. Depuis d'innombrables millénaires, l'histoire du développement des hominidés se confond ainsi avec celle de leur quête des moyens de subsistance et de survie. Cette évolution, non linéaire, les a menés de la chasse à la cueillette, puis à l'agriculture et à l'élevage, et enfin, à la mise au point de biotechnologies permettant d'accroître, protéger, conserver et transformer les matériaux et les espèces biologiques naturelles ou cultivées afin d'obtenir des denrées, fibres et autres produits à usage personnel, familial ou commercial.

L'histoire nous enseigne que l'agriculture a progressé autant par l'observation et l'empirisme que par l'intention scientifique. Aujourd'hui, les systèmes de production intensive à grande échelle hautement mécanisés coexistent avec des systèmes rudimentaires de subsistance à forte intensité de main-d'œuvre dans lesquels quelques cultures et animaux d'élevage survivent sur moins d'un demi-hectare de terre. Certains pays ou régions, ayant connu la prospérité pendant de longs siècles, entretenu des systèmes agricoles efficaces et rentables, et produit bien plus que leurs besoins ne l'exigeaient, ont ensuite perdu ou négligé leur capacité agricole, puis sombré dans l'insuffisance alimentaire.

Pour être durable, toute agriculture doit s'appuyer sur des ressources critiques, notamment l'expérience et les savoir-faire humains, mais aussi sur la volonté politique des gouvernements et des instances qui déterminent les priorités nationales par la promulgation de lois. La découverte de pétrole a

mené à une désaffection considérable de l'agriculture en Libye et au Nigéria. Dans d'autres milieux écologiques, les modifications du climat, la surexploitation des ressources naturelles ou autres détériorations des écosystèmes ont transformé des terres autrefois fertiles en quasi-déserts.

Agriculture et biotechnologies

Varron, un agriculteur romain, aurait affirmé un siècle AÈC (avant l'ère chrétienne) : « L'agriculture est une science qui nous enseigne quelles plantes semer dans chaque type de sol, et quelles méthodes appliquer pour que la terre produise le plus possible jusqu'à la fin des temps. » Au 4e siècle de l'ère chrétienne, l'évêque Ambroise de Milan écrivait dans *De Officiis* que l'agriculture constituait la seule manière non offensante de gagner de l'argent.

Le terme « agriculture » provient des mots grecs αγροζ (terre arable) et αγρονομια (agronomie ; gestion de la terre). Au sens littéral, l'agriculture désigne le fait de travailler la terre et de la gérer. Dans l'usage courant, elle recouvre la culture des espèces végétales et l'élevage du bétail, quelles que soient leurs modalités et leur ampleur, y compris l'horticulture. Au sens propre, le terme « horticulture » désigne la culture des jardins (du latin *hortus* : jardin) ; au sens plus général, il recouvre la culture des fruits et des légumes. L'agroforesterie, ou agrosylviculture, consiste à intégrer la production agricole (culture et élevage) et l'utilisation d'arbres naturels ou cultivés, et aussi, dans certains cas, l'exploitation de produits forestiers non ligneux tels que fruits, noix, miel sauvage ou plantes médicinales. L'agroalimentaire regroupe aujourd'hui la plupart des entreprises qui offrent des biens, de la machinerie ou des services au secteur agricole, ou qui conservent, transforment, entreposent, distribuent ou commercialisent les produits de l'agriculture.

L'agriculture, l'horticulture et les biotechnologies se consacrent essentiellement à la santé humaine : production d'aliments pour apporter aux êtres humains l'énergie nécessaire à leur activité, leur croissance et la régénération du corps ; produits pharmaceutiques pour diagnostiquer, prévenir ou guérir les maladies ; fibres servant à fabriquer les vêtements et autres tissus.

Le terme « biotechnologie » a été forgé à partir des mots grecs βιοζ (la vie), τεχνικοζ (art industriel, métier) et τεχνολογια (l'application systématique d'un art industriel ou d'un métier). Dans les documents récents, le terme « biotechnologie » (au singulier) s'emploie souvent dans un sens restreint pour désigner les modifications génétiques apportées aux organismes ainsi que les réactions biochimiques qui s'y rapportent. En réalité, le terme « biotechnologies » (au pluriel) recouvre tous les procédés permettant de

protéger, conserver, extraire ou convertir des matières d'origine biologique en produits présentant une utilité industrielle, commerciale, sociale, économique ou sanitaire. En ce sens, la mouture des céréales, la boulangerie et les procédés de fermentation inventés par l'Égypte ancienne et Babylone doivent être considérés comme des « biotechnologies » – au même titre que la synthèse et l'extraction de matières biologiques en vue d'obtenir des produits thérapeutiques ou diagnostiques à partir d'organismes génétiquement modifiés. Le terme « biotechnologie » est parfois utilisé pour désigner des procédés qui ne sont pas allés au-delà de l'expérience en laboratoire ou de l'expérimentation sur le terrain ; on parlerait alors plus justement de « bioscience ». Dans cet ouvrage, le terme « biotechnologies » (au pluriel) désignera la réalité plus générale définie ci-dessus.

L'évolution de la planète Terre

L'histoire de la Terre peut s'envisager sous plusieurs angles. On peut, par exemple, en proposer une lecture géologique fondée sur l'évolution des structures et de la composition des couches externes de la planète ; on peut aussi l'analyser à la lumière du développement des outils, des instruments ou des technologies. La datation géologique commence au précambrien (il y a environ 4 500 millions d'années) et se poursuit au cambrien (il y a environ 600 millions d'années), qui correspondrait à l'apparition des premiers fossiles. Le pléistocène intéresse tout particulièrement les êtres humains et leurs ancêtres immédiats. Amorcée il y a environ deux millions d'années, cette période a été marquée par d'importantes variations des températures dans le climat de la Terre. Ces cycles se sont poursuivis jusqu'à l'holocène – une période qui a commencé vers 15000 AÈC et dans laquelle nous vivons encore à l'heure actuelle. L'holocène s'est amorcé avec la fin de la dernière glaciation, qui aurait duré de 60000 à 15000 AÈC. L'un de nos nombreux ancêtres hominidés, l'homme de Néandertal, a fait son apparition vers 200000 AÈC ; il habitait dans des cavernes et a vécu de chasse et de cueillette pendant tout le pléistocène.

Du point de vue de l'agriculture, toutefois, l'histoire de la Terre se comprend mieux à la lumière des outils utilisés par les hominidés. Elle commence donc il y a quelque 2,5 millions d'années avec le paléolithique – du grec Παλαιοζ (ancien) et λιθοζ (pierre) – inférieur : les hominidés utilisaient alors des outils de pierre aiguisés, mais rudimentaires, pour récolter les végétaux, découper les carcasses et tailler des bâtons en pointe. Le mésolithique (du grec μεζο, intermédiaire, entre) a commencé vers 15000 AÈC ; il se caractérise par l'apparition d'outils de pierre à plusieurs tranchants fixés

sur des manches de bois ou de corne. À la fin du mésolithique s'amorce le néolithique (du grec νεοζ, nouveau), période pendant laquelle se multiplient les outils plus efficaces et plus sophistiqués de pierre polie utilisés comme têtes de hache pour couper les arbres, taillés en forme de lune et fixés à des manches pour servir de faucilles et récolter les végétaux, ou affilés pour gratter la peau des animaux. Les céréales étaient moulues par pilonnage avec une lourde massue de pierre faisant office de pilon et un mortier se résumant probablement à un creux dans une roche.

Chasse et cueillette

De nombreux ouvrages spécialisés décrivent les étapes qui ont mené nos ancêtres de la chasse et de la cueillette à l'agriculture et à l'élevage sédentaires [Blaxter, 1992 ; Critchfield, 1981]. Blaxter rappelle que nous devons, pour planifier l'avenir, nous appuyer sur les connaissances acquises par le passé proche et lointain. Le passé immédiat nous fournit une base pour les extrapolations simples et pour l'adaptation aux tendances récentes ; mais l'aventure humaine considérée dans son ensemble éclaire d'un jour nouveau les difficultés auxquelles nos ancêtres se sont heurtés dans leur quête de nourriture, ainsi que les pratiques destructrices qui les ont entravés dans cette recherche. Blaxter décrit les changements climatiques, les grandes épidémies et les instabilités naturelles ou d'origine humaine qui ont frappé nos ancêtres ; ce faisant, il désigne à notre attention les problèmes que l'avenir peut nous réserver. Critchfield montre comment l'agriculture sédentaire, l'irrigation, la domestication des animaux et l'invention de la charrue ont permis l'établissement des premières collectivités villageoises, puis leur expansion et leur métamorphose en villes et métropoles.

Dans la nature, tous les animaux vivent de chasse et de cueillette, comme le faisaient il y a plus d'un million d'années les premiers hominidés – les australopithécinés (les « hommes-singes » d'Afrique) et les pithécanthropes, qui ont vécu en Afrique, en Europe et en Asie il y a 500 000 à 1 000 000 d'années. *Homo habilis* et *Homo neanderthalensis* (l'homme de Néandertal) ont vécu de chasse et de cueillette entre environ 200000 et 35000 AÈC ; ils ont inventé les outils de silex moustériens, beaucoup plus efficaces et sophistiqués que ceux de leurs prédécesseurs. *Homo sapiens*, le premier être humain moderne, a probablement fait son apparition il y a 10 000 à 15 000 ans et s'inscrit dans une longue lignée d'hominidés plus primitifs [McEvedy, 1985 ; Weinberg, 1994].

Les anthropologues ne sont pas unanimes quant aux dates d'apparition et d'extinction des différentes espèces d'hominidés. *Homo erectus*, qui doit son nom à la capacité qu'il aurait eue de marcher en se tenant à la verticale, aurait peut-être vécu il y a plus d'un million et demi d'années. Les spécialistes pensent que les hominidés de Néandertal (*Homo neanderthalensis*) ont vu le jour il y a environ 200 000 ans. Des scientifiques de l'Université de l'Utah ont étudié l'évolution des poux de tête pour mieux comprendre celle des premiers hominidés. Ils en concluent qu'*Homo neanderthalensis* et les premiers *Homo sapiens* étaient des contemporains ; ils ont vécu côte à côte jusqu'à il y a environ 25 000 ans, époque à laquelle l'homme de Néandertal et plusieurs autres hominidés ont disparu. Les scientifiques de l'Utah indiquent que, possédant un cerveau plus volumineux et peut-être aussi un corps plus grand, *Homo sapiens* a pu détruire ses congénères hominidés plus primitifs que lui [Henderson, 2004].

La chasse et la cueillette sont aujourd'hui encore des moyens de subsistance importants pour de nombreux peuples primitifs. Toutefois, ces modes de survie sont durables uniquement dans la mesure où la croissance démographique des êtres humains qui en dépendent n'épuise pas la capacité naturelle de régénération des aliments chassés ou cueillis. Les scientifiques pensent que les tribus de chasseurs-cueilleurs se déplaçaient à la recherche d'autres approvisionnements à mesure qu'elles épuisaient les ressources alimentaires naturelles de leur environnement immédiat [Blaxter, 1992]. Quand un groupe humain s'accroissait à un rythme tel que la régénération naturelle des animaux et des plantes sauvages qui lui servaient de nourriture ne suffisait plus à l'alimenter, il mourait de faim en totalité ou en partie. Il n'est pas improbable, ainsi qu'on l'a constaté dans des temps plus récents, que les premiers sacrifiés en période de pénurie aient été les membres les moins productifs du système : les enfants en bas âge et les vieillards des deux sexes.

Le régime alimentaire des premiers hominidés

Nous ne possédons aucune certitude quant à la manière dont les hominidés préhistoriques se procuraient leur nourriture et s'alimentaient ; nous en sommes, dans ce domaine, réduits aux conjectures. Plusieurs difficultés rendent les recherches difficiles. Tout d'abord, il faut trouver des sites propices aux investigations. Les vestiges biologiques se conservant mieux dans les milieux secs, les régions arides et semi-arides sont beaucoup plus étudiées et donc, mieux connues, que les humides tropiques. Pour effectuer leurs analyses, les scientifiques ont besoin d'échantillons végétaux et animaux ayant résisté

à la décomposition pendant plusieurs millions d'années. Les plantes charnues et non lignifiées se détériorent très rapidement. Par contre, les graines carbonisées et les téguments lignifiés de graines perdurent sur de longues périodes. Les os des très petits animaux et les arêtes des poissons résistent moins bien à la décomposition que les os des grands animaux et les coquilles des mollusques. En définitive, il est impossible de déterminer la proportion que les échantillons analysables représentent sur l'ensemble du régime alimentaire des premiers hominidés [Blaxter, 1992 ; Verpmann, 1973 ; Wheeler et Jones, 1989].

Différentes méthodes peuvent contribuer à la détermination des composantes de l'alimentation de nos lointains ancêtres, par exemple : la paléoclimatologie, la datation au carbone, les analyses polliniques, les analyses isotopiques et élémentaires des vestiges des squelettes des hominidés. Le rapport $^{13}C/^{12}C$ du collagène contenu dans les os des hominidés révèle leurs principales sources alimentaires végétales et animales [Price, 1989]. Le rapport $^{15}N/^{14}N$ signale les régimes alimentaires riches en légumineuses. La date et les modalités du passage de la chasse-cueillette à l'agriculture sédentaire sont plus aisément déterminables quand on dispose d'archives écrites et picturales, comme c'est le cas pour les civilisations riveraines de l'Égypte, de la Mésopotamie et de la vallée de l'Indus. Toutefois, les méthodes d'analyse dont nous disposons actuellement ne nous permettent pas d'établir la distinction entre les vestiges végétaux et animaux qui proviennent d'espèces sauvages, et ceux qui proviennent d'espèces domestiquées. Par ailleurs, les preuves de l'existence de fosses d'entreposage et de pilons et mortiers de pierre n'indiquent pas hors de tout doute que les céréales entreposées et transformées étaient cultivées : elles pouvaient aussi bien avoir été récoltées en pleine nature. Des nombreux animaux tués par les chasseurs, seules quelques espèces semblent avoir été domestiquées. Les traces et les échantillons qui nous sont parvenus du mésolithique et du néolithique inférieur montrent que les cerfs et les chevreuils abondaient, mais ils ne semblent pas avoir été élevés. [Blaxter, 1992 ; Wheeler et Jones, 1989 ; Clutton-Brock, 1987]

Les hominidés du paléolithique moyen ont laissé des vestiges dans toute l'Europe, l'Asie de l'Ouest, le Moyen-Orient et certaines régions d'Afrique. Ils étaient de toute évidence plus doués pour la chasse que leurs prédécesseurs. Les restes animaux montrent qu'ils avaient intégré à leur régime alimentaire de nombreuses espèces de grands mammifères. Il nous est toutefois impossible de déterminer quelle part de cette viande provenait de la chasse ou de l'abattage d'animaux vivants, et laquelle provenait du nettoyage des carcasses et du dépeçage d'animaux trouvés morts. Ayant découvert dans plusieurs régions d'Europe des sites regroupant des os d'espèces animales différentes, les scien-

tifiques pensent qu'il pourrait s'agir d'anciens abattoirs vers lesquels les hominidés acheminaient le butin de leurs chasses. Les archéologues ont découvert des pierres pointues très aiguisées qui étaient probablement utilisées comme tête de lance et témoigneraient ainsi de l'invention d'une nouvelle technique de chasse. Dans de nombreux sites du paléolithique moyen, la présence de foyers simples montre que le feu était utilisé pour cuire les viandes et pour sécher les céréales et les cuisiner. Avec les vêtements faits de peau de bêtes, le feu a également permis aux hommes de Néandertal de partir à l'aventure, de se disséminer et de survivre dans des zones plus froides que leurs régions d'origine, par exemple les steppes de l'Asie centrale.

La période mésolithique s'étend de la fin de l'ère glaciaire pléistocène au néolithique, il y a environ 10 000 ans, au moment de l'apparition de l'agriculture sédentaire en différents points du globe (quoique pas de manière tout à fait simultanée). La fin de l'ère glaciaire pléistocène a provoqué des modifications environnementales très rapides. Le climat post-glaciaire de l'holocène, plus clément, a fait reculer les glaciers et entraîné une élévation du niveau de la mer. Les forêts tempérées ont conquis toute l'Europe et l'Asie ; les grandes hardes de mammifères, par exemple les rennes, ont cédé la place aux cerfs, chevreuils et cochons sauvages. Bien adaptés aux climats froids, les rennes, les wapitis et les bisons se sont repliés vers le nord ; le mammouth, le cerf géant et le rhinocéros laineux ont disparu.

De la chasse à l'agriculture sédentaire

L'agriculture sédentaire est l'un des développements les plus considérables de l'histoire humaine. Quelles que soient les raisons pour lesquelles certaines collectivités ont abandonné la chasse-cueillette pour adopter des techniques agricoles élaborées par l'empirisme et l'observation, chacune d'elles a su adopter un système adapté aux sols de la région, à son climat et ses ressources. La plupart des archéologues et des ethnobotanistes s'accordent à considérer que le passage de la chasse-cueillette à l'agriculture sédentaire s'est effectué pour des raisons différentes et selon des modalités diverses d'une région à l'autre. Caractérisée par la plantation de graines de plantes alimentaires et par la domestication des animaux, l'agriculture sédentaire a vu le jour au néolithique, il y a environ 10 000 ans. Dans certaines collectivités, elle semble constituer le fruit d'un développement local ; dans d'autres, elle a pris son essor à la faveur de « l'importation » de techniques agricoles inventées ou découvertes dans d'autres régions [Blaxter, 1992 ; Critchfield, 1981].

Pour passer de la cueillette à la culture, il a d'abord fallu découvrir des espèces végétales indéhiscentes. De quoi s'agit-il ? Pour se reproduire, les herbacés ainsi que d'autres plantes disséminent leurs graines parvenues à maturité ; certaines de ces graines tombent en terrain fertile et prennent racine. Ces plantes qui « lancent leurs graines aux quatre vents » sont dites « déhiscentes » (étymologiquement : « qui s'ouvre »). La déhiscence est particulièrement manifeste dans le sésame, d'où l'expression « Sésame, ouvre-toi ! » Les agriculteurs sédentaires ont toutefois besoin de plantes indéhiscentes pour récolter les graines à maturité et les entreposer pour les manger ou les conserver en vue de semailles ultérieures.

Les premiers agriculteurs appartenaient à la culture néolithique de la région qui correspond actuellement à l'Irak, l'Iran, la Jordanie, la Syrie et la Turquie, les rives du Nil (en Égypte) et les vallées de l'Indus et de ses affluents (Inde et Pakistan actuels). À quand remonte la première récolte provenant de semailles (c'est-à-dire de graines plantées délibérément) ? Nous ne le savons pas encore de façon sûre. En outre, ce virage ne s'est probablement pas produit partout au même moment. Il pourrait avoir eu lieu dans la plupart des cas avant l'an 6000 AÈC ; toutefois, certains ethnobotanistes font remonter cette première récolte à 10000 AÈC. Selon la datation aux isotopes du carbone, le blé, l'orge et, peut-être, le lin ont été cultivés en Mésopotamie dès 8000 AÈC. La culture du blé et de l'orge s'est répandue lentement vers le nord-ouest pour atteindre la Grande-Bretagne vers 2000 AÈC. De nombreux fruits et légumes étaient cultivés en Mésopotamie et dans les environs entre le quatrième et le troisième millénaires : oignons, melons, concombres, dattes, figues. Au deuxième millénaire, le coton était cultivé et filé en Inde et en Égypte ; et le lin et la soie, en Chine.

L'analyse du ^{14}C dans les vestiges animaux et végétaux montre que les moutons, les bovins, les chèvres, les cochons et les ânes ont été domestiqués en Mésopotamie entre 9000 et 6000 AÈC. Les établissements néolithiques étaient plus permanents que les camps des chasseurs-cueilleurs nomades. Néanmoins, certains établissements agricoles des premiers temps de l'agriculture devaient parfois se déplacer, selon les changements climatiques et l'épuisement des sols dû aux cultures excessives [Blaxter, 1992].

Les premiers systèmes de récolte reposaient probablement sur le débroussaillage des terres et la culture continue jusqu'à épuisement des sols. Les cultivateurs devaient alors se déplacer pour aller travailler d'autres terres. À l'époque comme à l'heure actuelle dans certains pays pauvres, cette manière de procéder est à la base de l'agriculture itinérante sur brûlis. Les spécialistes estiment en général que les premiers cultivateurs ont discerné de manière

empirique les plantes sauvages qui pouvaient être mangées et celles qui fournissaient des graines susceptibles d'être plantées sur les terres débroussaillées. Ayant moissonné leurs champs, ils ont appris à garder une partie des graines pour les prochaines semailles. À force de planter des graines d'un certain génotype, ils ont bénéficié à la longue de récoltes stables présentant des caractéristiques relativement homogènes. Les agriculteurs ont par ailleurs formé des troupeaux de chèvres et de moutons en capturant, puis en domestiquant de jeunes animaux sauvages possédant les traits les plus utiles : cornes petites et rendement laitier élevé. Au fil des générations, les descendants de ces animaux ont perdu leur caractère sauvage, et leurs particularités physiologiques se sont graduellement atténuées jusqu'à la quasi-uniformité.

Évolution démographique, économique et sociale des civilisations des vallées fluviales

Reposant sur la domestication des plantes et des animaux, l'agriculture sédentaire a déclenché d'importants changements sociaux, en particulier dans les régions où des sols fertiles, un bon approvisionnement hydrique (pour l'irrigation) ainsi qu'un ensoleillement généreux offraient toutes les conditions requises pour maintenir des systèmes agricoles très productifs. C'était le cas par exemple de la Mésopotamie, de l'Égypte et de la culture harappéenne de l'Inde. Les archéologues ont repéré des sites agricoles très anciens en Thaïlande et en Chine, où l'on cultivait le riz et autres plantes indigènes, ainsi que dans certaines zones africaines, où les agriculteurs faisaient pousser du sorgho et du millet indigènes. Les établissements agricoles les mieux décrits sont ceux des vallées de l'Euphrate, du Tigre, du Nil et de l'Indus [Critchfield, 1981 ; Thapar, 1966].

Les surplus alimentaires (les produits agricoles récoltés en surcroît des besoins des agriculteurs eux-mêmes) ont permis le développement du commerce agricole ainsi que la fondation et l'expansion des collectivités urbaines. Ils ont également induit une stratification des revenus qui s'est intensifiée avec l'enrichissement des cultivateurs et des commerçants citadins les plus prospères. Les agriculteurs de la Mésopotamie et de l'Égypte ont probablement été les premiers à recourir à l'irrigation systématique, à fonder des bourgades et des villes, et à instaurer des structures sociales réglementées. Les civilisations de l'Inde les ont suivis de près. L'invention de l'écriture cunéiforme en Mésopotamie et des hiéroglyphes (l'écriture des prêtres) en Égypte a donné naissance à de nouveaux moyens de communication et a permis la constitution d'archives pour la postérité [Leick, 2002 ; de Burgh, 1947].

La Mésopotamie

Le mot « Mésopotamie » signifie « entre des fleuves » (du grec μεζο, entre ; et ποταμοζ, fleuve) : il s'agit en l'occurrence du Tigre et de l'Euphrate, qui prennent leurs sources dans les montagnes de l'Anatolie et s'écoulent vers le sud pour se jeter dans le golfe Persique. Sur les cartes géographiques actuelles, la Mésopotamie comprendrait l'Irak, l'est de la Syrie, certaines régions de l'Iran et la majeure partie du sud-est de la Turquie. Cette zone compte deux grands secteurs écologiques. Au nord se trouve le Croissant fertile, qui a vu naître l'agriculture fluviale et irriguée ainsi que les premiers établissements urbains, il y a quelque 10 000 ans. Au sud s'étend la grande plaine d'inondation, ces terres fécondes dont les habitants irriguaient les cultures, à la saison sèche, au moyen d'un système ingénieux de digues et de canaux. L'héritage le plus durable de l'ancienne Mésopotamie comprend des dizaines de villes et l'invention de l'écriture. Chacune des villes de cette civilisation s'étendait le long d'un fleuve, contrôlait ses propres territoires ruraux, sa production agricole et son système d'irrigation, et possédait ses structures de gouvernance et d'administration.

De la cité d'Eridu (fondée il y a environ 8 000 ans) jusqu'à Babylone (cette bourgade modeste devenue vers 2500 AÈC une métropole splendide qui survivra jusqu'aux premiers siècles de l'ère chrétienne), bon nombre des dix villes principales de la Mésopotamie ont disparu au fil des ans à cause des changements climatiques, de la modification du cours des fleuves, des conflits militaires et d'autres causes que les chercheurs actuels n'ont pas encore complètement élucidées. La plupart de ces cités n'existent plus aujourd'hui que sous la forme de vestiges archéologiques [Leick, 2002].

Certains historiens pensent que la plus grande partie de la Mésopotamie était recouverte par les eaux avant la période chalcolithique. Là réside peut-être l'origine du Déluge biblique. Un mythe sumérien très ancien rapporte que le dieu des tempêtes, Enlil, avait décidé de faire baisser la population en noyant les habitants par une grande crue. Le dieu de la sagesse, Enki, a convaincu un homme sage, Atrahasis (également appelé Ziusudra) de construire un bateau et d'y placer des graines ainsi que les représentants de tous les organismes vivants afin d'assurer la survie de toutes les créatures à la décrue [Armstrong, 2005].

Les changements climatiques graduels qui se sont produits il y a quelque 6 000 ans ont fait reculer les crues et rendu les plaines habitables. Après le déluge, les terres alluviales vierges ont pu accueillir des champs d'orge, de blé, de lin, des plantations horticoles et des élevages de bétail. Au sud, les marécages procuraient poisson, gibier et autres espèces sauvages en abondance.

Les eaux du Tigre, de l'Euphrate et de leurs affluents permettaient d'irriguer les cultures à la saison sèche. C'est ainsi qu'à partir du quatrième millénaire avant l'ère chrétienne (de 4000 à 3000 AÈC), le sud de la Mésopotamie (Babylonie, Akkad, Sumer) constituait un vaste écosystème exploitable pouvant donner lieu à une production alimentaire très importante. Les humains y ont fondé des établissements qui se sont peu à peu métamorphosés en grandes agglomérations. Grâce aux récoltes des agriculteurs et aux prises des pêcheurs et des chasseurs, ces populations sont passées d'une agriculture de subsistance au développement de complexes ruralo-urbains. Les principales bêtes de somme étaient sans doute à l'époque l'âne et le bœuf.

Le commerce urbain

Les récoltes alimentaires abondantes des terres cultivées entourant les agglomérations nourrissaient aussi les commerçants, artisans et administrateurs des villes. Les artisans ont développé la poterie à partir des argiles locales et le textile à partir du lin et de la laine des moutons domestiqués. Les administrateurs promulguaient et faisaient appliquer des lois qui encadraient les conflits, permettant ainsi aux habitants des grandes agglomérations de vivre relativement en paix entre eux. Les surplus céréaliers, le cuir de mouton, le poisson séché au soleil, les dattes et autres fruits, les tissus et le bois des forêts naturelles ainsi que les pierres semi-précieuses et les métaux extraits des gisements locaux étaient exportés vers les villes établies le long des voies navigables du Tigre et de l'Euphrate [Leick, 2002].

Théophraste, le célèbre étudiant d'Aristote, décrit dans son *Histoire des plantes* les deux récoltes annuelles de blé de l'ancienne Babylone et précise que les animaux se nourrissaient de la paille laissée par la moisson. Sur les terres irriguées, ajoute-t-il, le blé pouvait fournir un rendement de 1 à 50 ou 100. (On peut supposer toutefois qu'il comparait le poids total de la biomasse récoltée, et non celui des grains récoltés, au poids des grains plantés.) Sur les sols fertiles irrigués par les rivières et les fleuves voisins, les agriculteurs babyloniens pouvaient obtenir deux récoltes par an, assez pour répondre à leurs propres besoins et à ceux des populations urbaines en pleine expansion [de Burgh, 1947].

L'Égypte et le Nil

Hérodote, l'historien grec, écrivait que l'Égypte est un don du Nil. Sur cette terre « bénie des Dieux », le Nil parcourt 1 200 km depuis la première cataracte du nord jusqu'au large delta où il termine sa course en se jetant dans

la mer Méditerranée. Le Nil égyptien est alimenté par le Nil blanc. Celui-ci prend sa source dans le nord de l'Ouganda et se gonfle des eaux du Nil bleu, qui le rejoint à Khartoum, et de l'Atbara, qui se jette en lui à environ 450 km au nord de Khartoum. Le Nil bleu et l'Atbara prennent tous deux naissance dans les hautes terres de l'Éthiopie. Pendant de nombreux siècles, l'abondance des eaux du Nil, le limon fertile dont elles couvrent les terres à chaque décrue annuelle ainsi que le savoir-faire des Égyptiens en matière de digues et de systèmes d'irrigation ont permis de subvenir aux besoins d'une société agraire florissante. Différentes espèces végétales étaient cultivées pour l'alimentation, la confection des vêtements et la fabrication des logements. L'Égypte a maintenu une production agricole si opulente et diversifiée, et pendant si longtemps, qu'on la considérait comme le grenier de la Méditerranée sous la domination romaine [de Burgh, 1947 ; Titus Livius, 1960 ; Cowell, 1948]. Le Nil a alimenté les pêcheries égyptiennes pendant plusieurs milliers d'années.

La population égyptienne s'élevait à quelques centaines de milliers de personnes dans la période prédynastique (5000–3000 AÈC) ; en l'an 1000 AÈC, elle était de plusieurs millions de personnes. Les villes égyptiennes et autres établissements humains se massaient le long du Nil, surtout près des plaines d'inondation. Quand les pluies s'abattaient en abondance sur l'Ouganda et les hautes terres de l'Éthiopie, le Nil débordait de ses rives. En se retirant, ses eaux laissaient sur la terre un sol noir riche et fertile qui a alimenté les cultures pendant plusieurs millénaires [McEvedy, 1985].

L'histoire relate l'ascension et le déclin de nombreux pays avancés et prospères dont l'éclat s'est terni. Les Égyptiens savaient lire, écrire et compter. Pendant plus de 5 000 ans, ils ont pratiqué une culture irriguée extrêmement productive. Ils ont inventé un système numérique décimal et des moyens de communiquer par l'écrit. Sous les dynasties, l'agriculture égyptienne a joué un rôle déterminant dans le développement des mathématiques. Les calculs de superficie (longueur x largeur) servaient à mesurer les champs des agriculteurs. Dès avant le quatrième millénaire, des Égyptiens évaluaient π [pi], la circonférence divisée par le diamètre, à 3,16. La valeur admise à l'heure actuelle s'établit à 3,14. Connaissant π, les Égyptiens pouvaient calculer la capacité d'entreposage des silos cylindriques à céréales.

L'Indus et la culture harappéenne

En Inde, les premiers vestiges des hominidés remontent à la deuxième ère interglaciaire, entre 400000 et 200000 AÈC. Les sites recèlent notamment

des outils de pierre. À cette époque s'amorce une lente évolution qui culmine en cette éblouissante civilisation de la vallée de l'Indus que l'on appelle la culture harappéenne, et qui a atteint son apogée vers 2500 AÈC. La culture harappéenne a émergé de sites villageois des collines du Baluchistan et de collectivités rurales établies le long des cours d'eau baignant le Rajasthan et le Punjab. Née dans la vallée de l'Indus, la civilisation védique a semble-t-il privilégié les monuments de l'esprit et de la pensée plutôt que les grands œuvres matériels. Les fouilles archéologiques ont permis de découvrir quelque 80 établissements datant d'environ 3500 AÈC. La civilisation de l'Indus est l'une des plus anciennes du monde ; les historiens indiens estiment, à juste titre, qu'elle naît avec la domestication des céréales et du bétail. La civilisation de l'Indus s'est manifestée de manière particulièrement éblouissante dans deux grands centres : Moenjodaro, près de la vallée de l'Indus ; et Harappa, sur le fleuve Ravi. Le blé cultivé près de Moenjodaro serait l'ancêtre des variétés qui poussent aujourd'hui dans le Punjab. Moenjodaro et Harappa possédaient de vastes greniers dans lesquels on entreposait les récoltes de blé de l'année. C'est en Inde qu'a commencé la culture du coton. Les céréales, le coton et autres produits étaient transportés par charrettes à bœufs et bateaux fluviaux [Mookerji, 1961].

La culture harappéenne était essentiellement urbaine. Ses deux villes principales, Moenjodaro et Harappa, vivaient des surplus produits par les fermiers des campagnes environnantes et entreposés dans des greniers très sophistiqués. Les collectivités harappéennes ont développé des relations commerciales florissantes avec le golfe Persique et la Mésopotamie [Thapar, 1966]. Certains historiens pensent que les premiers Sumériens qui se sont installés en Mésopotamie venaient du Baluchistan [Bouquet, 1962].

L'agriculture romaine

Cicéron (Marcus Tullius Cicero), politicien, philosophe et consul romain, considérait que l'agriculture était l'activité rémunératrice la plus plaisante de toutes et celle qui convenait le mieux à l'homme libre [Cowell, 1948]. Il y a 6 000 ans, des volcans actifs dans le centre de l'Italie ont couvert la plaine latine de cendres et de lave qui ont offert aux agriculteurs romains un sol extrêmement fertile. Pendant plusieurs siècles, ces fermiers ont ainsi bénéficié d'une prospérité exceptionnelle. De 265 à 70 AÈC, le nombre des citoyens romains de sexe masculin est passé de 290 000 à 900 000. Si l'on ajoute à ces données le nombre probable des femmes, des esclaves et des non-citoyens, la population romaine comptait sans doute plus de trois millions de personnes au dernier siècle avant l'ère chrétienne [Tacitus, 1956]. La

fertilité des sols et la productivité agricole se sont avérées insuffisantes face à l'accroissement démographique, d'autant que cette pression était intensifiée par des pluies torrentielles provoquant la destruction des arbres et du couvert herbeux et donc, l'érosion. Le fumier et les cendres de bois ne parvenaient pas à remplacer les nutriments perdus du sol. Des terres autrefois fertiles se transformèrent en terrains tout juste bons pour le pâturage des animaux. Pour poursuivre les conquêtes et les opérations militaires de Rome, les légions romaines recrutèrent de nombreux agriculteurs particulièrement compétents. Au tournant du millénaire, à l'avènement de l'ère chrétienne, Rome importait environ 190 000 tonnes de blé de la Sicile, de la Sardaigne et de l'Afrique du Nord. Peu après, l'Égypte, qui constituait alors le principal grenier de la Méditerranée, devenait le premier fournisseur de céréales alimentaires de la République romaine [Cowell, 1948 ; Titus Livius, 1960].

Des trois grandes civilisations qui sont devenues prospères grâce à l'agriculture, seule l'Inde a maintenu son efficacité dans la production céréalière. Ainsi qu'on le lit dans *Indian Agriculture 2003*, un ouvrage publié par le Indian Economic Data Research Centre, les récoltes de blé de l'Inde sont passées depuis les années 1950 de six millions à 70 millions de tonnes par an.

De la main-d'œuvre aux machines

Agriculture, transformation alimentaire, production de médicaments, poterie, textiles... Toutes les techniques mises en œuvre pour répondre aux besoins fondamentaux de l'être humain ont été découvertes et raffinées de manière empirique. Elles ont ensuite été utilisées dans la sphère domestique et artisanale pendant de nombreux siècles avant que les scientifiques n'expliquent leur fonctionnement et leur efficacité. L'approche scientifique est née vers la fin du 18e ou au 19e siècle. Il a toutefois fallu attendre le siècle dernier pour que des biotechnologies réellement novatrices ne soient inventées et développées selon des principes véritablement scientifiques. Pendant de nombreux siècles, les progrès les plus éclatants ont été réalisés à la faveur d'innovations sporadiques et graduelles dans la mécanisation des activités, c'est-à-dire le remplacement de la main-d'œuvre par des machines. Le fer a remplacé le bois dans la charrue il y a déjà bien longtemps ; la charrue primitive en fer, plus robuste que le bois, réussissait à retourner le sol au lieu de n'en égratigner que la surface. Kates [1994] montre comment les technologies et les outils nouveaux augmentent l'approvisionnement alimentaire et stimulent ainsi la croissance démographique depuis un million d'années. L'amélioration progressive des outils manuels des chasseurs et des cueilleurs

aurait fait passer la population de 150 000 à cinq millions de personnes sur la période comprise entre il y a un million d'années et 100 000 ans. L'expansion de l'agriculture sédentaire a permis une autre flambée démographique entre environ 8000 AÈC et le milieu du 19e siècle : sur cette période, la population humaine est passée de cinq millions à environ un milliard de personnes. Depuis, l'application des connaissances scientifiques à la production, la conservation, la transformation et la distribution des produits alimentaires a fait exploser la population mondiale, qui dépasse maintenant les six milliards [Kates, 1994 ; Hulse, 1995].

Les progrès les plus rapides et les plus déterminants de la mécanisation agricole sont intervenus dans les grandes plaines de l'Ouest des États-Unis au 19e siècle. La charrue à soc d'acier a été inventée en 1830 et la moissonneuse, en 1834 ; peu après ont été inventés les herses, semoirs, batteuses et moissonneuses-lieuses mécanisés, des machines fabriquées et commercialisées pour la plupart par Cyrus McCormick. La mécanisation a fait baisser d'une manière abrupte les besoins en main-d'œuvre dans les exploitations agricoles américaines : avec une seule batteuse McCormick, quatre hommes suffisaient désormais pour effectuer le travail de 400 ouvriers agricoles. Vers la fin du 19e siècle, le guano du Pérou et les nitrates du Chili ont commencé à supplanter et compléter le fumier à titre d'engrais azotés. L'invention du tracteur à vapeur a accéléré la mécanisation des fermes. Pendant la deuxième moitié du 19e siècle, plus de 160 millions d'hectares de terres nouvelles ont été mises en culture aux États-Unis [Nye et Morpurgo, 1961].

Comme dans l'Égypte ancienne et en Mésopotamie, l'élévation de la productivité agricole a stimulé l'expansion des villes ; mais c'est à un rythme jamais égalé dans l'histoire de l'humanité que les agglomérations se sont développées en Amérique. En 1910, la population de Chicago était 20 fois plus importante qu'en 1860. La mécanisation, l'accroissement de la productivité agricole et l'exode rural ont touché à la fois l'Europe et l'Amérique du Nord. Au 20e siècle, la part de la main-d'œuvre canadienne employée dans des exploitations agricoles est passée d'environ 40 pour cent à 3 pour cent à peine. Sans planification, sans services essentiels, les villes en pleine explosion démographique généraient d'insoutenables souffrances humaines. Cette leçon de l'histoire est manifestement ignorée ou oubliée des pays d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine qui connaissent actuellement une expansion urbaine incontrôlée, inévitablement flanquée d'une multiplication des taudis et d'une insuffisance flagrante des conditions sanitaires.

De l'empirisme à l'agriculture scientifique

L'un des scientifiques les plus éminents de l'Inde, le professeur Y. Nayudamma, aujourd'hui disparu, soulignait à juste titre que la science et les technologies ne sont d'aucune utilité si elles ne servent pas à répondre aux besoins des êtres humains. En Inde, les spécialistes de la science agricole et les cultivateurs des États les plus productifs se sont en ce sens avérés très utiles à la population ; ils ont notamment permis au pays de se libérer de la dépendance par rapport aux importations céréalières et à l'aide alimentaire pour bénéficier d'une autosuffisance généreuse dans la production de céréales alimentaires.

Contrairement à une croyance tenace, l'agriculture ne progresse pas toujours à partir des recherches scientifiques, de leurs inventions et des innovations technologiques susceptibles d'accroître en permanence le rendement des cultures. La recherche sur les systèmes agricoles (RSA) a vu le jour au début des années 1970. Elle consiste tout d'abord à évaluer et comprendre les techniques mises en œuvre par les agriculteurs, leurs possibilités d'action, leurs contraintes, leurs ressources et les risques auxquels ils sont exposés. Les avantages que la RSA représente pour les agriculteurs ont été beaucoup moins médiatisés que les résultats des recherches ayant permis d'obtenir des phénotypes céréaliers à haut rendement. Une analyse systématique soigneuse ainsi qu'une compréhension exhaustive des pratiques agricoles actuelles s'avèrent pourtant indispensables pour établir des systèmes efficaces et durables dans leur conception, leur mise en œuvre et leur maintien [CRDI, 1981 ; Zandstra *et al.*, 1981].

Pour Blaxter, les systèmes alimentaires modernes, qui dépendent en grande partie de sources énergétiques autres que le soleil, sont intrinsèquement non durables. Comme on le constate depuis 12 000 ans, l'implantation de technologies et de systèmes améliorés, voire entièrement nouveaux, est nécessaire au maintien d'un équilibre équitable et durable entre l'offre alimentaire et une demande sans cesse croissante [Blaxter, 1992]. Blaxter estime qu'environ 98 pour cent de l'approvisionnement alimentaire mondial actuel provient des écosystèmes terrestres. Alors que 80 000 plantes dûment identifiées et d'innombrables espèces animales seraient comestibles, seulement 15 plantes et 8 espèces animales assurent environ 90 pour cent de l'apport calorique alimentaire humain.

Les premiers pas de la science

Dans son roman très imaginatif intitulé *Le Meilleur des mondes*, Aldous Huxley affirme que l'histoire mondiale du développement économique, technologique et industriel peut être scindée en deux périodes : a. avant Henry Ford ; et b. après Henry Ford, cet industriel de l'automobile de Detroit également inventeur de la chaîne de montage et d'assemblage en continu des véhicules automobiles. À mon sens, Faraday constituerait un point de démarcation plus pertinent. Si l'on considère l'invention de l'écriture cunéiforme par les Sumériens d'Uruk, au quatrième millénaire AÈC, et l'invention de la presse à imprimer par Johann Gutenberg, dans les années 1450, comme les deux contributions les plus importantes de l'histoire de l'humanité au savoir mondial, on ne peut guère s'étonner que Michael Faraday ait commencé sa vie professionnelle comme… relieur. Bien qu'il n'ait jamais obtenu de diplôme universitaire, Faraday se passionnait tellement pour la science, et il a tellement appris par lui-même, qu'il a été nommé adjoint scientifique de Sir Humphrey Davy. Il a entrepris ses célèbres travaux sur l'électromagnétisme après avoir pris connaissance de la découverte de l'effet magnétique du courant électrique par le Danois Hans Christian Oersted. Faraday a découvert le benzène, dont la structure en boucle à six atomes de carbone, déterminée plus tard par Kekulé, est d'une importance capitale en chimie organique ainsi qu'en biochimie agricole et alimentaire [Schumm, 1987].

L'alliance entre empirisme et science

Au 4e siècle AÈC, Aristote a classé hiérarchiquement plus de 500 espèces animales. Théophraste, son étudiant, a écrit une monumentale *Histoire des plantes*. Cependant, les pratiques agricoles de leur époque différaient très peu de celles que mettaient en œuvre les femmes et les hommes qui ont commencé à cultiver les champs et à élever du bétail il y a environ 10 000 ans. Thalès, l'un des premiers philosophes grecs, a postulé au 6e siècle AÈC que l'eau est le principal constituant de toutes les plantes. Il a toutefois fallu attendre le 17e siècle de l'ère chrétienne pour voir se multiplier les découvertes marquantes sur la croissance des plantes : van Helmont décrit la nécessité de l'eau pour ses saules d'expérimentation ; Stephen Hales montre comment l'eau se diffuse par les racines et les feuilles ; Joseph Priestley et Jan Ingenhousz décrivent le mécanisme qui permet aux plantes de respirer par leurs feuilles ; enfin, von Liebig et Dumas travaillent sur les besoins des plantes en azote et autres nutriments [Mees, 1947 ; Gribbin, 2002].

À partir de l'époque de Faraday, au 19e siècle, se sont graduellement constituées les explications scientifiques des phénomènes naturels et des techniques découvertes de manière empirique et raffinées au fil des millénaires. Mais l'émergence de ces principes scientifiques n'a pas empêché la poursuite des découvertes et des progrès réalisés par l'observation minutieuse de la réalité. Au 18e siècle, un agriculteur anglais du nom de Coke d'Okeham a ainsi amélioré la fertilité des sols sans l'aide des chimistes ; plus de 100 ans avant la découverte des lois de l'hérédité par Mendel, Robert Bakewell a réussi à accroître la production de viande et de laine par tête en sélectionnant et en croisant des moutons du Leicestershire. La fameuse station expérimentale de Rothamsted est née des expériences réalisées sur le terrain par John Lawes : agissant à titre privé, ce fermier a assumé l'intégralité du coût de ses recherches pendant près de 60 ans ; en 1889, une fiducie a enfin été constituée pour poursuivre ses travaux, qui constituent l'un des projets de recherche systématique les plus longs du monde dans le domaine de la fertilité des sols. Au 17e siècle, Grew, Camerarius et Sprengel ont décrit les organes mâles et femelles des plantes (étamines, pistils, ovaires, ovules) ainsi que la manière dont les insectes acheminent le pollen d'une plante à l'autre.

Microscopie et cytologie

L'histoire n'a pas retenu le nom de celui ou celle qui a découvert le pouvoir grossissant des lentilles convexes. Les lunettes auraient été inventées au 13e siècle par Roger Bacon, un érudit anglais. Au 17e siècle, Galilée fabrique un microscope optique équipé de lentilles convexes qu'il a préalablement polies. En 1625, il publie la description de détails microscopiques caractérisant différents insectes. À la fin du 17e siècle, Anton van Leeuwenhoek, un autodidacte hollandais passionné de microscopie, mais qui gagnait sa vie dans le commerce du drap, entreprend de polir des lentilles de verre pour étudier et décrire des objets microscopiques restés invisibles jusque-là. Il dresse ainsi le portrait de parasites minuscules qui vivent sur les puces, une découverte qui inspire à Jonathan Swift le quatrain suivant :

> Ainsi que les naturalistes l'observent, les puces
>
> Sont elles-mêmes infestées de puces plus petites qui se nourrissent d'elles,
>
> Et qui sont elles-mêmes infestées de puces encore plus petites qui les mordent.
>
> Et ainsi de suite, *ad infinitum*.

Van Leeuwenhoek décrit également d'autres organismes cellulaires qu'il appelle des « animalcules », probablement des protozoaires ou des bactéries.

Dans la deuxième moitié du 19e siècle, Louis Pasteur décrit plus précisément les bactéries et montre que les micro-organismes peuvent être inactivés par la chaleur.

De l'alchimie à la chimie

Robert Boyle, le fils du comte de Cork, est connu surtout pour avoir démontré la relation inverse entre le volume d'un gaz et sa pression. Qu'il ait ou non assuré la suture entre l'alchimie et la chimie avec son ouvrage intitulé *The Sceptical Chymist* (« Le chimiste sceptique »), il s'impose incontestablement comme l'un des pionniers de la méthode scientifique. Robert Boyle reprenait à son compte la thèse de Francis Bacon selon laquelle toute recherche scientifique doit commencer par une analyse critique de l'ensemble des données pertinentes disponibles et bien se garder d'imaginer une réalité merveilleuse en cherchant a posteriori les faits susceptibles de l'étayer. À partir de Faraday, les progrès réalisés dans la méthodologie scientifique et dans la microscopie, la cytologie et la chimie analytiques permettent de mieux comprendre le fonctionnement des organismes vivants et d'élaborer des technologies agricoles, alimentaires et pharmaceutiques plus poussées.

La découverte empirique, par Faraday, de l'induction électromagnétique et des propriétés anesthésiantes de l'éther donne le coup d'envoi d'une période d'ébullition scientifique qui durera un quart de siècle. Darwin publie *L'origine des espèces* ; Mendel formule ses lois de l'hérédité ; Maxwell publie sa théorie de l'électromagnétisme ; Pasteur et Koch décrivent l'origine microbienne de nombreuses maladies ; Kekulé élucide la structure en boucle du benzène ; Gibbs publie ses premières lois de la thermodynamique relativement aux réactions chimiques ; le tube à vide de Geissler pave la voie de la découverte des électrons (« rayons cathodiques »), des rayons X et, plus tard, de la radioactivité. Un congrès convoqué par Kekulé à Karlsruhe donne lieu à l'élaboration d'une nomenclature rationnelle des composés chimiques. Cannizzaro, Newlands, de Chancourtois et Meyer établissent la classification des éléments selon leur masse atomique ; ces travaux culmineront dans l'élaboration du tableau périodique de tous les éléments connus, par Mendeleïev. Plus tard, la classification par numéro atomique ne modifiera pas en profondeur le tableau de Mendeleïev.

Joseph Black, Henry Cavendish, Joseph Priestley et Carl Scheele ont beaucoup fait pour l'avancement de la chimie comme science à part entière. Dioxyde de carbone, oxygène, hydrogène, ammoniac, chlorure d'hydrogène, dioxyde de soufre, composition de l'eau, composition de l'air en tant que

mélange de gaz : leurs découvertes témoignent du génie de passionnés qui s'intéressaient à des sujets très divers et qui, selon nos normes scientifiques actuelles, ne seraient certainement pas considérés, pour la plupart, comme des « professionnels » de leur domaine [Gribbin, 2002]. L'analyse de tout ce que la science et la technologie ont apporté à l'agriculture et aux biotechnologies modernes dépasserait largement le cadre du présent ouvrage. Quelques chercheurs d'exception méritent néanmoins d'être cités.

Lavoisier

Fils d'un avocat cossu, Antoine-Laurent Lavoisier vient au monde en 1743 à Paris. Il obtient une licence en droit (discipline qu'il ne pratiquera jamais) mais étudie en parallèle l'astronomie, la botanique, la chimie, la géologie et les mathématiques. Son premier travail d'envergure consiste à établir une carte géologique de la France. À la fin du 18e siècle, Lavoisier se consacre à la chimie et démontre notamment que la masse du soufre augmente quand il brûle. Il permettra ainsi à ses successeurs de comprendre que la combustion ne peut pas se faire sans l'oxygène atmosphérique (l'« air pur » de Priestley). Plus tard, ses expériences l'amènent à conclure que les animaux maintiennent leur chaleur corporelle grâce à une combustion alimentée par l'oxygène qu'ils inspirent. Lavoisier détermine le poids de la glace qui a fondu sous l'effet de la chaleur générée par le corps d'un cochon d'Inde pendant dix heures. Il mesure ensuite la masse de carbone qui doit être brûlée pour faire fondre la même masse de glace. Il détermine la quantité d'« air fixe » (CO_2) que le cochon d'Inde a expiré pendant les dix heures de l'expérience ainsi que la quantité d'« air fixe » générée par la combustion d'échantillons de charbon de masses différentes. Ce faisant, Lavoisier annonce les travaux de von Liebig, qui démontrera 100 ans plus tard que les animaux produisent la chaleur corporelle et l'énergie dont ils ont besoin par la conversion in vivo des glucides et des lipides.

Lavoisier a été le premier à démontrer que l'eau est une combinaison d'hydrogène (« air inflammable ») et d'oxygène, et le premier aussi à établir que l'« air fixe » se compose de carbone et d'oxygène. Son *Traité élémentaire de chimie* et sa *Méthode de nomenclature chimique* (1787) instaurent les fondements de la chimie en tant que discipline scientifique à part entière et jettent les bases d'une nomenclature systématique et logique des éléments et des composés chimiques : l'« air déphlogistiqué » s'appellera dorénavant l'oxygène ; l'« air inflammable », l'hydrogène ; et l'« huile de vitriol », l'acide sulfurique. Un tiers de la *Méthode de nomenclature chimique* consiste en un dictionnaire des nouveaux noms chimiques présentés dans l'ordre alphabétique en regard

des noms anciens, dont la plupart avaient été forgés par les alchimistes selon la couleur et l'apparence de la substance étudiée [Gribbin, 2002 ; Crosland, 1978 ; Ward et Dubos, 1972].

Lavoisier nous a laissé d'innombrables réflexions à méditer : « La vie est une fonction chimique »[1] – une affirmation aisément démontrable en ceci que toute vie exige, pour se maintenir, la conversion d'une forme d'énergie en une autre par des procédés biochimiques. Les scientifiques doivent être aussi précis et méticuleux dans leurs paroles et leurs écrits que dans leurs expérimentations, disait encore Lavoisier... Un conseil trop souvent ignoré des discours et textes sur le développement durable. Lavoisier ayant été aussi « fermier général » (collecteur d'impôts), les révolutionnaires français l'ont condamné à la guillotine en 1794.

La nomenclature chimique

Berzelius proposait en 1806 cette définition de la chimie organique : « Elle consiste à décrire la composition des corps vivants et les processus chimiques qui se produisent à l'intérieur d'eux. » La première démarcation distingue les substances d'origine végétale des substances d'origine animale. S'appuyant sur les publications antérieures de Lavoisier, Kekulé convoque en 1860, à Karlsruhe, un congrès qui permet à des scientifiques distingués de discuter de la nomenclature et de la symbolisation des composés organiques. À partir de ce congrès et des réflexions qui l'ont suivi, la chimie organique s'est détachée de la définition qu'en proposait Berzelius pour adopter celle que nous lui connaissons aujourd'hui : c'est la chimie complexe de milliers de composés du carbone [Crosland, 1978 ; Dixon, 1973]. Il a fallu attendre le 20e siècle pour que la chimie organique de Berzelius se métamorphose en cette discipline distincte qu'on a d'abord appelée la « chimie physiologique » et qui s'appelle maintenant la « biochimie ». Les dictionnaires la définissent comme étant l'étude des constituants chimiques des organismes vivants, de leurs fonctions, de leurs réactions et de leurs transformations [Rose, 1971].

La classification taxonomique

Ray et Linné

Le naturaliste le plus prolifique du 17e siècle était sans doute l'Anglais John Ray. Ray a voyagé dans toute l'Europe et observé, décrit et recueilli des milliers de spécimens de la flore et de la faune naturelles. Les résultats de ces

1. En français dans le texte. (NdlT)

observations sont consignés dans ses ouvrages sur l'ornithologie, l'histoire des poissons et celle des plantes. Publiée en trois volumes de 1686 à 1704, son « histoire des plantes » décrit plus de 18 000 plantes classées selon leur répartition, leur habitat naturel et leurs propriétés pharmacologiques supposées. Ray établit l'espèce comme unité de base de la classification taxonomique. Son livre sur l'histoire des insectes a été publié à titre posthume.

La taxonomie de Ray se fonde sur l'anatomie, la morphologie et la physiologie ainsi que sur les principes systématiques d'un scientifique plus célèbre encore, Carl von Linné (Carolus Linnaeus), né en Suède en 1707 [Gribbin, 2002]. Sa famille portait à l'origine le nom d'Ingemarsson, mais le père du savant lui a fait adopter légalement le nom de « Linnaeus », du mot latin désignant le tilleul. Bien qu'il ait obtenu un diplôme en médecine, c'est pour la biologie que Linné s'est passionné toute sa vie durant. En guise de critères de classification des plantes à fleurs, il utilise notamment les caractéristiques de leurs organes reproducteurs. Il passe de la Chaire de médecine à la Chaire de botanique de l'Université d'Uppsala (Upsal) en 1742 et s'éteint en 1778. Publié pour la première fois en 1740, son ouvrage le plus célèbre porte sur le « système naturel ». Le volume 1 de la dixième édition paraît en 1758 et décrit le système binomial que Linné propose pour nommer les espèces. Le savant classe près de 8 000 espèces végétales et 4 400 animaux en les organisant hiérarchiquement du « règne », au sommet de sa taxonomie, jusqu'à l'« espèce », à la base. L'évolution des techniques taxonomiques a apporté certaines modifications dans les dénominations binomiales latines originales de Linné. Toutefois, les principes de base qu'il a énoncés continuent de régir l'appellation des espèces : chacune d'elle porte un nom générique latin ainsi qu'un nom spécifique qui le précise ; par exemple, le nom scientifique du loup est *Canis lupus*.

Linné a été le premier à incorporer l'être humain dans un système de classification zoologique. Le fait que les êtres humains constituent l'unique espèce *sapiens* du genre *Homo* le rendait particulièrement perplexe. Dans l'édition de 1746 de son *Fauna Svecica*, il souligne qu'il n'a pas encore trouvé de traits caractéristiques qui permettraient de distinguer scientifiquement l'homme du singe. Les recherches modernes sur l'ADN confirment en effet que l'être humain devrait être classé parmi les chimpanzés – et pourrait porter le nom de *Pan sapiens*. La dénomination universellement acceptée d'*Homo sapiens* est utilisée en vue de ménager certaines sensibilités religieuses [Ward et Dubos, 1972 ; Gribbin, 2002]. La classification de Linné telle qu'elle a été modifiée par des taxonomistes ultérieurs se présente maintenant de la façon suivante.

Règne	Animalia
Embranchement (Phylum)	Chordata
Sous-embranchement (Subphylum)	Vertebrata
Classe	Mammalia
Ordre	Primates
Famille	Hominidae
Genre	Homo
Espèce	Sapiens

Après la mort de Linné, James Smith, un botaniste anglais fortuné, a largement contribué à la fondation de la Société linnéenne (*Linnean Society*) de Londres, en 1788. Elle détient la plupart des collections de spécimens biologiques de Linné [Gribbin, 2002].

L'hérédité

Au 19e siècle, du vivant de Faraday (il est mort en 1867), l'abondance des découvertes scientifiques fait progresser la science de l'agriculture à pas de géant. En 1837, Schleiden avance que tous les tissus végétaux sont composés de cellules. Un an plus tard, Schwann ajoute que tous les organismes vivants possèdent une composition cellulaire. En 1858, Virchow, professeur de pathologie à Berlin, affirme que toutes les cellules naissent de la division d'autres cellules. Muni de microscopes plus puissants, Hertwig (et d'autres) découvrent le noyau cellulaire ; travaillant sur des oursins, il observe la pénétration du sperme dans l'œuf et la fusion des noyaux du sperme et de l'œuf, qui donne un noyau unique associant les matériaux des deux cellules génitrices.

Flemming et van Beneden décrivent des structures effilées qui se trouvent dans le noyau des cellules et qu'ils appellent des chromosomes à cause de leur capacité à retenir les colorants chimiques. À Fribourg, Weismann constate qu'à la division d'une cellule, ces chromosomes se dupliquent pour se partager entre les deux cellules filles. Weismann déclare que les chromosomes sont les porteurs des caractéristiques héréditaires et les transmettent d'une génération à l'autre [Hulse, 2004a].

Mendel

Aujourd'hui reconnu comme le fondateur des méthodes classiques de reproduction des plantes, Mendel est né en 1822 dans une famille de paysans de la Moravie (qui faisait alors partie de l'Empire d'Autriche). Trop pauvre pour accéder aux études universitaires, Mendel entre dans les ordres. Il troque son prénom d'origine, Johann, pour celui de Gregor. Ayant constaté les capacités intellectuelles exceptionnelles de Mendel, l'abbé de son monastère de Brünn (aujourd'hui, la ville de Brno, en République tchèque) permet à Mendel d'étudier à l'Université de Vienne à la fin de ses études en théologie. C'est là qu'il acquiert ses connaissances en physique, chimie, statistiques, mathématiques probabilistes et physiologie des plantes.

Au bout de deux ans d'études, et sans avoir obtenu de diplôme, Mendel retourne au monastère. Il y entreprend en 1856 un projet d'étude de la transmission des caractères héréditaires des pois qui durera dix ans. Travaillant sur plusieurs milliers de plantes dans un lopin de terre de 35 mètres par 7, Mendel achemine manuellement le pollen d'une plante à l'autre en consignant méticuleusement chacune de ses interventions ainsi que les résultats obtenus. Il répète ses expériences des centaines de fois et soumet ses résultats aux méthodes statistiques rigoureuses qu'il a apprises à Vienne. Ces observations révèlent que les pois rugueux et ridés croisés avec des pois lisses donnent des pois lisses dans 75 pour cent des cas, et des pois rugueux et ridés dans 25 pour cent des cas. Ce phénomène phénotypique de la transmission inégale des caractéristiques parentales illustre le principe aujourd'hui bien connu des gènes dominants ou récessifs. S'opposant en ceci à la théorie de l'hérédité de Darwin, Mendel montre que les caractéristiques de la descendance ne sont pas un mélange uniforme de celles des deux parents, mais qu'elles résultent de la transmission inégale de traits spécifiques.

Les résultats pourtant remarquables de Mendel restent dans l'ombre pendant plus d'un siècle, en particulier parce que le savant est désigné pour succéder à l'abbé de son monastère, décédé en 1868. Les responsabilités religieuses et administratives de Mendel ne lui laissent alors plus le temps de poursuivre ses expériences de reproduction et de croisement des plantes, ni celui de diffuser les résultats déjà obtenus. Au début du 20e siècle, la redécouverte des lois de l'hérédité de Mendel ainsi que l'élucidation du comportement chromosomique ont alimenté l'accroissement considérable de la productivité des cultures végétales, en particulier ce mouvement qu'il est convenu d'appeler la « Révolution verte », et qui a marqué la deuxième moitié du 20e siècle [Stern et Sherwood, 1966 ; Stoskopf, 1993 ; Wortman et Cummings, 1978 ; Gribbin, 2002].

Remarques conclusives

Ce chapitre rappelle les modalités de la découverte des biotechnologies, de leur élaboration et de leur développement au fil des millénaires. Il montre que les biotechnologies fondamentales – celles de l'agriculture, de l'alimentation, des médicaments et des textiles – étaient à l'origine des techniques familiales ou artisanales, et qu'elles ont évolué graduellement, sur plusieurs millénaires, au gré des observations et de l'empirisme. Les technologies primitives précèdent de nombreux siècles les premières découvertes scientifiques. Phénomène très récent de l'histoire de l'humanité, les recherches scientifiques systématiques se trouvent bien loin d'avoir épuisé leurs sujets respectifs. Nos connaissances relatives au développement des biotechnologies essentielles à la survie et à la santé des êtres humains (agriculture, alimentation, médicaments, textiles) évoluent pas à pas : ce « déploiement graduel » nous rappelle qu'on ne peut pas presser le progrès si l'on veut qu'il soit durable ; l'action systématique, imaginative, patiente et persistante produit toujours des résultats bien plus sûrs.

Ainsi que nous le verrons plus loin, tout projet de développement se voulant rationnel, productif et durable exige une compréhension systématique ainsi qu'une incorporation logique de tous les facteurs susceptibles d'exercer une influence (positive ou négative) sur les résultats. Il en va particulièrement ainsi des projets de développement se rapportant à des biotechnologies dont dépendent la vie humaine, la biodiversité et les milieux naturels – des biotechnologies qui progressent et qui changent aujourd'hui plus vite qu'elles ne l'ont jamais fait.

This page intentionally left blank

7
L'agriculture durable

Des concepts divers et divergents

D'innombrables documents ont été publiés, ces dernières années, autour du thème général de l'agriculture durable. Une commission scientifique du Conseil international pour la science (*International Council of Scientific Unions* – ICSU) a examiné quelque 300 publications sur le sujet afin d'établir un rapport sur l'agriculture durable et la sécurité alimentaire pour le compte de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992 [ICSU-CASAFA, 1991]. Cette Commission note que ces ouvrages abordent l'agriculture durable sous des angles scientifiques, pseudo-scientifiques, biologiques, écologiques, idéologiques ou philosophiques très divers. Son rapport fait état de plusieurs publications significatives, par exemple : Agriculture Canada [1989], Altieri [1986], Boeringer [1980], Brown [1987], Brundtland [1987b], Bunting [1987], CGIAR/TAC [1989], Edwards *et al.* [1990], FAO [1984], Harwood [1990], Jain [1983], NRC/NAS [1989], NABC [1989], Rodale [1983], Reganold *et al.* [1990], Swaminathan et Sinha [1986]. De nombreuses publications se sont ajoutées à la liste dans les dix années qui ont suivi.

Ainsi que l'ont souligné les experts de la Commission Brundtland, les systèmes agricoles durables se caractérisent par le fait qu'ils gèrent les ressources essentielles de manière à satisfaire les besoins de toutes les personnes qui en dépendent dans la génération actuelle, sans pour autant compromettre les besoins des générations futures. Toutefois, dès que l'on cherche à définir des systèmes de production agricole qui seraient applicables dans tous les écosystèmes et en tout point du globe, la confusion s'installe. Les recherches géologiques et anthropologiques montrent que la terre, son environnement et les êtres vivants qui l'habitent changent depuis qu'elle existe. Dans certains

cas, leur évolution est graduelle ; dans d'autres, ils se métamorphosent d'une manière soudaine, extrême et brutale. De nombreux scientifiques considèrent que les activités humaines accélèrent les changements climatiques et environnementaux, lesquels seraient dus en partie aux développements mis en œuvre dans les technologies agricoles. Le rapport de l'ICSU-CASAFA montre que les documents sur le sujet présentent des recommandations et des points de vue très divergents selon les régions étudiées, les milieux écologiques, les technologies et, d'une manière générale, les conditions environnementales, climatiques, sociales et économiques. Les analystes qui prescrivent des systèmes censés durer possèdent une expérience internationale variable et des objectifs tout aussi divers ; certains semblent motivés plutôt par des convictions idéologiques que par des conclusions logiques reposant sur une approche scientifique systématique.

Quelle que soit la collectivité agricole considérée, les technologies et les systèmes proposés doivent être évalués à la lumière du contexte précis de leur implantation future ; ils nécessitent par ailleurs une analyse préalable exhaustive des technologies, ressources, contraintes et conditions écologiques et climatiques de la région visée, ainsi qu'une évaluation de la capacité individuelle et collective des agriculteurs à prendre le risque que représente toujours l'adoption d'un type de plante ou d'un système de culture encore mal connu. Les agriculteurs qui produisent des surplus (c'est-à-dire des quantités supérieures à celles qu'exige la subsistance de leurs familles) doivent avoir accès à des données exactes et récentes sur le marché : l'état de l'offre et de la demande ; les quantités et qualités demandées ; les prix actuellement pratiqués par la concurrence ; les fluctuations saisonnières ou imprévues de la demande.

Le rapport de l'ICSU-CASAFA souligne que les terres cultivables constituent une ressource à déplétion rapide et plaide en faveur d'une élévation du rendement des cultures alimentaires et de la productivité agricole dans toutes les régions d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine. Le rapport insiste particulièrement sur l'urgence des actions suivantes.

a. Protéger et accroître le stock des ressources naturelles : terres agricoles ; eaux superficielles et souterraines ; diversité génétique.

b. Préserver ou rétablir la fertilité des terres détériorées par une utilisation inadéquate.

c. Promouvoir l'intégration systématique des activités de la production et des activités postérieures à la production ; favoriser l'implantation et le maintien de secteurs agro-industriels en milieu rural.

d. Intensifier les recherches sur la classification des terres, sur la gestion des sols et de l'eau et sur les méthodes d'utilisation des terres les plus respectueuses des ressources écologiques.

Ce rapport montre également la diversité, l'incohérence, voire le caractère contradictoire, des définitions et recommandations entourant l'agriculture durable : « Il n'est d'aucune pertinence de proposer des systèmes de production censés s'appliquer de manière durable dans tous les milieux écologiques, dans toutes les régions et dans toutes les sociétés. Aucun système spécifique ne peut convenir durablement à toutes les situations [...]. Les organismes donateurs ne devraient pas tenter d'imposer aux agriculteurs pauvres des pays en développement des systèmes conçus à la base pour pallier les pratiques génératrices de gaspillages qui sont implantées dans les économies agricoles plus prospères. » Le rapport affirme que les donateurs accordent plus d'importance aux technologies de la production agricole proprement dite qu'aux systèmes d'après-production, aux politiques ou aux considérations sociales ou économiques. Il plaide en faveur d'un accroissement considérable du soutien aux systèmes post-production ainsi qu'aux dimensions technologiques, logistiques et économiques de la conservation, du traitement, du transport, de la distribution et de l'utilisation des produits.

Autres commentaires et recommandations

Un document élaboré à l'occasion du Sommet mondial de l'alimentation de 1996 cite plusieurs objectifs ainsi que différentes recommandations se rapportant à l'agriculture durable [Hulse, 1995].

a. Atteindre une production agricole acceptable et adéquate sur le plan des quantités, de la variété et de la qualité.

b. Maintenir des environnements favorables aux humains et autres organismes vivants.

c. Prévenir la pollution des eaux superficielles et souterraines ; protéger la nature ainsi que les droits des animaux.

d. Empêcher la destruction et la détérioration des terres fertiles par l'érosion, l'étalement urbain ou les activités néfastes pour l'agriculture.

e. Établir et maintenir les infrastructures rurales indispensables à la production et à la commercialisation des produits agricoles.

f. Protéger les écosystèmes naturels et privilégier la conservation à long terme plutôt que l'exploitation à court terme.

g. Favoriser le recyclage des nutriments et maintenir un bon équilibre entre l'utilisation immédiate et la stabilité à long terme.

Certains observateurs, provenant principalement des pays en développement, soulignent que les systèmes « durables » ne sont pas nécessairement des systèmes économes en intrants, et qui, notamment, rejetteraient toute utilisation de produits chimiques. Les nutriments du fumier des animaux et du compost obtenu à partir des déchets biologiques ne suffisent pas toujours à maintenir la fertilité des sols pauvres et à soutenir l'accroissement de la production agricole rendu nécessaire par l'expansion démographique. Les technologies modernes ne doivent pas remplacer les pratiques traditionnelles, mais les compléter [Jain, 1983].

Se fondant sur sa vaste expérience internationale, Harwood [1990] dresse un bilan historique impressionnant des systèmes proposés pour instaurer une agriculture durable. Pour cet auteur, le terme « durable » suppose forcément un état relativement stable ne pouvant être atteint que par la formulation d'objectifs à long terme. Il constate qu'il existe presque autant de points de vue sur la production durable que d'analystes dans ce domaine, et que la plupart d'entre eux se fondent sur des données lacunaires et sur une compréhension sommaire de la variabilité des ressources. Harwood estime que les recommandations proposées sont souvent élémentaires et visent à résoudre des difficultés isolées plutôt que de vastes problématiques multidimensionnelles. Pour lui, il est futile de tenter la formulation d'une définition de l'agriculture durable qui soit applicable à relativement grande échelle. Harwood propose une définition possible du terme « durable » : peut être considérée comme « durable » une agriculture qui évolue indéfiniment vers une utilité humaine plus grande, une utilisation plus efficace des ressources et un équilibre environnemental plus favorable aux humains ainsi qu'aux autres êtres vivants. Harwood déplore par ailleurs l'utilisation excessive des ressources et le manque d'intérêt envers les dimensions écologiques, qui caractérisent la plupart des systèmes de production intensive mis en œuvre par les agriculteurs américains.

Conservation et préservation

Les facteurs suivants s'avèrent déterminants pour la durabilité des systèmes [Swaminathan, 2001].

- ***Santé des sols*** – Propriétés physiques, chimiques et microbiologiques des sols ; vulnérabilité face à l'érosion.

- ***Qualité de l'eau*** – La concentration saline de l'eau d'irrigation doit être faible.
- ***Santé des plantes*** – Les récoltes doivent être protégées des insectes et autres ravageurs, des agents pathogènes et des plantes concurrentes. Dans les climats tropicaux, certains ravageurs sont actifs toute l'année.
- ***Homogénéité génétique*** – Les vastes zones ensemencées en cultures génétiquement homogènes sont vulnérables face aux ravageurs et aux agents pathogènes, qui finissent par vaincre les résistances naturelles de ces espèces végétales.
- ***Agressions abiotiques*** – La salinité du sol, les inondations, l'engorgement des sols, les sécheresses périodiques et la pollution chimique nuisent gravement aux cultures.
- ***Gestion post-récolte*** – Les gouvernements et les organismes donateurs s'intéressent généralement très peu à l'uniformité dans le degré de maturation, à l'apparence et à la stabilité après la récolte (pendant l'entreposage et le transport) ; ces caractéristiques sont pourtant très importantes pour les consommateurs des villes et pour les entreprises de transformation.

Quoique à des degrés divers, toutes les récoltes ainsi que le bétail et les produits de la pêche sont périssables – le degré d'humidité et la température ambiante étant les facteurs les plus déterminants à cet égard. Les produits périssables commencent à se détériorer peu après la collecte. Dans les climats tropicaux, en l'absence de méthodes de préservation, cette dégradation progresse très rapidement. La probabilité de pertes après récolte augmente avec l'étalement des collectivités urbaines et l'allongement des distances et des délais entre les producteurs ruraux et les consommateurs citadins. La mise en place de procédures de traitement primaire près des lieux de récolte permet de diminuer les pertes et procure aux populations des régions rurales des emplois en dehors des exploitations agricoles.

Swaminathan évoque les conséquences potentiellement nuisibles des changements climatiques. Il souligne par ailleurs la nécessité de pratiquer des sélections génétiques pour limiter la dépendance envers les intrants chimiques ; d'intensifier les recherches sur les méthodes de lutte contre la pollution des sols et de l'eau ; et d'implanter des modifications génétiques pour propager certaines caractéristiques utiles, par exemple pour transférer la tolérance à la salinité des plantes des mangroves aux plantes cultivées. L'accroissement de la tolérance des cultures à la salinité du sol permettrait d'accroître la superficie des terres cultivables en Asie.

Les ressources agricoles

On distingue deux grandes catégories de ressources essentielles à l'agriculture : les ressources internes et les ressources externes.

Internes	Les ressources renouvelables se trouvant à l'intérieur des limites de l'exploitation agricole
Externes	Les ressources achetées, louées ou obtenues dans le cadre d'un autre type d'arrangement contractuel, et importées de l'extérieur de la ferme

Les ressources peuvent ensuite être subdivisées en a. naturelles ; b. synthétiques et manufacturées ; c. socioéconomiques ; d. humaines [ICSU-CASAFA, 1991].

Ressources internes

La nature des terres et les caractéristiques du sol déterminent en grande partie les systèmes d'exploitation agricole applicables. Les systèmes se définissent notamment par les deux facteurs suivants : a. la nature et la topographie de la terre (plane, inclinée ou ondulée ; naturellement sèche ou humide ; avec ou sans écoulement) ; b. les propriétés du sol (structure ; profondeur ; densité ; composition chimique et organique ; acidité ; perméabilité ; taux de rétention de l'eau). Certains dispositifs de gestion des terres peuvent limiter l'érosion et les détériorations structurelles, préserver la fertilité des sols et prévenir la déperdition des nutriments des plantes. Les mécanismes de gestion prudente de l'eau limitent la pollution causée par les effluents agricoles chimiques ou organiques, conservent les eaux superficielles, fossiles ou souterraines et préviennent la surexploitation des aquifères rechargeables.

La *flore interne* comprend : a. la végétation naturelle (en partie utilisable comme fourrage ou carburant) ; b. les cultures ; c. les micro-organismes du sol ou de l'air (dont certains stimulent la croissance des plantes par symbiose tandis que d'autres constituent de redoutables pathogènes).

La *faune interne* comprend : a. les espèces animales sauvages – (i) les organismes bénéfiques tels que les insectes pollinisateurs, les prédateurs et parasites des ravageurs des cultures, les vers de terre qui amendent les sols ; et (ii) les organismes destructeurs tels que les arthropodes et les rongeurs ravageurs, certains constituant même des vecteurs des pathogènes – et b. les bestiaux élevés pour la production alimentaire, la fabrication de fibres et le travail agricole.

Ressources externes

Quand les exigences de production excèdent la capacité des ressources internes, les producteurs doivent recourir aux ressources externes pour les compléter. Ces ressources externes peuvent être achetées ou obtenues par d'autres types de contrats. Elles peuvent servir notamment à modifier la topographie, construire des dispositifs de captage de l'eau, planter des arbres, fournir de l'équipement et des machines pour l'irrigation et autres activités. Dans certains cas, l'utilisation des machines exige la mise en œuvre d'une source énergétique externe telle que l'électricité ou les combustibles fossiles. Certains produits chimiques dérivés des combustibles fossiles servent d'engrais. Le coût de ces combustibles et de ces engrais dépend des cours mondiaux du pétrole. L'utilisation des produits chimiques est en augmentation constante dans l'agriculture. À l'excès, ils peuvent nuire à la santé humaine, aux autres organismes vivants et à la stabilité des milieux écologiques. Les biofertilisants, biopesticides ainsi que d'autres méthodes biologiques de lutte contre les ravageurs atténuent la dépendance face aux produits chimiques agricoles [ICSU-CASAFA, 1991].

Terres et sols agricoles

Le sol est un système vivant : pour établir et maintenir une agriculture productive et durable, il faut d'abord comprendre sa structure, sa composition et sa diversité biologique, les protéger et les gérer d'une manière prudente [Brown et Wolf, 1984]. La proportion des terres arables déjà cultivées à l'heure actuelle n'est pas la même d'une région du monde à l'autre : elle s'établit à environ 85 pour cent en Asie, mais 22 pour cent en Afrique subsaharienne. Il est à noter toutefois qu'en Afrique, les terres classées comme « arables » comprennent de vastes étendues de forêts tropicales et de milieux humides infestés de mouches tsé-tsé, qui sont le vecteur des pathogènes provoquant la maladie du sommeil chez l'humain et l'affaiblissement anémique chez les bestiaux. Les sols des forêts tropicales sont fragiles ; ils s'érodent très rapidement en cas de destruction du couvert forestier. La détérioration des sols a plusieurs conséquences néfastes : altération de la structure physique ; érosion par le vent et l'eau ; déplétion des matières organiques et des nutriments naturels ; toxicité due à la salinité, à l'alcalinité, à l'acidité ou aux polluants chimiques. La détérioration des sols est attribuable en grande partie à l'incurie humaine et pourrait donc être évitée [ICSU-CASAFA, 1991].

Sur les 13,4 milliards d'hectares de terres libres de glace que compte la planète, les terres potentiellement arables représentent à peine 3,2 milliards

d'hectares (24 pour cent du total) ; en outre, environ 60 pour cent de ces terres potentiellement arables sont peu productives et soumises à de nombreuses agressions susceptibles de les détériorer. Certains experts estiment que, chaque année, 20 millions d'hectares deviennent non rentables pour l'agriculture et 6 millions d'hectares supplémentaires sont détériorés au-delà du seuil de réversibilité [IBSRAM, 1991]. Un bilan international de la détérioration des sols indique que plus de 1,9 milliard d'hectares sont maintenant endommagés à des degrés divers ; dans la plupart des cas, cette dégradation est causée par une gestion déficiente des sols, par la déforestation, le surpâturage, la surexploitation ou la pollution chimique industrielle. Sur l'ensemble des sols détériorés de la planète, 38 pour cent se trouvent en Asie, 25 pour cent en Afrique, 15 pour cent en Amérique centrale et du Sud, 11 pour cent en Europe (y compris l'Europe de l'Est), 5 pour cent en Amérique du Nord [ISRIC, 1991]. En Inde, plus de 110 millions d'hectares ont subi des détériorations significatives attribuables à des causes diverses : érosion par l'eau et le vent (81 pour cent), baisse de la fertilité des sols (13 pour cent), salinité (4 pour cent), engorgement des sols par l'eau (3 pour cent). Les superficies détériorées représentent environ 30 pour cent des terres arables indiennes [Swaminathan, 1992]. Sur l'ensemble du territoire canadien (environ 10 millions km^2), moins de 1 pour cent est constitué de terres arables de grande qualité. Ces régions sont situées dans les zones climatiques les plus clémentes du Canada ; elles sont les plus propices à l'agriculture, mais également les plus convoitées pour le développement urbain et industriel. L'institut des ressources mondiales (*World Resources Institute* – WRI) estime que plus de 50 pour cent des terres arables de la planète sont maintenant gravement détériorées [WRI, 2004].

Les systèmes agricoles doivent être suffisamment durables pour répondre aux besoins de populations inéluctablement croissantes – un défi d'autant plus important que la croissance démographique la plus marquée est celle des collectivités urbaines et que, par conséquent, le nombre des producteurs ruraux diminue proportionnellement. Quelle que soit la manière dont on la définisse, par son objectif ou par sa pratique, l'agriculture durable dépend entièrement de la quantité et de la qualité de l'eau et des terres arables disponibles. Or, ces deux ressources sont dilapidées et détériorées d'une manière désastreuse. Les terres arables et l'eau non polluée sont en train de devenir, et très vite, les principaux déterminants de l'agriculture durable de l'avenir.

Variations sur le thème de la durabilité

La plupart des publications portant sur l'agriculture durable proviennent de pays industrialisés prospères et s'intéressent aux systèmes de production intensive hautement mécanisés faisant appel à d'importantes quantités d'intrants chimiques de synthèse. Les observateurs critiques des systèmes intensifs subventionnés constatent dans leurs pays une volonté plus grande de lutter contre la détérioration des ressources et des écosystèmes naturels que d'accroître la production agricole. Si l'expression « agriculture durable » est maintenant très utilisée, d'autres dénominations désignant pourtant des objectifs apparemment similaires ont émergé ces dernières années.

L'agriculture « alternative »

Cette agriculture « autre » regroupe tous les systèmes de production qui s'écartent des pratiques courantes. Dans certains cas, l'expression désigne des systèmes respectueux de l'environnement, moins dépendants des produits agrochimiques et autres intrants industriels, et plus favorables à des méthodes telles que : le recyclage des nutriments ; la fixation biologique de l'azote ; la propagation des ennemis naturels des pathogènes et des ravageurs des cultures ; la préservation de la qualité de l'eau et des sols ; la conservation de la biodiversité ; ou encore la protection des relations symbiotiques et des interactions biologiques favorables entre cultures, ravageurs et prédateurs de ces ravageurs.

Les approches biodynamiques

Ces méthodes privilégient les systèmes qui améliorent la structure et la fertilité des sols par le compost ou l'humus.

Les systèmes écologiques, écobiologiques et socioécologiques

Ces approches reposent sur l'harmonisation de l'écologie agricole et de l'écologie humaine, la protection des environnements et la limitation de l'utilisation des herbicides, pesticides et engrais chimiques.

L'agriculture à bas niveau d'intrants (low-input)

Ces systèmes réduisent au strict minimum l'utilisation des produits agrochimiques et des combustibles fossiles ainsi que le recours à la mécani-

sation, aux semences commerciales homologuées et au bétail à pedigree. Ils favorisent plutôt la reproduction et la sélection des animaux ainsi que la multiplication des semences dans l'exploitation agricole elle-même, la réduction en compost des déchets et des résidus de cultures de la ferme, l'utilisation du fumier animal et de l'engrais vert (matières végétales servant à amender les sols). À l'extrême, l'agriculture à bas niveau d'intrants retournerait aux systèmes primitifs autarciques à forte intensité de main-d'œuvre.

L'agriculture durable à bas niveau d'intrants (low-input sustainable agriculture – ***LISA)***

Les partisans de ce système considèrent que l'augmentation de la productivité passe par une utilisation plus efficace des semences homologuées, des ressources énergétiques, de la mécanisation et autres intrants provenant de l'extérieur de l'exploitation agricole ; par la conservation de l'eau et des sols ; par les façons culturales (travail du sol – hersage, sarclage, labour, etc.) non agressives ; par l'intégration des polycultures et de l'élevage ; et par le recyclage systématique du fumier et des résidus de cultures.

Les « systèmes régénérateurs » ou et les « permacultures » sont très similaires aux agricultures biodynamiques ou biologiques.

L'agriculture biologique

À proprement parler, toute la production agricole est « biologique » en ce sens que tous les produits de l'agriculture se composent de matière vivante (biologique). Les Britanniques Sir Albert Howard et Lady Eve Balfour ont été parmi les pionniers de l'agriculture biologique. Dès avant la Deuxième Guerre mondiale, Albert Howard plaidait en faveur de l'adoption de systèmes de production n'utilisant aucun pesticide ni engrais de synthèse. Pendant plus de 30 ans, Eve Balfour a mené dans sa ferme expérimentale des recherches comparant les systèmes agricoles britanniques courants à des systèmes « biologiques » n'utilisant aucun produit agrochimique. Il n'est pas exclu que Rodale, le chantre de l'agriculture biologique aux États-Unis, se soit inspiré des publications de Sir Howard et de Lady Balfour [Rodale, 1983].

Les produits de l'agriculture biologique représentent un pourcentage relativement modeste, mais croissant, de l'ensemble des aliments achetés en Europe et en Amérique du Nord. Dans l'Union européenne (UE), les superficies agricoles consacrées à l'agriculture biologique sont passées de 0,5 pour cent du total en 1993 à environ 3 pour cent en l'an 2000. La valeur des

aliments biologiques vendus aux États-Unis est estimée à 10 milliards de dollars ; pour l'UE, le total s'élève à 8 milliards d'euros. La valeur totale des aliments transformés vendus au détail aux États-Unis s'élève toutefois à plus de 500 milliards de dollars ; pour l'UE, le total dépasse les 350 milliards d'euros.

Les directives du *Codex Alimentarius* énoncent les objectifs suivants pour l'agriculture biologique :

- Accroître la diversité biologique ;
- Stimuler l'activité biologique et maintenir la fertilité des sols ;
- Rétablir la teneur en nutriments des sols par le recyclage des déchets biologiques ;
- Préférer les ressources locales renouvelables aux ressources manufacturées importées ;
- Favoriser le bon usage des sols, de l'eau et de l'air ;
- Limiter le plus possible la pollution causée par les pratiques agricoles.

En dépit de l'intérêt manifesté par les consommateurs soucieux d'environnement, la confusion qui règne dans les concepts et les définitions a entravé considérablement le développement rationnel de l'agriculture biologique – une confusion qui n'est pas sans rappeler celle que génèrent les conceptions multiples entourant l'« agriculture durable ». Un document dresse le bilan complet de l'évolution de l'agriculture biologique dans les pays de l'UE [CE–DGA, 2000]. Selon une autre publication européenne, les ventes de produits alimentaires biologiques dans les pays membres de l'UE représentent environ 1 pour cent des ventes alimentaires totales. Ce document souligne également le surcroît de prix qui frappe les produits biologiques vendus dans les supermarchés. En France, l'écart de prix entre produits biologiques et non biologiques s'échelonne de 10 à 40 pour cent pour les produits laitiers, et près de 50 pour cent pour les légumes et fruits frais [CEE, 2002]. Dans un document d'une centaine de pages, le Conseil européen décrit la réglementation encadrant la production, l'étiquetage et l'inspection des aliments biologiques produits et vendus sur les marchés de l'UE [CEE, 1991].

Harmonisation des pratiques agricoles avec la nature ; protection des milieux écologiques et des environnements ; préservation de la fertilité des sols ; conservation des ressources hydriques ; recyclage des déchets ; adoption de méthodes sensibles et respectueuses dans l'élevage du bétail : incontestablement, les principes généraux de l'agriculture biologique sont dignes d'éloges. À l'heure actuelle, les aliments biologiques sont achetés par des

consommateurs peu nombreux, mais convaincus, et qui peuvent se permettre de payer des prix plus élevés – des prix qui pourraient toutefois baisser si la demande et la production augmentaient. Mais le strict respect des réglementations de l'UE ainsi que l'interdiction totale de tous les intrants de synthèse et de toutes les cultures transgéniques pourraient-ils assurer une sécurité alimentaire durable à l'ensemble des collectivités et des pays les plus pauvres du monde ? Cela reste à voir.

Les engrais chimiques

Les praticiens et les défenseurs de l'agriculture biologique n'adhèrent pas tous aux mêmes méthodes agricoles. Néanmoins, la plupart d'entre eux plaident en faveur de l'adoption de systèmes qui sont moins nocifs pour l'environnement et qui utilisent relativement peu (ou pas) d'antibiotiques, d'hormones de croissance et de pesticides de synthèse. Certains partisans de l'agriculture biologique condamnent complètement l'utilisation des engrais chimiques ; d'autres se montrent plus nuancés. Les engrais fournissent de l'azote, du phosphore, du potassium et d'autres éléments aux sols qui en sont partiellement ou totalement dépourvus à l'état naturel ; ils remplacent aussi les nutriments des sols épuisés par les cultures. L'amendement chimique des sols a commencé avec l'importation du guano des oiseaux marins du Pérou et des nitrates des gisements du Chili.

En plus des éléments de base (carbone, hydrogène et oxygène), 13 éléments constituent des nutriments essentiels pour les plantes, qui les captent en grande partie par leurs systèmes radiculaires. La plupart des nutriments essentiels proviennent à l'origine de la croûte terrestre, à partir de laquelle les sols se sont formés. Soumis aux intempéries, les nutriments se dissolvent dans l'eau et sont absorbés par les systèmes radiculaires des plantes sauvages ou cultivées. La composition chimique de la croûte terrestre varie considérablement d'une région à l'autre ; de la même façon, les sols de la planète affichent des teneurs extrêmement diverses en nutriments des plantes [ICSU-CASAFA, 1991].

Les engrais chimiques sont des composés procurant aux plantes des nutriments qui se trouvent en quantités insuffisantes dans les sols à l'état naturel, ou qui ont été épuisés par les cultures. Essentiel à la croissance de toutes les plantes, l'azote provient des quelque 75 000 tonnes de gaz qui flottent au-dessus de chacun des hectares de la surface terrestre. Les plantes ne pouvant pas capter directement l'azote atmosphérique élémentaire, celui-ci doit être transformé en ammoniac ou en nitrates solubles par des réactions

biochimiques complexes et par l'intervention d'organismes vivants. Ainsi, les rhizobiums (des micro-organismes qui vivent dans les nodosités de la racine des légumineuses) transforment l'azote atmosphérique en ammoniac et fertilisent ainsi leur plante hôtesse. Dans les procédés industriels, l'azote élémentaire est traité (fixé) en vue d'obtenir des engrais chimiques qui libèrent l'azote dans le sol au gré des besoins des plantes cultivées.

La conversion de l'azote en ammoniac consomme d'importantes quantités d'énergie. Dans la conversion microbienne, il faut mobiliser l'énergie libérée par 14 moles d'adénosine triphosphate (ATP) pour produire une seule mole d'ammoniac. Dans le réacteur industriel Haber-Bosch, une pression d'environ 20 millions de newtons/m^2 à 500 °C catalyse la combinaison de l'azote et de l'hydrogène. Certaines bactéries des nodosités (qui fixent l'azote) se procurent l'énergie dont elles ont besoin dans les matières organiques du sol ; dans les nodosités des racines des légumineuses, les rhizobiums obtiennent leur énergie de la plante hôtesse mais lui fournissent en contrepartie de l'azote assimilable. Comme les rhizobiums fixent l'azote dans les nodosités des racines des légumineuses mais que les céréales sont dépourvues des mécanismes physiologiques et chimiques nécessaires à la fixation de l'azote, certains agriculteurs biologiques optent pour la rotation ou la culture intercalaire des légumineuses et des céréales. Des chercheurs espèrent que la capacité biochimique de fixation de l'azote atmosphérique pourra un jour être transférée aux céréales par implantation transgénique.

Autres sources d'azote

L'azote est également présent dans le fumier animal ; les biofertilisants (par exemple, le paillis de feuilles) ; le compost des résidus de cultures, avec dans certains cas des vers de terre pour assurer la conversion ; l'engrais vert des légumineuses et des arbres ; et certains organismes aquatiques tels que les azolas et les cyanobactéries. Le fumier, le compost, le paillis et les autres biofertilisants procurent des matières organiques et fibreuses qui améliorent la structure des sols. Ils ne présentent toutefois pas tous des concentrations identiques en nutriments. Par ailleurs, leur taux de libération est difficile à contrôler, car il dépend de la température et du degré d'humidité du sol. La libération de l'azote est généralement plus lente dans le fumier et les résidus décomposés de matières riches en lignine, que dans les engrais chimiques.

Il est très difficile de recueillir, d'entreposer, de distribuer et d'utiliser le fumier sans occasionner au passage d'importantes pertes d'azote par écoulements liquides, lessivage par la pluie ou volatilisation de l'ammoniac. Le

fumier entreposé en plein air dans les régions tropicales humides exposées à des pluies massives peut perdre 70 pour cent de son azote en 24 heures. Dans les régions semi-arides, le fumier du bétail qui se déplace avec les pasteurs sèche rapidement puis est emporté par le vent. Quand le bois est rare et le kérosène coûteux, le fumier constitue parfois le combustible domestique le moins cher. À l'inverse, les engrais chimiques restent stables jusqu'à leur utilisation et sont formulés de manière à libérer les nutriments selon des normes précises de composition et de concentration.

Néanmoins, l'utilisation excessive d'engrais chimiques peut provoquer la détérioration des sols et empoisonner les vers de terre et autres organismes utiles qui vivent dans la terre. S'ils atteignent les eaux superficielles ou souterraines, ces engrais chimiques peuvent également nuire à la santé humaine ainsi qu'aux poissons. Dans les pays d'Europe du Nord, où les densités élevées de bétail ne sont pas rares, le fumier gèle et s'accumule pendant l'hiver puis libère d'importantes concentrations d'ammoniac hydrosoluble au dégel du printemps, provoquant ainsi une nitrification massive des eaux souterraines. Le fumier agricole contient en outre plusieurs types de micro-organismes coliformes, dont certains pathogènes. Au Canada, des légumes mangés crus en salade après avoir été fertilisés avec du fumier agricole ont provoqué une éclosion de listériose.

Controverses

Les systèmes agricoles autarciques dont les récoltes sont entièrement fertilisées par le recyclage des nutriments provenant de la ferme elle-même présentent de nombreux avantages et méritent d'être encouragés. La FAO estime toutefois que la production agricole doit augmenter d'au moins 3 pour cent chaque année pour que toute la population mondiale soit bien nourrie. Il est douteux que l'implantation de systèmes agricoles autarciques à l'échelle mondiale permette d'atteindre cet objectif de la FAO, ou même de s'en approcher.

Des publications entourant la « durabilité » ont souvent le défaut de ne pas définir avec exactitude ce qui est censé durer. Qu'est-ce que l'« agriculture durable » ? Consiste-t-elle à maintenir un niveau constant de productivité agricole ? Ou à maintenir une production toujours suffisante pour combler les besoins d'une population qui s'accroît et se diversifie sans cesse ? Ainsi que le montre le tableau 10, la population a augmenté plus rapidement que la production céréalière dans les années 1990, dans certaines régions bien précises comme pour la planète dans son ensemble [WRI, 2004].

Tableau 10
Évolution 1990–2000 (en %)

	Production céréalière	Rendement moyen	Population	Utilisation des engrais
Monde	+9	+15	+16	[_3]
Asie	+19	+13	+19	+35
Afrique	+18	+6	+31	[_5]
Chine	+10	+16	+15	+42
Inde	+21	+21	+25	+66

Au cours des années 1990, la production céréalière a baissé dans au moins dix pays africains – un recul d'autant plus inquiétant que les céréales constituent la principale source d'énergie alimentaire pour les personnes les plus pauvres du monde. L'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (*International Food Policy Research Institute* – IFPRI) prévoit que la demande céréalière de tous les pays en développement augmentera d'environ 50 pour cent entre 1997 et 2020 [IFPRI, 2002]. Le document de l'IFPRI prédit en outre que les rendements céréaliers moyens des régions en développement passeront de 1,9 à 1,2 pour cent/an entre 1997 et 2020, alors que la demande de viande augmentera de plus de 90 pour cent. Du point de vue nutritionnel, les céréales sont mieux utilisées quand elles nourrissent directement des êtres humains plutôt que des animaux qui sont ensuite transformés en viande pour la consommation humaine. À moins que tous les bestiaux élevés pour la viande ne se nourrissent de pâturages naturels, les ressources alimentaires seraient bien mieux utilisées si tous les êtres humains devenaient végétariens ! L'IFPRI avance la sombre prédiction que la Chine et l'Inde, les deux pays du monde les plus populeux (ils représentent à eux deux presque un tiers de l'humanité) deviendront d'ici 2020 des importateurs nets de céréales [IFPRI, 2002].

L'agriculture durable : statique ou dynamique ?

L'agriculture ne peut pas être considérée comme durable si sa production est insuffisante, en quantité ou en qualité, pour assurer des conditions de vie saines à toutes les personnes qui en dépendent. L'agriculture durable doit être évaluée à l'aune de critères dynamiques, et non statiques. Le simple maintien du statu quo ne peut pas garantir la sécurité alimentaire de populations en

croissance. Des bilans fiables montrent que plus de cinq millions d'enfants d'âge préscolaire meurent chaque année, dans le monde, de maladies causées ou aggravées par la malnutrition [IFPRI, 2002]. La morosité des analyses et des prévisions entourant l'alimentation et l'agriculture se fonde sur plusieurs constats :

a. Égoïstement, les riches de la planète refusent d'adopter des habitudes de consommation plus conservatrices et de partager plus équitablement les ressources essentielles ;
b. Pour conserver leur pouvoir et leur influence, les politiciens investissent plutôt dans les armes que dans l'implantation et le maintien de systèmes plus efficaces de production et de distribution alimentaires et agricoles ;
c. Certains groupes sectaires se montrent beaucoup plus empressés d'imposer leur idéologie au reste de l'humanité que de contribuer à l'atténuation de la pauvreté et des inégalités sociales et économiques ;
d. Des autorités autoproclamées appuient l'adoption de principes de production très spécifiques ou de systèmes de production généraux censés convenir durablement à l'ensemble de la planète.

L'agriculture durable au Royaume-Uni

Établi par une commission d'orientation sur le futur de l'agriculture et de l'alimentation, un rapport soumis au ministre de l'Environnement, de l'alimentation et du développement rural de la Grande-Bretagne annonce d'emblée les objectifs à atteindre et les conditions à mettre en place pour assurer l'avenir alimentaire et agricole [PCFFF, 2002].

a. Les secteurs agricoles et alimentaires de la Grande-Bretagne doivent être rentables et compétitifs au niveau international, assurer une bonne gestion de l'environnement, et procurer des aliments sains, nutritifs et accessibles aux consommateurs de tous les groupes de revenu.
b. La production, la transformation et la commercialisation doivent être intégrées ; les communications entre ces différents secteurs doivent être améliorées.
c. Le gouvernement est responsable de l'innocuité des aliments, des politiques alimentaires, du bien-être des animaux et de la protection de l'environnement.
d. Les politiques publiques doivent reconnaître l'interdépendance des villes et des campagnes.

Le rapport compare ensuite cet idéal à la situation actuelle, qui se présente de la façon suivante.

a. Les secteurs agricoles et alimentaires de la Grande-Bretagne suivent actuellement une voie qui ne peut pas être maintenue à long terme.

b. À cause des subventions et des mesures de soutien des prix imposées par la Politique agricole commune de l'Union européenne, les consommateurs de la Grande-Bretagne et de l'UE paient leurs aliments plus chers que le reste du monde – un fardeau particulièrement lourd à porter pour les plus pauvres d'entre eux.

c. L'environnement rural a été endommagé par des années de production agricole intensive ; si certains agriculteurs ont adopté des pratiques respectueuses de l'environnement, la plupart ne peuvent pas se permettre, financièrement, d'en faire autant.

d. Alors que les « objectifs » plaident en faveur d'une meilleure intégration des activités, on constate des hiatus importants entre les producteurs agricoles, les transformateurs et les détaillants. Les lacunes dans les relations et les communications intersectorielles nuisent à l'efficacité d'ensemble.

e. Les consommateurs britanniques doutent de la qualité et de l'innocuité des aliments qu'ils achètent.

f. Une bonne partie des problèmes de santé observés chez les Britanniques s'explique par une consommation excessive d'aliments peu recommandables.

g. L'agriculture a perdu de son importance en tant qu'activité économique et la part des agriculteurs dans les prix au détail a baissé. Le secteur alimentaire et agroalimentaire dans son ensemble représente environ 8 pour cent du PIB, contre moins de 1 pour cent pour l'agriculture.

h. L'agriculture est un secteur hautement concurrentiel ; les agriculteurs doivent améliorer leurs communications avec les consommateurs.

i. Plus de 90 pour cent des aliments sont achetés dans les supermarchés, ce qui confère à ces points de vente un pouvoir démesuré sur les agriculteurs et les consommateurs.

j. Le gouvernement doit soutenir l'agriculture et les systèmes alimentaires plus durables et plus efficaces du point de vue économique. Le rôle du gouvernement consiste à favoriser les changements essentiels, pas à financer la stagnation ou à protéger le statu quo.

Le rapport analyse dans le détail tous les problèmes abordés dans la formulation des « objectifs » et dans le bilan de la « situation actuelle ».

L'Initiative pour le développement durable dans l'agriculture (SAI)

Unilever et Nestlé, deux entreprises d'envergure, ont lancé il y a quelques années l'Initiative pour le développement durable dans l'agriculture (*Sustainable Agriculture Initiative* – SAI). Depuis, une vingtaine de transformateurs alimentaires et entreprises connexes de l'agroalimentaire ont adhéré à ce programme. Bien qu'ils partagent certaines données d'ordre général, chacun des participants poursuit en toute indépendance ses propres projets de recherche-développement sur l'agriculture durable et s'intéresse en priorité aux matières premières les plus importantes pour ses propres produits.

La qualité des aliments transformés dépend en grande partie des propriétés biochimiques et biophysiques des matières premières d'origine. Les caractéristiques de ces matières premières sont fonction du patrimoine génétique, du degré de maturité atteint au moment de la récolte, des conditions de manutention, d'entreposage et de transport après la récolte, et des techniques de traitement mises en œuvre dans les entreprises du secteur alimentaire. L'Initiative pour le développement durable dans l'agriculture s'est fixé pour objectif d'établir et de maintenir une étroite coopération entre les producteurs agricoles et les transformateurs pour améliorer ou, si nécessaire, réorienter, les pratiques agricoles afin de garantir aux entreprises de transformation des approvisionnements en matières premières qui présentent des caractéristiques bien précises. La SAI favorise les pratiques agricoles qui évitent le gaspillage des ressources essentielles, protègent les terres, l'eau et l'environnement, et garantissent la qualité et l'innocuité de toutes les matières premières. Les objectifs de cette Initiative sont notamment les suivants.

a. Réduire le risque associé aux résidus dangereux tels que pesticides, hormones et polluants nuisibles.

b. Garantir la sécurité des conditions de travail dans les exploitations agricoles.

c. Accroître et préciser les connaissances et les savoir-faire des agriculteurs.

d. Préserver la fertilité des sols ; enrayer l'érosion ; favoriser les façons culturales (méthodes aratoires) les moins perturbatrices et les moins coûteuses en ressources.

e. Promouvoir les systèmes agricoles qui réduisent au minimum la production de déchets ainsi que la pollution des environnements voisins.

f. Réduire l'utilisation des pesticides chimiques par l'utilisation de méthodes biologiques et de biopesticides.

g. Utiliser les engrais chimiques de la manière la plus restreinte et la plus efficace possible.

h. Protéger et conserver les ressources hydriques rares.

i. Limiter au strict minimum la consommation énergétique provenant de ressources non renouvelables.

j. Étudier les sources d'énergie susceptibles de remplacer les combustibles fossiles à un coût acceptable.

k. Protéger la biodiversité et les habitats sauvages ainsi que la santé et le bien-être de tous les animaux de ferme.

l. Mettre en œuvre des systèmes de production ne représentant aucune menace pour l'environnement.

m. Accroître la productivité et la rentabilité des fermes ; augmenter les rendements des cultures ; réduire les pertes dans les champs et après les récoltes.

n. Élaborer des systèmes agricoles efficaces reposant sur l'analyse systématique et sur la modélisation de tous les paramètres biologiques, technologiques, sociaux et économiques actuels et potentiels.

L'objectif premier de la SAI est d'assurer la disponibilité à long terme des matières premières agricoles indispensables aux procédés industriels des transformateurs concernés : elles représentent plus des deux tiers du total des matières premières utilisées par ces entreprises. L'adhésion des participants de la SAI aux objectifs énoncés ci-dessus est digne d'éloges. Ces membres sont motivés par la nécessité d'endiguer la détérioration massive des terres arables. En prenant part au projet, ils sont conscients du fait que l'expansion des villes et des zones industrielles accapare des terres autrefois disponibles pour l'agriculture, et ils reconnaissent la nécessité de protéger la biodiversité, les réserves naturelles et les habitats sauvages. La SAI entend répondre à la pénurie mondiale d'eau douce, sachant que l'agriculture consomme près de 80 pour cent de l'approvisionnement total planétaire. L'Initiative prend acte de la concurrence croissante que les villes et les zones industrielles livrent à l'agriculture, de la pollution des eaux souterraines et superficielles par les produits chimiques agricoles et les effluents municipaux et industriels, et des pluies acides causées par les émissions toxiques des entreprises.

Guidés par des objectifs généraux de « durabilité », les participants à la SAI privilégient dans leur recherche-développement les cultures et les animaux d'élevage particulièrement cruciaux pour les procédés mis en œuvre dans leurs entreprises respectives. Ainsi, Unilever s'intéresse avant tout au thé, à l'huile de palme, aux produits de la pêche ainsi qu'à différents légumes ; Nestlé

travaille essentiellement sur le lait, le café, le sucre et le cacao ; Danone étudie les céréales et les plantes fourragères. L'intérêt que les participants de la SAI portent à la protection de l'environnement et à la conservation des ressources se manifeste également dans les modalités d'exploitation de leurs usines, notamment en ce qui concerne les économies d'eau et d'énergie, la réduction et le recyclage des emballages et des déchets, et l'élimination des produits réfrigérants et autres matières potentiellement nuisibles pour la protection et la conservation de l'atmosphère et de l'environnement.

Bien qu'elles soient abondamment diabolisées par les militants opposés à la mondialisation, nombreuses sont les entreprises transnationales du secteur alimentaire et agroalimentaire qui se comportent vis-à-vis de la conservation des ressources critiques, de la protection de la biodiversité, des écosystèmes et autres milieux fragiles, et vis-à-vis de l'amélioration des économies rurales et des pratiques agricoles, d'une manière plus responsable que ne le font certains gouvernements qui, en subventionnant leurs propres agriculteurs et en prenant d'autres décisions dommageables pour les écosystèmes et les habitats naturels, en particulier en ce qui a trait à l'exploitation du pétrole et des forêts, détruisent des milieux naturels et portent atteinte à la biodiversité. Les gouvernements et les organismes de développement auraient avantage à adhérer à l'orientation prise par la SAI – à savoir, l'intégration économique et holistique de toutes les activités et de tous les procédés logistiques constitutifs des systèmes alimentaires qui respectent l'environnement et qui reposent sur la chaîne complète de la production, depuis la mise en œuvre de pratiques durables au niveau de l'exploitation agricole jusqu'à l'approvisionnement des consommateurs en aliments sains et nutritifs.

La recherche agricole internationale : le GCRAI

Genèse et évolution

La Banque mondiale a publié un document relatant la fondation ainsi que les premières années du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI ; *Consultative Group on International Agricultural Research* – CGIAR) [Baum, 1986]. D'autres publications décrivent l'essor et les activités du GCRAI et des Centres internationaux de recherche agricole (CIRA) qu'il appuie [ICSU-CASAFA, 1991 ; Hulse, 1995 ; CGIAR, 2002]. Les rapports annuels du GCRAI et des CIRA sont disponibles auprès du secrétariat du GCRAI, à la Banque mondiale, à Washington.

Tous les centres de recherche du GCRAI affirment leur adhésion aux pratiques et systèmes agricoles durables [CGIAR, 2002]. Mais leur objectif

premier est-il d'atteindre eux-même la durabilité, ou d'œuvrer à ce que les organismes agricoles nationaux, les agriculteurs des pays en développement et les populations qu'ils desservent s'inscrivent dans la durabilité ? Cela n'est pas toujours clair.

Le GCRAI est né de recherches agricoles parrainées par les fondations Rockefeller et Ford. En 1943, la Fondation Rockefeller a lancé au Mexique un programme d'amélioration des haricots et des céréales qui a permis l'élaboration de phénotypes de blé semi-nains à haut rendement. En 1963, ce programme a débouché sur la fondation du Centre international d'amélioration du maïs et du blé (*Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo* – CIMMYT). Les deux fondations ont établi en 1960 l'Institut international de recherche sur le riz (*International Rice Research Institute* – IRRI) aux Philippines. Elles ont ensuite mis sur pied deux centres de recherche sur l'agriculture tropicale, l'un au Nigéria, et l'autre en Colombie.

Le GCRAI a été fondé en 1971. Il s'agissait à l'époque d'un regroupement informel d'organismes donateurs et d'agences de développement, sans existence juridique. Dès le départ, la Banque mondiale a fourni au Groupe des services de secrétariat. Les analyses et recommandations scientifiques proviennent du Comité technique consultatif (CTC), un groupe international de scientifiques chevronnés, dont la composition n'est pas fixe, et dont le secrétariat est établi dans les locaux de la FAO, à Rome.

En 1971, onze membres ont fourni 15 millions de dollars pour appuyer les quatre Centres internationaux de recherche agricole (CIRA) en exercice. En 1976, le GCRAI comptait 26 donateurs qui ont versé 63 millions de dollars aux quatre CIRA d'origine ainsi qu'aux sept Centres qui se sont ajoutés à eux au fil des ans. En 1992, le GCRAI comptait 40 membres et disposait d'un budget de près de 300 millions de dollars lui permettant d'entretenir un réseau de 16 CIRA et de programmes connexes. Le Rapport annuel 2002 du GCRAI dresse la liste des 62 membres donateurs, y compris trois instances marraines : la Banque mondiale, la FAO et le PNUD. Il précise que le GCRAI regroupait alors 16 CIRA totalisant plus de 8 500 scientifiques et employés de soutien. (Une communication privée indique qu'en 2004, les 63 membres du GCRAI ont fourni plus de 400 millions de dollars pour financer 15 centres et programmes.) Le Rapport 2002 renvoie à cinq priorités énoncées lors du Sommet de Johannesburg de 2002 : l'eau, l'énergie, la santé, l'agriculture, la biodiversité. Ayant décrit rapidement les activités de chacun des CIRA, le Rapport fait état des programmes « Défis » (*Challenge Programmes*), auxquels participent plusieurs CIRA, et qui s'intéressent particulièrement aux thèmes suivants : a. l'eau et la nourriture (accroissement de la productivité de l'eau

pour l'alimentation et les moyens d'existence) ; b. les cultures biofortifiées visant l'amélioration de l'alimentation humaine (la production de plantes contenant des teneurs supérieures à la normale en certains micronutriments, ou oligoéléments, par exemple la vitamine A, le fer ou le zinc). Le Rapport présente également le Global Conservation Trust, un organisme co-parrainé par le GCRAI et la FAO, et dont la mission consiste à octroyer des fonds pour assurer la conservation des ressources génétiques culturales de banques de gènes réparties dans le monde entier afin de garantir le maintien de la diversité dans les cultures alimentaires majeures. Le document fait mention d'une publication de l'Institut international de recherche pour la paix d'Oslo selon laquelle, entre 1989 et 1997, la plupart des grands conflits militaires et civils du monde ont éclaté dans des régions hautement dépendantes de l'agriculture [CGIAR, 2002].

En 1989, un groupe de travail convoqué à la FAO par le Comité technique consultatif (CTC) du GCRAI, et dont faisaient partie des représentants des CIRA et de plusieurs organismes donateurs, concluait que les instances du GCRAI avaient accordé dans leur ensemble beaucoup d'attention à la production agricole et aux systèmes de cultures et d'élevage – mais qu'elles avaient en grande partie ignoré les systèmes d'après-production, y compris la sélection en vue de l'obtention de propriétés fonctionnelles essentielles pour les transformateurs alimentaires.

Objectifs initiaux et évolution du GCRAI

Le GCRAI et le CTC ont convenu à l'origine que les CIRA consacreraient leurs recherches à l'amélioration des cultures représentant l'essentiel de l'alimentation dans les pays en développement, par exemple le riz, le blé, le maïs, le sorgho, certaines légumineuses, le manioc, la pomme de terre et d'autres plantes racines. D'autres CIRA ont été créés ensuite pour effectuer des recherches sur l'élevage et la santé du bétail, la pêche, la foresterie, l'agroforesterie, les bananes. Un centre a également été mis sur pied pour recueillir et classifier des ressources phytogénétiques et contribuer à la conservation de la biodiversité. Chacun des CIRA qui travaillent sur des plantes alimentaires bien précises possède de vastes banques de plasma germinatif représentant une diversité génétique considérable. Les programmes nationaux de développement et de recherches agricoles peuvent se procurer des génotypes et des phénotypes d'espèces culturales correspondant à leurs besoins et à leurs systèmes écologiques. Chaque centre offre en outre des formations dans les disciplines et activités se rapportant à ses programmes de recherches. En définitive, le GCRAI et ses CIRA ont rassemblé la collection de ressources

phytogénétiques la plus diverse et la plus vaste du monde : elle comprend quelque 750 000 spécimens classés.

Amplement médiatisées sous le nom de « Révolution verte », les premières percées de l'IRRI et du CIMMYT reposaient sur les techniques mendéliennes de reproduction des plantes et, plus particulièrement, la conversion de la biomasse synthétisée des parties végétatives de la plante en grains comestibles. Les sélectionneurs ont également développé et diffusé des types de riz qui mûrissent plus rapidement que les variétés traditionnelles. Depuis, les riziculteurs peuvent planter et moissonner deux ou trois récoltes de riz par an sur les mêmes parcelles. La production de riz a plus que doublé en Asie dans les années 1960 et 1970 ; les récoltes indiennes de blé sont passées de 11 millions de tonnes en 1961 à 70 millions de tonnes en 2002.

Au début, certains observateurs ont reproché à ces méthodes d'accroissement des rendements de favoriser les producteurs à grande échelle beaucoup plus que les petits producteurs disposant de ressources modestes. L'histoire mondiale du progrès technologique montre cependant que les techniques novatrices sont toujours adoptées et mises en œuvre, dans un premier temps, par les personnes et les entreprises possédant des ressources suffisantes pour supporter le risque inhérent aux investissements touchant des pratiques encore mal connues. À terme, toutefois, la plupart des riziculteurs asiatiques ont adopté les cultures à rendement supérieur et les technologies de production connexes [Chandler, 1982 ; Baum, 1986 ; ICSU-CASAFA, 1991 ; Swaminathan, 1999].

La recherche sur les systèmes d'exploitation agricole

Dans les années 1970, un programme a permis aux scientifiques de l'Institut international de recherche sur le riz (*International Rice Research Institute* – IRRI) d'établir les bases conceptuelles de la recherche moderne sur les systèmes d'exploitation agricole. (Ne touchant à l'origine que quelques agriculteurs des Philippines, ce programme a graduellement été étendu à plusieurs centaines de riziculteurs de 12 pays d'Asie.) Traditionnellement, les recherches agricoles occidentales sont menées dans des fermes expérimentales jusqu'à l'obtention de résultats suffisamment prometteurs pour être transmis aux agriculteurs par les services de diffusion des connaissances et de vulgarisation. À l'inverse, la recherche sur les systèmes d'exploitation agricole de l'IRRI part de l'évaluation des possibilités, contraintes et risques d'un accroissement potentiel de la production par l'adoption de nouveaux types culturaux et de nouvelles technologies agricoles. La première étape de cette méthode

consiste donc à réaliser un bilan analytique des ressources biologiques, technologiques, physiques, financières, économiques et écologiques déjà présentes dans les différentes collectivités agricoles. Ensuite, la deuxième étape consiste à déterminer la manière dont certaines technologies plus productives pourraient être implantées sans dépasser un certain seuil de risque, puis à définir les ressources nécessaires à cette implantation. La méthodologie de l'IRRI concernant les systèmes d'exploitation agricole a grandement contribué à accroître la production agricole tout en conservant les ressources économiques et écologiques des agriculteurs [CRDI, 1981 ; Chandler, 1982 ; Zandstra *et al.*, 1981] (Voir également l'étude de cas du chapitre 11).

Avantages estimés

Evenson et Gollin [2003] ont estimé les résultats obtenus grâce à ce qu'il est convenu d'appeler les « variétés à haut rendement (VHR) » ou « variétés modernes (VM) » des cultures alimentaires dans les pays en développement. Ils comparent l'évolution du rendement et de la production totale dans la première phase de la révolution verte (1961–1980) et dans sa seconde phase (1981–2000). Ils calculent également l'incidence des VM, qui ont été développées pour l'essentiel par le GCRAI et les CIRA. De 1961 à 1980, les VM représentaient 21 pour cent de l'augmentation du rendement et 17 pour cent de l'accroissement de la production ; de 1981 à 2000, elles représentaient 50 pour cent de l'augmentation du rendement et 40 pour cent de l'accroissement de la production. Les hausses attribuables aux VM sont particulièrement remarquables en Asie, au Moyen-Orient et en Amérique latine. Les VM ont par contre peu apporté à l'Afrique subsaharienne, où l'accroissement des récoltes s'explique plutôt par l'augmentation des superficies cultivées. Utilisant un modèle de simulation mathématique, les auteurs estiment que, sans les VM, les rendements des cultures alimentaires auraient baissé dans les pays en développement entre 1960 et 2000. Ils ajoutent que, toujours dans l'hypothèse où les VM n'auraient pas été implantées, les prix alimentaires seraient aujourd'hui bien plus élevés qu'ils ne le sont, et ce, dans le monde entier [Evenson et Gollin, 2003].

Le transfert des projets de recherche à des programmes nationaux

Une initiative mise sur pied par le Centre international de la pomme de terre (*Centro Internacional de la Papa* – CIP) et poursuivie par l'IRRI confie en sous-traitance des programmes et projets à des institutions nationales de

recherche agricole de pays en développement. Les CIRA ont formé des milliers de scientifiques dans les pays pauvres ; la plupart sont retournés dans leurs pays d'origine, mais sans disposer des fonds et des ressources nécessaires pour mettre en œuvre les connaissances et les compétences qu'ils avaient acquises. Le transfert de projets et programmes d'un CIRA à une instance nationale de recherche vise plusieurs objectifs : a. faire baisser les coûts d'exploitation, car les scientifiques des pays en développement « coûtent » moins cher que leurs homologues étrangers ; b. accroître les ressources et renforcer les capacités des programmes nationaux. Pour que l'agriculture réponde vraiment aux besoins des Africains, des Asiatiques et des Latino-américains, les ressources et les responsabilités devraient être systématiquement transférées du GCRAI et des CIRA vers les institutions et les programmes nationaux.

Les modifications génétiques

Modifications génétiques et lutte contre les ravageurs

Qu'elles soient sauvages ou cultivées, toutes les cultures sont exposées à des agressions : prédation des ravageurs, infestation de parasites, infections. Les agresseurs les plus redoutables sont les mauvaises herbes et autres plantes qui livrent concurrence aux cultures, les arthropodes (insectes, acariens et araignées), les champignons, les virus et les bactéries pathogènes. Les prédateurs et les ravageurs abîment les organes reproducteurs et les parties végétatives des plantes ; les pathogènes causent des maladies qui les affaiblissent ; les mauvaises herbes parasitaires ou concurrentes privent les cultures de nutriments essentiels ; les oiseaux, rongeurs et insectes détruisent en tout ou partie les cultures dans les champs ou après la récolte. Depuis d'innombrables millénaires, les plantes sauvages élaborent des mécanismes et synthétisent des substances (les « pesticides naturels ») qui les aident à se protéger de leurs ennemis. Entre autres mécanismes de résistance biophysique, la plante peut par exemple se doter de tissus trop robustes ou trop fibreux pour permettre la pénétration des agresseurs. Les substances biochimiques de protection sont synthétisées par les plantes pendant leur croissance : certaines sont toxiques ; d'autres repoussent des catégories bien précises de ravageurs.

Les plantes cultivées et les ravageurs entretiennent entre eux des relations dynamiques. Les ravageurs mutent pour contourner les mécanismes naturels de résistance des plantes et s'adapter aux pesticides chimiques au point de les tolérer. Pour se protéger, les plantes doivent muter à leur tour de manière à modifier leurs mécanismes défensifs. C'est dans les plantes sauvages que les résistances attribuables à l'évolution sont les plus stables, car ces espèces

végétales s'adaptent moins rapidement que les insectes et les microbes. Les plantes cultivées peuvent être protégées de plusieurs manières : par des modifications génétiques ; par des pratiques culturales ciblées telles que la culture intercalaire (des plantes qui ne sont pas vulnérables aux ravageurs visés font obstacle à leur propagation entre individus d'une même espèce) ; par des moyens de lutte biologiques (propagation et libération d'organismes ennemis des ravageurs visés) ; par des pesticides chimiques ou des biopesticides répulsifs ou toxiques pour un spectre plus ou moins large de ravageurs. La protection par sélection mendélienne classique consiste à hybrider un génotype vulnérable et un type résistant à un ou plusieurs ravageurs. Les techniques transgéniques modernes permettent de transférer (puis stabiliser) la résistance de certains organismes sauvages à des espèces cultivées auxquelles ils sont apparentés de loin (éloignés), voire non apparentés.

L'accroissement des rendements des céréales alimentaires par sélection mendélienne classique a atteint ses limites pratiques dans les années 1980 : le rendement des récoltes s'est alors mis à plafonner. En collaboration avec l'IRRI, la Fondation Rockefeller a établi et soutenu un programme international d'élaboration de techniques visant à transférer des gènes bénéfiques entre organismes éloignés, voire non apparentés. La Fondation s'est acquis la collaboration active d'un groupe international de généticiens d'expérience qui ont travaillé à l'élaboration de moyens novateurs permettant de transférer des gènes entre espèces non interfécondes. L'objectif premier de ces recherches était d'accroître les résistances héréditaires du riz cultivé.

Des 24 espèces identifiées du genre *Oryza*, deux seulement sont cultivées en tant que plantes alimentaires : *Oryza sativa* et *Oryza glabberima*. Depuis la nuit des temps, les 22 espèces sauvages d'*Oryza* développent dans leurs gènes des résistances héréditaires à des prédateurs et des pathogènes qui restent dangereux pour les espèces cultivées. Le but du programme Rockefeller/IRRI était de transférer des gènes codant pour certaines résistances bien précises des espèces d'*Oryza* sauvages à des espèces cultivées, permettant ainsi aux riziculteurs d'utiliser moins de pesticides chimiques. Considérant l'extrême phobie que certains militants particulièrement persuasifs éprouvent envers tout produit chimique, convaincus qu'ils sont que n'importe quelle substance d'origine biologique est intrinsèquement moins toxique et nuisible pour la santé humaine que les produits chimiques et de synthèse, la Fondation Rockefeller et l'IRRI avaient de bonnes raisons de chercher à réduire l'utilisation des pesticides chimiques.

Malheureusement, certaines entreprises transnationales du secteur agrochimique ont adopté les nouvelles techniques transgéniques pour accroître

la tolérance des plantes alimentaires cultivées aux herbicides chimiques, permettant ainsi aux agriculteurs les plus riches d'utiliser des doses d'herbicides supérieures à la normale afin de se débarrasser des mauvaises herbes. Ces modifications transgéniques commerciales ont par conséquent été mises en œuvre, non pas pour réduire, mais pour accroître la demande des pesticides chimiques.

Composés de biologistes d'expérience, deux comités internationaux ont souligné le fait que l'implantation transgénique d'une résistance précise dans une plante cultivée modifie la biochimie de cette plante : celle-ci se met à synthétiser les substances nouvelles, étrangères à sa constitution – des substances toxiques ou répulsives pour certains ravageurs. Le programme Rockefeller/IRRI portait spécifiquement sur le riz cultivé, une céréale qui procure aux Asiatiques plus de 70 pour cent de leur énergie alimentaire. La plus grande partie du riz qui pousse dans les petites exploitations agricoles d'Asie est cultivée, récoltée, distribuée et mangée sans jamais faire l'objet d'une quelconque vérification de la part d'un organisme de réglementation alimentaire.

Il y a quelques années, des producteurs de pommes de terre de la Grande-Bretagne et des États-Unis ont croisé des variétés cultivées avec des espèces sauvages péruviennes pour leur transférer une résistance à certains ravageurs. Fort heureusement, mais par pur hasard dans les deux cas, des scientifiques ont constaté, avant que les pommes de terre hybrides ne soient acheminées jusqu'aux agriculteurs et aux consommateurs, que la résistance en question s'expliquait par des concentrations excessives et dangereuses d'un alcaloïde neurotoxique. Les types résistants créés par les croisements ont été immédiatement retirés du marché et détruits. Se rappelant ces cas, les deux comités ainsi qu'un groupe de travail convoqué par la Direction des aliments et des drogues du Canada ont recommandé aux sélectionneurs de riz de prendre la précaution, avant de diffuser de nouveaux hybrides transgéniques, de procéder à des analyses biochimiques visant à déterminer la composition des substances synthétisées pour permettre à la plante de résister aux ravageurs, et visant aussi à cerner le lieu de leur accumulation dans la plante (grains comestibles ou parties végétatives). Dans l'éventualité où ces substances s'accumuleraient dans les grains comestibles, des études toxicologiques et nutritionnelles devaient être réalisées pour déterminer si les concentrations constatées pouvaient nuire à la santé des consommateurs. Si cet avis n'avait pas été complètement ignoré, le vent d'opposition qui s'est ensuite levé contre les cultures génétiquement modifiées n'aurait certainement pas été aussi fort ni aussi convaincant ; au total, il aurait moins freiné le déploiement des avantages que les modifications génétiques peuvent procurer quand elles sont

utilisées avec prudence [ICSU-CASAFA, 1991 ; Santé et bien-être social Canada, 1989 ; Hulse, 1995].

L'adoption des cultures génétiquement modifiées

Un rapport récent de Clive James, un phytopathologiste canadien, souligne qu'en 2005, 54 millions d'hectares (Mha) ont été ensemencés en soja génétiquement modifié (GM), 21 Mha en maïs GM, 9,8 Mha en coton GM et 4,6 Mha en colza canola GM. Environ 8,5 millions d'agriculteurs de 21 pays cultivent maintenant des plantes génétiquement modifiées. Les plus grands producteurs du monde sont les États-Unis, l'Argentine, le Brésil, le Canada et la Chine.

Fait inquiétant, James souligne que 71 pour cent des 90 Mha cultivés en plantes GM sont ensemencés en génotypes de soja, maïs, colza canola ou coton résistants aux herbicides. Si l'intention de départ du programme conjoint Rockefeller/IRRI sur les cultures génétiquement modifiées était de réduire la consommation de pesticides chimiques, on constate qu'en fait, les principaux bénéficiaires de ces percées sont des fabricants d'herbicides qui produisent aussi des semences résistantes aux herbicides. Le sel d'isopropylamine de glyphosate est le principal ingrédient actif de l'herbicide le plus utilisé. Or, la toxicité potentielle de cet ingrédient actif n'a pas encore été déterminée avec exactitude, pas plus que celle des autres ingrédients. En Amérique du Nord, les résidus de pesticide font l'objet de seuils maximums scientifiquement établis et de contrôles systématiques ; mais il n'en va pas de même dans tous les pays pauvres.

La mesure de l'innocuité des cultures génétiquement modifiées

Les campagnes et messages publicitaires qui s'opposent avec force à toute modification génétique, et qui émanent particulièrement des Européens, dont la survie n'est pas menacée par les pénuries alimentaires, pourraient entraver la recherche agricole future ainsi que la concrétisation de la sécurité alimentaire dans les pays pauvres. Il est plus facile d'établir la toxicité aiguë ou chronique d'un aliment ou d'un procédé que de garantir son innocuité absolue pour tous et en toutes circonstances. En raison de réglementations alimentaires très strictes, les populations des pays prospères bénéficient maintenant des approvisionnements alimentaires les plus sûrs de l'histoire de l'humanité : pour eux, l'innocuité alimentaire est plus élevée qu'elle ne l'a jamais été. Mais la concordance n'est pas toujours parfaite entre l'innocuité telle qu'elle est démontrée par les analyses scientifiques fiables et l'innocuité

telle qu'elle est perçue par des consommateurs influencés par de véhéments propagandistes.

Les possibilités d'améliorer les cultures par sélection moléculaire et techniques transgéniques méritent que les sciences s'y penchent d'une manière attentive et responsable. Dans les années 1990, selon les estimations, plus de 600 pesticides chimiques différents ont été vendus dans le monde entier, pour une valeur totale d'environ 22 milliards de dollars par an [Dekker, 1991]. Dans les pays de l'Union européenne, de l'Amérique du Nord et de l'Océanie, l'utilisation agricole de pesticides fait l'objet de contrôles stricts ; de plus, la loi impose des seuils maximums pour les résidus après récolte, lesquels sont mesurés de manière systématique. L'utilisation des pesticides est moins rigoureusement encadrée dans les pays pauvres ; de nombreux cas d'intoxication ont été relevés chez des agriculteurs ou des consommateurs. Les pesticides à large spectre détruisent non seulement les espèces visées, mais aussi d'innombrables organismes inoffensifs et utiles. Il est rationnel et sensé d'induire des résistances héréditaires et de réduire ainsi l'utilisation des pesticides dangereux. Plusieurs protocoles scientifiquement rigoureux ont été publiés afin de garantir l'innocuité des cultures GM et des aliments qui en proviennent [Doyle et Persley, 1996 ; IFBC, 1990 ; IFST, 1996 ; IFT, 2000 ; IFT, 2001 ; OMS/FAO, 1993].

Les pesticides naturels

Des chercheurs ont estimé qu'on trouve dans les aliments vendus aux États-Unis quelque 5 000 « pesticides naturels », c'est-à-dire des substances que les plantes synthétisent elles-mêmes pour se protéger. Une grande partie de ces pesticides sont maintenant connus ; des scientifiques affirment néanmoins qu'on s'est encore trop peu intéressé aux dangers qu'ils pourraient représenter – toxicité chronique, cancérogénicité, mutagénicité (aptitude à induire des mutations dans l'ADN) et tératogénicité (capacité de provoquer des malformations congénitales) [Ames, 1983 ; Ames et Gold, 1990]. De nombreux programmes de sélection des plantes alimentaires visent notamment à éliminer ou, à tout le moins, à réduire d'une manière significative, les concentrations de « pesticides naturels » toxiques avérés – par exemple, la solanine, une neurotoxine présente dans les espèces sauvages de pommes de terre. La culture de plantes alimentaires privées de leurs protections naturelles exige nécessairement l'utilisation de quantités plus importantes de pesticides chimiques.

Les avantages potentiels des cultures GM

Une analyse complète des moyens de lutte contre les insectes ravageurs par la biologie moléculaire ou la modification transgénique conclut que ces techniques amélioreront le contrôle des ravageurs et faciliteront l'étude détaillée des populations d'insectes, de la cartographie génétique et des mécanismes de résistance des insectes et des cultures. En plus d'induire des résistances dans les espèces cultivées, les modifications génétiques pourraient, si elles étaient appliquées aux insectes, ouvrir pour l'avenir de nouvelles possibilités de lutte biologique contre les ravageurs [Evans, 1993].

Les modifications génétiques des cultures pourraient également présenter d'autres avantages.

a. Renforcement de la tolérance aux agressions abiotiques – La tolérance à la salinité peut être transférée des plantes de mangrove au riz et autres cultures alimentaires [Swaminathan, 2001]. Le transfert au riz de la tolérance à la salinité du sol permettrait d'accroître considérablement la superficie des terres asiatiques cultivables en riz.

b. Amélioration de la qualité nutritionnelle – Ces techniques permettraient d'obtenir des teneurs en acides aminés essentiels plus intéressantes dans les céréales et les protéines des légumineuses, mais aussi d'élever la teneur de certains aliments en micronutriments actuellement insuffisants dans le régime alimentaire de nombreux pays pauvres [Swaminathan, 2000, 2001].

c. Obtention de propriétés fonctionnelles permettant d'élargir les possibilités d'action dans les procédés industriels alimentaires et autres – Des scientifiques de l'Institut de biotechnologie des plantes de Saskatoon, au Canada, ont réussi à modifier les propriétés biochimiques et biophysiques d'amidons céréaliers afin de diversifier leurs possibilités d'applications industrielles [Davis *et al.*, 2003 ; Demek *et al.*, 2000].

Ce ne sont là que quelques-unes des modifications agronomiques, nutritionnelles et technologiques des cultures alimentaires qui pourraient accroître la productivité et les possibilités d'utilisation des plantes comestibles au bénéfice des pays les plus pauvres. En Asie, en Afrique et en Amérique latine, la sécurité alimentaire future de plusieurs centaines de millions de personnes ne peut pas être garantie sans la mise en œuvre d'améliorations majeures des pratiques en vue de protéger et d'accroître les terres cultivables, d'augmenter les rendements des cultures et de réduire les pertes attribuables aux ravageurs et autres détériorations et agressions.

Remarques conclusives

Les méthodes et les objectifs considérés comme essentiels dans le cadre de l'agriculture durable diffèrent considérablement selon le praticien ou l'analyste consulté. Ainsi que l'a judicieusement observé Harwood, il y a dans ce domaine autant de remèdes que d'experts. Les analystes des sociétés prospères devraient faire preuve d'une grande prudence quand ils proposent des remèdes à des populations pauvres vivant dans des écosystèmes fragiles. Certes, la biodiversité, les terres arables et les ressources hydriques doivent être conservées : cela ne fait aucun doute. Néanmoins, aucun système de production agricole, qu'il touche les plantes ou le bétail, ne peut s'avérer durable en tout point du globe et dans tous les groupes humains. La méthodologie des systèmes d'exploitation agricole de l'IRRI constitue un bon exemple à suivre ; rappelons qu'elle consiste à acquérir une compréhension exacte et exhaustive des conditions existantes avant de proposer quelque amélioration que ce soit.

Indépendamment des nombreux avantages potentiels que des organismes génétiquement modifiés soigneusement conçus et développés pourraient présenter pour les agriculteurs, pour la sécurité alimentaire et pour la santé, une inquiétude tout à fait légitime s'exprime : les principaux bénéficiaires des produits agricoles GM seraient-ils en définitive les fabricants d'herbicides et de cultures alimentaires résistantes aux herbicides ? Au lieu que l'utilisation des pesticides chimiques régresse, les épandages d'herbicides ne font qu'augmenter.

En outre, des observateurs soulignent que certains fabricants de semences réalisent actuellement des expérimentations avec la technologie de restriction de l'utilisation génétique (*Genetic Use Restriction Technology* – GURT), également connue sous le nom de « biotechnologie Terminator ». Les plantes sont génétiquement modifiées pour produire des semences stériles, de sorte que les fermiers ne peuvent pas conserver une partie des graines récoltées pour leurs semailles ultérieures ; ils doivent au contraire racheter chaque année de nouvelles semences au fabricant. Cette pratique est condamnée par la Convention sur la diversité biologique conclue au Sommet de Rio. Certaines informations établissent toutefois que des entreprises cupides, ainsi que les politiciens qu'elles appuient et influencent, espèrent passer outre à cette Convention.

This page intentionally left blank

8
La sécurité alimentaire durable

Des définitions diverses

À l'instar du « développement durable », la « sécurité alimentaire » ne répond à aucune définition précise universellement reconnue. D'une manière générale, on peut toutefois considérer que la sécurité alimentaire est atteinte quand toutes les personnes, les familles et les collectivités bénéficient d'un accès permanent à des aliments de quantité, qualité et composition biochimique satisfaisantes du point de vue sanitaire et nutritionnel. Pour les experts de la Commission Brundtland, la sécurité alimentaire supposait un accès sûr à des ressources alimentaires et à des activités rémunératrices, y compris des réserves et des actifs permettant d'être à l'abri des risques, d'atténuer les chocs et de faire face à toutes les nécessités. Selon cette conception, la sécurité alimentaire pourrait consister en ce que toutes les personnes considérées aient accès à des stocks et des flux de nourriture et d'argent suffisants pour satisfaire leurs besoins nutritionnels de base. Tous les habitants de la planète n'ont pas à pratiquer l'agriculture de subsistance, mais ceux et celles qui ne produisent pas d'aliments en quantités suffisantes pour répondre aux besoins de leur famille devraient posséder les moyens d'acquérir des produits alimentaires satisfaisants du point de vue nutritionnel, facilement accessibles, et d'un coût raisonnable [Brundtland, 1987b ; ICSU-CASAFA, 1991].

Le rapport de la conférence internationale sur la nutrition tenue par la FAO et l'OMS en 1992 définit la sécurité alimentaire de la façon suivante : « La sécurité alimentaire, sous sa forme la plus fondamentale, peut être définie comme l'accès de tous, en tout temps, aux aliments nécessaires pour mener une vie saine. La sécurité alimentaire doit être envisagée dans une triple dimension. En premier lieu, il est nécessaire de garantir des approvisionnements sûrs et nutritionnellement adéquats, non seulement à l'échelle

nationale mais dans tous les foyers. En deuxième lieu, il faut que ces approvisionnements soient relativement stables d'une année à l'autre et tout au long de l'année. Enfin – et c'est là l'aspect le plus important – chaque ménage doit avoir les moyens matériels, sociaux et économiques de se nourrir correctement [...]. »

Tous les observateurs s'entendent sur les exigences de base devant être satisfaites pour assurer la sécurité alimentaire. Cependant, leurs points de vue divergent de manière significative dans leurs dimensions sémantiques et biologiques ; de plus, ils évoluent au fil du temps ; enfin, ils diffèrent d'un spécialiste et d'un organisme à l'autre dans la définition même de ce qui constitue un régime alimentaire satisfaisant du point de vue nutritionnel. Les publications non scientifiques ou quasi scientifiques omettent souvent d'établir clairement la distinction entre la faim, la malnutrition, la famine et l'inanition, mais aussi entre la faim chronique et la faim transitoire. Le terme « sécurité » provient du latin *securus* : « sûr, libre de toute inquiétude ou souci ». Les personnes qui ont le bonheur de bénéficier de la sécurité alimentaire sont à l'abri du risque de famine, d'inanition, de faim chronique et de malnutrition. La « famine » est un état de rareté alimentaire extrême frappant une population nombreuse. L'« inanition » est une privation involontaire de nourriture. La « malnutrition » se définit par une insuffisance ou un déséquilibre significatif dans la consommation des nutriments essentiels (du latin *nutrire*, nourrir). La « sous-nutrition » désigne parfois l'insuffisance des aliments. La « faim » est une sensation d'inconfort angoissant qui traduit le besoin de manger. La « faim transitoire » est une sensation qu'éprouve à l'occasion des personnes actives bénéficiant par ailleurs d'un bon appétit. La « faim chronique », par contre, est un état de souffrance et d'affaiblissement causé par une longue privation d'aliments en quantité ou en qualité suffisante pour maintenir une croissance et une activité saines [Hulse, 1995]. La Campagne contre la faim des années 1960, la Conférence mondiale de l'alimentation de 1974 (qui espérait éradiquer la faim avant 1984) et les objectifs du Millénaire de la FAO (qui prévoient réduire de moitié l'incidence de la faim entre 1990 et 2015) visaient ou visent tous l'atténuation de la malnutrition et de la faim chronique.

Environ 18 pour cent de la population mondiale (soit 800 millions de personnes, dont 200 millions d'enfants), 25 pour cent des habitants de l'Asie du Sud (300 millions de personnes) et 35 pour cent de ceux de l'Afrique subsaharienne (190 millions) souffrent de sous-nutrition selon les critères de définition retenus par les instances de l'ONU : leur apport calorique est inférieur au minimum indispensable pour mener une existence active et vivre en santé. En 1980, 30 pour cent de la population totale des pays à revenu

faible (PRF) souffraient de sous-nutrition. Ce chiffre était tombé à 18 pour cent en l'an 2000 [FAO, 2000].

Sécurité alimentaire, revenu et pauvreté

À la base, la sécurité alimentaire est déterminée par l'équilibre dynamique qui relie le revenu disponible, la demande, l'offre et la distribution. La production des cultures alimentaires, du bétail et des produits de la pêche doit augmenter progressivement pour satisfaire la demande et les besoins sans cesse changeants de populations en croissance. Des systèmes post-récolte efficaces et sûrs garantissant la protection, la préservation, la transformation et la distribution des produits doivent être intégrés économiquement aux systèmes de la production proprement dite. Au début des années 1960, les pays riches de l'OCDE regroupaient 34 pour cent de la population de la planète mais représentaient près de 90 pour cent du PNB mondial. En 1990, cette minorité prospère ne constituait plus que 16 pour cent de la population de la planète mais représentait encore 82 pour cent du PNB mondial. La période 1960–1990 a vu l'émergence de pays nouvellement industrialisés affichant un revenu intermédiaire, essentiellement en Asie de l'Est et en Amérique latine. Leur arrivée sur l'échiquier mondial des pays industrialisés a eu des répercussions considérables sur l'économie de la planète et sur l'évolution de la demande alimentaire. En 1990, les Asiatiques représentaient 52 pour cent de la population du monde ; en 2002, 59 pour cent. Dans les pays d'Asie, c'est la classe moyenne qui connaît l'expansion la plus rapide. Au passage, son régime alimentaire se diversifie ; en particulier, sa demande de produits d'élevage augmente.

L'insécurité alimentaire, la faim chronique et la sous-nutrition constituent tout à la fois de tristes conséquences et des indicateurs sûrs de l'extrême pauvreté. Les hommes et les femmes qui possèdent de l'argent, du pouvoir et des actifs négociables souffrent rarement de faim chronique. Quelle que soit la région du monde que l'on considère, il n'est pas fréquent que des politiciens gouvernementaux ou des généraux d'armée soient exposés à la faim chronique. La lutte contre l'insécurité alimentaire passe nécessairement par une augmentation des possibilités d'emploi rémunéré et par un accès plus équitable aux ressources et aux actifs essentiels, à l'intérieur de chaque pays comme entre eux.

Des points de vue changeants et contradictoires

« Dans les années 1950, écrit un observateur respecté, on pensait qu'une production agricole adéquate garantirait forcément une bonne alimentation, tant au niveau du marché qu'à celui des ménages. Dans les années 1970, il est devenu clair que la production et l'accessibilité ne pouvaient pas, à elles seules, assurer la sécurité alimentaire – car ceux et celles qui n'ont pas un revenu d'emploi constant et donc, un pouvoir d'achat minimal, ne peuvent pas non plus bénéficier d'une alimentation équilibrée. Aujourd'hui, il apparaît nettement que, même quand les aliments sont disponibles et accessibles, leur assimilation biologique exige la présence d'autres facteurs : eau potable, hygiène de l'environnement, soins de santé primaires, instruction » [Swaminathan, 2001].

S'appuyant sur ces considérations, la Fondation de recherche M. S. Swaminathan (*M. S. Swaminathan Research Foundation*) et le Programme Alimentaire Mondial de l'ONU ont publié un atlas de l'insécurité alimentaire de l'Inde rurale [Vepa et Bhavani, 2001]. Ce document témoigne de disparités importantes entre les États indiens dans la disponibilité des produits alimentaires, l'absorption des nutriments, la vulnérabilité face à la faim chronique et la production agricole durable. Il dresse également le bilan de facteurs non alimentaires tels que : les possibilités de revenu ; les infrastructures de soins de santé ; l'instruction ; les conditions sanitaires ; l'hygiène de l'environnement.

Pour les cultures comme pour les animaux d'élevage, la production change inévitablement d'une année sur l'autre à cause des variations climatiques, des précipitations (parfois insuffisantes, parfois excessives), et des destructions et dommages causés par les ravageurs, parasites et pathogènes. Pour contrebalancer les années de faibles récoltes, les gouvernements ou les instances régionales devraient garder des réserves qui permettraient de transférer les surplus des régions et des saisons d'abondance aux zones et aux périodes de pénurie. Le coût de ces réserves doit être considéré comme un investissement, une prime d'assurance, et non comme une dépense superflue.

La sécurité alimentaire n'est pas forcément synonyme d'autosuffisance alimentaire (laquelle se définit comme la capacité d'un pays à produire tous les aliments dont sa population a besoin). Nombreux sont les pays qui ne peuvent pas atteindre l'autosuffisance alimentaire et qui doivent par conséquent compter sur l'aide ou sur les importations en raison des conditions climatiques et topographiques, de l'état des sols, etc.

L'établissement d'infrastructures de conservation et de protection primaires des aliments dans les zones rurales fournissant les cultures et le bétail permettrait de réduire d'une manière substantielle les pertes d'après-récolte. Les produits échappant aux pertes pourraient alors accroître la quantité totale des aliments disponibles et renforcer la sécurité alimentaire.

Politiques publiques et sécurité alimentaire

Certains experts estiment la « sécurité alimentaire mondiale » en divisant la production alimentaire totale possible par le nombre des habitants de la planète. Cet exercice statistique est certes divertissant, mais présente-t-il un quelconque intérêt pratique ? L'équité de l'accès aux ressources de la planète constitue un objectif très souhaitable ; mais il n'a pas encore été atteint et ne le sera probablement jamais. Il n'est pas inintéressant de savoir que la production alimentaire mondiale des 50 prochaines années devrait dépasser le total produit depuis l'émergence de l'agriculture sédentaire, il y a environ 10 000 ans. Concrètement, toutefois, ce calcul n'est d'aucune utilité pour les gouvernements nationaux dans leur travail de planification à long terme. La mesure de la sécurité alimentaire et sa concrétisation ne peuvent se faire qu'au niveau d'un pays, d'une collectivité ou d'un ménage en particulier. C'est aux gouvernements locaux et nationaux que la responsabilité de ce processus incombe. Néanmoins, certains organismes internationaux peuvent aider les instances gouvernementales inexpérimentées ou encore mal outillées à définir les principaux paramètres et leur fournir l'aide au développement à long terme dont elles ont besoin.

Dans les années 1930, le Comité de la Société des Nations sur l'alimentation constatait qu'autrefois les progrès alimentaires résultaient essentiellement de tâtonnements instinctifs ne procédant pas d'une volonté manifeste, mais cherchant à améliorer la qualité de vie et accroître l'abondance. Mais aujourd'hui, ajoutait le Comité, nous avons besoin d'une planification des politiques alimentaires qui repose sur les dimensions suivantes : a. la consommation (rendre les aliments essentiels accessibles à tous) ; et b. les approvisionnements (la production et la répartition équitable de toutes les sources alimentaires essentielles) [Société des Nations, 1937]. Ce rapport plaidait en faveur de trois réorientations : a. l'attribution du statut de priorité nationale à la politique alimentaire ; b. l'amélioration et la diffusion de l'information sur l'alimentation humaine ; et c. l'implantation d'une répartition plus équitable du revenu car, observait le Comité, ce sont les plus pauvres qui souffrent des privations nutritionnelles les plus grandes.

Un comité du Conseil national de recherche des États-Unis (*US National Research Council*) abonde dans le même sens : « La malnutrition est attribuable notamment à l'absence de politiques et de programmes favorisant une meilleure utilisation des approvisionnements alimentaires disponibles [...]. Les gouvernements prennent constamment des décisions qui ont des répercussions sur la situation nutritionnelle, mais ils ne mesurent pas ces conséquences. Pour atténuer la faim et la malnutrition, il faut accroître la consommation des aliments les plus recommandables, réduire la pauvreté et accroître la stabilité des approvisionnements alimentaires » [NRC/NAS, 1977].

Les responsabilités gouvernementales

Les documents portant sur la sécurité alimentaire forment un volumineux corpus. La plupart d'entre eux avancent des causes et proposent des remèdes. À l'instar de nombreuses autres publications, les rapports de la Société des Nations considèrent que la sécurité alimentaire devrait constituer une priorité de tout premier plan dans les politiques gouvernementales. Reutlinger [1987] souligne que l'insécurité alimentaire est causée par des politiques macroéconomiques inadaptées et par certaines structures économiques et politiques locales qui empêchent les personnes et les ménages de se procurer les produits alimentaires indispensables à la satisfaction de leurs besoins. L'insécurité alimentaire peut être transitoire (d'une durée relativement brève) ou chronique (d'une durée assez longue) ; elle est la conséquence d'une mauvaise planification qui fait obstacle à la mise en œuvre des ressources nécessaires pour produire ou acheter des aliments de qualité adéquate en quantités suffisantes. La faim transitoire s'explique souvent par l'instabilité des systèmes de production alimentaire, par une augmentation subite du prix des aliments ou par une baisse soudaine du revenu familial. Quand elle s'aggrave ou qu'elle se prolonge, elle peut déboucher sur la faim chronique, parfois la famine. Plusieurs famines ont sévi alors que les réserves alimentaires étaient pleines : celle qui a frappé le Bengale en 1943 s'explique par l'augmentation du prix d'un nombre limité de produits alimentaires, mais qui sont alors devenus inaccessibles pour les pauvres.

Sen [1987] aborde la sécurité alimentaire sous l'angle des actifs et des capacités d'action ; pour bien se nourrir, les personnes et les familles doivent bénéficier d'un pouvoir d'achat suffisant et d'un accès adéquat aux produits alimentaires. La sécurité alimentaire ne dépend pas de la demande nationale agrégée ; elle découle de l'instauration et du maintien d'échanges justes dans le commerce international des biens et des services. Les pauvres doivent

compter sur l'aide alimentaire offerte par les programmes sociaux. La malnutrition et la faim chronique dépendent moins de l'approvisionnement alimentaire total du pays que du degré d'équité dans la répartition et l'accessibilité des ressources disponibles. Pour assurer la sécurité alimentaire de l'ensemble de leur population, tous les gouvernements doivent considérer les politiques agricoles et alimentaires comme des priorités de premier plan. Trop faibles pour travailler efficacement, les personnes qui souffrent de malnutrition finissent par représenter un fardeau financier pour leur économie nationale [Sen, 1987].

Les réserves alimentaires stratégiques

Certains observateurs reprochent aux stocks céréaliers stratégiques de ne pouvoir atténuer que l'insécurité alimentaire temporaire. De fait, leur objectif premier est de parer très rapidement aux pénuries régionales, nationales, locales ou saisonnières ; de stabiliser les prix des aliments ; et de contrecarrer les fluctuations dans l'offre et la disponibilité des produits. Généralement administrées par des organismes gouvernementaux, ces réserves permettent de conserver des quantités suffisantes pour des périodes bien précises et doivent être réapprovisionnées dès qu'elles passent en deçà d'un seuil minimal fixé d'avance. Essentiels dans les régions exposées à des sécheresses fréquentes, les stocks de sécurité procurent un soulagement de court terme ; ils ne peuvent toutefois pas être considérés comme une panacée pour l'insécurité alimentaire chronique.

Santorum et Gray [1993] dressent la liste des facteurs à prendre en considération dans la détermination des réserves minimales. Les stocks conservés dans l'enceinte de la ferme sont généralement tout juste suffisants pour répondre aux besoins de la famille d'une récolte à l'autre. Les pays qui ne peuvent pas se permettre de maintenir des réserves nationales ont toutefois la possibilité de se regrouper pour contribuer collectivement à des stocks alimentaires qui seront stratégiquement répartis sur les territoires des partenaires et mis à leur disposition en cas d'urgence. Dans les années 1980, la Communauté de développement d'Afrique australe (*Southern African Development Community* – SADC) a ainsi mis sur pied un programme régional de sécurité alimentaire prévoyant le maintien de stocks céréaliers auxquels les pays membres pouvaient puiser en cas de nécessité.

L'aide alimentaire

Dans certaines circonstances, l'aide alimentaire s'avère indispensable pour assurer la survie des populations et pour éviter les famines : pauvreté endémique empêchant de nombreuses personnes de s'acheter des produits alimentaires suffisants ; changements climatiques ; conflits civils ; autres perturbations entravant la production ou la distribution alimentaire. Le Programme Alimentaire Mondial (PAM) de l'ONU est l'instance la plus efficace pour distribuer l'aide alimentaire. Son mandat consiste à soulager les souffrances et appuyer le développement. L'aide alimentaire visant à soulager les souffrances permet notamment d'atténuer les crises qui frappent les populations – approvisionnements alimentaires interrompus par les guerres, troubles civils, migrations forcées, grandes catastrophes climatiques ou récoltes désastreuses. L'aide alimentaire visant à favoriser le développement consiste à procurer des aliments en rétribution d'un travail économiquement productif, ou pour soutenir les services sociaux de base. Cette forme d'aide alimentaire peut par exemple stimuler la production agricole à forte intensité de main-d'œuvre, la construction de routes, ou la mise en place d'infrastructures, d'équipements ou de services ruraux essentiels aux économies en développement. L'aide alimentaire contribue à la stabilisation du prix des aliments ainsi qu'à la santé des femmes enceintes ou allaitantes, des nourrissons et des enfants qui mangent à l'école.

C'est quand elle est administrée par le PAM que l'aide alimentaire est la plus efficace. S'ils sont mal conçus ou mal gérés, les programmes d'aide alimentaire bilatéraux peuvent même causer plus de tort que de bien. Souvent, la livraison tous azimuts des surplus céréaliers ou animaux des donateurs s'est traduite par un effondrement des prix et un repli de la production agricole dans les pays destinataires. L'aide alimentaire qui est administrée par les organismes bilatéraux vise souvent bien plus à servir les intérêts politiques et commerciaux du donateur qu'à soulager les souffrances des victimes de la malnutrition aiguë ou chronique.

Les conflits et troubles militaires, civils et interethniques, les migrations massives (par exemple, au Darfour) et les cataclysmes (tsunami ou autres) induisent depuis plusieurs années une augmentation majeure des besoins qui pèse d'un poids très lourd sur les ressources du PAM. Puisque les demandes massives d'aide alimentaire vont inévitablement perdurer, les organismes donateurs devraient inscrire en haut de la liste de leurs priorités l'octroi d'un soutien plus généreux et plus durable au Programme Alimentaire Mondial.

La satisfaction des besoins nutritionnels

Scientifiques et non scientifiques s'intéressent depuis très longtemps aux besoins nutritionnels et aux moyens de les combler. Les alchimistes ont cherché inlassablement, mais en vain, leur *elixir vitae*, l'élixir de longue vie. En Grande-Bretagne, vers la moitié du 19e siècle, l'excellence diététique se résumait aux « aliments les moins coûteux susceptibles de prévenir l'inanition et la maladie dans les périodes de grand chômage ». La Société des Nations cherchait plutôt à marier la santé et l'agriculture [Société des Nations, 1937]. Par tâtonnements, nos ancêtres les plus primitifs ont fini par découvrir que certains aliments se révélaient délicieux et digestibles tandis que d'autres étaient toxiques ou dangereux pour la santé ; au fil de leurs tentatives, ils ont ainsi tracé une ligne de démarcation entre les produits à rechercher et ceux qu'il valait mieux éviter. Si les préférences alimentaires actuelles varient considérablement d'un pays et d'une collectivité à l'autre, c'est que nos ancêtres s'alimentaient de plantes et d'animaux indigènes de leurs milieux naturels et de leurs climats.

Normes et recommandations diététiques

Les estimations des besoins nutritionnels humains ont été codifiées pour la première fois vers la deuxième moitié du 19e siècle. Depuis, la FAO et l'OMS ont parrainé d'innombrables rencontres, comités et groupes de travail chargés de déterminer les apports nutritionnels idéaux ; chacune de ces concertations a réévalué les recommandations antérieures à la lumière des connaissances nouvelles. Au moins 50 organismes nationaux, régionaux et internationaux conseillent des niveaux de consommation assez précis pour les nutriments essentiels. En général, ces prescriptions s'expriment sous la forme de quantités à ingérer chaque jour. Selon l'organisme, différentes appellations peuvent être utilisées : apport quotidien recommandé (AQR), dose quotidienne recommandée (DQR), apport nutritionnel conseillé (ANC), apport nutritionnel recommandé (ANR), etc. Plusieurs auteurs se sont penchés sur l'évolution des normes diététiques proposées par les instances spécialisées [Beaton, 1991 ; Hulse, 1995 ; IUNS/CABI, 1983]. Le but de l'établissement des AQR est double : inciter la population à adopter et maintenir de saines habitudes alimentaires ; et prévenir les maladies causées par les carences nutritionnelles. Les premières normes diététiques gouvernementales ont été établies dans des périodes de détresse extrême : guerre, débâcle économique, pauvreté généralisée, malnutrition endémique.

Les apports quotidiens recommandés (AQR) constituent la norme diététique la plus courante en Amérique. Leur détermination vise plusieurs objectifs : a. évaluer l'adéquation entre l'alimentation et les besoins nutritionnels de certains groupes démographiques ; b. participer à l'établissement des politiques agricoles et alimentaires nationales ; c. maintenir l'équilibre entre la qualité nutritionnelle des aliments et les besoins humains ; d. procurer une alimentation adéquate en cas d'urgence ou de catastrophe, en particulier pour les plus pauvres et les plus démunis ; e. prescrire des normes d'étiquetage des produits alimentaires emballés, notamment en ce qui concerne leur teneur en nutriments. Les AQR étaient à l'origine définis pour répondre aux besoins de la majorité des gens. Pour qu'ils conviennent à tout le monde, indépendamment de l'âge, du niveau d'activité et de l'état de santé, les instances chargées de les fixer leur incorporaient une certaine marge de sécurité. Aujourd'hui, elles préfèrent généralement définir des AQR plus spécifiques tenant compte du sexe, de l'âge et du niveau d'activité.

Les AQR ont d'abord été calculés en estimant les besoins physiologiques moyens pour chacun des nutriments absorbés, puis en ajustant cette valeur pour tenir compte du caractère incomplet de l'absorption et de l'utilisation par le corps, de la variabilité d'une personne à l'autre, et de la biodisponibilité de chacune des sources alimentaires. Le calcul des AQR se fonde sur les produits consommés dans le cadre d'une alimentation normale, et non à partir de substances pures ou de concentrés. Il prend aussi en considération la variabilité de la teneur en nutriments pour un même type d'aliment et d'un type d'aliment à l'autre. Certains nutriments pouvant être toxiques à forte dose, par exemple la vitamine A, les spécialistes de la diététique fixent également des limites maximales pour chacun d'eux. Il est extrêmement difficile de prescrire des AQR pouvant convenir à la fois aux hommes, aux femmes et aux enfants ainsi qu'à tous les niveaux d'activité. Les expérimentations sur l'humain sont longues et coûteuses ; en outre, les scientifiques doivent alors étudier des groupes restreints de sujets volontaires, toujours en situation de confinement et dans des conditions strictement définies. Le recours à des êtres humains en tant que sujets d'expérimentations soulève également des objections d'ordre éthique. Les AQR sont déterminés pour des personnes se livrant à leurs activités quotidiennes normales ; toutefois, l'apport alimentaire et la teneur en nutriments sont difficiles à mesurer chez des sujets qui vaquent à leurs occupations habituelles, sans être confinés dans un établissement de recherche sur le métabolisme. Les données recueillies a posteriori auprès de sujets qui continuent de mener leur vie ordinaire ne constituent, au mieux, que des approximations.

En dépit du volume important des données sur la nutrition et des outils d'analyse plus raffinés dont nous disposons à l'heure actuelle, la nutrition reste une science relativement incertaine et spéculative. Les points de vue changent au gré des informations nouvelles. Il y a 30 ans, les scientifiques croyaient que les militaires de sexe masculin travaillant dans les climats très froids avaient besoin d'un apport alimentaire plus important que les travailleurs des zones tempérées. Les troupes canadiennes stationnées dans l'Arctique recevaient par conséquent des rations de 5 000 kcal/jour. Mais le froid impose de porter des vêtements chauds et isolants et oblige à se déplacer lentement pour éviter de produire une transpiration excessive susceptible de geler. Au total, on sait aujourd'hui que les besoins caloriques ne sont pas plus élevés dans les climats froids que dans les climats tempérés. L'apport calorique devant contrebalancer la dépense énergétique, les travailleurs de force et les personnes qui font beaucoup d'exercice physique ont néanmoins besoin d'un apport supérieur à celui des sédentaires.

Les gens qui passent d'une existence physiquement très active à un mode de vie plus sédentaire ont généralement tendance à manger plus que nécessaire. La surconsommation alimentaire et l'obésité qui en résulte sont hélas flagrantes dans les pays les plus riches et dans les segments de population les plus prospères des économies moins développées. Selon certaines estimations, 25 à 30 pour cent des Européens et des Nord-américains seraient obèses et soumis à un risque supérieur à la normale face aux maladies cardiovasculaires, au diabète et à divers problèmes de santé connexes. Les obèses des sociétés prospères incarnent ces propos du personnage de Nerissa dans *Le marchand de Venise* de Shakespeare : « [C]eux qui se gavent de tout sont tout aussi malades que ceux qui meurent de rien[1]. »

Les modes diététiques

Les nutritionnistes compétents et responsables exhortent la population à maintenir des habitudes alimentaires saines, déterminées à la lumière des connaissances les plus exactes. Mais chez les publicitaires qui clament les vertus de toutes sortes de régimes alimentaires censés assurer santé et longévité, la quête alchimique de l'*elixir vitae* n'a pas désarmé [Hulse, 1995]. Depuis une cinquantaine d'années, la croyance en l'existence d'une panacée nutritionnelle change d'objet mais reste bien vivace. Dans les années 1950, les

1. William Shakespeare, *Le Marchand de Venise*, traduction de Michel Lederer et Isabelle Starkier, Latresne, Éditions Le Bord de l'eau, 2003.

vitamines avaient la cote ; les années 1960 ont été celles des protéines et des acides aminés ; dans les années 1970, le taux de cholestérol et les troubles cardiovasculaires hantaient les esprits ; puis, les fibres alimentaires et leurs vertus supposées ont pris le devant de la scène. Actuellement, ce sont les nutriceutiques (ou nutraceutiques) qui soulèvent les passions ; les Chinois les vantaient déjà dans leur principe il y a quelque 4 000 ans. Les « aliments fonctionnels » (ou « alicaments ») connaissent également beaucoup de succès – un terme qui ne laisse pas de rendre perplexe : en quoi peut bien consister un aliment « non fonctionnel » ? Mais ni les nutriceutiques, ni les aliments fonctionnels ne font l'objet d'une définition précise...

La variabilité dans la composition

La teneur nutritionnelle des cultures alimentaires dépend du génotype et des conditions culturales. Sur l'ensemble des blés cultivés dans le monde, la teneur en protéines (sur extrait sec) s'échelonne de 6 à 23 pour cent ; et la teneur en lysine (en pourcentage des protéines), de 2 à 4,3 pour cent [Hulse et Laing, 1974]. Le bilan de plus de 1 300 analyses sur le sorgho montre que la teneur en protéines (N x 5,7 poids à sec) s'échelonne de 7,1 à 14,2 pour cent ; celle de la lysine, de 71 à 212 mg/g azote ; celle du fer, de 0,9 à 20 mg/100 g ; et celle de la niacine, de 2,9 à 6,4 mg/100 g. On relève également des disparités significatives dans des échantillons de millet (*Pennisetum typhoides*), de pois chiches (*Cicer arietinum*), de fèves (*Vicia faba*) et de lentilles (*Lens esculenta*) [Hulse, 1991a, 1994, 1995 ; Hulse et Laing, 1974 ; Hulse *et al.*, 1980].

La mise en œuvre d'analyses chimiques et biochimiques exactes est une tâche ardue exigeant des compétences ainsi qu'une expérience professionnelle poussées. Les techniciens inexpérimentés laissent souvent dans l'ombre de nombreuses sources d'erreurs pouvant entacher les méthodes analytiques habituelles. On relève ainsi 16 sources d'erreurs potentielles dans la méthode Kjeldahl classique de détermination de la teneur en protéines ou en azote [Williams, 1974].

Évolution des recommandations

Depuis le 19e siècle, les apports quotidiens recommandés de tous les nutriments ont changé, non seulement d'une instance à l'autre, mais également dans les directives de chacune des instances. En 1985, un comité de

l'OMS recommandait un apport quotidien en protéines de 0,6 g par kg de masse corporelle ; aux États-Unis, un comité du Conseil national de la recherche (*National Research Council* – NRC) préconisait plutôt une consommation de 0,75 g/kg de masse corporelle. Le tableau 11 illustre l'évolution des AQR aux États-Unis depuis les premières recommandations, au début des années 1940.

Tableau 11

Apports quotidiens recommandés par le NRC (États-Unis)

	1945	1989
Protéines (g/jour)	100	59
Acide ascorbique (mg/jour)	100	60
Fer (mg/jour)	15	12

Tableau 12

Apports nutritionnels quotidiens recommandés au Royaume-Uni

	1950	1979	1993
Vitamine A (ÉR* mg)	1 500	750	800
Acide ascorbique (mg)	20	30	60
Niacine (mg)	12	15	18
Fer (mg)	12	10	14

* ÉR : équivalent rétinol

La comparaison des apports quotidiens recommandés par 39 gouvernements et trois organismes internationaux (mise à jour de 1995) témoigne d'une grande disparité dans les prescriptions. Le tableau 13 indique les apports conseillés pour les jeunes hommes actifs (H) et pour les adolescentes (F). Des écarts similaires se manifestent dans tous les autres groupes d'âges et niveaux d'activité.

Tableau 13

Apports nutritionnels recommandés (ANR) par 42 pays et organismes

		ANR les plus élevés	ANR les plus bas
Énergie (kcal)	H	3 200	2 500
	F	3 000	2 030
Protéines (g)	H	105	37
	F	96	31
Vitamine A (mg ÉR)	H	1 500	600
	F	1 500	450
Vitamine D (mg)	H	10	2,5
	F	10	2,5
Acide ascorbique (mg)	H	95	30
	F	85	25
Fer (mg)	H	24	5
	F	35	12

Le nombre des personnes considérées comme souffrant de malnutrition augmenterait considérablement si la norme internationale était fixée aux ANR les plus élevés, et non aux ANR les plus bas ou à quelque ANR intermédiaire. Les apports prescrits par l'OMS et la FAO s'avèrent particulièrement utiles pour établir des comparaisons internationales. Considérant les nombreuses disparités et incertitudes que nous venons d'évoquer, tous les AQR, DQR et autres ANR doivent être considérés comme des indications, et non des données scientifiques absolues. Les écarts entre les pays peuvent s'expliquer par des différences dans le mode de vie et les activités, voire des divergences de points de vue. Une publication canadienne souligne ainsi : « Les recommandations sur la nutrition doivent en premier lieu constituer la base des conseils destinés au public sur le choix d'un régime alimentaire sain. [...] Ce serait mal comprendre la portée des recommandations sur la nutrition que de conclure que les individus qui n'adhèrent pas à chacune d'elles sont condamnés à souffrir des maladies chroniques associées à la malnutrition, ou que ceux qui suivent une recommandation en particulier sont certains d'éviter les maladies chroniques. » [Santé Canada, 1990]

Utilité des apports quotidiens recommandés (AQR)

Tout comme les doses quotidiennes recommandées (DQR) et les apports nutritionnels recommandés (ANR), les apports quotidiens recommandés (AQR) fournissent des orientations générales aux responsables qui possèdent des connaissances et des compétences dans le domaine et qui sont appelés à formuler les politiques nationales en matière de santé, d'alimentation et d'agriculture. Pour le grand public, leur utilité pratique est moins évidente. Les consommateurs auraient plutôt avantage à consulter des guides illustrés proposant des régimes alimentaires sains et variés composés d'aliments bien connus, généralement appréciés et disponibles sur le marché, du moins en saison [Santé Canada, 1992]. On trouvera dans d'autres publications des analyses plus détaillées sur les besoins nutritionnels humains, les critères utilisés pour établir les apports recommandés, les conséquences des carences graves, les intolérances alimentaires et les réactions allergiques [Beaton, 1991 ; IUNS/CABI, 1983 ; Hulse, 1995].

Croissance urbaine et sécurité alimentaire

L'établissement de prédictions sur la croissance démographique mondiale ou le nombre d'êtres humains que la planète pourra durablement nourrir d'ici 50 ou 100 ans constitue un excellent divertissement intellectuel ; mais il n'a guère d'utilité pratique. On peut effectivement prédire avec une certitude raisonnable la production que les ressources actuelles pourraient permettre d'obtenir. Mais comment déterminer ce qui sera faisable, ou pas, dans 50 ou 100 ans ? C'est impossible.

Une autre question s'avère beaucoup plus pressante : quelles seront les conséquences de l'évolution démographique rapide et de l'accroissement du revenu disponible dans les collectivités urbaines ? Plus de la moitié des habitants de l'Asie et de l'Amérique latine vivent actuellement dans de grandes villes ou des mégalopoles. Dans le monde entier, les agglomérations urbaines s'accroissent en superficie et en population. Il n'est pas impossible de produire certains aliments dans des jardins ou des lopins horticoles urbains mais, pour l'essentiel, les villes dépendent des aliments fournis par les exploitations agricoles rurales ou les établissements de pêche en eaux intérieures ou en mer.

L'exode rural et l'élévation du revenu disponible bouleversent les habitudes alimentaires. La demande de produits plus ou moins transformés, parfois « prêts-à-manger », augmente : les céréales, les légumineuses et le manioc moulus à la main et cuits en bouillie ont été supplantés par le pain,

les biscuits, les pâtisseries et les pâtes. Nous observons par ailleurs un phénomène d'une importance critique pour la conservation des ressources naturelles : la demande en produits d'élevage augmente. En Asie du Sud-Est, elle s'accroît de plus de 20 pour cent par an.

Rares sont les urbanistes qui avaient prévu le niveau actuel de la circulation automobile, en volume comme en densité. Dans toutes les villes de tous les continents, le nombre des voitures ne cesse d'augmenter. Pour atténuer la congestion routière, Londres impose maintenant de substantiels péages à tous les véhicules privés qui se rendent au centre-ville les jours de semaine. Les investissements consacrés au maintien et à l'amélioration des infrastructures rurales et des systèmes de transport ruralo-urbain et interurbain sont trop faibles. Or, plus il faut de temps pour transporter des aliments périssables des exploitations agricoles rurales jusqu'aux transformateurs ou aux marchés urbains, plus la probabilité de pertes économiques et biologiques augmente.

La sécurité alimentaire des villes exige la mise en place d'un accès constant à des approvisionnements d'un coût raisonnable et satisfaisants du point de vue des quantités, de la qualité et de l'innocuité. Elle dépend donc des facteurs suivants : a. implantation de systèmes techniquement efficaces pour la conservation et le traitement (la conservation primaire devant être mise en œuvre le plus rapidement possible après la récolte) ; b. instauration de méthodes relativement bon marché et efficaces sur le plan de la logistique pour l'entreposage et le transport ; c. maintien de marchés proposant en permanence des aliments au détail qui soient acceptables du point de vue de l'innocuité et de la qualité, et qui soient offerts en quantités et à des prix tels que tous les segments de la société urbaine puissent les acheter ; d. mise en œuvre de politiques nationales alimentaires et agricoles qui assurent l'implantation et le maintien des infrastructures, services, dispositifs de transport et conditions sociales et économiques indispensables aux systèmes alimentaires intégrés efficaces.

Remarques conclusives

La Commission Brundtland préconisait de répondre aux besoins de la génération actuelle sans compromettre ceux des générations futures. Ce principe est parfaitement applicable à la sécurité alimentaire. Puisque que nul ne peut prévoir les besoins mondiaux et locaux ni la capacité agricole de l'avenir, il incombe à chacun et à chacune de nous, aux gouvernements, aux entreprises industrielles et aux institutions de veiller à ce que les ressources

essentielles à la production, la conservation et la distribution alimentaires soient dûment protégées et utilisées de manière économe. La détérioration des terres arables propices aux cultures doit être arrêtée ; si possible, les sols détériorés doivent être restaurés. L'eau, qui est la ressource essentielle la plus critique et la plus rare de toutes, doit être protégée de la pollution et des utilisations abusives ; dans la mesure des capacités, elle devrait être purifiée et recyclée.

Plusieurs événements présagent déjà un accroissement probable des besoins en aide alimentaire : persistance des conflits interethniques ; migrations massives ; aggravation des dommages causés par les ouragans, les cyclones et les sécheresses, des phénomènes tous attribuables aux changements climatiques. Les pays prospères ainsi que les organismes donateurs doivent considérer qu'il est de leur devoir d'offrir un appui plus soutenu et plus généreux au Programme Alimentaire Mondial.

La mise en place d'une sécurité alimentaire durable pour les populations en pleine explosion des villes déjà surpeuplées passe nécessairement par l'intégration efficace de l'ensemble des activités et des procédés faisant intervenir les producteurs ruraux, les transformateurs alimentaires, les commerçants des centres urbains et les consommateurs. Dans tous les pays, la sécurité alimentaire des villes exige la mise en œuvre d'une planification systématique par des hommes et des femmes dûment qualifiés, imaginatifs et dotés d'une vision forte de l'avenir. Car, ainsi que le souligne le *Livre des Proverbes* : « Sans vision, le peuple périt. »

This page intentionally left blank

9
Les biotechnologies industrielles

Les biotechnologies : définition et évolution

Les biotechnologies sont des procédés servant à produire, conserver ou transformer des matières biologiques d'origine animale, végétale, microbienne ou virale afin d'obtenir des produits présentant une utilité et une valeur industrielles, commerciales, économiques, sociales ou sanitaires. Les biotechnologues et les bio-ingénieurs sont des hommes et des femmes qualifiés pour concevoir, développer, implanter, entretenir et contrôler les procédés biotechnologiques.

Le terme « biotechnologie » est né en 1897 dans le Yorkshire, en Angleterre : le Bureau de la biotechnologie y offrait alors des services d'analyses et de conseils aux entreprises locales du secteur de la fermentation. Les principales industries biotechnologiques (alimentation, médicaments, textiles) ont évolué selon des modalités très différentes les unes des autres au fil des siècles, même si leurs premiers stades de développement présentent d'importantes similitudes. En effet, quoique selon des cheminements divers, toutes ces industries se sont constituées de manière empirique à partir de techniques artisanales à forte intensité de main-d'œuvre qui se sont graduellement mécanisées : les mains humaines ont été remplacées par des dispositifs mécaniques et des machines puisant leur énergie motrice dans la force animale d'abord, puis dans l'eau, le vent, la vapeur, les combustibles fossiles et l'électricité.

Depuis plusieurs siècles, les technologies et les industries du traitement et de la transformation des aliments et des médicaments entretiennent des liens très étroits entre elles. Souvent, les normes de qualité et d'innocuité des aliments et des médicaments sont d'ailleurs gérées par un même organisme de réglementation. Aux États-Unis, par exemple, c'est la Food and Drug Administration (FDA) qui assume cette double responsabilité.

Les premiers pas des biotechnologies

Convaincus que l'alimentation et la médecine sont étroitement reliées entre elles, les Chinois commencent vers 3000 AÈC à utiliser les produits comestibles comme remèdes. De fait, aliments et médicaments ont de nombreux points communs. En particulier, ils sont essentiels à la bonne santé et proviennent, à l'époque, de plantes et d'organes animaux. Aujourd'hui encore, les Chinois considèrent que de nombreux maux peuvent être guéris par l'adoption d'un régime alimentaire approprié. Ils ont été les premiers à prescrire l'éponge torréfiée, une source aquatique d'iode, aux personnes souffrant d'un goitre. (La mode actuelle des « nutriceutiques » n'est donc que le prolongement d'une doctrine chinoise très ancienne.)

Les premiers médicaments ont été découverts par observation, perception, tâtonnements. Les êtres humains se sont ainsi aperçus que certaines plantes et leurs extraits soulageaient des douleurs et des symptômes. Plusieurs remèdes de la pharmacopée actuelle sont connus depuis plus de 4 000 ans. Ainsi, l'éphédrine extraite d'un arbuste chinois (*Ephedra sinica*) était à l'époque administrée en cas d'asthme et autres troubles respiratoires allergiques, et reste à ce jour prescrite pour ces mêmes affections. Il y a 4 000 à 5 000 ans déjà, les Égyptiens possédaient des traitements pour plus de mille maladies. Vers 1500 AÈC, le papyrus Ebers dressait la liste de plus de 800 composés médicamenteux établis à partir d'extraits végétaux : gentiane, huile de ricin, jusquiame... Le papyrus Ebers prescrit notamment des remèdes pour les rhumatismes, la schistosomiase (bilharziose), le diabète et les vers intestinaux.

Les techniques des industries de l'alimentation, des médicaments et des textiles ont en commun d'avoir été découvertes de manière empirique bien avant que les scientifiques ne commencent à cerner les propriétés biochimiques et biophysiques des matières premières et des produits transformés. Pendant de longs siècles, les industries alimentaire et textile ont progressé au gré des percées mécaniques, c'est-à-dire du remplacement graduel des mains humaines par les machines. Cela fait déjà plusieurs milliers d'années que sont connus et maîtrisés les principes fondamentaux des procédés industriels du fractionnement et de la transformation alimentaires, et ceux du filage et du tissage des fibres naturelles. Après avoir dans un premier temps provoqué chômage et misère chez les artisans des campagnes, la mécanisation a permis d'économiser de manière substantielle les efforts humains et les dépenses énergétiques dans les usines, les restaurants et les foyers.

La conservation des aliments

L'humanité connaît depuis très longtemps les bases de la conservation des aliments. Elles consistent notamment à contrôler les paramètres suivants : a. taux d'humidité ; b. température et qualité de l'air ambiant ; c. pH ; d. le cas échéant, agents de détérioration microbienne ou biochimique susceptibles d'être inactivés par la chaleur. Les Aborigènes, Asiatiques et Méditerranéens utilisent depuis des siècles le séchage au soleil pour conserver lait, viande, poisson, fruits et légumes. Les Amérindiens pratiquaient autrefois la lyophilisation (dessiccation par le froid) des tranches de pommes de terre par sublimation des cristaux de glace sous l'effet de l'air glacial et des faibles pressions atmosphériques des sommets andins. À l'âge de pierre, les ancêtres des Britanniques faisaient sécher les céréales humides sur des feux pour les empêcher de germer. Il y a plus de 4 000 ans, les Chinois conservaient le poisson par déshydratation osmotique, grâce au sel. Les Romains de la République ajoutaient du sel ou du miel aux viandes et aux fruits pour ralentir leur dégradation par l'eau. Il y a cinq millénaires environ, les agriculteurs du Moyen-Orient entreposaient leurs céréales dans des amphores de terre cuite remplies à ras bord et scellées par des peaux de chèvre hermétiques et imperméables : quelle que soit l'étape de leur métamorphose à laquelle ils étaient arrivés, les insectes mouraient asphyxiés par le dioxyde de carbone. Sénèque décrit la manière dont les Romains conservaient les crevettes et les huîtres dans de la neige des Apennins.

L'industrie moderne des aliments congelés s'est développée à partir des observations de l'Américain Clarence Birdseye, qui avait vu les Autochtones du Nord canadien conserver leurs surplus de viande de baleine, de phoque et de caribou dans de la glace recueillie pendant l'hiver. Nos boîtes de conserve actuelles, bouteilles et sachets à réchauffer prêts à consommer ont des ascendants chez les Romains de la République, qui plaçaient des morceaux de viande épicée et bouillie dans des panses de truie ou des cavités corporelles de calmars dûment nettoyées puis scellées. La conservation par fermentation et saumurage était connue des Égyptiens et autres peuples de la Méditerranée. Les Babyloniens conservaient tout leur lait par fermentation lactique. La bière, le vin et le pain fermentés étaient produits en quantités considérables sous les dynasties pharaoniques. Les Chinois distillaient déjà l'éthanol il y a 3 000 ans.

Du travail manuel à la mécanisation

Les technologies du textile

Le rythme et les modalités de la mécanisation diffèrent grandement d'une biotechnologie à l'autre. En particulier, l'industrie textile a progressé plus rapidement que celle de la transformation alimentaire. Le filage et le tissage des fibres du coton, de la laine, du lin et de la soie étaient pratiqués il y a 6 000 ans en Égypte et en Mésopotamie. Les fils étaient dévidés d'une quenouille (un bâton fendu) pour s'enrouler sur un fuseau. Le filage étant une activité exclusivement féminine, le mot « quenouille » a souvent été associé aux femmes et à la féminité. Il y a plus de 4 000 ans, munis d'un équipement relativement simple, les Perses tissaient la laine et le coton pour les vêtements et fabriquaient de luxueux tissus de soie ainsi que des tapisseries et des tapis de laine très ornementés. Il a fallu de longues années pour que le filage et le tissage passent des foyers ruraux aux fabriques mécanisées de la Grande-Bretagne. Les industriels ont alors regroupé travailleurs et machines dans des usines pour pouvoir utiliser une énergie bon marché et fabriquer des produits plus uniformes et plus constants dans leur qualité. Comme les moulins céréaliers, les usines textiles se sont d'abord implantées près des rivières afin que le courant fasse tourner leurs roues à aubes. Plus tard, les barges tirées par des chevaux ont transporté par les canaux le charbon peu coûteux nécessaire aux moteurs à vapeur de ces entreprises.

Plusieurs inventions se sont enchaînées dans la mécanisation graduelle du textile, par exemple la navette volante de John Kay brevetée en 1703, puis différentes machines à filer développées à la fin du 18e siècle. Dès le Moyen Âge, les femmes des campagnes filaient la laine et le lin au rouet saxon. Inventée en 1779, la machine à filer de Crompton permettait à une seule personne de faire fonctionner 1 000 fuseaux ; elle a ainsi précipité dans le chômage d'innombrables femmes rurales ainsi que leurs familles.

Les inventeurs des machines textiles et ceux du moteur à vapeur, au 19e siècle, n'étaient ni des scientifiques, ni des ingénieurs de profession. Thomas Newcomen, plombier de son métier, a élaboré un moteur à vapeur servant à pomper l'eau hors des mines de charbon au moyen d'un piston mû par de la vapeur injectée dans un cylindre. James Watt, fabricant d'instruments, a ensuite amélioré l'efficacité du moteur de Newcomen par un alésage plus précis des cylindres entourant les pistons et autres dispositifs. L'un des premiers moteurs de Watt a d'ailleurs été utilisé dans une minoterie de Londres ; d'autres ont peu à peu supplanté l'énergie hydraulique dans les usines textiles.

Les anciens Égyptiens teignaient les tissus avec des pigments végétaux et avec le pourpre profond qu'ils fabriquaient à partir de la coquille du murex, un mollusque aquatique que les Phéniciens avaient découvert dans la Méditerranée. L'art de la teinture a beaucoup décliné en Europe dans la première partie du Moyen Âge. Il est cependant revenu en force à la fin du 12e siècle, avec la redécouverte des pigments végétaux par les teinturiers flamands. Les couleurs les plus vives étaient celles qu'ils tiraient des racines et des pétales de la garance (*Rubia tinctorum*) et d'un lichen, l'orseille (*Roccella tinctoria*). Du milieu du 19e jusqu'au 20e siècle, c'est la chimie qui a fourni à l'industrie textile ses percées les plus déterminantes, en particulier les colorants d'aniline synthétiques inventés par les Allemands et, plus tard, les fibres synthétiques. La rayonne viscose obtenue par régénération d'une cellulose chimiquement modifiée a été l'une des premières fibres synthétiques lancées sur le marché.

Depuis le 18e siècle, ingénieurs et inventeurs élaborent des machines textiles qui travaillent de plus en plus vite. Elles ont d'abord été équipées de fuseaux plus rapides et de dispositifs d'enroulement direct sur le métier à tisser et, plus récemment, de systèmes contrôlés par ordinateur pour la conception et la fabrication des tissus et des vêtements. Au cours des 50 dernières années, les scientifiques ont percé le secret de la composition chimique des fibres naturelles et celui des métamorphoses qu'elles subissent à cause du traitement, de l'usure ou des agressions environnementales. Les mathématiciens ont contribué à l'analyse physicochimique des structures complexes des vêtements et de leurs altérations – des vêtements faits de millions de fibres retenues entre elles en grande partie par la force frictionnelle. Les spécialistes des plantes et des animaux améliorent les méthodes de sélection pour obtenir des fibres de meilleure qualité dans le coton et la laine des moutons ; les chimistes synthétisent de nouvelles fibres et de nouveaux tissus ; informaticiens et mathématiciens conçoivent des programmes qui élaborent des fibres, des tissus ou des vêtements et qui dirigent les machines qui les fabriquent.

Les biotechnologies textiles sont nées de techniques domestiques et artisanales très simples, puis se sont graduellement transformées en une industrie intégrée hautement mécanisée et régie par les principes scientifiques. Comme pour la plupart des biotechnologies industrielles, cette évolution s'est déroulée sur 7 000 ans. Les innovations ont été mises au point par des personnes ingénieuses désireuses d'exprimer et d'appliquer leur inventivité. Le processus de développement a ainsi progressé par à-coups, plus ou moins rapidement selon les époques. Dans certains cas, la connaissance s'est transmise d'une génération à la suivante ; dans d'autres, elle s'est perdue pour être

redécouverte quelques années ou décennies plus tard. Ainsi que le soulignent tristement les romanciers du 19e siècle et les historiens sociaux, la quête du profit par la mécanisation du textile et des autres industries a infligé des souffrances et des privations terribles aux hommes et aux femmes remplacés par les machines. Les horreurs de la révolution industrielle nous rappellent la nécessité impérieuse d'évaluer systématiquement les conséquences sociales de tout programme de développement.

La mouture des céréales et des graines oléagineuses

La meunerie (mouture des céréales) a été le premier procédé du secteur alimentaire touché par la mécanisation. Cette primeur n'a rien d'étonnant, car le fractionnement des grains par pilage et vannage manuels constitue le procédé alimentaire le plus pénible et le plus long de tous. Le fractionnement des grains, leur criblage et leur vannage ainsi que l'extraction de l'huile d'olive et de l'huile de lin par pressage étaient pratiqués en Égypte et en Mésopotamie il y a plus de 7 000 ans. Les boulangeries et les brasseries commerciales existaient en Égypte et en Mésopotamie cinq millénaires avant la découverte de la conversion enzymatique des glucides en éthanol et en dioxyde de carbone par Eduard Buchner et Emil Fischer.

Le blé amidonnier et l'engrain (« petit épeautre ») sauvages ont probablement compté parmi les premières céréales à figurer au menu des peuples de la Méditerranée. Leur balle (ou glume : l'enveloppe des grains) étant toutefois très robuste, indigestible et fermement attachée aux grains, il fallait faire griller la céréale à la flamme pour la piler ensuite à la main avec une massue de pierre frappée dans le creux d'un rocher – les lointains ancêtres du pilon et du mortier. Les grains de blé nus (dépourvus de balle) ont commencé d'être cultivés vers 8000 AÈC ; ils étaient probablement libérés de leur balle par hybridation transgénique de proximité avec le blé amidonnier, l'engrain ou d'autres graminées [Hutchinson, 1974 ; Simmonds, 1976]. Les meules ont graduellement remplacé les pilons et mortiers primitifs. Très tôt, les Égyptiens ont inventé un mécanisme composé d'une pierre supérieure actionnée par un esclave agenouillé et dont la surface inférieure lisse écrasait les grains répartis dans le creux d'une pierre inférieure. Plus tard, l'ajout de rainures en forme de chevrons sur les surfaces de contact a permis d'améliorer la pression exercée par les pierres du haut et du bas pour faire éclater les grains. Ensuite, une poignée de bois a été fixée à la pierre broyeuse pour la faire bouger d'avant en arrière et un trou y a été percé pour que l'esclave puisse alimenter la meule tout en maintenant le mouvement de balancier de la pierre supérieure. La mouture des céréales a ainsi constitué le premier procédé

technologique alimentaire mécanisé fonctionnant en continu : l'alimentation du dispositif en matière première et l'évacuation du produit final formaient un flot ininterrompu.

Les Romains de la République ont adopté puis modifié la meule à céréales des Égyptiens. Leur pierre supérieure (la tournante, ou *catillus*) tournait sur une pierre fixe (la dormante, ou *meta*). Les grains à moudre étaient déversés de manière continue par un trou pratiqué au centre de la tournante, les grains broyés étant repoussés vers la périphérie par la force centrifuge de la rotation. Un dispositif mécanique fixé à la meule romaine permettait en outre de la faire fonctionner par des roues hydrauliques. Le moulin à vent a été inventé au 10e siècle ÈC dans la région qui correspond aujourd'hui à l'Iran et à l'Irak. Les moulins hydrauliques et éoliens ont dominé la meunerie jusqu'au 19e siècle inclusivement ou presque : en Amérique du Nord, cela fait moins de 100 ans que les moulins céréaliers à vapeur ont égalisé en nombre les moulins hydrauliques. L'un des tout premiers moteurs à vapeur de James Watt a été installé dans un moulin à blé de Londres en 1784. La première minoterie équipée de moteurs électriques a été construite en 1887 à Laramie, au Wyoming.

Bien qu'ils soient d'une conception et d'une fabrication plus précises que leurs lointains ancêtres, les moulins céréaliers à broyeurs cylindriques rainurés d'aujourd'hui n'en sont pas moins les descendants directs des meules plates égyptiennes et du moulin rotatif romain. Le vannage manuel a été remplacé par des plateaux vibrants et des tamis de différentes grosseurs permettant de séparer les particules selon leur taille. Un ingénieux logiciel élaboré à Bangalore permet d'opérer et de contrôler les moulins modernes de l'Inde par ordinateur. Dans les régions rurales indiennes plus pauvres, les céréales continuent toutefois d'être concassées au grand pilon de bois dans un mortier ou sur des meules plates ; l'huile de noix est extraite au moyen d'une meule rotative à traction animale.

La finesse de la mouture et la turboséparation (la répartition des particules selon leur grosseur par ventilation) accroissent la teneur en protéines des farines de blé, de graines oléagineuses et de légumineuses. La matrice protéique des céréales, des légumineuses et des graines oléagineuses contient des granules d'amidon de tailles et de masses diverses. Le broyage très fin de ces graines par concassage dynamique dissocie une partie des granules d'amidon de la protéine, laquelle est par la même occasion réduite en fragments minuscules. Par l'action conjointe d'une force centrifuge mécanique et d'un jet d'air centripète, la turboséparation envoie ensuite les fragments protéiques plus légers d'un côté, et les granules d'amidon plus lourds, de

l'autre. L'accroissement de la teneur protéique obtenu par cette méthode est plus important dans les légumineuses et les graines oléagineuses que dans les céréales, car leurs granules d'amidon sont plus gros que ceux des grains céréaliers.

La science appliquée aux biotechnologies

Comme les outils de pierre, les biotechnologies se sont développées sur trois périodes se chevauchant les unes les autres. La période empirique s'est amorcée il y a au moins 10 000 ans pour se terminer au début du 18e siècle. La deuxième période a été marquée par l'élaboration d'une connaissance et d'une compréhension scientifiques plus poussées des biologies et des biotechnologies. La période actuelle, « l'ère du génome », a commencé au début des années 1970. Les recherches scientifiques systématiques sont relativement récentes dans l'histoire des biotechnologies industrielles. Progressant par bonds successifs aux 18e et 19e siècles, la science alimentaire s'est forgée graduellement, au fil des découvertes sur la composition et les propriétés des aliments. Il a fallu toutefois attendre le 20e siècle pour que des procédés alimentaires et textiles véritablement nouveaux soient élaborés directement à partir de principes scientifiques. À l'inverse, l'industrie pharmaceutique du 19e siècle s'est développée par l'application des connaissances en chimie acquises dans les teintureries industrielles allemandes. On trouvera dans des publications antérieures plusieurs bilans historiques de l'évolution des biotechnologies [Hulse, 1995, 1996, 1998, 2004a].

L'évolution du secteur pharmaceutique

Les humains primitifs cherchaient dans la nature des moyens de guérir leurs maux ou d'en soulager les symptômes. Les premiers médicaments étaient souvent fabriqués à partir de plantes sauvages, parfois d'organes animaux, plus rarement de substances chimiques. Les tablettes couvertes d'écriture cunéiforme sumérienne de l'époque du roi Hammurabi décrivent des maladies hépatiques et des fièvres, gonorrhées, galles, accidents cérébrovasculaires et autres convulsions. Les Babyloniens tiraient leurs médicaments notamment de l'ellébore (réputé soigner les troubles psychologiques), de la racine de mandragore et de l'opium extrait du suc d'un pavot (*Papaver somniferum*).

Depuis la nuit des temps, la maladie est considérée comme le châtiment d'une offense faite aux dieux. Il n'est pas étonnant, dans ce contexte, que la médecine curative ait été si longtemps associée à la magie. Aux 4e et 5e siècles AÈC, l'école grecque d'Hippocrate proposait plus de 300 remèdes. La plupart

consistaient en extraits végétaux administrés par la bouche ou autres orifices corporels. Le mot grec φαρμακον (*pharmakon*) témoigne de ces anciennes associations magiques, mais aussi du fait que l'excès de médicaments peut entraîner la mort : il peut en effet se traduire par « médecine », « médicament », « potion magique » ou « poison ». Le serment d'Hippocrate exige des médecins et des chirurgiens qu'ils évitent de nuire dans leurs diagnostics comme dans leurs traitements. Trois siècles après Hippocrate, Dioscoride, un médecin grec, formule plus de 600 remèdes à partir de plantes ou d'organes animaux. Ses médicaments ont été prescrits pendant les 1 600 années qui ont suivi... Au 2e siècle ÈC, Galien de Pergame enrichit le *De materia medica* de Dioscoride d'un certain nombre de « remèdes galéniques ».

Quels médicaments utiles les alchimistes ont-ils découverts dans leur quête de l'*elixir vitae*, cette substance insaisissable censée procurer la vie éternelle ? C'est impossible à dire, car les alchimistes écrivaient les comptes rendus et les résultats de leurs recherches en codes indéchiffrables et symboles obscurs pour mettre leur savoir à l'abri de leurs rivaux.

Au Moyen Âge, des érudits arabes réalisent des progrès remarquables dans la science, les arts, l'alchimie et la médecine. Au 11e siècle ÈC, un médecin mésopotamien généralement désigné par le nom d'Avicenne (il s'appelait en réalité Abu Ali ibn Sina) traduit en arabe les publications de Dioscoride, de Galien, de l'École d'Hippocrate et d'autres médecins grecs. Avicenne et différents savants arabes traduisent, également en arabe, les textes d'Aristote, de Platon et d'autres philosophes et auteurs grecs. (Des traductions en langues européennes nous ont permis par la suite de prendre connaissance des écrits médicaux et littéraires grecs.) La pharmacopée arabe de l'époque regroupe plus de 1 000 médicaments provenant en grande partie de plantes médicinales.

De l'empirisme à la science

À partir du milieu du 19e siècle, la microscopie, la cytologie et la chimie analytique progressent à pas de géant. Sans posséder de formation en optique ni en science, Anton van Leeuwenhoek, un drapier hollandais, entreprend de polir des lentilles de verre et de construire un microscope à grossissement 30x. Son invention lui permet d'identifier les protozoaires (qu'il appelle des « animalcules ») et de décrire les corpuscules sanguins ainsi que la structure cellulaire des tissus de poissons. L'identification des pathogènes microbiens et la découverte de moyens chimiques permettant de les détruire ou d'endiguer leur prolifération ont grandement bénéficié à la chimiothérapie – le

recours à des substances chimiques pour inactiver les pathogènes par effet bactéricide ou bactériostatique. En convertissant du cyanate d'ammonium en urée, Wöhler démontre que des substances organiques naturelles peuvent être synthétisées à partir de sources non biologiques. La découverte des hormones, d'abord extraites des glandes endocrines (glandes à sécrétion interne), puis synthétisées, marque une étape importante dans l'histoire de la médecine thérapeutique et dans le développement de l'industrie pharmaceutique moderne.

Quelque 20 pour cent des produits pharmaceutiques actuels proviennent d'organismes naturels ou génétiquement modifiés. Les consommateurs et les distributeurs continuent de s'intéresser de près aux médecines naturelles traditionnelles, et il n'est pas exclu que cet intérêt aille grandissant. Les expéditions ethnobotaniques dans les forêts tropicales de l'Amazonie ont permis de recueillir plus de 10 000 espèces pour analyse pharmacologique. La planète recèle un vaste bassin de plantes et de micro-organismes qui nous sont encore inconnus ou presque. Plus de 100 000 espèces ont été identifiées ; mais, de ce total, moins de 200 micro-organismes fournissent l'ensemble des substances utilisées dans les secteurs pharmaceutiques et alimentaires. Les végétaux terrestres des ordres supérieurs représentent plus de 65 pour cent de la biomasse de la planète, mais moins de 6 pour cent des espèces identifiées sont cultivées commercialement. Des 80 000 espèces végétales qui semblent comestibles, moins de 15 assurent 90 pour cent de l'apport calorique humain.

La déprédation cupide des forêts tropicales par les entreprises de foresterie et de cultures marchandes ainsi que le saccage des sites naturellement riches en biodiversité privent l'humanité de sources considérables, et encore inexplorées, de plantes médicinales et autres organismes qui pourraient lui être très utiles. Malheureusement, aucune instance internationale ne possède l'autorité nécessaire pour empêcher ce pillage.

Les médicaments de synthèse et la chimiothérapie

Vers le milieu du 19e siècle, William Henry Perkin, un chimiste de Londres, tente pour la première fois de synthétiser la quinine. Ce médicament anti-malaria était traditionnellement extrait de l'écorce d'espèces de quinquina (*Cinchona*) indigènes des forêts d'Amérique du Sud. S'il faut en croire la légende, Perkin aurait cassé son thermomètre en faisant chauffer un mélange d'aniline et de bichromate de potassium. L'alcool ainsi libéré aurait réagi avec les autres produits en présence pour former un pigment rouge foncé qu'il a

appelé la « mauvéine », et qui constituerait la première teinture à l'aniline. Grâce à cette découverte, von Hofmann, le professeur de Perkin, fonde bientôt l'industrie allemande de la teinture. Stimulées par le succès des colorants synthétiques, des entreprises allemandes (Bayer, Hoechst et Merck) entreprennent ensuite la synthèse chimique des médicaments en produisant d'abord des analogues et des dérivés des substances thérapeutiques actives extraites des plantes médicinales [Hulse, 2004b].

Au 17e siècle, en Angleterre, un médecin féru de recherches observe que les paysans des Midlands boivent des infusions d'écorce de saule (*Salix spp*) pour soulager leurs douleurs arthritiques et rhumatismales. Plus tard, des analyses démontrent que le principe actif de cette écorce est l'acide salicylique. Les chimistes de Bayer font alors réagir l'anhydride acétique et l'acide salicylique pour obtenir de l'acide acétylsalicylique, qui devient ainsi le premier médicament synthétique de l'histoire de l'humanité et sera commercialisé sous le nom « Aspirin ». D'autres produits de synthèse suivent, notamment la codéine, que l'on obtient par méthylation de la morphine. En 1936, le Conseil britannique de la recherche médicale (*British Medical Research Council*) définit ainsi la « chimiothérapie » : un traitement médical reposant sur l'administration de composés chimiques de synthèse qui réagissent avec des organismes infectieux ciblés.

Les antibiotiques

À l'occasion des recherches microscopiques qu'il mène pour identifier les microbes responsables de la destruction des vers à soie, Pasteur avance qu'on devrait pouvoir amener des micro-organismes à attaquer d'autres microbes. En 1928, à Londres, Alexander Fleming observe les conséquences de l'infection accidentelle d'une culture bactérienne par une spore de moisissure de *Penicillium notatum* : la croissance des bactéries est inhibée. Le potentiel thérapeutique de cette observation de Fleming reste dans l'ombre jusqu'à ce que, en 1939, Florey et Chain, de l'Université d'Oxford, isolent avec exactitude l'inhibiteur bactérien, le caractérisent du point de vue chimique et l'appellent la « pénicilline ». Ils ouvrent ainsi la voie à l'élaboration d'une longue dynastie d'antibiotiques extraits de différentes espèces cultivées d'actinomycètes (*Actinomycetes*). Bien avant les observations de Fleming, des anthropologues avaient rapporté que les habitants de la Micronésie grattaient les moisissures de certaines écorces d'arbres et en frottaient leurs plaies pour éviter la suppuration [Hulse, 2004b].

Les hormones

Il y a plus d'un siècle, le physiologiste français Claude Bernard découvre que certaines fonctions corporelles de base sont régies par des centres de sécrétions internes. Plus tard, les glandes endocrines (glandes à sécrétion interne) sont identifiées comme étant les agents sécréteurs des hormones – le terme provient du grec ηορμον (*hormôn*) : « exciter ». Dans les années 1920, l'adrénaline extraite de glandes surrénales animales fait l'objet d'analyses chimiques, puis d'une synthèse industrielle. En 1921, des chercheurs de l'Université de Toronto isolent l'insuline (indispensable aux diabétiques) à partir des îlots de Langerhans de pancréas de porcs. Dans les années 1980, d'autres scientifiques canadiens synthétisent un précurseur de l'insuline à partir d'une bactérie génétiquement modifiée. La thyroxine, produite par la glande thyroïde, ainsi que plusieurs autres hormones ont été synthétisées depuis par méthode chimique ou par des micro-organismes. Les hormones de croissance aviaires et bovines synthétisées par des bactéries génétiquement modifiées stimulent la croissance des animaux d'élevage et des poissons de culture et augmentent la lactation chez les bovins.

Les industries alimentaires et pharmaceutiques

Au vu de leur importance pour la survie, la croissance et l'activité des êtres humains, il est dans l'ordre des choses que les industries alimentaires et pharmaceutiques accroissent et diversifient constamment leurs productions. Elles cherchent ainsi à répondre à l'évolution de la demande de populations croissantes, prospères et vieillissantes. La valeur mondiale totale des aliments industriellement traités ou transformés est estimée à plus de 3 000 milliards de dollars ; les ventes de produits pharmaceutiques commerciaux (hors médicaments vétérinaires) dépassent les 500 milliards de dollars, dont 49 pour cent aux États-Unis, 24 pour cent dans l'Union européenne et 16 pour cent au Japon. Au cours des 40 dernières années, le secteur de la transformation alimentaire a connu en Inde une telle expansion qu'il emploie aujourd'hui plus de 3 millions de personnes et fournit des aliments transformés à plus de 300 millions de consommateurs réguliers. Selon les estimations disponibles, la valeur des aliments transformés en Inde a été multipliée par plus de 1 000 entre 1960 et 2000.

L'influence des supermarchés

Les supermarchés influent d'une manière considérable sur les producteurs agricoles et les transformateurs alimentaires. Avec leurs rayons proposant parfois 10 000 produits différents, ils représentent 90 pour cent du total des aliments achetés par les consommateurs de l'Amérique du Nord et de l'UE. Les supermarchés exercent des pressions majeures sur les cultivateurs et sur les transformateurs pour qu'ils proposent des produits répondant à leurs propres normes de qualité – des normes auxquelles les petits producteurs et transformateurs ont souvent de la difficulté à satisfaire. Grâce à leurs volumes de ventes considérables, les supermarchés peuvent pratiquer des prix inférieurs à ceux des petits détaillants. Dans les pays pauvres, la plupart des aliments sont encore vendus sur les marchés publics, dans les magasins locaux et dans les échoppes des vendeurs de rue. Mais les supermarchés, souvent des filiales de titans européens ou américains, connaissent à l'heure actuelle une expansion rapide en Asie comme en Amérique latine.

Les pertes post-récolte

Selon un certain point de vue limitatif, l'objectif premier de la transformation alimentaire consisterait simplement à réduire ce que l'on appelle communément les « pertes post-récolte » – la « dégradation des produits », leur « détérioration », les « dommages », ou encore les « gaspillages ». La détérioration ou les gaspillages post-récolte sont imputables aux modifications biochimiques, infections microbiennes, infestations d'insectes, agressions d'autres ravageurs et contaminations chimiques ou autres. Les répercussions de ces dégradations s'échelonnent de la meurtrissure ou de la décoloration légère de l'aliment jusqu'à son infection massive par des pathogènes. Dans certains cas, ce processus de détérioration peut même rendre le produit toxique ou dangereux. Qu'elles soient mineures ou majeures, toutes les pertes post-récolte résultent d'altérations biologiques, nutritionnelles, économiques ou physiques et provoquent une diminution du poids du produit ou une altération de son apparence qui le rend inacceptable pour le consommateur, voire impropre à la consommation.

Les évaluations et bilans des détériorations post-récolte ou autres dégradations, pertes et gaspillages devraient décrire avec précision le dommage que le produit a subi, son étendue, sa cause, ses conséquences probables ainsi que les moyens d'y remédier. Pour comprendre pleinement les causes des dégradations post-récolte, il faut étudier systématiquement l'enchaînement complet des étapes de la manipulation du produit : quand, comment et pourquoi a-

t-il été endommagé ? De tels bilans exigent les compétences des analystes des systèmes alimentaires [Bourne, 1977 ; FAO, 1983 ; NAS, 1978 ; Hulse, 1995].

Les biotechnologies industrielles : évolution et perspectives d'avenir

La recherche et le développement

Le secteur pharmaceutique et le secteur alimentaire présentent de nombreuses similitudes entre eux, et aussi, quoique dans une moindre mesure, avec le secteur textile. Cependant, des différences notables les séparent. Les petits apothicaires qui préparaient les remèdes et vendaient au détail pilules et onguents ont cédé le pas à de gigantesques conglomérats et à de grandes surfaces qui distribuent des médicaments pré-emballés (vendus sur ordonnance ou en vente libre) à côté d'une vaste gamme de produits d'hygiène et de cosmétiques. Le secteur pharmaceutique du développement et de la fabrication des médicaments se compose exclusivement de quelques grandes entreprises à forte capitalisation. À l'inverse, le secteur de la transformation alimentaire comprend des géants tels que Nestlé ou Unilever, mais aussi plusieurs milliers de petites et moyennes entreprises. Ces dernières années, quelques milliers d'entreprises spécialisées dans la recherche en biotechnologie ont également été mises sur pied : sous licence ou contrat, elles développent des produits diagnostiques, prophylactiques et thérapeutiques, en plus d'offrir des services techniques aux compagnies pharmaceutiques.

Les compagnies pharmaceutiques investissent entre 10 et 18 pour cent de leurs recettes dans la recherche. Cette proportion s'élève à plus de 30 pour cent pour les entreprises du secteur biotechnologique ; chez les transformateurs alimentaires, elle est en moyenne de moins de 0,5 pour cent. Une enquête réalisée il y a quelques années au Canada montre que, sur plus de 3 000 transformateurs alimentaires dûment reconnus, moins de 20 mènent des activités de recherche – encore ces activités étaient-elles définies de manière très large. Dans le secteur alimentaire, seules les entreprises de grande envergure possèdent un département de recherches à part entière ; les autres comptent généralement sur leurs fournisseurs de matières premières et d'équipement pour leur procurer les conseils techniques dont elles ont besoin. Certains gouvernements soutiennent des laboratoires nationaux de recherches sur l'alimentation qui peuvent fournir des conseils techniques aux petites entreprises. Mais la plupart des instituts gouvernementaux de recherches

n'ont pas les capacités nécessaires pour maintenir des bases de données précises sur les possibilités d'action, ressources et contraintes des centaines de petites et moyennes entreprises qui œuvrent dans le secteur alimentaire. Dans certains instituts gouvernementaux de recherches alimentaires, rares sont les employés des services techniques qui ont déjà travaillé dans le secteur de la transformation alimentaire lui-même. Par conséquent, s'ils possèdent d'impressionnantes connaissances scientifiques, ils comprennent souvent mal les possibilités d'action des entreprises et les forces agissantes du marché. Ils inventent ainsi des produits ne correspondant à aucune demande ou aucun marché rentable.

Le secteur biomédical

Le secteur biomédical se compose de deux entités reliées entre elles : a. les grandes compagnies pharmaceutiques, dont la plupart travaillent au niveau international ; et b. les entreprises spécialisées dans la biorecherche, et que l'on appelle parfois les « entreprises biotechnologiques de deuxième génération » ou, plus familièrement, les « biotechs » ou les « biotechs/biopharmas ».

Les entreprises biotechnologiques ont vu le jour il y a une trentaine d'années. À l'époque, leur mission consistait à pratiquer des modifications génétiques pour synthétiser des protéines et des médicaments dérivés. En 1970, les Américains Cohen et Boyer montrent qu'il est possible de fractionner l'ADN et de le transférer entre des organismes non apparentés grâce aux enzymes de restriction. En 1976, Boyer et quelques-uns de ses collègues californiens fondent Genentech, considérée aujourd'hui comme la première des entreprises biotechnologiques modernes. Les transformations génétiques suscitaient à l'époque beaucoup d'optimisme : la plupart des chercheurs étaient convaincus qu'elles permettraient d'obtenir rapidement de nouveaux produits diagnostiques et thérapeutiques. Cette technologie a ainsi canalisé des investissements considérables vers les nouvelles entreprises de biotechnologie. La première fois que Genentech a proposé ses actions sur le marché, le prix de ses parts est passé de 35 à 89 $ en 20 minutes, battant ainsi le record américain de la bonification boursière. Genentech et les autres entreprises biotechnologiques ont ensuite connu des sorts variables, au gré du désenchantement des investisseurs. Certaines ont sombré ; d'autres ont survécu. Aujourd'hui, on compte plus de 4 000 entreprises de recherches biotechnologiques/ biopharmaceutiques dans le monde. Au Canada, plus de 70 pour cent des laboratoires de recherches « biotech/biopharma » ont été mis sur pied par des universités.

Les premières années, les entreprises biotechnologiques/biopharmaceutiques étaient relativement modestes ; leur activité se limitait aux microprocédés et synthèses en laboratoire. En Amérique du Nord, certaines se sont diversifiées vers les essais précliniques et les premières phases des essais cliniques des nouveaux médicaments à l'étude. Sur l'ensemble des entreprises canadiennes se définissant comme des laboratoires de recherches en biotechnologie, 75 pour cent sont de petites entreprises (moins de 50 employés) ; 10 pour cent sont relativement importants (plus de 150 employés). Plus de 50 pour cent se consacrent aux produits diagnostiques et thérapeutiques destinés à la santé humaine.

Un nombre croissant d'entreprises biotechnologiques se spécialisent dans la bio-informatique : leur activité consiste à établir les bases de données et à générer de l'information qu'elles vendent ensuite à d'autres entreprises. Certaines offrent des services d'analyses ; d'autres, des bibliothèques moléculaires dans lesquelles leurs clients peuvent puiser des échantillons correspondant à une composition biologique bien précise. Après avoir commencé comme petits laboratoires de recherches en biosciences, les entreprises biotechnologiques se sont graduellement diversifiées vers les produits diagnostiques spécialisés, la biopharmacie, l'alimentation et l'agriculture, les sources d'énergie renouvelable, la protection et l'assainissement de l'environnement, la préservation de la biodiversité, la bio-informatique et les systèmes biotechnologiques.

Sur l'ensemble des laboratoires biotechnologiques fondés par des universités, nombreux sont ceux qui ont dû fermer leurs portes. Certains possédaient trop peu d'expérience en commercialisation et en gestion industrielle. D'autres ne disposaient pas d'un capital de départ suffisant pour survivre à la longue période de recherche-développement indispensable avant l'élaboration d'un premier produit ou service rentable.

Le développement des médicaments

Le développement des médicaments modernes commence par l'identification des cibles de l'intervention thérapeutique. Dans certains cas, ce sont des molécules cellulaires ou pathogènes, par exemple les protéines critiques de la maladie. Les composés peuvent également être découverts par l'analyse de plusieurs milliers d'échantillons répertoriés dans des bibliothèques moléculaires. Les composés ainsi identifiés sont ensuite raffinés et soumis à une batterie d'analyses biochimiques, modèles de simulation et essais sur animaux de laboratoire. Les composés qui franchissent l'étape préclinique peuvent

alors faire l'objet d'essais cliniques sur l'humain. Selon les prévisions actuelles, le coût, déjà considérable, des essais cliniques devrait augmenter de plus de 12 pour cent par an. Enfin, les médicaments qui franchissent l'étape des essais cliniques sont soumis aux organismes de réglementation concernés pour évaluation et approbation. C'est au stade préclinique que le taux d'échec est le plus élevé. En Amérique du Nord, sur plusieurs centaines de composés initialement examinés, 1 seulement franchit l'étape des essais cliniques ; ensuite, seulement 20 pour cent des produits considérés comme cliniquement acceptables trouvent un marché lucratif.

Les brevets de quelque 15 médicaments hautement rentables sont arrivés à expiration en décembre 2004. Les entreprises biotechnologiques/biopharmaceutiques ainsi que les compagnies pharmaceutiques sont donc soumises à des pressions énormes pour découvrir et lancer le plus rapidement possible de nouveaux médicaments présentant de vastes possibilités d'application. Ces contraintes pesant sur les fabricants pharmaceutiques sont encore exacerbées par l'accroissement de la demande émanant des populations vieillissantes d'Europe et d'Amérique du Nord – demande de médicaments, mais aussi de prothèses et autres services de santé. Les compagnies pharmaceutiques font face à un dilemme majeur : les personnes souffrant de maladies graves telles que le VIH/sida exigent l'approbation rapide de nouveaux médicaments ; mais, craignant de faire l'objet de poursuites coûteuses si ces nouveaux produits avaient des effets secondaires indésirables imprévus, les fabricants préfèrent avancer à pas prudents et patients jusqu'à la fin des essais cliniques.

Alors qu'elles se sont d'abord spécialisées dans la génomique, la chimie combinatoire, l'élaboration de médicaments ciblés ou les anticorps monoclonaux en vue d'une cession ultérieure des licences à des laboratoires plus importants, certaines entreprises biotechnologiques amènent maintenant leurs découvertes jusqu'aux essais précliniques, parfois même jusqu'aux premiers stades des essais cliniques. Les entreprises qui réussissent le mieux dans ce domaine sont celles qui ont défini leurs objectifs en fonction de leurs ressources et qui concentrent leurs travaux sur des médicaments bien précis permettant de traiter des maladies relativement courantes, ou sur des systèmes technologiques (les « plateformes ») adaptables à plusieurs applications. Certaines se spécialisent dans les maladies reliées à des gènes particuliers ou dans les moyens de remédier aux dysfonctionnements génétiques.

Pour mobiliser la masse critique de ressources dont ils ont besoin, les laboratoires de recherches en biotechnologie doivent souvent acquérir certains de leurs concurrents ou fusionner avec eux. D'autres s'associent à des compagnies pharmaceutiques par des fusions ou des contrats d'octroi de licences.

Plus d'un tiers des laboratoires américains de recherches en biotechnologie vivent de la cession de licences de produits ou de procédés à des entreprises biotechnologiques ou à des compagnies pharmaceutiques plus importantes qu'eux.

Le génome humain

Le séquençage du génome humain a grandement stimulé les investissements dans les recherches sur le diagnostic et le traitement des maladies d'origine génétique. Les scientifiques croyaient à l'origine que le génome humain comportait près de 150 000 gènes. Ils ont finalement découvert qu'il en compte environ 30 000, ce qui a contraint l'ensemble des acteurs du secteur à revoir leurs prévisions. Chaque gène actif pouvant coder pour différentes molécules protéiques, le nombre des cibles pharmaceutiques pourrait être cinq fois plus élevé que celui des gènes. Selon les études récentes consultées, à partir d'un total actuellement estimé d'environ 500 cibles, la recherche génomique devrait permettre, à terme, l'identification de 3 000 à 10 000 cibles correspondant à des protéines codées par 10 à 25 pour cent des gènes humains identifiés. Depuis la brebis Dolly, certains observateurs s'inquiètent toutefois du fait que les connaissances obtenues par le séquençage du génome humain servent un jour à cloner des hommes et des femmes, une pratique que certains assimilent à l'Homme se prenant pour Dieu.

La possibilité de séquencer les génomes a induit une diversification étonnante des sous-secteurs biotechnologiques. La *génomique* est l'étude de la structure des génomes et des fonctions génomiques reliées à des maladies bien précises. La *métabolomique* se consacre à l'analyse du rôle des métabolites dans les perturbations physiologiques. La *pharmacogénomique* étudie l'incidence des dysfonctionnements et traits génomiques et génétiques sur la réponse pharmacologique pour certaines maladies et structures moléculaires bien précises. Sous-secteur en expansion rapide, la *protéomique* s'intéresse aux relations entre certaines protéines et les infections ou les modalités d'action des pathogènes, mais aussi aux protéines comme transporteurs des vaccins et aux gènes codant pour les nouvelles enzymes. Des instituts scientifiques de quelque 18 pays se sont regroupés dans la Human Proteome Organisation (HUPO), dont les travaux sont coordonnés par un centre de l'Université McGill de Montréal.

Le Dr Elias Zerhouni, directeur des Instituts nationaux de la santé des États-Unis (*US National Institutes of Health*), décrivait dans une conférence récente l'évolution de la recherche biomédicale et de ses applications : alors

qu'elles se consacraient jusqu'à tout dernièrement à la conception et à la synthèse de produits pharmaceutiques visant à atténuer l'incidence ou les effets des maladies, la recherche biomédicale actuelle porte plutôt sur les interventions effectuées au niveau moléculaire ou cellulaire et visant à mieux comprendre la cause et l'étiologie des maladies contagieuses ou attribuables à des perturbations génétiques.

Les nanosciences

Les nanosciences étudient les composantes moléculaires des matières et des substances biologiques. Un nanomètre (nm) est égal à 10^{-9} mètres. (Le diamètre d'un cheveu humain est d'environ 100 000 à 200 000 nm.) De nouveaux instruments d'analyse tels que le microscope à effet tunnel et le microscope électronique à transmission facilitent la détermination de la structure des molécules. Les propriétés des macromolécules biochimiques dépendent en grande partie de la nature et de la structure de leurs molécules constitutives. Les scientifiques pensent que la conception et la synthèse de molécules nouvelles présentant la structure et les propriétés voulues permettront d'accroître l'efficacité du comportement fonctionnel de nombreux produits pharmaceutiques, protéines et, à terme, substances alimentaires [Royal Society, 2004].

Coûts et recettes

De 2001 à 2002, les recettes mondiales des entreprises biotechnologiques sont passées de 35,9 milliards à 41,3 milliards de dollars, dont 73 pour cent sont allés à des entreprises américaines. En 2001, les recettes totales des six entreprises de biorecherche les plus importantes s'élevaient à environ 8 milliards de dollars ; leurs investissements en recherche et développement représentaient entre 20 et 30 pour cent de leurs recettes. Ces entreprises biotechnologiques spécialisées conçoivent et développent de nouveaux procédés et médicaments ; certaines les amènent jusqu'aux essais précliniques de mesure de l'innocuité et de l'efficacité, parfois jusqu'à la production en usine pilote. Les grandes compagnies pharmaceutiques élargissent les procédés mis au point par des entreprises biotechnologiques plus modestes et soumettent leurs produits à des protocoles d'essais cliniques in vitro et in vivo plus intensifs et plus extensifs pour en déterminer l'efficacité, la fiabilité et l'innocuité ; ensuite, elles soumettent le nouveau médicament ainsi que toutes les preuves scientifiques pertinentes aux instances de réglementation pour approbation officielle.

Les compagnies pharmaceutiques sont souvent critiquées en raison des prix élevés qu'elles pratiquent et des recettes considérables qu'elles engrangent. Mais leurs détracteurs ignorent en général le coût exorbitant que représente le développement d'un médicament qui sera commercialisé avec succès. Ce coût s'élève actuellement à plus de 800 millions de dollars et il augmente de plus de 10 pour cent par an ; en outre, il faut dans certains cas une quinzaine d'années pour passer de la première synthèse en laboratoire à la commercialisation. Moins de 1 pour cent des substances synthétisées finissent par obtenir l'approbation des instances de réglementation ; la plupart sont rejetées à une étape ou l'autre du processus. Les brevets des médicaments ne durent que 20 ans, ce délai commençant à courir à partir de l'approbation du brevet. Dès qu'il expire, les compagnies dites « génériques » se mettent à produire et commercialiser le médicament en question. Si les fabricants de génériques peuvent vendre moins cher, c'est qu'ils s'épargnent le coût du long processus de recherche et développement. Certaines instances de réglementation ont des services spécialisés qui vérifient les médicaments vendus par les compagnies génériques pour s'assurer que ces produits sont bien identiques aux originaux dans leur composition, leur efficacité et leur innocuité.

Pour réduire leurs coûts, plusieurs compagnies pharmaceutiques ont fusionné avec des concurrentes ; d'autres compriment leur effectif. Pfizer fermera bientôt sept usines et supprimera des centaines d'emplois.

La bio-informatique

« Le mal de notre époque, c'est l'abondance des livres ! » soupirait un érudit du début du 17e siècle. « Personne ne peut assimiler un tel volume d'écrits. » Plus encore qu'hier, les chercheurs d'aujourd'hui génèrent un volume stupéfiant de connaissances bioscientifiques. Comment les archiver, les classer, en garantir l'accessibilité ? La question est d'importance et mérite un examen systématique sérieux. Il existe à l'heure actuelle plus de 350 bases de données bio-informatiques dans le monde. Leur prolifération exige de toute urgence l'intervention de bioscientifiques et de biophilologues qualifiés pour compiler l'information et pour maintenir des bases de données et des systèmes de bio-information qui soient exacts et fiables, et qui utilisent une terminologie rigoureuse et compréhensible pour tous les utilisateurs. Les gestionnaires des bases de données doivent maîtriser des compétences précises pour mesurer l'exactitude et la pertinence de l'information, éliminer les entrées dépassées, et cerner les besoins des utilisateurs potentiels. Différentes entreprises possèdent des bibliothèques de structures moléculaires informatisées et procurent des échantillons des substances décrites dans leurs ordinateurs à des labora-

toires de recherches en biotechnologie et à des compagnies pharmaceutiques. La bio-informatique nécessite maintenant, et de toute urgence, l'établissement d'un thésaurus et d'un dictionnaire de définitions précises qui soit internationalement reconnu. La tendance actuelle consistant à inventer de nouveaux noms sans leur associer de définition exacte ou sans vérifier qu'ils ne contredisent pas la terminologie en cours représente une entrave importante à la mise sur pied de bases de données rationnelles et à l'instauration de communications bioscientifiques efficaces.

Les biotechnologies industrielles : tendances et perspectives

Confusion sémantique

Un obstacle de taille s'oppose à la formulation de prédictions fiables concernant l'évolution des biotechnologies industrielles : les notions relatives aux « biotechnologies » sont confuses et les définitions, imprécises ; de plus, la distinction entre technologies « anciennes » et « modernes » reste floue. Un document publié par la Direction générale Presse et communication de la Commission européenne constitue un exemple flagrant, et troublant, de ce phénomène [Eurobaromètre, 2003]. Cette publication est la cinquième d'une série de comptes rendus de sondages sur l'attitude des Européens face à la « biotechnologie ». Le rapport parle de « biotechnologie moderne » sans définir le terme. Il distingue les « cultures génétiquement modifiées (GM) » et les « aliments GM » sans paraître prendre acte du fait que la plupart des aliments GM proviennent de cultures GM, et que certains contiennent des ingrédients produits par des organismes GM. Les aliments GM sont décrits comme les fruits de l'application de la biotechnologie moderne à la production alimentaire, par exemple pour accroître la teneur en protéines de ces produits, allonger leur durée de conservation ou modifier leur goût. Les cultures GM, elles, sont assimilées au résultat de la transplantation de gènes d'une espèce végétale à une plante cultivée afin d'accroître sa résistance aux insectes ravageurs. Mais les aliments peuvent être conservés, transformés ou traités par des biotechnologies modernes qui ne font aucunement appel aux modifications génétiques. Un aliment qui est partiellement traité par une enzyme ou qui contient un arôme ou un micronutriment provenant d'un organisme GM est-il nécessairement un aliment GM ? Quand une biotechnologie « moderne » cesse-t-elle d'être moderne ?

Les biotechnologies recourent à différents types de cultures cellulaires. Plusieurs métabolites utilisables dans les procédés alimentaires sont synthétisés ou extraits de cultures cellulaires de micro-organismes, de plantes supérieures

ou d'autres organismes qui n'ont pas été génétiquement modifiés. Le rapport de la Commission européenne indique que la moitié des personnes interrogées l'ont été sur la « biotechnologie » alors que l'autre moitié devait se prononcer sur le « génie génétique ». L'analyse finale combine les résultats des deux groupes – ce qui trahit le fait que « biotechnologie » et « génie génétique » sont synonymes dans l'esprit des enquêteurs. Or, si l'on s'en tient à une interprétation scientifique rigoureuse de ces termes, les « modifications génétiques » ne constituent qu'une composante d'un spectre très large, et constamment grandissant, de « biotechnologies ».

Depuis 20 ans, les biotechnologies sont passées du statut de biosciences intellectuellement intrigantes à celui d'industries dont l'activité consiste à fabriquer et traiter des produits biologiques provenant de réactions biocatalytiques, de micro-organismes naturels ou génétiquement modifiés, de cellules végétales, ou encore de cellules de mammifères ou d'insectes. Certaines techniques changent la composition et l'expression génétiques ; d'autres accélèrent ou réorientent des procédés métaboliques.

Les cultures cellulaires complètent les modifications chimiques dans la synthèse des produits diagnostiques et thérapeutiques. Les cellules microbiennes et virales des cultures, dont certaines modifiées génétiquement, permettent d'obtenir une vaste gamme d'hormones, de nutriments et de médicaments. Les cellules d'insectes infectées par des adénovirus et des baculovirus sécrètent des protéines utilisées en thérapie génique et dans les vaccins viraux. Les cellules de mammifères synthétisent des substances thérapeutiques très pures : des anticorps monoclonaux, des vaccins viraux et du facteur VIII (un agent qui stimule la coagulation du sang chez les hémophiles).

Le travail sur cultures cellulaires exige les compétences de bio-ingénieurs et d'analystes des systèmes qualifiés pour comprendre les interactions entre les variables, nombreuses et complexes, qui interviennent dans la sélection du médium et dans les conditions de la culture – sachant que cette complexité s'accroît à mesure que les procédés de culture progressent, c'est-à-dire qu'ils passent du laboratoire à l'usine pilote, puis à la fabrication industrielle.

Les colonies bactériennes pathogènes émettent des signaux biochimiques grâce auquel elles déterminent le moment où elles ont atteint une masse critique suffisante pour vaincre les défenses immunitaires de leurs cibles. Elles activent alors des gènes virulents qui leur permettent d'infecter « efficacement » leur hôte. Des scientifiques du Wisconsin ont élaboré des dérivés des L-homosérine lactones qui bloquent les messages bactériens et rendent les pathogènes réceptifs aux antibiotiques.

Modélisation moléculaire et réalité virtuelle

Le secteur pharmaceutique s'est d'abord intéressé à l'extraction des substances d'origine naturelle actives du point de vue pharmacologique, à leur étude et à leur modification chimique. Ces procédés traditionnels cèdent maintenant le pas à l'élucidation des causes exactes des maladies et des mécanismes qui permettent aux médicaments de les diagnostiquer, de les prévenir et de les guérir. La dernière génération des produits prophylactiques, thérapeutiques et diagnostiques a été conçue par modélisation moléculaire informatisée. À la fin du siècle dernier, se fondant sur les principes de la chimie organique classique, un scientifique pouvait synthétiser une cinquantaine de nouveaux composés actifs par an. Aujourd'hui, la biosynthèse assistée par ordinateur permet d'élaborer annuellement plusieurs milliers de nouveaux composés. Les ordinateurs conçoivent des molécules et les comparent d'une manière systématique aux structures moléculaires qui sont entreposées dans leur mémoire ou qu'ils téléchargent à partir de bibliothèques de molécules. En moins d'un an, un million de composés peuvent ainsi être évalués en fonction de protéines cibles prédéfinies. Plusieurs autres innovations biotechnologiques ont aussi vu le jour dernièrement, notamment : la « génomique » (l'étude des génomes et des séquences nucléotidiques de l'ADN) ; la « protéomique » (l'étude de protéines spécifiques produites par les génomes) ; la « métabolomique » (l'étude des répercussions de l'expression génique sur les métabolites synthétisés en cultures cellulaires).

La « **réalité virtuelle** » procure aujourd'hui des moyens novateurs d'étudier les structures moléculaires, l'ADN, les organes et les cellules végétales et animales. À l'Université de Calgary, une technologie tridimensionnelle Java permet de projeter des images sur les murs et le sol d'une pièce cubique de 2,5 m de côté. L'observateur peut ainsi « entrer » dans la molécule ou l'organe humain qu'il étudie. Regardées à travers des lunettes spéciales, ces images peuvent être agrandies ou déplacées au moyen d'un dispositif de contrôle manuel. Les observateurs dûment qualifiés peuvent analyser de cette façon la structure tridimensionnelle de l'ADN (pour y détecter des aberrations ou des caractéristiques inhabituelles), la structure d'organes entiers ou encore, les relations structurelles entre un outil d'intervention diagnostique ou thérapeutique de synthèse et une cellule malade.

Les traitements en aval

Dans la terminologie de la biotechnologie, le « traitement en aval » est l'ensemble de tous les procédés qui suivent la synthèse en bioréacteur :

fractionnement, isolement, purification, stérilisation des produits synthétisés. Les processus les plus complexes et les plus coûteux sont ceux qui constituent l'extrapolation, c'est-à-dire le passage de l'éprouvette de laboratoire à l'usine pilote, puis à la production industrielle. En Amérique du Nord, les traitements en aval représentent 80 pour cent des coûts de production en usines. Les industries ont grand besoin, et rapidement, de bio-ingénieurs qualifiés capables d'améliorer l'efficacité de ces traitements en aval et d'en abaisser le coût. Une enquête récente portant sur les besoins en main-d'œuvre qualifiée montre que la demande actuelle et prévue en biotechnologues et bio-ingénieurs est très supérieure à l'offre future estimée.

Séparation et isolement

Plusieurs produits primaires sont obtenus par isolement à partir de matières fractionnées. Ainsi, l'insuline provient de cellules cultivées ; différents vaccins sont fabriqués à partir des surnageants ; des métabolites intracellulaires sont obtenus par la rupture de la paroi des cellules. Les substances sensibles à la chaleur, aux solvants organiques et autres produits chimiques doivent être fractionnées, isolées et stérilisées avec beaucoup de précaution. Dans les produits biochimiques sensibles à la chaleur, les micro-organismes peuvent être inactivés par stérilisation haute température/courte durée, ou éliminés par microfiltration. La centrifugation continue permet de recueillir des cellules intactes ; certaines cellules de mammifères, particulièrement fragiles, doivent toutefois être manipulées dans des conditions très précises. La rupture cellulaire permettant d'isoler les métabolites intracellulaires peut être obtenue par des moyens mécaniques, chimiques ou enzymatiques. Les méthodes mécaniques sont notamment l'homogénéisation haute pression et la macération au moyen de petites billes de verre ou de plastique. La lyse enzymatique (la rupture des parois cellulaires par l'action des enzymes) consomme peu d'énergie et risque moins d'endommager les substances biosynthétisées, particulièrement fragiles, que ne le font les méthodes mécaniques ou chimiques. Les processus catalysés par les enzymes, dont un nombre élevé proviennent d'organismes GM, exigent une dépense énergétique moins importante que la plupart des catalyseurs chimiques et s'avèrent moins destructeurs qu'eux. Ils sont par conséquent utilisés dans un nombre grandissant d'applications bio-industrielles.

Les conditions idéales pour l'isolement et la purification des métabolites varient selon la substance traitée. L'extraction liquide convient bien aux antibiotiques ; la distillation fractionnée, aux substances organiques qui supportent la chaleur ; la concentration par congélation (cryoconcentration),

aux substances en dispersion aqueuse sensibles à la chaleur ; et le fractionnement liquide en phase aqueuse, aux enzymes sensibles à la chaleur. Les méthodes de séparation membranaire sont notamment : l'osmose inversée, l'ultrafiltration, la microfiltration, l'électrodialyse et la nanofiltration. Les anciens Égyptiens se servaient de la microfiltration pour purifier l'eau du Nil en la faisant passer lentement à travers des filtres de sable fin depuis les bassins de décantation.

Soumis à des pressions comprises entre 10 000 et 40 000 kPa, le dioxyde de carbone se comporte comme un solvant organique et permet alors d'extraire des substances biochimiques qui ne supportent pas l'action des solvants organiques. L'extraction des liquides/gaz supercritiques est utilisée dans l'industrie pour isoler les huiles essentielles et les oléorésines des plantes aromatiques ou la caféine du café.

Les procédés de conservation

La plupart des aliments et des produits pharmaceutiques sont exposés aux détériorations induites par les infections microbiennes, les infestations de ravageurs, les réactions biochimiques, les contaminations chimiques et la pollution atmosphérique. Les plus fragiles d'entre eux peuvent être préservés au moyen de procédés qui :

a. préviennent l'apparition des micro-organismes nuisibles ou les inhibent, les détruisent ou les éliminent ; ou qui

b. restreignent les altérations biochimiques et biophysiques.

Les détériorations biochimiques provoquées par des infections microbiennes ou catalysées par des enzymes peuvent être endiguées par les moyens suivants :

a. l'inactivation ou la destruction thermique du microbe ou de l'enzyme en cause ;

b. l'abaissement de la température du produit et de l'air ambiant en deçà du seuil de congélation ;

c. la réduction du degré d'humidité (pression de vapeur du produit) par déshydratation partielle ou concentration de l'extrait sec soluble ;

d. la purification de l'air ambiant dans l'emballage ou le contenant.

L'abaissement du taux d'humidité relatif

L'activité de l'eau (a_w) d'une matière biologique est égale au quotient de la pression de vapeur de cette matière par la pression de vapeur de l'eau pure. La plupart des processus de dégradation catalysés par les enzymes ne pouvant intervenir qu'en milieu humide, la réduction de l'activité de l'eau ralentit la croissance microbienne et la détérioration biochimique. Différentes méthodes permettent d'abaisser l'activité de l'eau : a. la concentration de l'extrait sec soluble (l'a_w des solutions saturées en sel ou en sucre est très inférieure à celle de l'eau pure) ; b. l'élimination, par déshydratation, de l'eau contenue dans la matière biologique.

La déshydratation partielle des céréales, de la viande, du lait, des fruits et des légumes par chaleur rayonnante (flammes ou exposition directe au soleil) est pratiquée depuis de nombreux siècles. D'autres systèmes de déshydratation permettent aujourd'hui d'infliger moins de dommages thermiques aux produits : exposition très courte à la chaleur, refroidissement par évaporation, application de températures moins élevées et d'une pression ambiante plus faible pour accélérer l'évaporation de l'eau. La déshydratation sous vide fait baisser le point d'ébullition de l'eau et atténue la résistance du milieu ambiant à l'évaporation.

La lyophilisation (cryodessiccation) est un procédé de déshydratation particulièrement indiqué pour les matières biologiques très sensibles aux altérations thermiques. Dans la congélation lente, la plupart des cellules biologiques sont pulvérisées par les gros cristaux de glace qui se forment. La lyophilisation consiste à congeler très rapidement la matière en l'immergeant dans un médium à une température inférieure à –150 °C. Les cristaux de glace se forment alors très vite et ne font pas éclater les cellules organiques, car ils sont de petite taille. La matière congelée est placée dans un récipient suffisamment robuste pour résister à une pression interne inférieure à 5,2 mbar, ce qui permet au produit de rester congelé. La glace qu'il contient se sublime (c'est-à-dire qu'elle passe directement de l'état solide de glace à l'état gazeux de vapeur d'eau) et peut alors être recueillie dans un condensateur. La sublimation peut être accélérée par des plaques chauffantes noires ou par chauffage aux micro-ondes.

L'entreposage en atmosphère contrôlée

Sensibles à l'oxygène et autres gaz ambiants, les aliments périssables peuvent être conservés sous vide partiel ou dans un gaz inerte. L'entreposage et l'emballage sous vide partiel, dans l'azote ou dans le dioxyde de carbone

permet de limiter les détériorations causées par l'oxydation. La plupart des fruits synthétisent et exsudent de l'éthylène sous forme gazeuse qui accélère leur mûrissement et réduit d'autant leur durée de conservation. Les bananes entreposées dans un milieu contenant 5 ppm d'éthylène mûrissent en deux à trois jours. À l'inverse, l'entreposage dans un milieu contenant beaucoup de dioxyde de carbone mais relativement peu d'éthylène retarde le mûrissement de 16 à 18 jours.

Conservation thermique et non thermique

Les procédés thermiques inactivent les micro-organismes et les enzymes indésirables, mais ils peuvent aussi altérer les propriétés physiologiques et fonctionnelles fondamentales du produit. Plus la température est élevée et plus l'exposition à la chaleur est longue, plus la détérioration est importante. Les transformateurs alimentaires se trouvent donc aux prises avec un dilemme. Les infections d'origine alimentaire ont augmenté d'une manière exponentielle ces 30 dernières années. Aux redoutables salmonelles connues de longue date se sont ajoutés plus récemment des pathogènes de type *Campylobacter* ou staphylocoque ainsi que de nouvelles souches d'*E. coli* et de *Listeria*. Aujourd'hui, les consommateurs réclament des aliments qui leur semblent plus sains, plus frais et moins éloignés de leur état naturel, du moins dans la mesure où leurs sens peuvent en juger.

Plusieurs technologies industrielles permettent d'inactiver ou de ralentir les procédés microbiens ou biochimiques qui altèrent ou détruisent les matières biologiques. Pour éviter les détériorations thermiques, les scientifiques analysent à l'heure actuelle différents procédés thermiques et non thermiques relativement inoffensifs. Certaines de ces méthodes font appel à une exposition à la chaleur de très courte durée : séchage par atomisation, exposition à des échangeurs de chaleur tubulaires ou à surface raclée, injection de vapeur ; puis, conditionnement aseptique. Les systèmes aseptiques éliminent physiquement les micro-organismes et les polluants et permettent de traiter, transporter ou entreposer les produits dans des dispositifs stériles étanches. L'exposition relativement courte à une chaleur uniforme peut limiter les détériorations thermiques.

Le ***chauffage ohmique*** s'avère efficace pour les matières biologiques qui sont suffisamment fluides pour être pompées à l'intérieur d'une colonne dans laquelle un courant électrique circule entre deux électrodes. La chaleur appliquée est produite rapidement et de manière uniforme ; le produit stérilisé est ensuite rapidement refroidi puis transporté et conditionné dans des contenants

stériles en milieu aseptisé. Les modèles commerciaux vont de l'unité pilote de 10 kW permettant de traiter 100 kg à l'heure jusqu'aux modèles de 300 kW présentant une capacité de 3 tonnes à l'heure.

Le ***chauffage hyperfréquence (micro-ondes)*** ou ***haute fréquence (radiofréquence)*** consiste à soumettre la matière biologique à l'énergie électromagnétique d'un magnétron qui produit un champ électrique oscillant hyperfréquence/haute fréquence. La chaleur est générée par l'inversion rapide de la polarisation moléculaire. Uniforme et de courte durée, le chauffage hyperfréquence ou haute fréquence permet de porter le produit à des températures internes élevées. Ces deux procédés sont utilisés dans l'industrie pour la déshydratation, l'inactivation microbienne et la cuisson rapide. Des modèles de simulation informatique permettent maintenant de déterminer les conditions optimales du traitement.

Les procédés non thermiques

L'application d'une ***pression isostatique élevée*** comprise entre 50 kPa et 1 MPa convient bien aux matières biologiques à forte teneur en eau. Les produits sont placés dans des emballages sous vide souples et étanches puis immergés dans un fluide. Ce médium fluide dans lequel le contenant est plongé exerce alors une pression élevée uniforme sur la matière ainsi emballée. Les fortes pressions font augmenter la température de la plupart des substances compressibles, le degré de cette augmentation dépendant des propriétés physiques, thermiques et autres de la substance considérée. (La chaleur générée par la compression des gaz constitue d'ailleurs le principe de fonctionnement du moteur diésel.) Les matières contenant beaucoup d'eau subissent une élévation de leur température qui est mesurable, mais inférieure à celle des gaz comprimés. En conditions adiabatiques (isolation thermique) proches des températures normales, la température des aliments présentant une forte teneur en eau augmente de manière linéaire avec la pression appliquée. Dans les aliments, la température s'élève de 3_ à 6_ à chaque augmentation de la pression de 100 MPa.

Les scientifiques analysent à l'heure actuelle trois types d'***énergies pulsées*** utilisables pour l'inactivation microbienne : a. les champs électriques pulsés ; b. les impulsions lumineuses ; c. les champs magnétiques pulsés. Les potentiels électriques produits par les champs électriques pulsés induisent une polarisation mortelle des membranes des cellules microbiennes. Déterminés de manière empirique, les potentiels critiques sont variables selon l'espèce microbienne considérée, la morphologie cellulaire et les conditions ambiantes.

Les pulsations (l'alternance) semblent plus efficaces que les polarités constantes aux intensités de champ comprises entre 15 et 30 kV/cm. L'application d'impulsions lumineuses consiste à générer des éclairs d'une intensité égale à 20 000 fois celle du rayonnement solaire quand il atteint la surface de la terre. Les champs électriques pulsés et les impulsions lumineuses sont efficaces contre les cellules microbiennes végétatives, mais pas contre les enzymes actives ni les spores. Les champs magnétiques oscillants semblent inactiver les micro-organismes végétatifs ; les documents décrivant des applications envisageables pour l'industrie restent toutefois rares.

En induisant une alternance de pressions et de cavitations, les ***ultrasons*** (fréquences supérieures à 20 kHz) peuvent inactiver les micro-organismes végétatifs dans les suspensions liquides. Ils peuvent également faire office de méthode auxiliaire dans la cristallisation, la filtration, l'hydrogénation et le vieillissement des boissons alcoolisées.

Les ***radiations ionisantes*** peuvent inactiver les micro-organismes et détruire les insectes en cas d'infestation. Cette technique consiste à appliquer des rayons gamma provenant de radio-isotopes tels que le cobalt 60 (^{60}Co) ou le césium 137 (^{137}Cs), des rayons X ou des faisceaux d'électrons générés par des machines. Le rayonnement absorbé se mesure en grays (Gy) ou kilograys (kGy), un gray étant équivalent à un joule par kilogramme. Aux États-Unis, l'irradiation est autorisée pour conserver certaines matières biologiques. Les doses maximales permises sont les suivantes : volaille fraîche, 3 kGy ; enzymes déshydratées, 10 kGy ; épices, 30 kGy ; produits pharmaceutiques, plus de 30 kGy (selon la nature biochimique du produit et ses conditions d'utilisation). Des niveaux plus élevés sont permis pour les ingrédients alimentaires consommés en petites quantités (par exemple, les épices) et pour les produits pharmaceutiques prescrits.

Le contrôle de la qualité des procédés et des produits

En termes simples, les objectifs du contrôle de la qualité (CQ) sont de veiller à ce que les propriétés des matières premières et des produits finaux répondent en tout temps à des normes préalablement définies.

Les normes de CQ sont définies par : a. les protocoles internationaux ; b. les instances gouvernementales de réglementation ; c. les consommateurs, les transformateurs secondaires et les détaillants ; d. les entreprises de transformation alimentaire et les compagnies pharmaceutiques.

Pendant très longtemps, le contrôle de la qualité s'est effectué par prélèvement et analyse en laboratoire d'échantillons représentatifs des produits

transformés. De plus en plus, ces analyses réalisées a posteriori sont aujourd'hui remplacées par des tests effectués par des capteurs et des détecteurs qui sont placés directement sur la chaîne de production et qui repèrent en continu les défauts touchant des propriétés critiques ciblées. Des systèmes de rétroaction corrigent les paramètres incorrects et toutes les mesures sont archivées sur ordinateurs. Selon le cas, les capteurs sont calibrés en fonction de signaux biologiques, chimiques, biochimiques, biophysiques, microbiens, électroniques ou photoélectriques. Ils peuvent ainsi mesurer la viscosité, la température, la pression ou le taux d'humidité relative. Les capteurs chimiques réagissent au pH, à certains ions, à des radicaux organiques ou à des impuretés. Les biocapteurs fonctionnent à partir des enzymes immobilisées, des bactéries, des réactions antigène-anticorps ou des sondes ADN. Trop nombreuses et diversifiées pour être décrites ici dans le détail, les méthodes spectrales permettent d'analyser différentes propriétés physiques et rhéologiques ainsi que de nombreux composants chimiques.

Utilisée dans le secteur pharmaceutique, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) s'avère généralement trop coûteuse pour l'industrie de la transformation alimentaire. Elle consiste à analyser les propriétés magnétiques de noyaux atomiques placés dans un champ magnétique générant différents niveaux d'énergie entre les protons qui sont alignés le long du champ magnétique et ceux qui ne le sont pas. L'IRM permet de détecter de nombreux types d'imperfections. De plus, comme elle ne détruit pas la matière à laquelle elle est appliquée, l'appareil peut être installé sur la chaîne de production et vérifier tous les produits traités, transformés ou emballés. Cette technique s'avère donc particulièrement indiquée pour le contrôle de qualité des produits pharmaceutiques sous emballage.

Les capteurs placés sur la chaîne de production doivent être faciles à installer et à entretenir, être calibrés avec exactitude, fournir des informations fiables et résister aux conditions de traitement des produits. Ces appareils ainsi que les données qu'ils procurent doivent être systématiquement vérifiés et comparés aux résultats des analyses directes. Certaines études indiquent que l'on peut maintenant installer un millier de nanocapteurs dans un même capteur-détecteur de chaîne de production.

Remarques conclusives

Ce chapitre montre que les biotechnologies industrielles sont passées des perceptions et de l'empirisme artisanal aux systèmes conçus, élaborés et administrés selon des principes scientifiques. Le développement et le suivi

scientifiques sont plus avancés dans le secteur pharmaceutique que dans les secteurs alimentaire et textile, dans lesquels les systèmes scientifiques côtoient les méthodes empiriques traditionnelles. Les supermarchés et autres acteurs majeurs du commerce de détail contraignent les entreprises alimentaires et textiles à leur procurer les produits qu'ils demandent à des prix toujours plus bas. Certes, les consommateurs apprécient de payer moins cher. Néanmoins, en raison des tendances actuelles, seules les grandes entreprises alimentaires auront bientôt les moyens financiers de mener les recherches nécessaires pour développer et fabriquer des produits de qualité constante aux prix que les supermarchés exigent. À terme, ces contraintes pourraient provoquer une baisse significative de la diversité des aliments disponibles et financièrement accessibles pour l'ensemble des consommateurs ; elles pourraient également causer la perte d'innombrables petits agriculteurs et détaillants. Dans le secteur textile, les grands magasins et les supermarchés qui s'efforcent constamment de vendre moins cher que leurs concurrents favorisent les entreprises qui font fabriquer leurs produits par des travailleurs mal payés vivant dans des pays pauvres ou trimant dans des usines qui exploitent les immigrants et leur imposent des conditions de travail déplorables.

Considérant le coût élevé de la recherche et du développement dans les biotechnologies modernes, il est douteux que les forces du marché puissent à elles seules assurer le bon fonctionnement de l'innovation, de la conception, de la production et de la distribution de tous les aliments nécessaires et médicaments essentiels. Pour que l'humanité dans son ensemble bénéficie d'un niveau acceptable de sécurité alimentaire et sanitaire, les gouvernements doivent absolument intervenir. Le réchauffement planétaire va exacerber la mortalité et la morbidité attribuables aux maladies tropicales ; les migrations intercontinentales d'humains et d'oiseaux ainsi que le transport international des biens va accélérer la propagation des pandémies. La mise en place de programmes de recherches novateurs et dynamiques permettant de préciser les biotechnologies et d'accroître leur champ d'action est devenue incontournable. Car, ainsi que le faisait observer René Descartes au 17e siècle dans son *Discours de la méthode* : ce que nous savons n'est presque rien en comparaison de ce qu'il reste à découvrir.

This page intentionally left blank

10
L'environnement et les ressources

La formation de la planète et son évolution

Le terme « environnement » signifiait à l'origine « l'enceinte », « les environs ». Aujourd'hui, il désigne les conditions dans lesquelles les organismes vivants, les personnes et les choses existent et se développent. Selon cette acception générale, le mot « environnement » peut recouvrir des systèmes ou des paramètres physiques, politiques, économiques, universitaires, sociaux... Dans ce texte, nous nous en tiendrons à l'environnement physique et biologique de la planète, son atmosphère, ses climats, ses écosystèmes et ses ressources naturelles, ainsi que leurs interactions avec les biotechnologies.

Les recherches anthropologiques, cosmologiques et géologiques montrent que l'environnement de la Terre, ses milieux et ressources naturels ainsi que les êtres vivants et les organismes qui l'ont habitée ou continuent de la peupler n'ont jamais cessé de changer depuis que cette planète existe. Dans certains cas, ils ont évolué de manière graduelle ; dans d'autres, ils se sont transformés plus subitement, à la faveur de crises ou d'événements majeurs : collision avec de gigantesques météorites ou astéroïdes ; tremblements de terre violents ; éruptions volcaniques ; changements climatiques extrêmes. L'accélération de certaines altérations du milieu par les activités humaines suscite actuellement des inquiétudes grandissantes – et légitimes. Les causes de ces craintes sont notamment les suivantes : émissions massives de particules et de gaz par la combustion des carburants fossiles et du bois ; pollution de l'atmosphère et des eaux intérieures et côtières par l'agriculture, l'industrie et les ménages ; déforestation ; détérioration des sols et des écosystèmes ; déplétion incidente ou délibérée de la biodiversité. On trouvera dans un numéro spécial de *Scientific American* une analyse exhaustive de la formation et de l'évolution de l'univers et de la Terre ainsi qu'un bilan de l'origine et de l'adaptation des organismes vivants [*Scientific American*, 1994].

Un nombre croissant d'observateurs d'excellente renommée estiment maintenant que les ressources disponibles sont insuffisantes pour satisfaire les habitudes de vie des classes moyennes les plus aisées du monde – d'autant plus qu'elles prennent actuellement de l'ampleur dans des pays qui gagnent en prospérité et intensifient de ce fait leurs demandes en véhicules motorisés et autres biens, par exemple la République populaire de Chine ou l'Inde. Les ressources sont consommées plus vite qu'elles ne peuvent se renouveler. L'humanité modifie l'environnement et les cycles biochimiques et hydrologiques planétaires à un rythme qui s'accroît rapidement. Sur l'ensemble des transformations qui se sont produites sur les 10 000 dernières années, souligne Kates, la plupart ont eu lieu de notre vivant [Kates, 1994].

La gouvernance des environnements et des ressources

Fondé dans la foulée de la conférence de Stockholm de 1972, le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) mène des recherches sur différentes questions environnementales. D'autres instances de l'ONU et organismes internationaux étudient les différentes ressources de la planète, établissent des estimations de leur consommation et de leur épuisement, et recommandent des protocoles, des procédures ou des pratiques favorisant la conservation. Malheureusement, aucune instance internationale ne possède le mandat, la responsabilité et l'autorité nécessaires pour protéger l'environnement planétaire et réglementer l'accès à ses ressources naturelles ainsi qu'à leur consommation. Au vu de l'idéologie politique isolationniste du pays le plus puissant du monde à l'heure actuelle, la mise sur pied d'une instance internationale environnementale qui se verrait confier les moyens d'imposer des mesures de conservation des ressources semble très improbable à court terme.

Les gouvernements nationaux et locaux peuvent promulguer et faire appliquer des lois encadrant l'utilisation des ressources dans leurs territoires de juridiction respectifs, par exemple en ce qui concerne la lutte contre la pollution, atmosphérique ou autre, ou encore le traitement des eaux usées, des déchets ou des produits dangereux. Les protocoles législatifs et les règlements gouvernementaux varient d'un pays à l'autre. Toutefois, la plupart portent nettement la marque des intérêts des industries et des « droits acquis » d'acteurs bien précis. Le respect des conventions internationales sur la réduction de la pollution atmosphérique, la protection de la biodiversité ou l'exploitation des ressources marines reste volontaire : aucun pays ne peut être contraint de ratifier une telle convention, ni de s'y conformer. Les industries et les gouvernements les plus pollueurs et les plus voraces en ressources non

renouvelables figurent par ailleurs au nombre de ceux qui enfreignent constamment les conventions de protection de l'environnement.

Les pays du monde diffèrent grandement les uns des autres quant au régime de propriété ou d'accès aux eaux intérieures, forêts naturelles et terres publiques. Les méthodes qu'ils utilisent pour déterminer la valeur des ressources naturelles et les comptabiliser sont, elles aussi, très hétérogènes. Dans certains territoires juridictionnels, les arbres ne possèdent aucune valeur déclarée tant qu'ils n'ont pas été abattus ; les eaux intérieures sont gratuites et accessibles à tous tant qu'elles ne sont pas pompées et acheminées jusqu'aux foyers, industries ou exploitations agricoles. La gratuité de l'eau utilisée par les agriculteurs se traduit par une consommation excessive. Les entreprises de foresterie qui pratiquent des coupes à blanc dans les forêts naturelles pour n'en retirer que quelques essences particulièrement recherchées doivent rarement payer le bois qu'elles n'utilisent pas et qu'elles laissent pourrir sur place. Dans certains pays d'Amérique latine, le volume des arbres utilisés par les compagnies de foresterie représente moins de 15 pour cent du bois coupé. Quand une entreprise ou un particulier inflige des dommages ou de la pollution à un autre pays, aucune instance internationale ne possède le pouvoir de le contraindre à indemniser ses voisins des torts subis.

La protection de l'environnement et la conservation des ressources semblent bien constituer une responsabilité collective des personnes, des groupes humains, des industries et des gouvernements nationaux et locaux – mais cette responsabilité échappe actuellement à toute coordination. Idéalement, toutes les parties concernées coopéreraient avec leurs homologues des autres pays pour protéger les ressources de la planète et assurer la qualité de vie de ses habitants. Malheureusement, les pays et les collectivités les plus voraces et les plus coupables de l'épuisement des ressources et des dégâts environnementaux paraissent aussi les moins disposés à faire preuve de prudence et de retenue, postulant pour eux-mêmes le droit inaliénable d'accroître leur consommation déjà abusive. La Commission Brundtland, qui exhortait les individus et les collectivités à penser aux besoins des générations futures, ne semble pas encore avoir été entendue.

Quelle durabilité pour les ressources planétaires ?

La population mondiale est passée de 1,6 milliard à 6,1 milliards de personnes au 20e siècle. À quel rythme augmentera-t-elle au 21e siècle ? Combien d'êtres humains vivront sur Terre d'ici 100 ans ? C'est impossible à dire. À moins d'épidémies majeures ou de cataclysmes, la croissance démo-

graphique ainsi que l'augmentation de la consommation des ressources naturelles ou transformées qu'elle suppose vont inévitablement peser d'un poids irréversible sur les ressources et milieux naturels de la planète. Face aux interactions à prévoir entre la démographie galopante, la déplétion des ressources et les changements environnementaux, deux positions nettement polarisées s'affrontent : a. l'augmentation de la population et l'accroissement de la demande en ressources représentent une menace grave pour la stabilité de l'environnement et pour les ressources finies ; b. la créativité humaine et l'ingéniosité scientifique sauront élaborer en temps utile des moyens technologiques permettant d'accroître les ressources de la planète et sa capacité de charge (capacité maximale de peuplement). Pour certains analystes, les recherches scientifiques devraient se soucier un peu moins de la croissance démographique pour se consacrer un peu plus à l'évaluation de l'accroissement actuel et prévisible de la consommation par personne des ressources renouvelables et non renouvelables [Arizpe *et al.*, 1992]. S'appuyant sur des preuves scientifiques solides, la British New Economics Foundation souligne : « Les réserves écologiques de la planète s'épuisent plus rapidement que la nature ne peut les reconstituer. » Il apparaît clairement que les ressources essentielles de la Terre ne peuvent pas supporter la demande future (telle que nous sommes en mesure de la prévoir à l'heure actuelle). De deux choses, l'une : soit les personnes et les collectivités les plus riches réduisent leur consommation ; soit les plus pauvres souffriront d'une misère intolérable. Considérant l'incidence déjà préoccupante, et sans cesse croissante, de l'obésité et des maladies qui en résultent, il serait souhaitable que tous les êtres humains qui en ont la capacité physique se déplacent plus souvent à pied ou en vélo qu'en voiture.

Bataille de chiffres autour de la capacité maximale de peuplement

S'essayant à la divination, plusieurs observateurs ont tenté de déterminer la capacité maximale de peuplement humain de la planète. Selon le cas, leurs prédictions s'élèvent à 7,5 milliards de personnes [Gilliand, 1983], 40 milliards [Revelle, 1976] ou 50 milliards [Brown, 1954]. La notion de capacité de charge, ou capacité maximale de peuplement, provient du secteur de l'élevage des animaux : combien un pâturage (naturel ou cultivé) d'une superficie donnée peut-il nourrir de bovins ou d'ovins ? Les estimations de la capacité maximale de peuplement planétaire ne présentent guère d'utilité pratique. Les êtres humains ne sont pas des animaux paissants : ils vivent, se déplacent,

s'enracinent dans des collectivités et des pays dont l'accessibilité des ressources varie considérablement de l'un à l'autre, mais aussi à l'intérieur de chacun d'eux. L'établissement d'un partage plus équitable de la richesse, du pouvoir et des ressources mondiales entre tous les peuples constitue certes un objectif hautement désirable. Mais dans cette atmosphère d'égocentrisme généralisé qui est celle de notre époque, il semble peu susceptible de se concrétiser. La capacité maximale de peuplement planétaire serait bien différente si toutes les collectivités adoptaient le niveau de consommation des ressources qui est actuellement celui de l'Amérique, ou si tous les habitants de la Terre adoptaient un mode de vie plus sobre. Considérés par certains comme d'incurables pessimistes et par d'autres, comme des réalistes pragmatiques, plusieurs observateurs affirment maintenant que les ressources non renouvelables, les écosystèmes, la biodiversité ainsi que les biens et services essentiels à une vie saine sont d'ores et déjà surutilisés, détériorés, gaspillés, épuisés au-delà de toute possibilité de restauration économique ou scientifique.

Les écosystèmes sont les unités fonctionnelles de base des milieux naturels. Ils se composent d'organismes et de matières abiotiques qui produisent d'autres organismes, les consomment ou les décomposent. Tant que leur activité n'est pas perturbée par des facteurs exogènes, les éléments constitutifs des écosystèmes évoluent, se développent et s'adaptent de manière à coexister dans un état d'équilibre symbiotique relatif. Mais la destruction complète ou partielle d'un ou plusieurs éléments constitutifs perturbe l'équilibre de l'écosystème : des organismes interdépendants disparaissent ; des espèces exotiques s'implantent ; délibérément ou incidemment, la biodiversité est altérée.

À la fin du 20e siècle, les pays riches de l'OCDE représentaient 16 pour cent de la population mondiale, mais consommaient près de 75 pour cent du produit mondial brut et près des deux tiers des ressources énergétiques de la planète. Dans les pays asiatiques, presque toutes les terres arables sont cultivées ; la récolte céréalière par habitant plafonne ; les populations urbaines augmentent de 3,5 pour cent par an ; les ruraux migrent vers les villes ; le nombre des véhicules motorisés augmente plus rapidement, en proportion, que les populations humaines. La « capacité maximale de peuplement » est donc une notion bien plus complexe qu'une simple relation arithmétique entre une donnée démographique et la superficie des terres potentiellement cultivables.

« Vous tous, habitants de la terre... »

Le nombre exact des gens qui vivent dans une région ou un pays donné est très difficile à déterminer d'une manière exacte. L'organisation d'un recensement national est un processus coûteux exigeant la mise à contribution d'innombrables recenseurs et statisticiens. Mouvements de population, migrations causées par les conflits civils ou suscitées par la recherche d'une meilleure qualité de vie, dispersion irrégulière des familles et des groupes humains, parfois jusqu'en des lieux difficiles d'accès : autant de facteurs qui compliquent encore les recensements. Toutes les statistiques sur la population mondiale doivent par conséquent être considérées, au mieux, comme des estimations. Les recensements réalisés dans les pays les moins riches sont les plus susceptibles de comporter d'importantes erreurs.

Blaxter propose un récapitulatif estimatif de l'évolution de la population mondiale depuis les débuts de l'agriculture sédentaire, vers la fin de la période pléistocène [Blaxter, 1986]. De 10000 AÈC à l'an 1 de l'ère chrétienne, la population terrestre serait passée de 10 millions de personnes à 250 millions ; de l'an 1 à 1800 ÈC, d'environ 250 millions à 550 millions. L'accroissement démographique ne s'est jamais fait de manière linéaire, ni uniforme. Certaines populations ont été décimées à plusieurs reprises par des fléaux et pandémies (notamment au 5e et au 14e siècles) ou par des conflits et des famines (à toutes les époques ou presque). Selon des estimations, la population mondiale était en 1950 2,6 fois plus nombreuse qu'en 1800 ; de 1950 à 2000, elle serait passée de 2,5 milliards à 6,1 milliards. À quelle vitesse les populations du monde s'accroîtront-elles au cours du 21e siècle ? Quel chiffre atteindront-elles à la fin de cette période ? La population mondiale finira-t-elle par se stabiliser ? Il est extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, de répondre à ces questions. On sait toutefois qu'à court terme, les populations urbaines vont croître en nombre comme en densité ; les villes vont devenir de plus en plus congestionnées ; les paramètres de la consommation des produits alimentaires et des ressources vont changer ; toutes les ressources naturelles ou transformées par l'industrie vont baisser ou s'épuiser.

Les riches et puissants gagnent en richesse et en puissance ; dépourvus de capacités d'action, les pauvres s'enfoncent dans la misère. Cette iniquité va exacerber la violence. Les groupes humains expulsés de leurs foyers, dépossédés de leurs terres et de leurs biens, privés de leurs moyens d'existence et condamnés à un état proche de l'esclavage, sont inévitablement tentés de s'en prendre à ceux et celles qu'ils considèrent comme leurs ennemis et comme les responsables de leur infortune. Selon le point de vue, les personnes qui attaquent ainsi leurs agresseurs sont considérées soit comme des terroristes

(et doivent être sanctionnées à ce titre), soit comme des patriotes et des martyrs qui se battent et meurent pour recouvrer leurs droits (et doivent être admirées en cela). Ainsi qu'en ont témoigné les dégâts effroyables et le nombre démesuré des morts qui ont été infligés au Liban à l'été 2006, ce sont les gouvernements et les partisans de l'un ou l'autre camp qui dictent le point de vue et l'opinion.

Le tableau 14 récapitule l'évolution démographique des derniers millénaires.

Tableau 14

Croissance démographique et espérance de vie

Année (AÈC)	Population mondiale (en millions)	Année (ÈC)	Population mondiale (en millions)
10 000	10	1	250
5 000	40	500	200
1 000	80	1000	250
500	150	1500	450

	Population (en milliards)				croissance		
	1950	1990	1995	2003	1950–2003	1980–1985	1990–2003
Monde	2,52	5,28	5,92	6,24	x 2,5	1,8	1,6
Afrique	0,22	0,63	0,73	0,86	x 2,7	2,9	2,7
Asie	1,40	3,20	3,46	3,73	x 2,7	1,9	1,5
Amérique latine	0,17	0,44	0,48	0,55	x 3,2	2,1	1,6
Europe	0,54	0,72	0,73	0,75	x 1,4	0,4	0,1
Pays en développement	1,79	4,27	4,67	5,14	x 2,7		
Pays en développement (en % du monde)	71	81	82	82			

Tableau 14a

	Espérance de vie (en années)		Groupe d'âge (en %)			
			< 15 ans		> 65 ans	
	1975	2000	1975	2000	1975	2000
Monde	58	66	37	29	6	7
Afrique	46	49	45	44	3	3
Asie	56	68	40	29	4	6
Amérique latine	61	69	45	44	4	5
Europe	71	74	24	17	11	15

Comme dans toutes les autres régions prospères du monde, le nombre des personnes âgées augmente en Europe. Proportionnellement, la population non active est de plus en plus nombreuse et stimule la demande des soins de santé et des services sociaux. À l'inverse, les jeunes sont proportionnellement de plus en plus nombreux en Afrique, en Asie et en Amérique latine ; ils ont besoin d'emplois et possèdent de plus grands appétits. Si leurs pays d'origine s'avèrent incapables de les nourrir et de les faire vivre, les pays riches seront soumis à des pressions grandissantes pour ouvrir leurs frontières à l'immigration en provenance des régions défavorisées. Selon certaines estimations, la population des pays les plus pauvres d'Afrique devrait doubler dans les 50 prochaines années.

Le développement urbain

Pour les Chrétiens et les Juifs qui considèrent le récit biblique de la Création comme un compte rendu littéral de faits, les premiers humains sont nés dans le jardin d'Éden. Les Babyloniens, eux, croyaient que leur dieu, Marduk, avait d'abord créé une ville (Eridu) et, avec elle, les premiers humains qui l'ont habitée et administrée. Les archéologues ont découvert les vestiges d'Eridu au milieu du 19e siècle à Abu Sharein. La mythologie judéo-chrétienne aurait pu inspirer ces propos au poète William Cowper : « Dieu a fait le pays, mais l'homme a fait la ville. » Personne n'a découvert le jardin d'Éden, mais la ville d'Eridu a été peuplée pendant plusieurs centaines d'années : les Babyloniens auraient peut-être de bons motifs d'affirmer que leur version de la Création de l'humanité est la plus crédible. Eridu se trouvait sur la rive sud

de l'Euphrate, au bord de la fertile plaine alluviale, près des marécages méridionaux.

L'héritage le plus durable des Babyloniens se compose de l'invention de l'écriture (à Uruk) et de la planification des villes : on en dénombre plusieurs dizaines dans les 3 000 ans précédant l'ère chrétienne. Chacune de ces agglomérations possédait son propre système de gouvernance et contrôlait les terres arables et les pâturages environnants ainsi que la gestion de l'eau et l'irrigation. Grâce à des techniques de culture efficaces appliquées aux sols alluviaux fertiles et grâce au complément d'irrigation assuré par des systèmes élaborés de canaux et de digues alimentés par les fleuves et les rivières, les agriculteurs mésopotamiens arrivaient à produire plus d'aliments qu'ils n'en avaient besoin pour leur propre subsistance. Ces surplus alimentaient les populations urbaines en plein essor et leur permettaient de se consacrer à des activités lucratives non agricoles, administratives ou commerciales.

L'écriture cunéiforme a été inventée dans la ville d'Uruk vers l'an 3500 AÈC et s'est graduellement développée en ensembles complexes de signes pictographiques et phonétiques. Elle a permis l'établissement de comptes rendus détaillés de l'évolution de la civilisation dans le berceau mésopotamien. Les caractères anguleux typiques de l'écriture cunéiforme [du latin *cuneus* : « coin »] étaient gravés dans des tablettes d'argile molle au moyen d'un stylet de roseau. L'agencement des motifs permettait de former les chiffres et les mots [Leick, 2002].

La lignée des dix villes mésopotamiennes les plus importantes commence avec Eridu, vers 5000 AÈC, et se termine avec Babylone, qui a été fondée vers l'an 2000 AÈC pour décliner sous l'occupation sassanide – entre 225 et 600 ÈC. (Le nom « Babylone » vient du sumérien *Bab-ilani* : « la porte des dieux ».) Quand Alexandre le Grand a défait Darius en 331 AÈC, il voulait que Babylone devienne la capitale de son empire perse. S'il n'était pas mort prématurément en 323 AÈC, ce serait peut-être Babylone, et non Bagdad, qui serait aujourd'hui la capitale de l'Irak. Fondée par al-Mansur, calife régnant de 754 à 775 ÈC, Bagdad était la capitale du vaste empire abbasside. La ville s'étend entre l'Euphrate et le Tigre, à l'endroit où ces deux fleuves coulent le plus près l'un de l'autre. Nommée officiellement « Madinat as-Salam » (« La ville de la paix »), elle sera toutefois mieux connue sous le nom du petit village qu'elle a remplacé : Bagdad [Lewis, 1993].

Selon la région du monde considérée, différents facteurs déterminent le développement urbain et la croissance des villes. En Grande-Bretagne, l'industrialisation a remplacé le filage et le tissage artisanaux des foyers ruraux par de gigantesques usines textiles alimentées par un charbon peu coûteux.

Réduits au chômage, d'innombrables habitants des campagnes ont alors dû migrer vers les taudis urbains. En Amérique, la mécanisation rapide de l'agriculture a provoqué un exode rural similaire au milieu du 19e siècle. Dans de nombreux pays, les jeunes partent maintenant à la conquête des villes pour y bénéficier des services et des infrastructures d'amusement et de divertissement qui n'existent pas dans les régions rurales.

La croissance urbaine sauvage

Contrairement aux anciennes cités de Mésopotamie, la plupart des grandes villes actuelles ont malheureusement grandi très vite, sans planification ou presque. Les villes les plus anciennes de l'Amérique du Nord et d'autres régions souffrent aujourd'hui de nombreux maux : désintégration du tissu urbain ; fragmentation ; insuffisance de l'entretien et de la restauration des infrastructures et des services essentiels à une vie citadine agréable et saine. La pollution atmosphérique causée par les véhicules, les usines et autres utilisations de combustibles fossiles provoque l'érosion des vieux bâtiments et inflige aux êtres humains des problèmes respiratoires graves : dans plusieurs grandes villes de l'Inde, ils constituent maintenant la principale cause de morbidité et de mortalité. La gestion des déchets urbains, des ordures et des eaux usées domestiques et industrielles ainsi que la pollution de l'air et de l'eau par différents pathogènes ou produits toxiques exigent la mise en œuvre de mécanismes systématiques de suivi conçus spécialement pour prévenir les problèmes de santé chez l'humain. Tous ces services et ces infrastructures nécessitent le déploiement d'investissements planifiés plus importants que les sommes consenties à l'heure actuelle.

Les villes doivent en outre relever un défi majeur, mais souvent oublié : l'acheminement de produits alimentaires acceptables du point de vue de la qualité, des quantités et de l'innocuité depuis les lieux de leur production jusqu'aux marchés et consommateurs urbains. Plus les agglomérations s'étalent et plus la congestion automobile s'accentue, plus il faut de temps pour amener les aliments des producteurs ruraux jusqu'aux transformateurs et consommateurs des villes. Or, plus ce délai s'accroît, plus la probabilité de détérioration et de pertes s'alourdit pour les récoltes, les animaux d'élevage et les produits de la pêche, qui sont périssables. Les Commissions Pearson, Brandt et Brundtland ont toutes trois souligné l'accélération de la croissance urbaine et l'urgente nécessité d'établir des prévisions fiables et de planifier le développement d'une manière sensée. J'ai moi-même préconisé dans plusieurs publications la mise en œuvre d'analyses systématiques de la distribution alimentaire ruralo-urbaine – des analyses qui feraient appel à des modèles de

simulation permettant d'acheminer les produits alimentaires de la manière la plus efficace et la plus économique possible selon le trajet, l'heure et le moyen de transport choisis. L'augmentation des possibilités d'emploi dans les entreprises de transformation alimentaire primaire et autres structures du secteur agroalimentaire établies à la campagne permettrait de ralentir l'exode rural [Hulse, 1995, 1999].

Le tableau 15 illustre les modalités de la croissance urbaine et du déclin rural ainsi que les prévisions dans ce domaine.

Tableau 15

Populations urbaines

	Population totale (en millions)				Croissance annuelle (en %)	Part dans la population totale (en %)			
	1975	1995	2000	2025	1975–2000	1975	1995	2000	2025
Monde	1 540	2 600	2 900	5 100	2,5	38	45	48	61
Asie	590	1 200	1 400	2 700	3,3	25	35	39	55
Afrique	104	250	305	800	4,4	25	34	38	54
Europe	445	535	550	600	0,6	67	74	76	83
Amérique latine	195	360	405	600	2,3	60	74	77	85

	Populations rurales : croissance annuelle (en %)		
	1970–1980	1980–1990	2000–2010
Pays en développement	2,1	0,9	0,3
Afrique	2,0	2,0	1,4
Asie	2,1	1,0	0,7
Amérique latine	0,7	0,03	–0,07

Un développement urbain non durable

Les données citées précédemment illustrent la croissance passée et prévue des populations urbaines ainsi que le déclin concomitant des populations rurales. Ce double phénomène a des répercussions importantes et inquiétantes sur la production et la sécurité alimentaires, l'entretien des infrastructures, des services et des systèmes de transport urbain, l'efficacité de l'acheminement des produits comestibles jusqu'aux marchés urbains, mais aussi l'innocuité

des aliments ainsi transportés. Ces répercussions inquiétantes s'expliquent par le fait que la planification et la gestion urbaines souffrent dans le monde entier d'un manque flagrant d'inventivité, mais aussi d'intérêt, de la part des décideurs, et par le fait que les investissements consentis dans ces domaines s'avèrent nettement insuffisants. Les chiffres précités ainsi que les archives historiques montrent que le développement urbain se manifeste rarement sous la forme d'un déploiement graduel et systématique dont l'évolution suivrait un plan précis préalablement défini. Au contraire, la croissance sauvage, sans nulles entraves, l'aggravation de la congestion urbaine et la décrépitude des infrastructures et des services constituent plutôt la norme que l'exception. Épisodique et incohérent dans le meilleur des cas, chaotique dans le pire, le développement urbain actuel ne peut en aucun cas être qualifié de « durable », quels que soient les critères que l'on retienne pour l'examiner.

La croissance démographique ainsi que l'augmentation et la diversification de la demande et de la consommation hypothèquent de plus en plus lourdement la régénération des ressources planétaires vitales. L'accroissement des demandes urbaines induit une dégradation des sols, de l'eau, de l'air, des sources énergétiques et autres ressources critiques. L'étalement géographique et la densification démographique des agglomérations intensifient et complexifient le pillage de l'environnement. Il s'avère maintenant indispensable d'implanter des méthodologies plus fiables permettant de mieux cerner les interactions entre l'évolution démographique, l'accroissement de la demande, et l'augmentation de l'utilisation des ressources et des biens et services essentiels aux populations urbaines en croissance [WRI, 1997].

La Terre compte actuellement plus de 20 mégalopoles de plus de 10 millions d'habitants et environ 300 villes de plus d'un million d'habitants. La plupart d'entre elles se sont constituées sans plan d'urbanisme et n'ont pas les capacités de s'adapter à court terme à la densité démographique et à la circulation routière avec lesquelles elles sont actuellement aux prises. Sur l'ensemble des grandes villes du monde, rares sont celles qui gèrent d'une manière satisfaisante la congestion automobile, la pollution atmosphérique, l'approvisionnement en eau potable, les installations sanitaires et l'élimination des déchets. Dans ces domaines, la « planification » se fait souvent au coup par coup, sans penser à l'avenir, sans réflexion systématique d'ensemble. Il est urgent que des spécialistes de l'analyse des systèmes conçoivent des modèles de simulation mathématique permettant de comparer entre eux les différents systèmes envisageables pour le transport, la distribution des produits alimentaires, la mise en œuvre des services de santé, d'hygiène et de transport public, et la gestion des ressources énergétiques essentielles, électricité ou autres.

En Grande-Bretagne, la Confederation of British Industry estime à plus de 19 milliards de livres le coût cumulatif de la congestion routière, c'est-à-dire la somme du temps de travail perdu et du carburant automobile utilisé.

L'énergie

« La vie est une fonction chimique[1] », notait judicieusement Antoine Lavoisier. De fait, tous les processus vitaux reposent sur la conversion d'une forme d'énergie en une autre par des réactions biochimiques.

Les instances du secteur énergétique n'utilisent pas toutes les mêmes unités de mesure, ce qui complique la comparaison des consommations d'énergie. Ainsi, l'énergie produite par les combustibles fossiles peut s'exprimer en joules, ergs, calories, unités thermiques britanniques (*British Thermal Units* – BTU), kilogrammes ou tonnes équivalent pétrole, kilogrammes ou tonnes équivalent charbon, barils de pétrole, ou pieds ou mètres cubes de gaz. L'électricité se mesure normalement en kilowattheures, mais d'autres unités ont également cours. La valeur calorifique des combustibles fossiles étant variable selon le produit utilisé, sa composition et sa provenance, la consommation énergétique des collectivités pauvres et éloignées est extrêmement difficile à mesurer avec exactitude. Les statistiques énergétiques agrégées fournies par les instances internationales doivent donc être considérées comme des estimations utilisables à titre indicatif seulement. Par ailleurs, l'évaluation des réserves disponibles est compliquée par la variabilité des stocks dans leur accessibilité comme dans leur coût d'extraction et de traitement. Le prix que les industries et les consommateurs sont disposés à payer les combustibles fossiles détermine, au moins en partie, l'acceptabilité du coût de l'extraction et de l'acheminement pour les producteurs et les distributeurs.

On trouvera ci-dessous des équivalences approximatives entre différentes unités de mesure de l'énergie.

1 joule = 10^6 ergs

1 BTU = 1 054 joules

1 calorie = 4,19 joules

1 kilowattheure = 3,6 x 10^6 joules

1 kg de charbon = 29,3 x 10^6 joules = 7 x 10^6 calories

1 kg de pétrole = 41,9 x 10^6 joules = 10 x 10^6 calories

1 kg de charbon = 0,7 kg de pétrole

1 baril de pétrole = 0,133 tonne

1 m^3 de gaz naturel (méthane) = 38 x 10^6 joules

[Source : *The Economist Desk Companion 1992*, pub. *The Economist*, R.-U.]

1. En français dans le texte. (NdlT)

Les abréviations ci-dessous simplifient la notation des chiffres élevés mesurant la consommation énergétique agrégée.

méga (million) = 10^6 giga (milliard) = 10^9

téra (million de millions) = 10^{12} peta = 10^{15}

exa = 10^{18}

Par conséquent, 1 gigajoule = 1 milliard de joules ; 1 exajoule = 10^{18} joules

Le tableau 16 reprend les estimations de la consommation énergétique établie par la Banque mondiale pour les grandes régions du monde dans les années 1990. Sauf indication contraire, les chiffres sont exprimés en tonnes équivalent pétrole (tep).

Tableau 16

Consommation énergétique dans les années 1990

	Total 1999 (en milliards tep)	1989–1999 augm. (en %)	1999 par hab. (en kep)	Énergie fossile	Nucléaire 1999	Hydroélec. (en milliards tep)
Monde	9 700	+12,7	1 600	8 000	700	200
OCDE	6 000	+10,0	4 500	5 000	600	130
Pays en développement	3 600	+38,5	800	2 600	40	90
États-Unis/ Canada	2 500	+15,2	8 100	2 100	200	50
Europe	2 600	–	3 500	2 100	300	60
Asie	2 900	+43,1	900	2 200	100	40
Chine	1 100	+29,2	900	3 400	900	20
Afrique	275	+16,4	330	–	–	–
Amérique latine	530	+9,3	800	–	–	–

Si tous les habitants de tous les pays du monde consommaient l'énergie avec la même prodigalité que les habitants actuels des États-Unis et du Canada, la demande énergétique mondiale ferait plus que quintupler, provoquant au passage un accroissement substantiel de la pollution atmosphérique. Tant qu'ils ne réduisent pas leur propre consommation, les Nord-américains sont hypocrites de prêcher la conservation de l'énergie et des autres ressources auprès des pays émergents.

Les prévisions de la demande

Selon l'Institut des ressources mondiales (*World Resources Institute* – WRI), la consommation mondiale d'énergie (toutes sources confondues) a plus que triplé dans la deuxième moitié du 20e siècle [WRI, 2000]. Une publication intitulée *International Energy Outlook* prévoit que la demande énergétique mondiale va augmenter de 55 pour cent de 2001 à 2025, soit un accroissement moyen de 2,7 pour cent par an. Dans les pays asiatiques aux économies en pleine expansion, notamment la Chine et l'Inde, la consommation d'énergie doublera d'ici 2025. À court et moyen terme, ce sont essentiellement le pétrole, le gaz naturel et le charbon qui répondront à la demande. Ces prévisions reposent sur l'hypothèse que le prix des combustibles fossiles évoluera peu en termes réels – une hypothèse très discutable au vu de l'instabilité politique actuelle du Moyen-Orient et des incertitudes entourant la production de plusieurs pays pétroliers et gaziers.

En 2004, dans l'hypothèse de prix énergétiques relativement stables, le taux d'accroissement annuel prévu jusqu'en 2025 était de 2,2 pour cent pour le gaz naturel, 1,9 pour cent pour le pétrole, 1,6 pour cent pour le charbon, 0,6 pour cent pour l'énergie nucléaire. La production mondiale d'électricité devrait passer de 13,3 térakilowattheures (TkWh) à 23,7 TkWh ; la croissance la plus rapide sera celle des pays en développement (plus de 3,5 pour cent par an). La part du gaz naturel dans l'ensemble des combustibles utilisés pour produire de l'électricité devrait passer de 18 à 25 pour cent. Toutefois, considérant les inclinations politiques du gouvernement des États-Unis et les aspirations de plusieurs grands producteurs pétroliers et gaziers, l'hypothèse de stabilité relative des prix suscite de sérieux doutes.

S'ajoutant à l'accroissement rapide de la demande des carburants automobiles, la demande énergétique aérienne est fortement stimulée par le bas coût des billets d'avion. Elle augmente actuellement de 7 pour cent par an. Il est à espérer que les autres pays du monde n'emboîteront pas le pas du US Geological Survey pour s'approvisionner en pétrole et carburants diésels : en collaboration avec des compagnies pétrolières des États-Unis, et au mépris de toute éthique, cet organisme propose d'exploiter les réserves pétrolières et gazières de l'océan Arctique. Si, comme cela semble probable à l'heure actuelle, le prix du pétrole, du gaz et des autres carburants continue d'augmenter, les sources énergétiques non conventionnelles pourraient devenir plus intéressantes du point de vue commercial.

Les produits de substitution des combustibles fossiles

Les biocombustibles – D'une certaine manière, tous les combustibles fossiles sont des biocombustibles : le charbon, le pétrole et le gaz naturel proviennent en effet d'arbres et d'autres plantes qui ont vécu il y a des millions d'années. Toutefois, dans le langage actuel, les biocombustibles sont les produits de la conversion microbienne ou biochimique des lipides ou des glucides de plantes.

Les alcools carburants (« carburols ») – Sur l'ensemble des alcools qui peuvent être mélangés au pétrole pour alimenter les moteurs à combustion interne des voitures, le méthanol et l'éthanol sont les plus simples. Le méthanol peut être produit à partir de gaz naturel, de charbon, de la biomasse des végétaux ligneux ou de différents types de déchets. L'éthanol s'obtient par fermentation de sucres qui sont dérivés de glucides complexes par hydrolyse acide ou enzymatique ou qui sont extraits de la canne à sucre. Dans les moteurs automobiles conventionnels, la part d'éthanol pouvant être mélangée au pétrole est de seulement 5 à 10 pour cent. Les mélanges plus riches en éthanol ou en méthanol ne peuvent être utilisés que dans les véhicules dits « à carburant mixte » (actuellement au stade de l'expérimentation en Amérique du Nord). Par unité de volume, les carburols fournissent moins d'énergie que le pétrole, mais ils produisent moins d'émissions de monoxyde et de dioxyde de carbone. Au Brésil, 60 pour cent des véhicules à moteur fonctionnent au mélange pétrole/éthanol de canne à sucre.

Il y a quelques années, dans le cadre d'une communication privée, John Hawthorn, un professeur de l'Université Strathclyde aujourd'hui décédé, calculait que la quantité d'énergie générée par la combustion de l'éthanol était inférieure à la quantité d'énergie nécessaire pour planter, cultiver, fertiliser, récolter, séparer, fermenter, distiller et distribuer l'éthanol produit à partir de glucides. D'autres observateurs ont exprimé récemment des réserves similaires. Le Brésil justifie sa production d'éthanol combustible en soulignant qu'elle lui permet de réduire ses importations pétrolières et donc, ses achats en devises étrangères.

L'enthousiasme suscité par l'éthanol produit à partir de l'amidon de céréales comestibles laisse à penser que les riches de ce monde sont plus désireux de satisfaire l'appétit de leurs voitures que de nourrir les millions d'affamés vivant sur cette planète où la superficie des terres arables propres aux cultures alimentaires s'amenuise comme peau de chagrin. Il serait sans doute plus humain de produire les carburols à partir de déchets cellulosiques tels que la paille (sous-produit des récoltes), l'herbe sauvage et les résidus du bois coupé.

Les biodiésels – À la fin du 19e siècle, Rudolph Diesel, né à Paris de parents allemands, invente un moteur susceptible de supplanter le modèle à explosion développé précédemment par Nikolaus Otto, et dans lequel une bougie produisant une étincelle assurait l'allumage. Dans le moteur de Diesel, c'est une forte compression qui déclenche la combustion du carburant. L'inventeur utilisait à l'origine du charbon réduit en poudre ou de l'huile végétale sous pression. Son idée a rapidement été adaptée à différents types de moteurs mobiles ou fixes, de sorte que de nombreux véhicules et machines se sont mis à fonctionner au carburant diésel obtenu à partir de pétrole raffiné. Certains chercheurs tentent aujourd'hui d'alimenter les moteurs diésels avec des dérivés d'huiles végétales.

Conçus pour réduire la dépendance face au pétrodiésel, les biodiésels sont pour l'essentiel des esters méthyliques d'acides gras fabriqués à partir d'huiles végétales – surtout de l'huile de tournesol en Europe, de soja aux États-Unis, de palme en Asie de l'Est. Dans plusieurs pays asiatiques, l'accroissement des plantations de palmiers à huile consacrées à la production de biodiésel induit à l'heure actuelle une destruction importante des forêts naturelles.

En Inde, le gouvernement estime que la demande nationale en carburants diésels passera de 60 millions à 100 millions de tonnes dans les 25 années à venir. Le biodiésel fait par conséquent figure de produit de substitution intéressant du pétrodiésel ou, à tout le moins, de complément à ne pas négliger. La demande indienne d'huiles végétales comestibles dépassant largement la production du pays, les scientifiques indiens ont sélectionné plusieurs graines oléagineuses non comestibles pouvant servir à fabriquer le biodiésel. L'huile non comestible des graines de *Jatropha curcas* (ou pourghère ; médicinier ; pignon d'Inde) s'avère particulièrement prometteuse : cette plante est avantageuse en ceci qu'elle tolère les sols salins et alcalins et pousse dans des milieux semi-arides et quasi arides. Des plantations de *Jatropha curcas* sont actuellement mises sur pied dans plusieurs États indiens, sur des terres impropres ou presque aux cultures alimentaires. Les Indiens analysent également la possibilité de produire du biodiésel à partir d'huiles de cuisson usées. Les pays friands de fritures seraient peut-être bien avisés de suivre leur exemple…

Les biogaz – Obtenu par la fermentation microbienne des excréments humains et animaux et d'autres déchets, le méthane est utilisé comme combustible domestique en République populaire de Chine depuis plusieurs générations. Selon Energy Saving Trust, un organisme britannique, le méthane généré par tous les déchets humains et animaux de la Grande-Bretagne

pourrait procurer suffisamment de carburant pour alimenter la moitié des autobus et des camions du pays, et faire baisser ainsi les émissions de CO_2 (gaz carbonique) et de NO_x (oxyde d'azote) des tuyaux d'échappement des véhicules de, respectivement, 95 et 80 pour cent. La Suède capte les biogaz et les utilise pour alimenter en carburant bon nombre de ses autobus et camions à ordures.

Les piles à combustible à l'hydrogène – Les moteurs fonctionnant avec des piles à combustible à l'hydrogène présentent l'avantage de n'émettre que de la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Un obstacle entrave toutefois la mise en œuvre à grande échelle de cette technique : s'il est abondant sur Terre, l'hydrogène s'y présente le plus souvent sous forme de combinaisons atomiques, rarement à l'état libre. La séparation électrolytique de l'hydrogène contenu dans l'eau exige des quantités importantes d'électricité. De plus, l'hydrogène ne peut pas être comprimé ou liquéfié de manière à atteindre la densité calorifique de l'essence ou du carburant diésel. Les matériaux de fabrication de la pile à combustible à hydrogène sont coûteux ; les moteurs fonctionnant selon cette technologie sont lourds ; enfin, la distribution de l'hydrogène est plus difficile que celle du pétrole et des alcools. Depuis 1993, plusieurs gouvernements et fabricants automobiles investissent des sommes substantielles dans la recherche-développement sur les piles à combustible. Différentes instances avancent que l'accroissement de la production énergétique nucléaire pourrait générer l'électricité nécessaire pour permettre la production électrolytique de l'hydrogène à coût raisonnable.

Le principe de la pile à combustible à l'hydrogène a été décrit pour la première fois en 1839, 40 ans avant que Daimler-Benz ne propose son premier moteur à essence. La technologie des piles à combustible repose sur l'électrolyse inversée : la réaction électrochimique de l'hydrogène et de l'oxygène produit un courant électrique et de l'eau. La pile se compose de deux électrodes placées de part et d'autre d'un électrolyte. Elle est alimentée en hydrogène qui réagit avec l'oxygène atmosphérique. À l'anode, les atomes d'hydrogène convertis en ions libèrent des électrons qui génèrent de l'énergie électrique. L'eau constitue le seul sous-produit de cette réaction. Les piles à combustible à l'hydrogène à membrane échangeuse de protons contiennent un électrolyte solide et fonctionnent à 80 °C environ. En collaboration avec Ballard Power Systems, Daimler-Benz a conçu et construit un autobus de 21 passagers qui est alimenté par 24 piles à combustible à hydrogène représentant une puissance équivalente à celle d'un moteur diésel de 160 chevaux. Des véhicules à pile à combustible font actuellement l'objet d'essais sur route dans plusieurs pays, de même que différents dispositifs de production électrique de capacités variables.

Les piles à combustible à l'hydrogène pourront-elles un jour fournir des quantités d'énergie suffisantes pour l'alimentation des véhicules à moteur ? Et si oui, quand ? Nous en sommes pour l'instant réduits aux conjectures. Le fait qu'elles ne produisent aucunes émissions de carbone rend ces piles très séduisantes du point de vue environnemental. Toutefois, deux obstacles majeurs continuent d'entraver l'implantation de cette technologie : les difficultés techniques inhérentes à la distribution de l'hydrogène jusqu'à des milliers de stations-services automobiles ; et le coût de l'installation. Néanmoins, l'intérêt suscité par les piles à combustible et les investissements déjà consentis dans ce domaine permettent de penser que des véhicules à pile à combustible à l'hydrogène seront fabriqués un jour ou l'autre.

La pile à combustible au méthanol suscite également un certain enthousiasme. Sous forme liquide, le méthanol est plus facile à conditionner et à distribuer que l'hydrogène. Selon certains observateurs, les piles à combustible à membrane échangeuse de protons qui fonctionnent au méthanol pourraient remplacer avantageusement les batteries au lithium-ion. Une analyse récente prédit pour bientôt l'avènement des ordinateurs portables alimentés par de petites piles à combustible au méthanol. Comme elles présentent de nombreux avantages environnementaux et que des investissements considérables en recherche sont déjà prévus, les piles à combustible à membrane échangeuse de protons seront sans doute rentablement intégrées à des applications commerciales à plus ou moins long terme.

Le moteur électrique – Pour les véhicules commerciaux comme pour le transport de passagers, le moteur électrique suscite un intérêt grandissant. La capacité d'alimentation restreinte des batteries d'accumulateur oblige l'utilisateur à recharger la batterie au bout d'une distance relativement courte, ce qui constitue jusqu'ici le principal obstacle à son développement à grande échelle. Pour les petits trajets (moins de 100 km) en zone urbaine congestionnée, le moteur électrique s'avère toutefois intéressant en ceci qu'il ne consomme pas de carburant pendant qu'il est immobilisé par un bouchon de circulation et qu'il ne produit aucunes émissions gazeuses. Les véhicules hybrides seraient peut-être plus indiqués pour les trajets plus longs : ils sont équipés d'un moteur à essence (ou au carburant diésel) et d'un moteur électrique qui est rechargé par le premier quand sa charge est épuisée.

Le soleil et le vent – La conversion de l'énergie solaire en électricité peut constituer une voie d'avenir intéressante dans les régions très ensoleillées. Le principe a été proposé pour la première fois en 1839 par Becquerel, un physicien français. Dans les zones et les périodes de grand soleil, l'énergie solaire non utilisée est de plusieurs fois supérieure à la consommation

énergétique commerciale mondiale. Selon l'hypothèse d'un rendement de conversion énergétique de 15 pour cent, la consommation totale d'énergie primaire de tous les pays en développement pourrait en théorie être assurée par des capteurs occupant à peine 0,1 pour cent de leur superficie, soit une aire inférieure à celle qu'occupent actuellement les réservoirs de la production hydroélectrique. Il est certes difficile d'évaluer le coût futur de cette technologie. Néanmoins, une source d'expérience prévoyait dernièrement dans le cadre d'une communication privée l'obtention, entre 2010 et 2025, d'un coût de 5 ¢/kWh pour l'énergie solaire thermique et de 10 ¢/kWh pour la conversion photovoltaïque. Un rapport récent de l'ONU estime qu'avec la technologie moderne de conversion solaire, une superficie de 640 000 km^2 située dans le Sahara pourrait générer une quantité d'électricité équivalente à la consommation électrique mondiale actuelle.

Les piles photovoltaïques (photopiles) convertissent les photons du rayonnement solaire en électricité. Les photons sont absorbés par des semi-conducteurs, par exemple des plaques de silicium. Les électrons (chargés négativement) libérés génèrent un courant électrique. Les cellules solaires sont généralement montées en série et placées dans un boîtier couvert d'une vitre qui permet au rayonnement solaire d'arriver aux cellules et qui protège le semi-conducteur de la pluie et des polluants.

Les systèmes de concentration de l'énergie solaire se servent de miroirs pour focaliser le rayonnement du soleil sur des capteurs contenant un liquide ou un gaz qui, chauffé à 400 °C environ, alimente des turbines à vapeur. Cette technologie est utilisée depuis plus de dix ans dans le désert californien du Mojave pour la production d'électricité. Une trentaine de pays se sont engagés à consacrer plus de 13 milliards de dollars à un réacteur de fusion nucléaire, une technologie de production énergétique imprévisible qui n'a pas encore fait ses preuves. Un investissement beaucoup plus modeste dans la technologie de la concentration de l'énergie solaire, dont l'efficacité et la rentabilité sont avérées, serait certainement plus judicieux et permettrait d'obtenir de l'énergie propre sans émissions de gaz à effet de serre.

Les éoliennes sont une invention perse du 11e siècle. Aux 18e et 19e siècles, les Pays-Bas et l'Allemagne produisaient de l'énergie au moyen de, respectivement, 8 000 et 18 000 de ces dispositifs. Selon une source d'expérience dans le domaine, même en utilisant les modèles les plus efficaces à l'heure actuelle, il faudrait en couvrir plus de 350 km^2 pour générer autant d'électricité qu'une seule centrale nucléaire moderne [Barlow, 1997]. Le Portugal semble déterminé à implanter une grande centrale éolienne qui produirait suffisamment d'électricité pour répondre à la demande de 750 000

ménages. Dans le monde entier, l'énergie éolienne assure la production de près de 60 000 mégawatts (MW). Les pays européens sont apparemment ceux qui s'intéressent le plus à cette technologie. L'Allemagne produit 18 500 MW ; l'Espagne, 10 000 MW ; et le Danemark, 3 200 MW. L'Inde produirait environ 4 500 MW au moyen d'éoliennes.

La fission et la fusion nucléaires – Aujourd'hui, dans plusieurs régions du monde, de nombreux réacteurs nucléaires produisent de l'électricité par *fission nucléaire* et désintégration nucléaire. La libération de l'énergie nucléaire se produit par enrichissement et concentration de l'uranium 235 (^{235}U) à un point tel que la désintégration radioactive, dans le cadre d'une réaction en chaîne contrôlée, génère une chaleur qui produit de la vapeur alimentant des turbines productrices d'électricité. Le nucléaire fournit environ 7 pour cent de l'énergie mondiale totale et 17 pour cent de l'électricité de la planète. En France, environ 80 pour cent de l'électricité provient de réacteurs nucléaires ; aux États-Unis, ce chiffre s'élève à 20 pour cent.

L'énergie nucléaire est tombée en disgrâce après l'accident de Three Mile Island de 1979 et la catastrophe qui a frappé Tchernobyl en 1986, et qui a propulsé des particules radioactives jusqu'en Écosse par les courants aériens. Aujourd'hui, la nécessité de réduire les émissions de CO_2 et les différentes assurances exprimées quant au resserrement des critères de sécurité dans les réacteurs confèrent un regain de faveur à l'énergie nucléaire. Ainsi qu'on l'a vu à Tchernobyl, les humains et autres organismes vivants exposés à des radiations massives développent des maladies mortelles et des perturbations génétiques graves, en particulier des malformations importantes chez l'embryon. La première fission nucléaire expérimentale a été réalisée en 1938 par des physiciens allemands de Berlin. La première centrale nucléaire du monde a été construite à Obninsk, en URSS, en 1954.

La *fusion nucléaire* est le procédé qui génère l'énergie chauffant le soleil et illuminant les étoiles lointaines. La fusion des noyaux de deux isotopes de l'hydrogène, le deutérium et le tritium, libère des quantités considérables d'énergie thermique. Le deutérium peut être isolé à partir de l'eau ; le tritium, l'isotope le plus lourd des deux, est relativement peu abondant à l'état naturel mais peut être produit par bombardement neutronique du lithium. La fusion nucléaire est intéressante en ceci qu'elle produit des déchets moins dangereux que ceux de la fission nucléaire. Cependant, de nombreuses difficultés s'opposent à la production rentable d'énergie par cette technologie ; en particulier, toutes les expériences montrent qu'il faut plus d'énergie pour fusionner les noyaux des isotopes que cette fusion n'en produit. Le réacteur de fusion nucléaire expérimental le plus important du monde serait le JET, près

d'Oxford, en Angleterre. Plusieurs pays européens proposent la mise sur pied d'un consortium qui investirait au moins 10 milliards d'euros dans un gigantesque réacteur prototype de fusion nucléaire. Certains observateurs espèrent que la fusion nucléaire comblera à coût acceptable l'essentiel des besoins énergétiques du monde d'ici 2050. Les sceptiques rétorquent que la fusion nucléaire efficace et bon marché ne sera pas une réalité avant la fin du siècle ; pour eux, les sommes considérables qui sont et seront consacrées à cette technologie seraient mieux investies dans le solaire et l'éolien.

L'énergie marémotrice – Les Britanniques débattent actuellement d'un projet visant à construire un barrage de 16 km dans l'estuaire de la Severn. Les marées étant prévisibles, 175 vannes seraient ouvertes pour permettre à la marée montante de remplir un grand réservoir dans lequel l'eau serait retenue captive jusqu'à la marée descendante ; alors, la libération de l'eau alimenterait quelque 200 turbines électriques. Certains analystes estiment que l'énergie ainsi produite représenterait l'équivalent de deux centrales nucléaires modernes. Le coût estimé s'élève à environ 27 milliards de dollars. Les écologistes craignent toutefois que ce dispositif ne perturbe de nombreux habitats sauvages indispensables aux poissons et aux oiseaux.

Efficacité de l'utilisation et conservation

Gaspillages et utilisations inefficaces gonflent la consommation énergétique. Habitués à disposer d'une électricité et de combustibles très bon marché, Américains et Canadiens persistent dans leurs modes de consommation dépensiers : véhicules puissants ; affichage publicitaire, bâtiments publics et résidences privées hyper-énergivores ; surchauffage l'hiver, surclimatisation l'été. À taille et puissance égales, l'efficacité énergétique des véhicules à moteur dépend de la manière dont ils sont entretenus et des paramètres de leur utilisation : façon de conduire, facteurs géographiques, vitesse. L'énergie consommée pour chauffer un bâtiment ou le rafraîchir est fonction de sa configuration, de sa structure, de la qualité de son isolation et de la circulation d'air.

Dans les procédés industriels, l'énergie thermique peut être gaspillée de plusieurs façons : fuites de vapeur ; isolation déficiente des tuyaux et canalisations ; établissement de l'horaire de mise en œuvre des procédés sans prise en compte des possibilités de se procurer de la chaleur bon marché, sans gaspillage des ressources. Les gestionnaires avisés prennent la précaution de dresser fréquemment le bilan de leur consommation énergétique totale et de l'utilisation des procédés les plus énergivores. Les grandes entreprises peuvent

installer des compteurs électriques totalisateurs ou des débitmètres mesurant la consommation réelle des liquides et des gaz. Les compagnies plus modestes se contentent généralement d'analyser les relevés de consommation et les états de compte qu'elles reçoivent de leurs fournisseurs.

Selon certaines estimations, l'Inde perdrait plus de 20 pour cent de sa production électrique au moment de la transmission par ses réseaux de distribution tentaculaires. Le coût de production unitaire est plus élevé pour les petites centrales que pour les grandes, mais les pertes en transmission sont plus faibles si l'usine productrice est plus proche de l'utilisateur. Pour approvisionner en électricité les petites entreprises des zones rurales, les centrales modestes s'avèrent plus économiques et plus fiables que les grosses centrales couplées à de vastes réseaux de distribution. Dans les villes, les véhicules à moteur électrique cessent de consommer de l'énergie quand ils sont bloqués dans la circulation ; par ailleurs, ils ne produisent aucunes émanations toxiques. Depuis le milieu des années 1930, dans certaines villes de Grande-Bretagne, les produits alimentaires sont transportés de manière économique et propre par des véhicules électriques. Les moteurs électriques fonctionnent très efficacement dans les climats chauds des tropiques.

Craignant de déplaire à leur électorat, les politiciens de nombreux pays n'ont malheureusement pas le courage de faire augmenter le prix de l'énergie à un point tel qu'il inciterait sérieusement les utilisateurs à la conserver. Les Nord-américains s'opposent à l'implantation d'une « taxe sur le carbone » qui s'appliquerait aux véhicules roulant au carburant et réduirait ainsi la pollution atmosphérique. Signe encourageant : au Canada, le Québec vient d'imposer une telle « taxe carbone ».

Atmosphère et climat

L'atmosphère terrestre est une mince couche d'air sans laquelle la vie ne serait pas possible sur notre planète. La première couche atmosphérique s'étend jusqu'à 5,5 km de la surface terrestre. Les couches externes vont jusqu'à 30 km. La composition gazeuse approximative de l'air pur (sec) est la suivante.

	(en %)		(en %)
Azote	78	Argon	1,0
Oxygène	21	Néon	0,002
Dioxyde de carbone	0,035 (variable)	Hélium	0,0005

L'atmosphère contient également d'autres gaz, par exemple l'ozone, le méthane, l'oxyde d'azote et différents polluants [Hengeveld, 1995].

Le système climatique planétaire peut être considéré comme une gigantesque machine thermique fonctionnant à l'énergie solaire. Les rayons du soleil réchauffent la Terre et l'air qui l'entoure, alimentent les courants atmosphériques et océaniques, et induisent l'évaporation et les précipitations du cycle hydrologique. Le rayonnement solaire constitue la source d'énergie de toutes les réactions biosphériques et photochimiques. La couche inférieure de l'atmosphère, la troposphère, contient environ 80 pour cent de la masse gazeuse atmosphérique totale. Toute l'énergie qui entre dans le système climatique finit par retourner à plus ou moins long terme dans l'espace sous forme de rayons infrarouges. Si l'énergie quitte le système au même rythme qu'elle y entre, la « machine thermique » est à l'équilibre et la température moyenne de la surface de la Terre reste relativement constante. Mais si cet échange énergétique se fausse, la température moyenne de la surface de la Terre change jusqu'à ce que le système retrouve un nouvel équilibre. L'azote et l'oxygène laissent passer le rayonnement complètement ou presque ; ces gaz n'ont donc que peu d'effet sur la quantité d'énergie qui traverse l'atmosphère. Le restant de l'atmosphère (1 pour cent du total) se compose d'aérosols et de gaz qui reflètent, absorbent et ré-émettent une partie significative du rayonnement entrant et sortant ; c'est donc à lui qu'incombe le premier rôle dans la régulation des flux énergétiques déterminant les mécanismes climatiques.

Le *climat* est souvent assimilé au *temps qu'il fait en moyenne* : la température, les précipitations, les formations nuageuses et les vents en un point précis du globe, avec leurs variations quotidiennes habituelles. Le climat est un phénomène changeant. À l'instar des nuages, les « gaz mineurs » (ainsi appelés en raison de leur faible présence dans l'atmosphère) entourent la Terre d'une couverture isolante qui conserve la plus grande partie de sa chaleur : c'est ce que l'on appelle l'« effet de serre », qui est attribuable aux « gaz à effet de serre » (GES). Les GES les plus importants sont : la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane, l'ozone, l'oxyde d'azote. En théorie, l'énergie solaire qui atteint la Terre ne permettrait d'y maintenir qu'une température superficielle moyenne de –18 °C. Grâce à la « couverture » dont les GES entourent la planète, sa température moyenne de surface s'élève à environ 15 °C. L'écart thermique entre les zones tropicales et les pôles constitue la principale force motrice des vents atmosphériques et des courants océaniques. Les vents transportent l'humidité atmosphérique ; les précipitations dépendent en partie des courants atmosphériques planétaires. Les courants océaniques, les para-

mètres topographiques ainsi que le taux d'évaporation de l'eau influent sur la configuration complexe et variable des précipitations sur Terre.

Le système climatique naturel de la planète est dynamique et change constamment. Cela fait environ 150 ans que l'humanité relève et archive systématiquement les données climatiques. Les indicateurs paléoclimatiques nous fournissent par ailleurs beaucoup d'information sur l'évolution du climat au cours du million d'années qui vient de s'écouler. Les carottes glaciaires prélevées dans l'Antarctique et au Groenland révèlent une forte corrélation entre l'évolution du climat et la concentration atmosphérique du dioxyde de carbone et du méthane, deux des principaux gaz à effet de serre. Les glaciations planétaires semblent se produire à intervalles d'environ 100 000 ans, chacune d'elles étant suivie d'une augmentation de 4 à 6 °C de la température moyenne. Il faisait plus frais sur Terre à la fin du 19e siècle et au début du 20e qu'à l'heure actuelle. À partir des années 1920, les températures moyennes ont augmenté régulièrement pour atteindre un sommet dans les années 1940 ; elles ont ensuite légèrement régressé jusqu'au milieu des années 1970. Depuis, le réchauffement a repris et les températures moyennes ont atteint de nouveaux sommets dans les années 1980 et 1990, deux décennies comptant les 11 années les plus chaudes des 100 dernières années. La température moyenne mondiale est actuellement de 0,5 °C supérieure à ce qu'elle était au 19e siècle. Elle a atteint des records historiques dans les quatre premières années du 21e siècle. En dépit des vigoureuses dénégations des compagnies automobiles et pétrolières et des gouvernements sur lesquels elles exercent leur influence financière, les activités humaines et industrielles perturbent bel et bien le climat mondial, et très fortement. Ce phénomène pourrait avoir des conséquences dévastatrices pour de nombreuses régions du monde.

Les émissions de gaz à effet de serre

Il est difficile de déterminer avec exactitude les quantités de dioxyde de carbone et de méthane qui sont rejetées dans l'atmosphère, le temps qu'elles y passeront ainsi que l'incidence de ces gaz à effet de serre (GES) sur les changements climatiques. La conversion photosynthétique des matières biotiques et l'absorption directe par les océans, les eaux de surface et les plantes retirent du dioxyde de carbone (CO_2) de l'atmosphère. À l'inverse, la respiration végétale et animale, la décomposition de la biomasse, la combustion des carburants fossiles et autres ainsi que les émissions volcaniques libèrent du CO_2 dans l'atmosphère. L'accroissement des quantités de GES émises dans l'atmosphère constitue à l'heure actuelle une source majeure d'inquiétudes : les concentrations de CO_2 sont aujourd'hui 20 pour cent plus élevées

qu'elles ne l'ont jamais été au cours des 200 000 dernières années. Les concentrations de méthane (CH_4) ont plus que doublé depuis la fin du 18e siècle. Le tableau 17 fait le point sur les émissions de GES en 1999 (tableau établi à partir des données de la Banque mondiale, du WRI et d'Environnement Canada).

On ne s'étonnera pas de constater que les pays qui affichent la consommation énergétique par habitant la plus forte sont aussi ceux qui émettent le plus de GES par personne. Les observateurs s'alarment notamment de l'augmentation rapide de la consommation énergétique, de la combustion des carburants fossiles et des émissions de GES qui en résultent dans les pays en développement, en particulier ceux qui sont en train de s'industrialiser. Le tableau 17a reprend les estimations fournies par le RMDH 2005 pour les émissions de CO_2 de différents pays.

Tableau 17

Émissions de gaz à effet de serre – 1999

	CO_2 (Mt)	Changement 1990-1999 (%)	Par hab. (t)	Cumul CO_2 1800–2000 (Mt)	CH_4 (Mt)	NO_x (Mt)
Monde	23 000	+9	3,9	1,01 M	6 300	3 600
Asie	6 900	+38	2,1	–	2 600	1 200
R. p. de Chine	3 100	+26	2,5	73 000	960	500
Japon	1 200	+11	9,1	37 000	60	30
Europe	5 900	+10	8,1	411 000	1 200	600
États-Unis	5 600	+15	19,9	301 000	800	500
Pays en développement	8 000	+37	1,8	197 000	3 800	2 200

Mt = Million de tonnes ; t = tonnes

Tableau 17a

Émissions de CO_2 – 2002

	Tonnes/hab./an	% total mondial
États-Unis	20,1	24,4
Australie	18,3	1,5
Canada	16,5	1,9
Japon	9,4	5,2
Royaume-Uni	9,2	2,5
Qatar	53,1	0,2
Bahreïn	30,6	0,1
Fédération russe	9,9	6,2
R. p. de Chine	2,7	12,1
Inde	1,2	4,7

En moyenne, chaque véhicule automobile des États-Unis (hors autobus et gros camions) émet 20 tonnes de CO_2 par an. Les experts estiment que la moitié des gaz d'échappement du monde seraient produits par les véhicules qui roulent aux États-Unis.

Les activités humaines perturbent le cycle planétaire du carbone et son point d'équilibre. Au 20e siècle, la transformation en terres agricoles de vastes superficies boisées aurait libéré plus d'un milliard de tonnes de carbone dans l'atmosphère. L'utilisation des carburants fossiles et autres combustibles rejette chaque année quelque 23 milliards de tonnes de dioxyde de carbone supplémentaires dans l'atmosphère, une quantité 10 fois supérieure aux émissions produites il y a 100 ans. La moitié environ des émissions de carbone peuvent être absorbées par les océans, les écosystèmes terrestres et les forêts, et réintégrer ainsi le cycle du carbone. Il est toutefois impossible de déterminer si ces puits de carbone naturels pourront à l'avenir absorber les quantités croissantes de CO_2 générées par les activités humaines, car nul ne peut prédire l'évolution de la population mondiale, les sources énergétiques que les générations futures utiliseront, ni l'importance de leur consommation : seront-elles plus ou moins énergivores que nous ne le sommes ? À court terme, il semble inévitable que des pays tels que l'Inde et la Chine accroissent leur consommation de carburants fossiles et alimentent ainsi l'augmentation des émissions de GES. Rien n'indique par ailleurs que les plus grands consommateurs actuels

de carburants fossiles, et donc, les plus grands pollueurs en GES, opteront un jour pour la sobriété énergétique. En l'absence d'une réorientation majeure des habitudes de vie, les émissions de CO_2 pourraient devenir 400 fois supérieures à leur niveau actuel d'ici 2050.

La décomposition des matières organiques, les zones humides, les rizières et la digestion des ruminants produisent des émissions de méthane. La superficie des terres humides naturelles diminue, mais celle des rizières augmente. De plus, le nombre des ruminants a quadruplé au cours du 20e siècle et devrait continuer d'augmenter en même temps que la demande des produits d'élevage. D'autres gaz à effet de serre affichent d'ores et déjà des concentrations supérieures à celles d'il y a 100 ans, et leur stock atmosphérique ne cesse d'augmenter. En raison de différentes réactions chimiques, la concentration d'ozone, un gaz naturellement présent dans la troposphère, est aujourd'hui 50 pour cent plus élevée qu'elle ne l'était au 19e siècle.

Selon des données récentes, la concentration des GES a augmenté de plus de 70 pour cent depuis la révolution industrielle du milieu du 19e siècle et s'accroît actuellement de plus de 2 pour cent par an. Chaque tonne de dioxyde de carbone émise dans l'atmosphère induit des dommages dont le coût s'élève à 85 $ environ.

Climat et biodiversité

Depuis 30 ans, plusieurs organismes environnementaux de la Grande-Bretagne joignent leurs efforts pour étudier les changements climatiques, en particulier le réchauffement attribuable aux GES. Ils rapprochent ensuite ces données des chiffres mesurant l'abondance et la répartition des espèces biologiques. Enfin, des modélisations de l'évolution future du climat leur permettent d'établir des prévisions faisant intervenir les paramètres climatiques (températures moyennes, précipitations, variations saisonnières, etc.) et la répartition des espèces. Les spécialistes peuvent ainsi évaluer le risque d'extinction d'espèces biologiques couvrant 20 pour cent de la surface du globe. Dans l'hypothèse où les projections les plus conservatrices du réchauffement climatique se concrétiseraient, 18 pour cent des espèces vont s'éteindre. Dans l'hypothèse la plus pessimiste, 35 pour cent des espèces qui vivent actuellement sur Terre disparaîtront au 21e siècle. Si les émissions de GES ne baissent pas, la planète sera plus chaude qu'elle ne l'a jamais été depuis 40 millions d'années, ce qui provoquera une détérioration majeure de sa biodiversité [Thomas *et al.*, 2004].

Une réunion tenue par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) à Curitiba, au Brésil, rapporte ce constat désastreux : la destruction de nombreux organismes vivants est aujourd'hui presque 1 000 fois plus rapide qu'avant l'industrialisation massive et la prolifération des véhicules motorisés. Dans son rapport intitulé *Perspectives mondiales de la diversité biologique*, l'ONU dresse la liste des principales causes de la déplétion de la biodiversité : destruction des habitats (en particulier l'élimination de forêts tropicales) ; surexploitation de la plupart des ressources naturelles ; changements climatiques causés par les activités humaines et industrielles. Le rapport souligne que tous ces phénomènes s'accélèrent et progressent actuellement à des rythmes insoutenables à plus ou moins long terme. Plus de 20 000 km^2 de forêts amazoniennes sont détruits chaque année par une exploitation forestière excessive et gaspilleuse et par un déboisement visant à dégager des terres pour la culture du café et du soja – lequel ira nourrir des animaux qui finiront dans les établissements de restauration rapide de l'Amérique du Nord et de l'Europe.

Sur une note plus encourageante, Cary Fowler, le directeur du Fonds fiduciaire mondial pour la diversité des cultures, annonçait récemment qu'un ensemble de pays allait établir sur l'île norvégienne de Svalbard, à quelques centaines de kilomètres du pôle Nord, un entrepôt ultra-sécurisé regroupant « les ressources les plus précieuses du monde » : plus d'un million d'échantillons de semences agricoles. Ni la guerre nucléaire, ni le réchauffement planétaire, ni aucun autre péril ne menacera la survie des graines entreposées dans les contenants d'aluminium. C'est le Fonds fiduciaire mondial pour la diversité des cultures, dont le siège est à Rome, qui gérera cet entrepôt de semences.

Les programmes climatiques internationaux

De nombreux organismes internationaux étudient les changements climatiques ainsi que les cycles océaniques et atmosphériques, notamment : le Programme Géosphère-Biosphère lancé en 1986 ; le Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC) ; le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ; et, plus récemment, le Programme sur les changements de l'environnement planétaire et les systèmes alimentaires (*Global Environment Change and Food Systems* – GECAFS). Le GIEC souligne que la température et la répartition des précipitations dépendent des paramètres topographiques, des interactions entre océans, régions glaciaires et zones terrestres, et des courants atmosphériques. Les facteurs les plus déterminants sont les suivants :

a. les quantités de GES émises dans l'atmosphère ;
b. l'incidence des formations nuageuses et des aérosols sur l'équilibre du rayonnement ;
c. le transport et l'entreposage de la chaleur et du dioxyde de carbone par les océans ;
d. l'élévation du niveau des mers attribuable à la fonte des glaces polaires causée par le réchauffement planétaire.

Les conclusions diffèrent selon le modèle mathématique utilisé. Cependant, plusieurs des modèles simulant un doublement des concentrations de dioxyde de carbone depuis la révolution industrielle prévoient les répercussions suivantes.

a. La température moyenne à la surface du globe pourrait augmenter de 4,5 °C, cet accroissement étant particulièrement marqué dans les zones polaires.
b. Les paramètres de l'évaporation et des précipitations vont changer d'une manière significative : les zones subtropicales septentrionales vont devenir plus sèches et les régions polaires, plus humides.
c. L'augmentation des concentrations de GES provoquera des changements climatiques qui auront des conséquences graves pour les écosystèmes et pour l'agriculture. Pour prévenir les changements climatiques désastreux, les pays, industries et collectivités doivent économiser l'énergie ainsi que les autres ressources.

Les conclusions scientifiques d'observateurs fiables établissent que l'Arctique et l'Antarctique se réchauffent environ deux fois plus vite que le reste de la planète. Ces travaux prévoient une élévation des températures dans l'Arctique de 5 à 7 °C au 21e siècle. Si la tendance actuelle se maintient, de vastes zones de l'océan Arctique deviendront libres de glace pendant l'été d'ici 2050. La fonte des glaces arctiques provoquera des inondations dévastatrices dans de nombreuses régions côtières. Plus de 30 pour cent des ours polaires et de plusieurs autres espèces arctiques et antarctiques disparaîtront.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

Le Quatrième Rapport d'évaluation établi par le GIEC en 2006 a de quoi susciter les inquiétudes les plus vives :

- sur les 13 années qui viennent de s'écouler, 12 figurent parmi les plus chaudes depuis le début des relevés ;

- les températures des océans ont augmenté sur une profondeur de 3 km sous la surface ;
- les glaciers et les couvertures neigeuses reculent d'une manière significative ;
- le niveau des mers s'élève d'environ 2 mm/an ;
- d'ici la fin du siècle, le niveau des mers pourrait avoir augmenté de 0,5 m ; les déserts auront pris de l'expansion ; l'acidité des océans aura augmenté, détruisant les récifs coralliens ; la fréquence ainsi que l'ampleur des tempêtes et des vagues de chaleur meurtrières auront augmenté.

Le rapport Stern

Le ministère de l'Économie et des Finances de la Grande-Bretagne a demandé à Sir Nicholas Stern, ancien économiste en chef de la Banque mondiale, de déterminer les conséquences économiques mondiales à prévoir si la pollution atmosphérique et les changements climatiques planétaires continuent d'évoluer comme ils le font depuis quelques années. Les conclusions du rapport Stern sont affligeantes : si les modalités actuelles de la production et de l'utilisation de l'énergie se maintiennent, nous devons nous attendre à des conséquences dévastatrices pour la vie sur Terre. À niveau constant d'émissions de GES, la température planétaire moyenne aura augmenté de plus de 2 °C d'ici 2050. Les maladies transmises par les insectes, les tempêtes violentes avec inondation des zones côtières ainsi que les sécheresses régionales graves avec pénuries majeures d'eau vont s'exacerber considérablement. À moins qu'elles ne cessent immédiatement, les émissions de GES, avec les changements climatiques qu'elles entraînent, induiront des coûts équivalant à 20 pour cent du PIB mondial. Si elles sont implantées immédiatement, les mesures correctrices coûteraient à peine 1 pour cent du PIB par an ; les bienfaits qui en résulteraient dépasseraient de très loin le coût de l'inaction. Mais en l'absence de mesures fermes et rapides, les coûts futurs augmenteront de manière exponentielle et feront baisser le PIB mondial d'au moins 5 pour cent par an.

À défaut d'actions correctrices immédiates, tous les pays et tous les milieux naturels du monde subiront d'importantes répercussions négatives. La concentration atmosphérique moyenne actuelle équivalent CO_2 est d'environ 430 parties par million (ppm). Pour atteindre le niveau maximal visé de 450 ppm d'ici 2050, il faudrait une réduction d'au moins 25 pour cent en équivalent CO_2. Le coût des mesures correctrices à mettre en œuvre

immédiatement est supportable ; l'inaction, elle, imposerait à tous les pays du monde des difficultés colossales ainsi que des coûts faramineux.

Les industriels et les politiques qui s'opposent à l'implantation de stratégies visant à arrêter la détérioration du climat font preuve d'un alarmisme myope car, contrairement à ce qu'ils soutiennent, l'adoption de technologies de production énergétique moins gaspilleuses et moins polluantes procurerait de nombreux avantages économiques au secteur énergétique actuel, créerait de nouvelles industries et accroîtrait les possibilités d'emploi dans la plupart des pays. S'ajoutant aux sources d'énergie renouvelable, des technologies plus efficaces permettant la captation et la prévention des émissions de carbone autoriseraient le maintien d'une utilisation des carburants fossiles (y compris le charbon) à un coût plus intéressant. Du point de vue économique, toutes les industries et toutes les collectivités gagneraient à adopter des modalités d'utilisation plus frugales et moins gaspilleuses des ressources énergétiques.

Le rapport Stern propose plusieurs mesures spécifiques, dont celles qui sont indiquées ci-dessous.

a. Implanter des programmes incitatifs encourageant toutes les industries ainsi que la société civile à utiliser l'énergie d'une manière plus sobre et plus efficace, et à réduire ainsi les gaspillages de manière significative.
b. Appliquer à toute la planète le système d'échange des certificats d'émissions. Les pays qui utilisent efficacement l'énergie devraient subventionner les utilisations énergétiques les moins polluantes et les plus économes dans les pays émergents en voie d'industrialisation.
c. Adopter des politiques fiscales qui pénalisent les pollueurs et récompensent les utilisateurs plus « verts ».
d. Mettre en œuvre une coopération internationale dans la recherche afin de concevoir et de développer des technologies énergétiques plus efficaces, moins polluantes et moins gourmandes en ressources.
e. Réduire significativement la déforestation, en particulier celle des forêts tropicales naturelles, et implanter des programmes ambitieux de reboisement. À son niveau actuel, la déforestation produit plus d'émissions polluantes que l'ensemble des véhicules de transport.
f. Réaliser une intégration efficace des mesures de contrôle du changement climatique de toutes les politiques gouvernementales et internationales de développement économique et industriel.

La survie des générations futures sera gravement compromise si tous les pays ainsi que les organismes internationaux ne prennent pas rapidement des mesures ambitieuses et résolues. L'inaction condamnerait les survivants

à une existence misérable et détruirait de nombreuses espèces, détériorant ainsi considérablement la biodiversité planétaire.

La recherche sur les changements climatiques

La Direction générale des sciences et de la technologie d'Environnement Canada propose un bilan remarquablement exhaustif des recherches récentes sur le climat et les changements climatiques. Ce document comportant 683 références fait le point sur les GES, décrit l'évolution du climat sur les 400 000 dernières années et propose des modèles de simulation et des projections climatiques permettant d'évaluer différentes manières d'aborder les causes et les conséquences des changements climatiques inévitables [Hengeveld, 2006].

L'eau

L'eau est la ressource la plus abondante de la planète ; elle couvre près de 70 pour cent de la surface du globe. Si toute cette eau était répartie également à la surface de la Terre, elle formerait une couche d'environ 3 000 mètres de profondeur. Près de 97 pour cent de l'eau de la planète se trouve dans les océans et les mers intérieures ; elle est trop saline pour être bue ou utilisée pour l'irrigation des récoltes. Des 3 pour cent d'eau douce qui restent, plus de 80 pour cent sont prisonniers des glaciers et des calottes glaciaires, flottent dans l'air sous forme de vapeur atmosphérique ou sont enfermés dans des aquifères souterrains à des profondeurs variables [Hulse, 1995].

L'eau chemine dans la troposphère par un cycle d'évaporation, déplacement et précipitation d'environ 10 jours. En plus de réapprovisionner les lacs, rivières, aquifères et écosystèmes naturels ou modifiés par l'être humain, la vapeur d'eau atmosphérique fait office de gaz à effet de serre. Sous forme de nuages, l'eau participe à la régulation du climat ; la pluie favorise la retombée des polluants et contribue ainsi à nettoyer l'atmosphère. Le niveau des précipitations varie considérablement d'une région à l'autre du globe. Le bassin de l'Amazonie, les systèmes tropicaux humides ainsi que les régions asiatiques touchées par la mousson se caractérisent par des précipitations massives. En interagissant entre elles, les conditions atmosphériques, terrestres et océaniques répartissent les pluies d'une manière inégale d'une zone géographique à l'autre. Les régions de la planète peuvent ainsi être catégorisées, selon leurs conditions hydrologiques, en régions humides, semi-humides, semi-arides ou arides. Les écosystèmes arides et semi-arides souffrent d'un manque d'eau très important ; ils couvrent 30 pour cent de l'Amérique latine,

33 pour cent de l'Europe, 60 pour cent de l'Asie, 85 pour cent de l'Afrique ainsi que la majeure partie de l'Australie et des plaines de l'Ouest du continent nord-américain. Plus de 80 pays représentant plus de 40 pour cent de la population mondiale et 30 pour cent des terres de culture subissent ainsi régulièrement de graves sécheresses.

Les sécheresses

Un rapport publié il y a une vingtaine d'années analyse l'histoire des grandes sécheresses, les conditions climatiques qui les provoquent et les régions et pays les plus exposés au phénomène [Hulse et Escott, 1986]. Les météorologues connaissent bien les conditions qui annoncent les sécheresses, mais les modèles mathématiques et les données dont nous disposons à l'heure actuelle s'avèrent encore incapables de prévoir le moment et le lieu précis de leur déclenchement. Contrairement aux ouragans et aux typhons, qui arrivent sans s'annoncer ou presque et qui cessent relativement vite, les sécheresses durent. Depuis les années 1850, les cultures des Grandes plaines des États-Unis et des Prairies du Canada sont dévastées tous les 20 ans environ par des sécheresses de gravité variable. Dans les années 1930, la sécheresse a duré plusieurs années et causé d'importants dégâts dans les cultures ainsi qu'une érosion majeure des sols et une grande pauvreté chez les agriculteurs des Prairies.

Les relevés géophysiques montrent que de vastes régions du continent africain subissent de longs épisodes de sécheresse intense depuis environ 10 000 ans. Au 20e siècle, des sécheresses majeures ont touché les territoires semi-arides de l'Afrique subsaharienne tous les 15 à 20 ans. Fait particulièrement inquiétant, les stations météorologiques de l'Afrique de l'Ouest relèvent une baisse tendancielle persistante des précipitations annuelles depuis les années 1950. Dans quelle mesure les sécheresses africaines seront-elles exacerbées par le réchauffement planétaire et par l'accroissement des émissions de GES ? La question continue d'alimenter débats et controverses. Les conditions climatiques de l'Afrique subsaharienne sont déterminées par les systèmes circulatoires atmosphériques, en particulier les interactions entre la zone subtropicale de haute pression et la zone intertropicale de convergence.

Les 20 pays africains les plus exposés aux sécheresses régulières comptent également parmi les pays les plus pauvres du monde (selon le critère du PNB/hab.). En cas de dévastations attribuables à une sécheresse, les agriculteurs de l'Australie et de l'Amérique du Nord peuvent compter sur les assurances récoltes ou sur les interventions gouvernementales. La plupart des

agriculteurs africains pauvres ne bénéficient pas de tels mécanismes de protection. Il est impossible de calculer le coût total en santé et en vies humaines des sécheresses africaines. Les chaînes de télévision et les médias du monde entier se font l'écho du calvaire de ces milliers de gens qui ont encore suffisamment de forces pour marcher jusqu'aux camps de réfugiés quand la sécheresse frappe. Mais les autres victimes, beaucoup plus nombreuses, qui meurent chez elles ou dans leur quête d'aliments et d'eau, s'éteignent dans l'anonymat. Les carences alimentaires se multiplient dans les mois qui précèdent la récolte, quand les stocks céréaliers sont au plus bas. La malnutrition protéino-énergétique, l'anémie, les maladies diarrhéiques, l'hépatite et la rougeole sont courantes en tout temps, mais le manque d'eau attribuable aux sécheresses les aggrave considérablement.

Sécheresses et récoltes

Les céréales et les légumineuses sont des hygrophytes, c'est-à-dire des plantes qui ont particulièrement besoin d'eau pour pousser. Quand elle survient peu après les semailles, la sécheresse entrave la germination ; si elle frappe au moment de la germination, elle peut dessécher les plants avant qu'ils n'aient eu le temps de fleurir et de donner leurs fruits. Le développement floral et la pollinisation sont particulièrement sensibles au temps sec, qui fait baisser le nombre des graines produites. Pendant la formation et la croissance des graines, la sécheresse entrave la photosynthèse et la translocation des hydrates de carbone des feuilles jusqu'à l'albumen des graines, condamnant ainsi la plante à ne produire que de petites graines rabougries. La sécheresse du sol empêche les radicelles des plantes de capter les nutriments. Les plantes affaiblies par les sécheresses sont plus exposées aux infections, infestations, agressions des prédateurs et invasions de plantes concurrentes qui résistent mieux qu'elles au manque d'eau. Toutes les zones sèches de l'Afrique ne connaissent que trop bien les ravages causés par les acridiens (criquets) qui s'abattent sur les terres au bout d'une sécheresse prolongée. Pendant la grande sécheresse sahélienne des années 1970, des rongeurs sauvages privés de leurs sources habituelles de nourriture ont ravagé le sorgho du nord du Sénégal.

Certains chercheurs proposent d'accroître la tolérance à la sécheresse par des modifications génétiques. Mais les espèces végétales utilisent naturellement des mécanismes très divers pour lutter contre la pénurie d'eau. Les dégâts causés par la sécheresse diffèrent aussi selon l'étape du processus de croissance et de développement à laquelle le fléau intervient. Du point de vue génétique, il serait extrêmement complexe de transférer à une plante une résistance à la sécheresse qui la protégerait à toutes les étapes de sa croissance.

Pour autant que nous puissions le prévoir à l'heure actuelle, les sécheresses resteront imprévisibles et inévitables et continueront de causer des ravages chaque fois qu'elles frapperont.

L'eau : réserves et utilisations

Établi pour l'essentiel à partir des données régionales et mondiales des rapports de l'Institut des ressources mondiales (*World Resources Institute* – WRI), le tableau 18 indique les estimations des réserves d'eau disponibles et des quantités d'eau utilisées dans différents secteurs pour 1995.

Tableau 18

Réserves d'eau – 1995

	Quantités disponibles		Quantités utilisées		Quantités utilisées (en %)		
	Total (km^3)	Par hab. (m^3)	Total (km^3)	Par hab. (m^3)	Industrie	Ménages	Agriculture
Monde	41 000	7 200	3 300	645	8	23	69
Afrique	4 000	5 500	145	200	7	5	88
Asie	13 200	3 800	1 630	540	6	9	85
Amérique latine	17 300	21 000	195	410	12	34	54
Europe	6 200	8 600	455	630	14	55	31
États-Unis	2 500	9 400	470	1 900	13	45	42

La rivalité autour de l'accès à l'eau, ressource rare

L'agriculture, en particulier l'irrigation des champs, absorbe environ 70 pour cent de l'eau utilisée sur la planète, et plus de 80 pour cent de l'eau consommée dans les pays en développement. L'industrie et autres utilisateurs livrent à l'agriculture et à l'irrigation une concurrence de plus en plus féroce pour l'accès à l'eau. La quantité totale d'eau utilisée dans le monde devrait passer d'environ 3 300 km^3 en 1995 à 4 800 km^3 en 2025, soit une augmentation de 50 pour cent. Sur la même période, la quantité d'eau utilisée à des fins autres que l'irrigation des cultures devrait augmenter de plus de 60 pour cent ; la consommation d'eau des ménages devrait augmenter de plus de 70 pour cent ; les accroissements les plus forts se produiront dans les pays autre-

fois ou actuellement considérés comme des « pays en développement » [Rosegrant *et al.*, 2002].

La consommation industrielle d'eau des pays en développement dépassera celles des pays industrialisés d'ici 2025. L'eau devenant plus rare pour l'irrigation, l'accroissement du rendement des cultures dans les pays en développement devrait passer de 1,9 pour cent en moyenne par an à l'heure actuelle à 1,2 pour cent par an à peine, soit l'équivalent d'une perte annuelle de 130 millions de tonnes de céréales. Alors que les réserves d'eau disponibles pour l'irrigation baisseront et que la production agricole reculera, la demande céréalière mondiale devrait augmenter de presque 50 pour cent, soit 800 millions de tonnes. Conséquence désastreuse probable pour les pays les plus pauvres : ils devront accroître leurs importations alimentaires, qui passeront de 105 à 240 millions de tonnes par an d'ici 2025. L'Afrique subsaharienne sera la région la plus touchée par les pénuries ; selon les spécialistes, ses importations céréalières devraient tripler [IFPRI, 2002].

Erreurs de gestion et gaspillages

Il est urgent d'améliorer mondialement l'efficacité de l'utilisation de l'eau, en particulier dans l'irrigation. Les systèmes d'irrigation déficients gaspillent l'eau, épuisent les nappes souterraines et provoquent une augmentation de la salinité des sols et une déplétion des nutriments dans la terre. L'implantation de modes d'utilisation de l'eau plus économes et plus efficaces exige des innovations technologiques mais aussi des réorganisations administratives. Dans un pays que je connais bien, l'eau est graduellement libérée d'un réservoir construit pour la production d'hydroélectricité puis acheminée sur de longues distances pour irriguer les cultures. Entre le réservoir et ces champs lointains, l'eau « passe » par neuf ministères, agences nationales et gouvernements. Sachant qu'aucune de ces instances n'assume la responsabilité d'ensemble de la gestion et du contrôle et que, par conséquent, aucune ne possède l'autorité sur l'intégralité du processus, comment s'étonner qu'une bonne partie de cette eau se perde en chemin ? Quand, de surcroît, une rivière traverse plusieurs territoires nationaux, les complications administratives se multiplient et les litiges entourant les droits relatifs à l'eau peuvent mener à la violence. Certains analystes politiques annoncent l'émergence de conflits militaires entre les pays du Moyen-Orient déjà rivaux dans l'accès à des réserves d'eau limitées. Les gaspillages et les utilisations abusives se manifestent de manière particulièrement flagrante chez ceux et celles qui quittent des contrées bien pourvues en eau pour s'établir dans des régions arides. Ainsi, les étrangers qui s'installent dans les nouvelles zones de peuplement d'un certain pays

du Moyen-Orient ont souvent tendance à gaspiller l'eau et à en consommer des quantités excessives – des habitudes que déplorent leurs voisins qui sont nés dans la région et sont habitués à économiser l'eau.

Contrairement aux terres agricoles et aux bâtiments, les rivières et les lacs intérieurs sont considérés comme des « parties communes » que chacun peut polluer ou piller à sa guise. Alors que la demande mondiale en eau, une ressource rare et précieuse, augmente, des aquifères font l'objet de razzias et de dilapidations ; des eaux de surface sont polluées par des effluents municipaux et domestiques et par des résidus chimiques polluants agricoles ou industriels. Les voix qui s'élèvent pour réclamer l'implantation de politiques qui tiendraient compte à la fois des enjeux économiques et écologiques semblent prêcher dans le désert.

Perspectives d'avenir

L'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (*International Food Policy Research Institute* – IFPRI) a publié récemment un bilan des perspectives mondiales de l'eau [Rosegrant *et al.*, 2002]. Prévoyant l'aggravation de plusieurs facteurs déterminants, ce document annonce une pénurie d'eau majeure qui prendra la forme d'une crise et qui se traduira par l'interruption des approvisionnements pour des centaines de millions de personnes, par la dévastation des terres humides et par une baisse marquée de la production alimentaire qui provoquera une augmentation du prix des aliments. Dans de nombreuses régions du monde, la multiplication excessive des détournements de cours d'eau et la surexploitation des eaux souterraines causeront une pénurie et donc, des dégâts environnementaux majeurs. En l'absence de politiques encourageant la préservation et la conservation, les utilisateurs de l'eau (ménages, exploitations agricoles, industries) se livreront nécessairement une compétition de plus en plus féroce. Le bilan de l'IFPRI préconise plusieurs mesures :

- investir dans les infrastructures permettant d'accroître les approvisionnements en eau pour tous les usages essentiels ;
- adopter des politiques de conservation et d'augmentation de l'efficacité des utilisations ;
- investir dans la recherche-développement en vue d'augmenter la productivité des récoltes par unité d'eau et de terre utilisée.

Pour cette dernière recommandation, il serait sans doute judicieux d'inciter les agriculteurs des régions où l'eau est rare à cultiver les plantes qui présentent le meilleur rendement végétal par rapport à la quantité d'eau

consommée. Dans certains pays semi-arides d'Afrique, les agriculteurs se sont ainsi détournés de la culture céréalière de subsistance pour se consacrer à la culture de légumes, fruits et fleurs de haut rendement susceptibles d'être exportés ou vendus à des compatriotes plus fortunés. Sous réserve que les agriculteurs bénéficient de prix adéquats pour leurs produits, il serait envisageable de leur facturer des frais réalistes pour l'eau qu'ils utilisent.

Tim Flannery, un climatologue australien, dresse un bilan très sombre des ressources en eau de la planète. L'Indus qui coule au Pakistan et dans le nord de l'Inde, le Fleuve Jaune chinois, le Colorado des États-Unis et du Mexique... La plupart des grands fleuves du monde sont victimes d'une déplétion grave et irréversible. L'exploitation des sources d'eau fossile (une eau qui s'accumule depuis des temps immémoriaux) dépasse souvent le taux annuel de reconstitution par les précipitations. Les changements climatiques et la pollution des eaux de surface intérieures exacerbent la crise mondiale de l'eau. Les pénuries que nous réserve l'avenir seront plus dévastatrices encore dans les régions exposées aux sécheresses où, déjà, des millions de personnes ne bénéficient pas d'un accès suffisant à l'eau potable [Flannery, 2006].

Un point de vue de la Banque mondiale

Dans un long document de politique générale, la Banque mondiale décrit les obstacles sociaux et les problèmes de mise en œuvre auxquels se sont heurtés ses investissements dans l'irrigation, l'approvisionnement en eau, l'assainissement et l'hydroélectricité. Elle souligne notamment que les consommateurs ne voulaient pas avoir à payer l'eau parce qu'elle était de mauvaise qualité, et constate que les sommes investies dans la conservation de l'eau et dans l'accroissement des approvisionnements ont été mal gérées. Ce document reconnaît que la Banque mondiale et les gouvernements ont accordé trop peu d'attention aux considérations environnementales. Il cite quatre difficultés bien précises : a. atomisation des politiques publiques et des programmes d'investissement ; b. absence de prise en compte des relations d'interdépendance liant les organismes partenaires et les utilisateurs ; c. laisser-aller dans la détermination de prix rationnels et la mise en œuvre d'une comptabilité financière sérieuse ; d. incurie envers la qualité de l'eau, la santé publique et la protection de l'environnement. Dans son rapport de 1993, la Banque mondiale promet que ses projets futurs seront conçus et mis en œuvre de manière à profiter aux industries, à l'agriculture, à la production d'électricité et aux consommateurs, et qu'ils seront assortis des mesures de contrôle des coûts indispensables à la viabilité financière.

L'eau utilisée par les biotechnologies industrielles

Les transformateurs alimentaires représentent 4 pour cent seulement de la quantité totale d'eau consommée par les entreprises canadiennes. Par contre, ils utilisent tous des volumes importants d'eau assainie comme ingrédient de leurs produits ; sous forme de vapeur ou de glace ; pour nettoyer les matières premières, l'équipement, les locaux et les vêtements du personnel ; et pour permettre aux employés de se laver. Toutes ces utilisations génèrent des quantités considérables d'eaux usées. En plus des lois sur les effluents industriels promulguées par les gouvernements, certains industriels éclairés mettent d'eux-mêmes en place des moyens d'assainir les eaux usées, de les recycler, et d'éliminer les produits nuisibles ou toxiques de leurs effluents [Amos, 1997]. Les compagnies pharmaceutiques doivent éliminer toutes les substances qui pourraient nuire à la santé ou endommager les écosystèmes si elles étaient rejetées dans les eaux de surface ou les égouts. Quant aux entreprises biotechnologiques, elles devraient purifier leurs eaux usées afin qu'elles puissent à tout le moins être converties en vapeur ou servir au nettoyage des locaux [Jogdand, 1996].

Le traitement des eaux usées

Différents paramètres mesurent le degré d'impureté des eaux usées : a. les solides en suspension (SS) ; b. la demande biologique en oxygène (DBO) ; c. la demande chimique en oxygène (DCO). Le taux d'acidité ou d'alcalinité influe également sur la qualité des eaux. Les solides en suspension sont des particules solides trop volumineuses pour passer à travers les filtres d'une porosité prédéterminée. La DBO_5 est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières biologiques biodégradables pendant 5 jours, à 20 °C. La DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières biologiques et minérales pouvant l'être. Le tableau ci-dessous indique les SS, la DBO et la DCO pour différentes catégories d'effluents [Wheatley, 1994].

	DBO (mg/litre)		DCO (mg/l)	SS (mg/l)
Égouts domestiques	300–600	Viande, volaille	500–8 500	75–4 500
Effluent d'ensilage	30 000 ou +	Produits laitiers	80–9 500	25–4 500
Nettoyage des légumes à l'eau	1 600–11 000	Fruits, légumes	1 600–1 800	Variable

Jogdand indique des DBO pour les effluents des compagnies pharmaceutiques et des entreprises de pâtes et papier, et dresse le bilan de différentes méthodes biotechnologiques permettant d'assainir les eaux usées [Jogdand, 1996, 2003].

	DBO (mg/l)		DBO (mg/l)
Résidu sulfitique/ Usines de papier	20 000–45 000	Déchets – Antibiotiques	5 000–30 000
Sous-produits de la distillation	10 000–25 000	Lessive résiduaire – Antibiotiques	2 500–7 000

Le traitement des eaux usées compte trois étapes [Wheatley, 1994].

Traitement primaire – Élimination physique des solides par sédimentation, filtration ou boues activées.

Traitement secondaire – Dégradation biologique des matières organiques par fermentation microbienne aérobie ou anaérobie (ou les deux).

Traitement tertiaire – Inactivation biologique ou chimique (ou les deux) des matières organiques ou inorganiques toxiques qui ont résisté aux étapes 1 et 2.

Remarques conclusives

Il est impossible de définir d'une manière exacte, et selon des paramètres précis, l'environnement considéré dans ses interactions avec le développement. Ainsi que le montre ce chapitre, les ressources environnementales sont extrêmement diverses et difficiles à mesurer avec justesse. L'environnement mondial est si complexe qu'il dépasse les capacités d'appréhension de l'esprit humain. Les conditions, ressources, possibilités d'action et contraintes variant considérablement d'une région, d'un écosystème et d'une collectivité à l'autre, les recommandations se rapportant à la conservation de l'environnement mondial ne peuvent être formulées qu'en termes très généraux. Aucune instance internationale ne possède l'autorité et le pouvoir nécessaires pour promulguer et faire respecter des règlements susceptibles d'assurer la protection de l'environnement et de le conserver pour les générations futures. Toute recommandation dans ce domaine se résume donc plus ou moins à un vœu pieux. Dans les gouvernements et les organismes comme au niveau individuel, les points de vue divergent considérablement quant aux moyens à mettre en œuvre pour atteindre les buts visés. Certaines de ces divergences sont intègres et reposent sur des faits et des observations

rationnelles ; d'autres sont plutôt motivées par l'égocentrisme et la cupidité et n'ont guère d'autre but que de maintenir un mode de vie gaspilleur.

La plupart des fabricants automobiles ainsi que les politiciens et les gouvernements qu'ils appuient, influencent et contrôlent, semblent accorder à la voracité des véhicules à moteur beaucoup plus de poids qu'aux besoins de ces millions d'êtres humains pauvres privés de nourriture, d'eau potable et de conditions de vie saines. Ayant pris sa retraite depuis peu, empochant au passage quelques millions de dollars de prestations à ce titre, un cadre supérieur de l'une des compagnies pétrolières les plus importantes du monde déclarait récemment qu'aucune preuve scientifique n'établissait la réalité du réchauffement planétaire attribuable aux GES – une déclaration complètement irresponsable et imprégnée d'une avidité répugnante.

Aux termes de plus d'une décennie d'âpres négociations, 163 pays avaient ratifié en avril 2006 le protocole de Kyoto, qui propose une réduction substantielle de la pollution atmosphérique. Geste encourageant, en dépit du refus du gouvernement républicain des États-Unis de ratifier ce document, l'État de la Californie et près de 200 villes des États-Unis représentant au total une population de plus de 100 millions d'habitants, ont adopté des règles de conservation climatique similaires à celles de Kyoto.

Les personnes et les instances qui se préoccupent sincèrement de la qualité de l'environnement s'entendent sur la nécessité de protéger l'atmosphère de la pollution et des répercussions des activités humaines favorisant les changements climatiques, et sur l'urgence de protéger les écosystèmes fragiles et de conserver la biodiversité. Les observateurs éclairés s'accordent en outre à considérer qu'il faut mettre en œuvre une stratégie rigoureuse de planification pour l'utilisation des terres, la croissance urbaine, l'utilisation et la conservation de l'eau et de l'énergie. Ils préconisent l'équité dans le commerce international et dans l'accès aux ressources essentielles. Enfin, ils exhortent les riches à se montrer plus généreux envers les moins fortunés qu'eux.

Ceci étant dit, on se rappellera que tous ces questionnements ont déjà été soulevés par les Commissions Pearson, Brandt et Brundtland et par d'innombrables conférences internationales et groupes de travail ultérieurs. Les réponses concrètes qui ont été apportées à ces problèmes sont très inférieures à ce que ces pionniers espéraient à leur époque. Quels devraient être les objectifs précis du développement durable par rapport à l'environnement ? Cette question continue d'alimenter débats et controverses ; elle n'a pas trouvé sa réponse et ne la trouvera probablement pas dans un proche avenir. L'espoir le plus important émane des politiques et mesures exemplaires que certains

gouvernements et certaines collectivités ont adoptées – des politiques et des mesures manifestement bénéfiques que d'autres groupes et instances pourraient adapter à leurs propres besoins, possibilités d'action et ressources.

Il est impossible de prévoir le coût, les dommages et les torts que la surexploitation et le gaspillage actuels de l'énergie, de l'eau et des autres ressources essentielles ainsi que la pollution atmosphérique feront subir à la qualité de vie et à la santé des générations futures. De nombreux observateurs crédibles, dont, tout récemment encore, Sir Nicholas Stern, prédisent des conséquences calamiteuses. Il incombe donc à tous les gouvernements, toutes les sociétés et toutes les industries de se rallier à l'hypothèse du pire et d'adopter des pratiques et des modes de vie prudents qui garantissent une meilleure conservation des ressources de la planète et une protection plus efficace de son environnement.

Il n'y a pas grand-chose à attendre d'éventuelles conférences internationales supplémentaires. Il s'avère en revanche indispensable et urgent d'établir un organisme international auquel tous les pays du monde reconnaîtraient l'autorité de prescrire des normes et des règlements encadrant la conservation de la biodiversité et des ressources naturelles ainsi que la protection de l'atmosphère, et le mandat d'implanter des stratégies visant à freiner considérablement, voire inverser, le réchauffement planétaire induit par les activités industrielles et humaines. Mais puisqu'une telle instance réglementaire exigerait probablement l'adoption de modes de vie moins gaspilleurs et politiquement coûteux, il est peu probable que sa mise sur pied se concrétise dans un proche avenir. La Commission Brundtland tenait à ce que les générations actuelles laissent aux générations futures les moyens de satisfaire leurs propres besoins. Malheureusement, l'insatiable avidité des pays les plus riches et les plus puissants ne permet pas d'espérer que cet objectif se réalise prochainement.

« Qu'ils mangent de la brioche ! » aurait dit Marie-Antoinette. À leur tour, les politiciens prospères et influents d'aujourd'hui, et ceux et celles qui les appuient, semblent s'exclamer : « Jetons les ressources par les fenêtres si tel est notre bon plaisir ! Que les générations futures souffrent si cela doit être et, le cas échéant, qu'elles en meurent de faim. »

Ancien vice-président des États-Unis, Al Gore indique dans un document corollaire de son film intitulé *Une vérité qui dérange* dix mesures à prendre pour freiner le réchauffement planétaire. Quelques exemples : utiliser moins souvent la voiture (chaque trajet de trois kilomètres ainsi éliminé évite l'émission d'un kg de CO_2 dans l'atmosphère) ; recycler les déchets ; réduire sa consommation d'eau chaude ; planter des arbres (un seul arbre absorbe

une tonne de CO_2 sur sa durée de vie) ; éviter les produits suremballés (en réduisant son volume d'ordures de 10 pour cent, un ménage réduit de 500 kg les émissions de CO_2 dans l'atmosphère). Ce sont là des mesures simples qui seraient faciles à mettre en œuvre si les riches du monde cessaient de faire la sourde oreille.

Au vu des orientations politiques des Américains, d'autres gouvernements nantis et des industries qui les appuient et les encouragent dans leur pillage des ressources rares – un phénomène maintenant flagrant dans les pays émergents en voie d'industrialisation – il apparaît clairement que les instances gouvernementales ne se soucient guère des besoins des générations futures. Dans ces générations, nombreux seront ceux et celles qui subiront des conditions de vie économiques et environnementales médiocres en raison des changements climatiques planétaires, et qui seront ainsi condamnés à l'extrême pauvreté, aux privations, à la misère.

Ayant refusé jusqu'à tout récemment de reconnaître la validité scientifique du réchauffement planétaire induit par les émissions de GES, les gouvernements des États-Unis et du Canada admettent maintenant, quoique bien à contrecœur, que ce phénomène pourrait ne pas être dénué d'une certaine réalité. Il est trop tôt pour dire s'ils promulgueront des lois qui risqueraient de déplaire à leurs partisans et alliés industriels des secteurs automobiles et pétroliers. Quoi qu'il en soit, faute d'une action rigoureuse d'envergure, il sera bientôt trop tard pour réparer les torts commis et empêcher les dévastations futures.

11
Des exemples de projets réussis

Les dix chapitres qui précèdent ont posé un regard critique sur ce que l'on appelle généralement le « développement durable ». J'ai insisté à plusieurs reprises sur la nécessité d'établir une définition claire pour chacun de ces deux termes en tant que concepts, mais aussi dans leurs applications plus spécifiques à différentes sphères de l'activité humaine – par exemple, la production alimentaire, les biotechnologies industrielles et la sécurité alimentaire. Les termes étant trop souvent mal circonscrits, les objectifs restent très largement ouverts à interprétation et les malentendus se multiplient. Il n'est également que trop fréquent de voir les projets de recherche porter sur un objectif intermédiaire (par exemple, la production de génotypes de riz à rendement plus élevé) en oubliant le véritable but (l'adoption de nouvelles technologies par les petits agriculteurs), soit que la concrétisation de ce but final n'ait pas été planifiée, soit que l'enchaînement des étapes devant y mener soit considéré comme allant de soi. Cet ouvrage a beaucoup insisté sur l'importance des approches systémiques qui rejettent les pratiques descendantes (imposées « du haut vers le bas ») au profit d'une participation intelligente des bénéficiaires, et ce, dès le début des projets.

Le présent chapitre s'éloigne de l'argumentation théorique pour décrire des projets de développement qui ont été conçus et mis en œuvre selon une approche systémique, et qui ont produit des résultats fructueux et durables. Ces exemples proviennent de l'Amérique latine, de l'Afrique et de l'Asie. Tous, sauf un, ont en commun d'avoir bénéficié de l'appui du Centre de recherches pour le développement international (CRDI). Le projet Canada–Mysore fait exception ; amorcé une dizaine d'années avant la fondation du CRDI, il a permis à des hommes et des femmes de 45 pays d'acquérir une formation en technologies alimentaires. En ce qui concerne les autres projets, qui ont été soutenus par le CRDI, le premier exemple cité ici touche la recherche sur les systèmes d'exploitation agricole, l'un des grands domaines d'action du Centre, et, plus particulièrement, le transfert des résultats obtenus

dans les lopins expérimentaux des instituts nationaux ou internationaux de recherche aux champs des agriculteurs en vue d'une application durable.

Dans cette même optique, une nouvelle génération de centres internationaux de recherche agricole complète maintenant le travail de l'Institut international de recherche sur le riz (*International Rice Research Institute* – IRRI) et celui du Centre international d'amélioration du maïs et du blé (*Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo* – CIMMYT) : l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (*International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* – ICRISAT) et le Centre international de recherche agricole dans les zones arides (*International Center for Agricultural Research in the Dry Areas* – ICARDA) s'intéressent plus particulièrement à la recherche dans les zones intertropicales semi-arides (ZISA) et autres régions sèches. Animé d'une intention similaire, à savoir l'application d'une approche systémique permettant de procurer des bienfaits durables aux êtres humains et d'assurer une gestion à long terme des ressources, mais cette fois dans le secteur de la foresterie, le CRDI a lancé un programme de foresterie sociale puis contribué à la mise sur pied du Centre international pour la recherche en agroforesterie (*International Council for Research in Agroforestry* – ICRAF), à Nairobi. La cinquième étude de cas témoigne d'un intérêt semblable envers la gestion durable des ressources : intitulée *La gestion locale de l'eau*, elle porte sur la gestion de la demande et sur la participation des populations locales à la sélection des solutions techniques qui seront mises en œuvre (en particulier, en Chine).

L'approche systémique, qui, rappelons-le, débute toujours par l'établissement d'un diagnostic exhaustif d'une situation précise par une équipe locale dûment formée, s'applique également dans le cas *Les soins de santé essentiels en Tanzanie*. Enfin, le projet de Pondichéry fournit à une population rurale l'accès à un vaste bassin d'information pertinente par la radio et l'ordinateur ; il illustre la transformation que la créativité et l'aide ciblée faisant appel à certaines technologies modernes peuvent induire dans une collectivité.

Le projet Canada–Mysore

En 1960, le gouvernement britannique convoque à Londres une conférence soulignant le centenaire de la première loi du monde sur les produits alimentaires et pharmaceutiques, dont la promulgation remonte à 1860. Joseph Hulse, le directeur de la recherche de l'une des entreprises agroalimentaires les plus importantes du Canada, se fait poser lors de cette rencontre la question suivante : la population canadienne serait-elle disposée à appuyer la Campagne contre la faim qui vient d'être lancée par la FAO ? lui demande

un vieil ami, Sir Norman Wright, le sous-directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (*Food and Agriculture Organization* – FAO). Plus concrètement, Sir Norman Wright sollicite un soutien financier pour la mise sur pied d'un Centre international de formation en technologies alimentaires (*International Food Technology Training Centre* – IFTTC). Le gouvernement de l'Inde a promis de fournir les infrastructures physiques de ce centre, qui serait établi dans un ancien palais du maharadja de Mysore, dans le sud du pays.

Une étude réalisée par la FAO a déjà montré qu'aucune université ni autre institution d'enseignement de l'Asie n'offre actuellement de formation sur les moyens pratiques de conserver les produits alimentaires et d'en assurer une distribution sûre et hygiénique. Or, des tonnes et des tonnes d'aliments périssables se perdent après la récolte. Il faut trouver des fonds pour le déplacement, l'hébergement et les frais administratifs du transfert des ressources humaines jusqu'à l'Institut central de recherche sur les technologies alimentaires (*Central Food Technology Research Institute* – CFTRI) établi par le gouvernement indien à Mysore. L'équipe du CFTRI se compose de scientifiques dont la plupart sont diplômés d'universités étrangères en sciences naturelles ou biologiques. Secondés de conférenciers invités, ces Indiens auront pour mandat de former des étudiants de l'Inde et d'autres pays d'Asie aux technologies de la conservation des produits alimentaires.

Dès 1960, le Canada réunit un petit comité de la Campagne contre la faim (CCF) dirigé par Mitchell Sharp, un ancien haut fonctionnaire qui a ensuite travaillé au ministère des Affaires étrangères sous le gouvernement libéral de Pierre Trudeau. Le comité de la CCF accepte de prendre en charge le futur programme : le « Projet Canada–Mysore » constituera même sa principale contribution à la campagne de la FAO. Le comité nomme Joseph Hulse au poste de président et directeur. Dans une visite qu'il effectue en Inde, Joseph Hulse recueille des photos d'archives et prend lui-même de nombreux clichés montrant des quantités considérables de produits du bétail et de plantes alimentaires récoltées qui ont été abîmés et gâchés faute d'une conservation adéquate. Adrienne Clarkson, qui est alors productrice à la CBC[1], est la première journaliste à l'interviewer sur le sujet. Des diapositives accompagnées de notes explicatives sont transmises à des scientifiques et autres intervenants du Canada, qui peuvent ainsi donner des conférences devant des clubs philanthropiques, des écoles et des organismes religieux ou autres, afin de susciter des appuis au projet.

1. *Canadian Broadcasting Corporation*, la chaîne de télévision nationale publique canadienne de langue anglaise. (NdlT)

Assez vite, les présidents des 20 entreprises agroalimentaires les plus importantes du Canada constituent un comité sectoriel de collecte de fonds. Tout aussi rapidement, l'Association canadienne pour les Nations Unies, Oxfam, Aide à l'enfance et plusieurs autres ONG, décident d'appuyer le projet. Le Premier ministre ainsi que les chefs de tous les partis représentés au Parlement en deviennent les parrains officiels ; les cadets de l'armée de terre, de l'armée de l'air et de la marine ainsi que de nombreux établissements d'enseignement secondaire recueillent des fonds en vendant des stylos pour « rayer la faim de la planète ». Dans l'ensemble du pays, des comités locaux de collecte de fonds apportent aussi une contribution importante au projet.

À Mysore, le programme d'enseignement se compose de plusieurs formations courtes et d'une formation longue (de deux ans). Organisée par deux Canadiens, la première formation courte porte sur l'entreposage et la désinfestation des céréales et des légumineuses. Lors d'une visite ultérieure, Joseph Hulse obtient de l'Université de Mysore l'autorisation de décerner des diplômes de maîtrise en science à tous les étudiants ayant réussi la formation de deux ans. Toutes les grandes entreprises agroalimentaires ainsi que les quatre banques principales du Canada procurent des fonds pour un ou plusieurs étudiants de ce programme de maîtrise. Au Canada, c'est la première fois que des banques ainsi que la plupart des entreprises d'un même secteur participent à un projet caritatif à l'étranger. John Wayne et Frank Shuster, deux des artistes du spectacle les plus appréciés du Canada, deviennent les co-présidents honoraires du projet et enregistrent des messages publicitaires de 30 secondes qui sont diffusés dans tout le pays.

La collecte de fonds commence en 1961. Les premières formations courtes sont dispensées dès 1964. Les 20 premiers étudiants de maîtrise arrivent en 1965, chacun provenant d'un pays asiatique différent. Pendant les sept premières années d'activité du Centre, les fonds recueillis au Canada aident les étudiants de l'IFTTC dans leur parcours d'apprentissage. Plus tard, d'autres pays se joignent au projet. En particulier, la Suisse met sur pied une école de formation aux techniques de la meunerie et de la boulangerie. Dans les années 1970, l'IFTTC devient un campus de l'Université des Nations Unies.

Au début du projet, le Canada a livré à l'Inde d'importantes quantités de blé et autres denrées alimentaires en guise d'aide. La vente de ces produits a permis aux Indiens d'investir dans la construction d'une auberge offrant le gîte et le couvert aux étudiants.

Le programme d'enseignement fonctionne toujours. Depuis sa mise sur pied, plus de 7 500 personnes provenant de quelque 45 pays en développement ont suivi des cours à Mysore – des Asiatiques pour la plupart, mais aussi des Africains, Moyen-orientaux et quelques Latino-américains. Certains ont fait le voyage depuis le Mexique, le Soudan ou la Zambie pour suivre des cours à Mysore. Plusieurs étudiants sont ensuite devenus directeurs de la recherche alimentaire en Corée, à Singapour, au Sri Lanka, en Inde et ailleurs. Depuis, d'autres pays asiatiques se sont dotés d'infrastructures d'enseignement efficaces dont certaines comptent d'anciens étudiants de Mysore dans leur personnel.

Aujourd'hui, l'IFTTC subvient à ses besoins et possède sa propre équipe administrative. Ses formations sont si courues qu'on dénombre 20 à 30 candidatures pour chacune des places offertes dans le programme de maîtrise en deux ans. Plus de 90 pour cent des diplômés travaillent dans le secteur alimentaire. L'Inde a certainement beaucoup bénéficié du projet Canada–Mysore, mais des étudiants et des diplômés de l'étranger ont également profité du programme et sont ensuite retournés dans leur pays d'origine pour y enseigner ou travailler dans le secteur alimentaire. Un exemple éloquent des répercussions positives du projet : dans plusieurs pays d'Asie, les secteurs industriels de la transformation et de la distribution alimentaires sont ceux qui connaissent la croissance la plus rapide ; en Inde, en particulier, la valeur des aliments industriellement transformés était 1 000 fois plus élevée en 2005 qu'en 1961, au début du Projet Canada–Mysore.

Comment s'explique la réussite de ce projet ?

a. Les objectifs ainsi que le bilan des ressources nécessaires et disponibles ont été clairement établis dès le départ.

b. Les Canadiens ont mis sur pied une organisation efficace de soutien et de suivi du programme.

c. Le gouvernement indien ainsi que les scientifiques et les technologues de Mysore se sont investis durablement dans le projet.

d. Les secteurs alimentaire et agroalimentaire indiens ont reconnu la compétence des étudiants formés dans le cadre du projet et les ont employés ; ils ont de plus procuré au Centre un appui technique et financier.

e. Dans ses attributions de président et directeur canadien du Projet Canada–Mysore, Joseph Hulse a constamment maintenu un intérêt marqué envers le Centre de Mysore et a suivi avec attention les progrès réalisés au fil des ans. Il a par ailleurs été professeur invité au Centre ces

12 dernières années, prononçant différentes conférences sur la gestion agroalimentaire et sur l'intégration et l'analyse des systèmes alimentaires.

La recherche sur les systèmes d'exploitation agricole – Des projets du CRDI

Le Conseil du CRDI a lancé au personnel du secteur agricole de ce Centre un défi d'envergure le jour où il a décidé d'accorder un degré élevé de priorité aux terres et aux écosystèmes marginaux ou appauvris ! À l'époque tout comme aujourd'hui, les écosystèmes, l'utilisation des terres et les modalités de la gestion de l'eau étaient très différents d'une région à l'autre. De plus, les infrastructures nécessaires à l'exploitation des terres marginales ou appauvries et l'accès aux marchés n'étaient guère développées à l'époque. Les scientifiques avaient encore peu étudié les stratégies mises en œuvre par les petits agriculteurs pour tirer leur subsistance des sols. Au total, en 1970, on possédait peu de constatations scientifiques susceptibles d'étayer un programme d'aide au développement ciblant particulièrement les agriculteurs.

En 30 ans, des progrès considérables ont été réalisés. Notamment, la recherche sur les systèmes d'exploitation agricole (ou recherche sur les systèmes agricoles – RSA) se déploie maintenant dans le monde entier. Cette nouvelle orientation ainsi que l'évolution ultérieure de la RSA sont en grande partie attribuables aux projets novateurs mis sur pied par le CRDI ainsi qu'au soutien constant qu'il a fourni à ces initiatives.

Pour faire germer l'idée de la RSA et pour la concrétiser, l'Amérique latine s'impose à l'époque comme un terreau fertile. En effet, des chercheurs de la Colombie et du Mexique ont déjà commencé d'étudier les méthodes de travail des petits fermiers pratiquant la culture intercalaire du maïs, des haricots et de la pomme de terre. David Hopper, qui est alors président du CRDI et qui a travaillé avec la Fondation Rockefeller en Inde, apprend par ailleurs qu'un scientifique américain spécialiste des sols a lancé un projet sur les « systèmes d'exploitation agricole » à l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI), aux Philippines ; Joseph Hulse, le directeur de la Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition (DSAAN) du CRDI, reçoit le mandat de déterminer si le Centre pourrait appuyer cette initiative.

J. Hulse constate que le projet se résume pour l'essentiel à une étude sur les sols et l'eau dans leurs rapports avec la riziculture. Le CRDI accepte

néanmoins d'y contribuer en finançant les travaux de deux scientifiques qui établiront la cartographie des sols des régions rizicoles d'Asie. Grâce à d'anciens collègues de la Division des terres et des eaux de la FAO, J. Hulse apprend de plus que la FAO possède une vaste collection d'études sur les ressources hydriques en Asie, mais que ces documents n'ont jamais été systématiquement classés et analysés. Il engage un post-doctorant qui, pendant plusieurs semaines, travaillera à la FAO pour parcourir ces études et en établir un récapitulatif qui sera ensuite remis à l'IRRI.

Au début des années 1970, la fondation Rockefeller transfère l'agronome Richard Harwood à l'IRRI, où il prendra en charge la RSA. Ce spécialiste constate rapidement que le Conseil de l'IRRI s'oppose à toute activité s'écartant de la production de génotypes de riz à rendement élevé. Sur ces entrefaites, et sans que les deux événements aient un quelconque lien de cause à effet entre eux, le directeur général de l'Institut démissionne et le Conseil nomme Nyle Brady, le doyen du Département d'agriculture de l'Université Cornell, au poste de directeur général.

J. Hulse profite de cette occasion pour rencontrer N. Brady à l'Université Cornell à trois reprises afin de le convaincre d'intégrer un volet significatif de RSA au programme de l'IRRI.

Ayant été directeur de la recherche de l'entreprise agroalimentaire canadienne Maple Leaf Mills, J. Hulse relève rapidement l'analogie avec la recherche commerciale : avant de lancer un nouveau produit, les entreprises du secteur alimentaire repèrent des consommateurs répondant à des critères bien précis et les interrogent sur leurs préférences quant à la qualité des produits, leur quantité et leur prix. J. Hulse propose que les chercheurs de l'IRRI s'inspirent de cette pratique pour déterminer la capacité des riziculteurs asiatiques à s'adapter aux nouvelles technologies de la production rizicole et à se les approprier dans leur travail quotidien. N. Brady manifestant un intérêt sérieux envers cette proposition, J. Hulse promet de solliciter l'appui du CRDI pour élargir le programme.

Le projet Cáqueza

Vers la même époque, le CRDI décide d'appuyer les travaux de l'Institut colombien d'agriculture (*Instituto Colombiano Agropecuario* – ICA), qui commence à étudier les méthodes de production des agriculteurs dans la région montagneuse située dans l'est du département de Cundinamarca. Ce projet touche en particulier neuf municipalités situées dans les environs de Cáqueza. La contribution du CRDI consiste à mettre à la disposition de cette

équipe les compétences d'Hubert Zandstra, un agronome d'origine néerlandaise.

Au début de son activité, plutôt que d'analyser les réalités locales et de diagnostiquer les contraintes, l'ICA cherchait surtout à établir la validité des méthodes améliorées. Cette manière de procéder a beaucoup changé dans les quatre années que H. Zandstra a consacrées au projet : l'ICA s'est alors intéressé de plus en plus aux facteurs pouvant convaincre ou dissuader les agriculteurs d'adopter les nouvelles méthodes. Dans un ouvrage qu'il a coécrit et qui s'intitule *Caqueza : Living rural development*, H. Zandstra dresse ainsi la liste de ces facteurs : risque ; crédit (le cas échéant, les capitaux circulants) ; commercialisation ; formation ; modalités de la transition (y compris le temps nécessaire à la réflexion). Le projet Cáqueza nous enseigne la leçon suivante : il faut absolument que les petits agriculteurs participent d'une manière significative à la recherche, et ce, dès l'étape de l'établissement du programme, des priorités et de l'échéancier.

En 1973, Gordon Banta, un autre scientifique du CRDI, quitte sa base de l'IRRI, aux Philippines, pour se rendre à Cáqueza. David Hopper l'avait envoyé à l'IRRI à titre de spécialiste des sciences sociales, avec le mandat d'élargir les recherches au-delà du cadre strict de l'amélioration des rendements culturaux des terres de l'IRRI. G. Banta avait notamment participé avec Richard Harwood à des études diagnostiques et à des essais sur le terrain dans des champs d'agriculteurs de la province de Batangas. Ayant transposé les enseignements de Cáqueza à ses propres travaux, G. Banta réussit, avec R. Harwood, à organiser dès 1974 une rencontre qui permet à des chercheurs asiatiques, latino-américains et africains de mettre en commun leurs constatations des dix dernières années. Ces discussions jettent les bases du Réseau asiatique de recherche sur les systèmes culturaux (*Asian Cropping Systems Network* – ACSN), qui a bénéficié du soutien du CRDI pendant de longues années.

Avant l'implantation de ce Réseau, la plupart des institutions nationales ne permettaient pas à leurs chercheurs de mener leurs études dans les champs des agriculteurs. De plus, les directeurs de la recherche ne voyaient pas vraiment l'intérêt de faire participer les agriculteurs aux projets d'implantation des technologies nouvelles dès les premiers stades ; certains étaient même convaincus que les lopins des petits agriculteurs présentaient des conditions environnementales et des sols tout à fait identiques à ceux des fermes expérimentales... Dans certains pays, il a fallu plusieurs années pour corriger ces points de vue ainsi que les pratiques descendantes (imposées du haut vers le bas) qu'ils entraînent. Les recherches réalisées dans les exploitations agricoles

elles-mêmes dans les années 1970 faisaient intervenir les agriculteurs dans une certaine mesure, mais elles n'ont pas vraiment permis d'établir une méthodologie systématique.

Ilo-Ilo et la diversification de la RSA

Quand R. Harwood a démissionné pour retourner aux États-Unis, H. Zandstra s'est joint à l'équipe de l'IRRI pour cinq ans. Par la mise sur pied d'un programme de RSA élargi et diversifié, il a joué un rôle décisif dans la résorption de cette lacune. Les méthodes de la recherche sur les systèmes ont alors fait l'objet de nombreuses expérimentations. L'une des innovations majeures mises en place à cet égard a consisté à considérer que les facteurs variables de l'utilisation des terres ne se limitent pas aux sols, au climat et aux conditions économiques et sociales, mais que l'utilisation des terres elle-même peut être considérée comme une telle variable. Les lopins ensemencés depuis toujours ou presque en riz arrosé par les pluies doivent-ils nécessairement être réservés à cet usage jusqu'à la fin des temps ? Avec les nouvelles variétés à haut rendement dont la saison de croissance est de 90 jours, les agriculteurs peuvent également faire pousser des doliques à œil noir ou du soja, voire une deuxième récolte de riz, sur les mêmes terres ; ils peuvent même renoncer complètement au riz pour se consacrer aux cultures de rente. Il a fallu du temps pour convaincre la direction de l'IRRI que le riz n'était plus une donnée inamovible dans l'optique de cette méthode. Le personnel du CIMMYT, qui commençait alors à s'intéresser à la recherche en Afrique, a également eu besoin d'un certain temps pour se faire à l'idée que le maïs n'était pas non plus un incontournable. Le CRDI a appuyé des expérimentations de ce type dans trois régions des Philippines, en particulier à Ilo-Ilo, à quelque distance des locaux de l'IRRI à Los Banos.

Les spécialistes de la recherche sur les systèmes agricoles ont aussi poussé leurs investigations dans d'autres directions. Les programmes de RSA ont permis d'agencer les concepts de manières différentes, donnant ainsi lieu à d'importantes variations dans la nature de la participation des fermiers et dans l'importance accordée aux méthodes diagnostiques, aux analyses de marché et aux dynamiques familiales rurales – ouvrant ainsi la voie aux analyses sexospécifiques. D'une manière générale, le travail effectué à Ilo-Ilo parallèlement aux activités de l'IRRI a permis d'élargir la réflexion et les points de vue sur l'utilisation des terres. Il a aussi mené à la constitution d'un groupe de femmes qualifiées qui ont inscrit la dimension sexospécifique en haut de la liste des priorités. Enfin, il a stimulé dans plusieurs pays l'implantation d'écoles d'agriculture sur le terrain et de comités locaux de recherche agricole

faisant appel non seulement aux agriculteurs, mais aussi à d'autres intervenants de la transformation et de la distribution des produits alimentaires.

Dans les années 1980, les recherches sur l'utilisation des terres qui ont été menées en exploitations agricoles ont induit un accroissement de la productivité de nombreuses associations de produits d'élevage/cultures et cultures jumelées, notamment le maïs et la pomme de terre, les légumineuses et le riz. On peut affirmer sans risque de se tromper que ces évolutions n'auraient pas eu lieu si la recherche n'avait touché que des cultures simples ou des produits d'élevage isolés. La plupart des centres nationaux de recherche et des instituts internationaux récemment implantés en Afrique pour étudier les produits du bétail et l'agroforesterie ont intégré la recherche sur les systèmes agricoles à leurs programmes officiels.

Le rapport de la Commission Brundtland et le programme Action 21 établi lors de la Conférence de Rio ont contraint les chercheurs à accorder une attention plus soutenue aux dimensions environnementales et à la préservation des ressources naturelles dans la RSA : ils devaient désormais évaluer la consommation des ressources actuelles et potentielles à la lumière du critère environnemental et respecter les équilibres délicats de l'utilisation des terres.

Nommé dans les années 1990 à la direction du Centre international de la pomme de terre (*Centro Internacional de la Papa* – CIP) de Lima, au Pérou, H. Zandstra s'est fixé pour priorité d'accroître les capacités de gestion des ressources naturelles dans une optique de durabilité. À cet égard, la RSA constituait pour lui une alliée précieuse. « Je note avec satisfaction que la RSA est devenue un ensemble de stratégies de recherche participative efficaces », soulignait-il. Il accordait le mérite de cette évolution au Centre d'Ottawa : « En soutenant la RSA pendant trois décennies, le CRDI a eu un impact considérable sur les scientifiques et leurs institutions. Pour atteindre cet objectif, le Centre a su faire preuve de cohérence et de persévérance, et trouver des appuis importants chez les donateurs. »

Les constatations de M. S. Swaminathan

M. S. Swaminathan est professeur et ancien directeur général de l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI). Voici ses constatations concernant le projet des systèmes agricoles.

Visionnaire, le projet Recherche sur les systèmes agricoles du CRDI a stimulé les possibilités d'emploi, les sources de revenu et la sécurité écologique des familles de riziculteurs de l'Asie. L'appui du CRDI à la RSA a instauré

une synergie entre l'environnement et l'économie, et assuré aux populations concernées du travail et une sécurité du revenu tout au long de l'année ; il a aussi contribué à la maximisation du rendement de l'air, des sols et de l'eau par unité de volume cubique ; il a montré enfin qu'il est possible de conjuguer rizières et prospérité en optant pour des cultures et des races de bétail adaptées, dans le cadre de systèmes agricoles intégrés efficaces.

La recherche sur les systèmes agricoles réalisée par le CRDI contribue à l'implantation d'un changement de paradigme qui réalise la transition entre la « Révolution verte » et la « Révolution doublement verte », laquelle vise à accroître la productivité de manière continue sans causer de dégâts écologiques. Quand j'étais directeur général de l'IRRI, la recherche sur les systèmes agricoles a conduit à l'intégration de souches efficaces pour moduler les espèces fixatrices d'azote. La RSA a également contribué au développement d'un réseau international sur les engrais dans le contexte d'un réseau international sur la riziculture durable.

En 1985, alors que l'IRRI célébrait ses 25 ans, les agriculteurs et agricultrices participant à des discussions ciblées ont tous souligné que la RSA avait ouvert un nouveau chapitre dans l'art et la science de la riziculture. Son implantation témoignait par conséquent d'une grande clairvoyance de la part de J. H. Hulse et du CRDI, qui ont mis sur pied ces programmes de recherche d'envergure bien avant que l'ensemble des spécialistes ne comprenne que l'avenir de la riziculture passait nécessairement par l'intégration des pratiques de l'écologie, de l'économie, de l'équité sociale, de l'équité hommes–femmes et de la production de revenus dans le cadre d'un programme de recherche structuré sur les systèmes agricoles.

L'emploi dans les entreprises agroalimentaires rurales

Pour que les populations rurales se libèrent de la pauvreté, elles doivent pouvoir compter sur des revenus stables provenant d'emplois durables dans des entreprises agroalimentaires qu'elles possèdent et gèrent elles-mêmes à titre individuel ou collectif. L'agroalimentaire est un vaste secteur qui recouvre la production des cultures et l'élevage du bétail ; la fabrication de l'équipement et des matériaux nécessaires à cette production ; la conservation et la transformation des produits de l'agriculture, de l'horticulture et de l'élevage ; et leur acheminement jusqu'aux marchés dans des conditions acceptables d'hygiène et d'innocuité. Le développement durable des entreprises agroalimentaires rurales suppose la mise en place des conditions suivantes.

a. Une évaluation exhaustive et critique des ressources (disponibles et nécessaires) pour obtenir des produits bien connus, d'une qualité acceptable et d'un coût raisonnable et pour les acheminer jusqu'à des marchés accessibles préalablement ciblés.
b. Une formation permettant d'acquérir les connaissances et les compétences pratiques indispensables.
c. Un accès sûr, constant et uniforme aux services de conseil en technique, gestion financière et commercialisation.
d. La mise sur pied d'associations coopératives légalement constituées et administrées par la collectivité. Ces coopératives possèdent généralement une influence plus grande que les agriculteurs agissant à titre individuel ; en particulier, elles sont mieux outillées pour obtenir des conditions intéressantes dans les emprunts, le crédit, les achats en gros et l'accès aux marchés ; elles peuvent également procurer à leurs membres le soutien et les conseils dont ils ont besoin.

Dans le sud de l'Inde, deux programmes particulièrement efficaces constituent d'incontournables exemples de ces pratiques.

Les biovillages de la MSSRF

La Fondation de recherche M. S. Swaminathan (*M. S. Swaminathan Research Foundation* – MSSRF) de Chennai a lancé son programme de « biovillages » en 1991 pour stimuler le développement du secteur agroalimentaire rural. Ce programme montre que, si elles ont accès à de réelles possibilités d'action, à une formation ciblée et à des services de conseil efficaces, les femmes pauvres des zones rurales peuvent très bien participer individuellement et collectivement à l'implantation et au maintien d'un secteur agroalimentaire durable, même si elles ont très peu fréquenté l'école. La MSSRF appuie ainsi un réseau national de biovillages. À Pondichéry, par exemple, le programme est administré par un Conseil du biovillage regroupant une trentaine de représentantes provenant de 19 collectivités rurales. Son Biocentre possède une équipe de jeunes spécialistes qualifiés provenant des collectivités biovillageoises, et dont le mandat consiste à être immédiatement disponibles pour former, aider et conseiller les femmes rurales, négocier du crédit et des prêts à faible taux d'intérêt, et offrir des services de conseil, vétérinaire et autres. Chacune des collectivités villageoises possède un ordinateur relié à des points de commercialisation qui leur fournissent instantanément les prix courants ainsi que le niveau de la demande des produits offerts par les biovillages. Les graphiques et autres illustrations

produits par ordinateur constituent des outils précieux de formation et d'apprentissage.

Les femmes du biovillage de Pondichéry produisent des cultures horticoles, des semences hybrides bon marché pour une douzaine d'espèces végétales, des engrais biologiques obtenus par lombricompostage (dégradation des matières organiques par les vers de terre), et des biopesticides provenant du nim (un arbre), ainsi que d'autres ressources locales. Les femmes élèvent de la volaille et des carpes d'eau douce (dans des mares du village) et font pousser des plantes de fourrage pour leurs vaches. Le Centre biovillageois entretient des lopins modèles illustrant les techniques de culture et les associations culturales les plus riches en nutriments essentiels à la santé humaine. Le Conseil des femmes du biovillage étudie les possibilités d'élargir les activités actuelles ou d'en ajouter à la liste, gère les ressources financières collectives et conclut les contrats d'achats en gros à des prix préférentiels pour les fournitures essentielles.

Le programme de santé et d'emploi VGKK/KT-CFTRI

Vivekananda Girijana Kalyana Kendra/Karuna Trust est une ONG indienne qui procure différents types de services aux taluks (subdivisions administratives) de B. R. Hills/Yelandur, dans le district de Chamarajanagar, dans l'État de Karnataka : soins de santé ; instruction de base ; formation professionnelle ; conservation de la biodiversité. Cette organisation favorise également l'initiative et l'autonomie dans les collectivités et soutient les petites entreprises rurales. La réserve forestière couvre plus de 350 km^2 et regroupe quelque 80 000 personnes de la tribu des Soligas, dont les ancêtres ont vécu des produits de la forêt pendant d'innombrables générations. Il y a quelques années, un médecin indien éminent abandonnait sa pratique de Bangalore pour aller prodiguer aux populations tribales de la forêt, particulièrement démunies, des soins de santé leur faisant cruellement défaut. Au début de ce projet, plus de la moitié des enfants souffraient de malnutrition chronique ; la mortalité infantile était supérieure à 150 décès pour 1 000 naissances vivantes ; la lèpre, l'épilepsie, la tuberculose et les maladies diarrhéiques étaient hyperendémiques. Avec l'aide d'autres médecins et chirurgiens bénévoles, le directeur a mis sur pied une vaste gamme de services de traitements et autres soins de santé. L'équipe a implanté des cliniques d'obstétrique et de soins prénataux et postnataux, un bloc opératoire, un établissement pour l'accueil des malades ainsi qu'une unité chirurgicale mobile pour les collectivités éloignées. Elle a aussi dispensé à des jeunes femmes de la tribu des formations d'infirmières, de sages-femmes et d'assistantes médicales. Pour la lèpre, des

services de chirurgie reconstructive ont été mis en place ; grâce aux traitements antibiotiques, l'incidence est passée de plus de 20 pour cent à moins de 1 pour cent de la population. Des améliorations comparables ont été observées pour d'autres maladies hyperendémiques.

Pour alléger la misère chronique des populations, il fallait toutefois instaurer des services d'éducation, prodiguer des formations professionnelles et multiplier les possibilités d'emploi. Des écoles primaires, secondaires et professionnelles ont donc ouvert leurs portes. Le médecin-directeur a ensuite sollicité de l'aide pour promouvoir les entreprises agroalimentaires rurales et leur donner les moyens de récolter et transformer les produits forestiers non ligneux (PFNL) et les plantes horticoles cultivées en clairières. Les extraits de plus de 60 plantes médicinales naturelles ont été inscrits au registre des remèdes ayurvédiques. Pour la récolte et la transformation des fruits, des légumes, du miel sauvage et des plantes médicinales de la forêt, le passage de l'échelle artisanale et familiale à celle du petit commerce s'est effectué grâce à une bourse offerte par une agence de développement et à un prêt consenti par la banque agricole de la région. Une cinquantaine de femmes pauvres ont reçu une formation spécialisée qui leur a permis d'appliquer des technologies de type industriel et de transformer ainsi différents PFNL en produits commercialisables bien connus des populations locales et donc, immédiatement acceptés.

L'usine possède une aire de travail de 220 m^2 ainsi que des équipements pour le traitement à la vapeur, la concentration des liquides, la déshydratation et les fermentations simples. Un ingénieux dispositif de refroidissement par évaporation permet de conserver les matières biologiques fraîches et périssables.

Construite entièrement par la main-d'œuvre locale avec les matériaux locaux, l'usine a été terminée en 45 jours et a atteint sa production maximale dès le mois de septembre 2004. Des technologues de l'Institut central de recherche sur les technologies alimentaires (*Central Food Technological Research Institute* – CFTRI) de Mysore ont dispensé la formation aux femmes et les ont conseillées dans la conception, le développement et le contrôle de la qualité des produits ; ils restent une ressource accessible et fiable pour les conseils en technique ou en commercialisation. La VGKK possède le statut officiel d'association coopérative. Elle gère une coopérative d'épargne et de crédit qui procure à ses membres des prêts et leur permet d'effectuer des dépôts à intérêt. En plus des 50 femmes qui font fonctionner l'usine et qui l'administrent, la culture et la récolte des matières premières ainsi que la mise en marché des produits transformés procurent de l'emploi à de nombreuses

autres personnes. Les membres de cette tribu s'imposent de ne jamais récolter plus de PFNL que la nature n'en peut produire par régénération naturelle. Ce projet constitue à cet égard un modèle de conservation de la biodiversité.

Ces deux exemples montrent clairement que les paysannes et les paysans pauvres et peu instruits peuvent néanmoins tirer profit de formations leur permettant de produire et de transformer différents types de matières biologiques ; mais il faut pour cela qu'ils aient accès à des services de conseil permanents et cohérents pour les questions techniques, la gestion financière et la mise en marché, et que ces services soient prodigués par des jeunes de la région qui possèdent les compétences voulues et maîtrisent aussi, de par leur origine, la langue, les codes culturels et les coutumes des groupes auxquels ils s'adressent. Ces deux exemples montrent en outre que la lutte contre la pauvreté dans les régions rurales exige en définitive la mise en œuvre d'investissements financiers relativement nombreux, mais modestes, et que l'atténuation de la pauvreté est un processus à forte intensité de main-d'œuvre, et non à forte capitalisation – une leçon que de nombreuses agences de développement ne semblent pas encore avoir comprise.

Priorité aux zones intertropicales semi-arides

En octobre 1970, le Conseil des gouverneurs du CRDI recommande lors de sa première réunion que le Centre accorde la priorité aux pauvres des régions rurales. Directeur de la Division des sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition (DSAAN), Joseph Hulse propose alors que, considérant les ressources limitées du Centre et le nombre élevé des pauvres dans les régions rurales (plusieurs millions), la Division se consacre plus particulièrement aux personnes les plus démunies des zones intertropicales semi-arides (ZISA). Cette proposition ayant été adoptée, la DSAAN recrute l'un des chefs de file mondiaux de l'amélioration génétique du sorgho, Hugh Doggett. Cet expert avait en outre déjà travaillé pendant plus de 25 ans dans la ZISA africaine. Dès le début de ses activités, la DSAAN applique le principe systémique à la définition de ses programmes et projets. Dans les années qui suivent, elle affecte d'importantes ressources aux systèmes de production agricole et aux systèmes post-récolte.

Les systèmes de production

La DSAAN a soutenu la recherche sur les systèmes de production du sorgho, de différents types de millets, de légumineuses et de graines oléagi-

neuses dans toute l'Afrique, au Moyen-Orient et en Asie. Cet appui a notamment renforcé les programmes nationaux d'amélioration du sorgho et du millet dans toute l'Afrique de l'Ouest francophone et a permis, en 1980–1981, l'implantation du premier projet d'aide étrangère au Zimbabwe, qui venait juste d'acquérir son indépendance. Située dans le sud du Zimbabwe, la station d'étude de Matopos est devenue plus tard un centre régional d'amélioration du sorgho et du millet.

Le CRDI est l'un des membres fondateurs du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale – GCRAI (*Consultative Group on International Agricultural Research* – CGIAR). Plus tard, la DSAAN a établi l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (*International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* – ICRISAT) sous mandat du GCRAI. Depuis 1971, le siège de l'ICRISAT est situé près de Hyderabad, dans l'Andhra Pradesh ; l'Institut propose maintenant un programme mondial de plus en plus diversifié, mais consacré essentiellement à l'amélioration du sorgho, des millets et de l'arachide.

Une équipe de quatre spécialistes réunie par la DSAAN a recommandé l'implantation d'un programme intégré pour l'Afrique qui aurait fonctionné grâce à quatre centres nationaux à capacité renforcée situés au Sénégal, au Nigéria, en Ouganda et en Tanzanie. La recommandation de l'équipe de la DSAAN n'a malheureusement pas été mise en œuvre. Plus tard, l'ICRISAT a construit un nouvel institut au Niger.

L'objectif des recherches de la DSAAN sur les systèmes de production, et plus particulièrement l'amélioration des cultures dans les ZISA, a toujours été de renforcer les capacités locales en tissant des liens entre les universités et les programmes agricoles nationaux, d'une part, et l'ICRISAT, d'autre part, et en établissant des réseaux de collaboration entre différents programmes nationaux des ZISA. C'est dans cette optique que la DSAAN a soutenu la mise sur pied d'un programme coopératif sur les légumineuses dans les pays les plus pauvres du pourtour méditerranéen. En 1975, à la suite de cette initiative, le GCRAI a confié à la DSAAN la supervision de la conception et de l'implantation d'un Centre international de recherche agricole dans les zones arides (*International Center for Agricultural Research in the Dry Areas* – ICARDA).

À l'origine, l'ICARDA devait amorcer et coordonner les recherches dans trois stations situées : a. dans la vallée de la Bekaa libanaise ; b. dans les hautes terres de l'Iran ; c. près de l'Euphrate, en Syrie. Des changements gouvernementaux et perturbations civiles ont toutefois forcé le Centre à établir son siège et sa station d'études principale à Alep, en Syrie, avec une

station secondaire dans les hautes terres de la Turquie. (Les recherches ont pu se poursuivre ultérieurement dans la vallée de la Bekaa.) L'ICARDA continue d'offrir un appui scientifique aux producteurs de céréales et de légumineuses des milieux arides de l'Asie de l'Ouest, du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord. Plusieurs types de sorghos et de millets ont également été développés en guise de cultures fourragères au Moyen-Orient.

Les sorghos ayant vu le jour en Éthiopie, la DSAAN a financé des missions de collecte de plasmas germinatifs dans cette région pour élargir la gamme des plasmas mise à la disposition des spécialistes de l'amélioration génétique du sorgho. En collaboration avec l'ICARDA, la DSAAN a aussi appuyé la collecte de pois chiches dans différentes régions de l'Asie de l'Ouest, d'où cette plante serait originaire. Ainsi la DSAAN a-t-elle aidé les sélectionneurs de plantes à diversifier les propriétés agronomiques, fonctionnelles et nutritionnelles de ces cultures des ZISA.

La politique de la DSAAN était de procurer l'aide d'experts étrangers uniquement quand les pays visés ne possédaient pas les ressources nécessaires. Certains génotypes de sorghos possèdent une propriété particulière qui nuit à leur culture : le péricarpe ou le tégument du grain (ses enveloppes externes) biosynthétisent des polyphénols (des tanins) qui entravent l'assimilation des nutriments. De nombreuses études dans le domaine indiquaient à l'époque que les polyphénols du sorgho étaient des tanins hydrolysables similaires aux substances extraites des noix de galle (cécidies) du chêne (les termes *tannum* et *tann* désignent le chêne dans les langues celtique et bretonne, respectivement) ou à d'autres matériaux biologiques utilisés depuis l'ancienne Babylone pour le tannage des peaux animales et la fabrication du cuir. La DSAAN s'est assuré la collaboration d'Edward Haslam, professeur de l'Université de Sheffield, l'un des chimistes les plus chevronnés du monde dans le secteur des polyphénols. Elle lui a adjoint Raj K. Gupta, un boursier post-doctoral. Ces chercheurs ont démontré que les polyphénols du sorgho sont des tanins condensés parents de nombreux tanins biosynthétisés dans les fruits et les graines de plantes ligneuses – cette découverte a permis de mieux comprendre la chimie des tanins du sorgho, leurs concentrations, leurs fonctions ainsi que les moyens d'atténuer leurs propriétés antinutriments dans les programmes de sélection.

Les systèmes post-récolte

L'élaboration de génotypes et de phénotypes fournissant des rendements supérieurs (poids de matière comestible par hectare et par an) doit déboucher

sur l'obtention de récoltes acceptables et utilisables pour les consommateurs auxquels elles s'adressent. Une étude d'envergure réalisée en Afrique de l'Ouest francophone a montré à la DSAAN que de nombreuses femmes vivant en milieu rural consacraient chaque jour beaucoup de temps, parfois cinq heures, au pilage du sorgho, du millet et des légumineuses pour les transformer en farine ou les incorporer à leurs plats. En plus de prendre beaucoup de temps, cette tâche est extrêmement pénible. La DSAAN a donc entrepris d'examiner la structure des grains dans le but d'inventer des méthodes mécaniques pour séparer les couches extérieures (balle et son) et l'albumen (qui, une fois pulvérisé, donne la farine). En collaboration avec une coopérative agricole de Maidugri, dans le nord du Nigéria, et des ingénieurs agronomes canadiens de la Saskatchewan, la Division a ensuite mis au point un dispositif de mouture efficace et simple qui a été installé dans plusieurs moulins ruraux africains.

Ces moulins retiraient d'abord le son des graines au moyen de disques rotatifs de carborundum ; ensuite, un système de soufflerie expulsait le son du dispositif (il servait alors de nourriture pour les animaux) ; enfin, l'albumen débarrassé du son était recueilli et réduit en farine de différentes grosseurs dans un broyeur à marteaux. Un groupe nombreux de jeunes Nigérianes a défini les propriétés des farines de sorgho, de millet et de légumineuses les plus recherchées par différents groupes de consommateurs ; par leurs commentaires, ces femmes ont donc déterminé les produits les plus susceptibles de se vendre. La DSAAN tenait en effet à ce que toutes les recherches sur les processus post-récolte soient précédées d'une enquête auprès des consommateurs visant à circonscrire les principaux critères d'utilité et d'acceptabilité.

Plus tard, d'autres collectivités africaines ont entendu parler du nouveau système de mouture du sorgho. La DSAAN a dès lors appuyé l'implantation de petits moulins ruraux dans plusieurs pays. Comme le carborundum s'use et casse à plus de 1 000 rotations/minute, il a été remplacé ultérieurement par des disques de thermoplastique plus minces et plus légers pouvant tourner jusqu'à 6 000 r/min, augmentant d'autant la durabilité et l'efficacité des meules. Ces moulins sont fabriqués dans différents pays africains depuis une vingtaine d'années. Une étude réalisée par un sociologue dans les milieux ruraux du Botswana montre que la suppression du pilage a libéré les femmes de nombreuses heures de travail harassant, et qu'elles consacrent maintenant ce temps aux soins des enfants, à la culture de potagers et à l'élevage de volaille.

Au début des années 1970, plusieurs organismes donateurs ont tenté de convaincre les agriculteurs pauvres de l'Afrique de construire de petits silos céréaliers. Toutes ces propositions présentaient une même lacune intrinsèque :

elles reposaient sur l'importation de matériaux en provenance du pays donateur. La DSAAN a appuyé la réalisation d'une étude sur les silos céréaliers utilisés traditionnellement dans la région et construits à partir de matériaux locaux. Ils présentent le double avantage de ne coûter que les frais de la main-d'œuvre locale nécessaire à leur construction et de permettre l'entreposage d'une quantité de céréales suffisante pour combler les besoins annuels d'une famille d'agriculteurs typique de l'Afrique de l'Ouest pendant un an grâce à l'application de principes de conservation connus et maîtrisés de longue date : récolte et battage avant le lever du soleil (quand les températures diurnes sont à leur minimum) ; séchage par le soleil et les vents ; isolation du silo par la boue ; protection du rayonnement solaire direct.

Durabilité de la recherche-développement dans les ZISA

Le programme que la DSAAN a commencé d'implanter dans les ZISA au début des années 1970 répond à tous les critères de la durabilité. L'ICRISAT et l'ICARDA continuent d'appuyer les recherches et la formation dans de nombreux pays des ZISA ; la construction et l'exploitation de petits moulins céréaliers se poursuivent dans plusieurs pays d'Afrique. Des programmes ruraux ont été suspendus ou amputés de certaines composantes, par exemple au Zimbabwe ; dans la plupart des cas, ces reculs s'expliquent par les défaillances de la gestion gouvernementale ou par des conflits civils ou inter-collectivités.

Le principe des systèmes intégrés

Consistant à établir des liens efficaces entre la production et les mécanismes post-récolte, le principe des systèmes intégrés mis de l'avant par la DSAAN est maintenant appliqué par de nombreuses instances. En particulier, des entreprises transnationales comptant parmi les plus importantes du monde l'ont repris à leur compte pour mettre sur pied l'Initiative pour le développement durable dans l'agriculture (*Sustainable Agriculture Initiative* – SAI), un programme de production agricole qui s'intéresse autant à l'utilité et aux propriétés nutritionnelles qu'aux rendements. Pour les récoltes périssables, la transformation primaire qui s'effectue dans les régions rurales à proximité des lieux de production réduit les pertes post-récolte – un atout considérable en regard de l'intensification de la congestion des villes et de l'allongement inexorable du délai d'acheminement des récoltes depuis les zones rurales jusqu'aux entreprises urbaines.

L'agroforesterie et la foresterie sociales

Tirant les leçons de l'expérience, plusieurs membres de l'équipe du CRDI en sont arrivés à la conclusion que la collaboration entre les technologues et les artisans travaillant dans des milieux naturels similaires rend le développement agricole plus stable et plus durable. Cette constatation a donné lieu à l'établissement d'un réseau coopératif en foresterie sociale regroupant des spécialistes de presque douze pays à faible pluviosité du Moyen-Orient et du nord, de l'est et de l'ouest de l'Afrique.

Formé à la gestion des ressources naturelles, le directeur associé des sciences forestières, Gilles Lessard, a convoqué début 1972 une rencontre informelle des premiers participants à Dakar, au Sénégal. Chacun des forestiers présents a résumé les priorités et les possibilités d'action de son pays ainsi que les ressources nécessaires (déjà disponibles ou non) pour concrétiser ces objectifs. Dans tous les pays visés, une déforestation excessive avait grandement détérioré les sols. Les arbres étaient utilisés à des fins diverses : combustible ; fourrage pour les animaux ; consommation des fruits et noix ; matériaux de construction ; produits dérivés commercialisables tels que la gomme arabique (un exsudat d'*Acacia senegal*) et le beurre de karité (fabriqué à partir des noix de *Butyrospermum parkii* et utilisé dans les cosmétiques et l'alimentation). Plusieurs participants ont rappelé que les arbres procurent aux sols de la stabilité et des nutriments : les arbres à racines longues tirent leurs nutriments des sous-sols enrichis par la décomposition des feuilles et enrichissent eux-mêmes les sols avec leurs propres feuilles qui tombent. Dans certains pays, les arbres sont plantés en ceintures pour stabiliser les dunes de sable et protéger les récoltes des vents. Quelques années plus tard, Hosny El-Lakany, un forestier égyptien, s'est servi de variétés de *Casuarina* pour protéger les cultures des vents. Financé par le CRDI, ce projet a permis de récupérer plusieurs centaines d'hectares de terres désertiques pour l'agriculture et l'élevage. Hosny El-Lakany avait appris de moines coptes possédant une longue expérience de l'agriculture en milieu aride les secrets de l'utilisation de *Casuarina* dans la lutte contre la désertification.

Le CRDI a engagé deux conseillers forestiers pour faciliter l'échange d'information : Abdul Seif el Din, un Soudanais parlant couramment l'anglais et l'arabe, et Karim Oka, un Algérien parlant couramment l'anglais, le français, l'arabe et le berbère. Disposant d'un espace de travail à Nairobi et de fonds pour leurs déplacements, ces deux spécialistes de la foresterie ont convoqué des rencontres avec les participants de ce programme au moins une fois l'an. Ils ont également publié un bulletin multilingue. Le CRDI a procuré à chacun des participants des fonds pour ses projets prioritaires. Le programme

de foresterie sociale a pris de l'ampleur avec le temps. Il en est venu à regrouper quelque 20 projets soutenus par le CRDI, et réalisés pour la plupart dans les milieux arides et semi-arides de l'Afrique et du Moyen-Orient.

Dans plusieurs pays francophones, toutes les forêts et tous les lots forestiers constituaient autrefois la propriété du ministère des Eaux et Forêts. Or, ces arbres et plans ou cours d'eau appartenant aux gouvernements bénéficiaient en général d'une protection médiocre, étant considérés comme des marchandises ou des ressources susceptibles d'être exploitées par tout un chacun. Les villageois coupaient les arbres et récoltaient les produits forestiers dont ils avaient besoin ; les chèvres et autres animaux vivant en liberté infligeaient également des dévastations terribles aux forêts. Des spécialistes ont proposé que tous les lots forestiers soient désormais considérés comme appartenant à la collectivité villageoise la plus proche. Leur proposition a été acceptée dans deux cas. Dès que la propriété des lots forestiers a été transférée aux villageois, ceux-ci ont déployé différentes techniques pour éviter que les animaux ne détruisent les arbres. Ils se sont également lancés dans des projets de plantation, de protection et de conservation efficaces et économiques des lots. Dans plusieurs régions, le CRDI a participé à l'implantation de pépinières produisant des variétés d'arbres particulièrement utiles pour certaines collectivités ou certains écosystèmes.

D'autres types de programmes ont également été mis sur pied, notamment dans le secteur de la formation des jeunes ruraux et dans celui de la création de petites entreprises spécialisées dans la transformation du bois. Ainsi, un établissement produisant du papier à partir d'espèces ligneuses indigènes a ouvert en Tunisie ; au Mali, des projets d'hybridation des mangues ainsi que des petites scieries ont vu le jour.

L'agroforesterie

L'intégration de la foresterie et de l'agriculture (« agrosylviculture » ou « agroforesterie ») s'est mise à susciter un intérêt grandissant dans les années 1970. Peu après la fondation du CRDI, plusieurs personnes bénéficiant d'une forte influence politique dans le secteur forestier canadien ont exercé des pressions pour que le Centre finance un institut international de la recherche forestière au Canada. Il a été finalement convenu que le CRDI déterminerait s'il était faisable et utile d'appuyer un programme international d'intégration de la foresterie et de la production de bétail ou de plantes alimentaires. Plusieurs agences de développement international ayant manifesté de l'intérêt envers un tel projet, un Centre de recherche en agroforesterie a été établi à

la fin des années 1970, au terme d'une période rendue houleuse par la multiplication d'ingérences ineptes dictées par des priorités strictement politiques. Il a été décidé que le Centre de recherche aurait son siège à Nairobi et fonctionnerait sous la supervision d'un petit Conseil d'administration regroupant des représentants de différents pays.

À ses débuts, ce Centre international pour la recherche en agroforesterie (*International Council for Research in Agroforestry* – ICRAF) a repris à son compte les méthodes de travail du réseau de foresterie sociale. Son travail consistait essentiellement à fournir des conseils aux pays africains sur la culture et l'utilisation des espèces forestières dans la protection des champs de plantes alimentaires, la production de fourrage, la lutte contre l'action des vents et les invasions d'insectes, et l'accroissement de la valeur nutritive des sols par paillis de feuilles. Sous la houlette de l'ancien directeur général de l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI), un comité a nommé au poste de directeur le Suédois Bjorn Lundgren, un spécialiste d'une compétence hors pair, et a recommandé que l'ICRAF implante son propre programme de recherche sur des terres fournies par le gouvernement du Kenya. Considérant les qualifications de Gilles Lessard, on ne s'étonnera pas de constater que le programme de l'ICRAF constituait dans l'esprit du directeur un projet de recherche-développement visant à utiliser le plus efficacement possible la terre et les ressources naturelles connexes.

Dans les années 1980, d'autres organismes donateurs ont appuyé l'ICRAF, lequel est devenu membre associé du GCRAI. Selon les archives du GCRAI, il en est devenu membre à part entière en 1991. L'ICRAF est maintenant un centre de recherche véritablement international menant des programmes et des projets en Afrique, en Asie et en Amérique latine. On se rappellera néanmoins que l'ICRAF a émané du programme de foresterie sociale du CRDI et que c'est ce même CRDI qui l'a créé et lui a permis de se développer dans ses premières années, particulièrement difficiles.

La gestion locale de l'eau

Dès la préface de son ouvrage intitulé *L'eau – Gérer localement*, David B. Brooks formule l'injonction suivante : « Il n'y a qu'un impératif absolu pour gérer les eaux souterraines et les aquifères : conjecturer le pire. » Cet homme qui s'est trouvé aux avant-postes de son domaine à titre de responsable d'une ONG (Les Amis de la Terre) et qui a travaillé comme consultant avant de se joindre à l'équipe du CRDI, ajoute toutefois sur une note plus positive : « Les politiques et la recherche ne devraient plus viser à accroître les réserves

d'eau mais à gérer la demande. » En ce qui concerne la participation des collectivités locales au processus, « [l]'élaboration des politiques devrait toujours commencer par l'acceptation des coutumes et des normes culturelles comme la société les conçoit, mais ne pas les considérer sacro-saintes. » Enfin, l'auteur énonce cette mise en garde : « Le transfert des responsabilités pour véritablement gérer l'eau (pas uniquement lire les compteurs et réparer les fuites) n'ira pas sans difficultés tant les interventions unidirectionnelles, de haut en bas, qui profitent aux élites du pouvoir, sont profondément ancrées dans les mœurs politiques. »

Les constatations de David B. Brooks ont été mises en application dans divers projets hydriques appuyés par le CRDI et concrétisés à différents niveaux, de la collectivité locale jusqu'à l'échelon international. Au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, le Centre a travaillé pendant une douzaine d'années à la promotion de la gestion de la demande en eau (GDE) par la tenue de rencontres de ministres et autres représentants des neuf pays de la région, ces réunions visant à mettre en commun les connaissances acquises et les enseignements tirés de l'expérience. Les missions inter-pays ont ainsi permis à des responsables syriens de la gestion de l'eau d'examiner les modalités de la distribution de l'eau potable et de l'imposition de frais qui ont été mises en place par les Associations d'utilisateurs de l'eau (des instances locales) en Tunisie, ainsi que les processus de traitement des eaux usées employés en Égypte.

Ces rencontres ont débouché sur l'implantation de l'Initiative concernant la demande d'eau, un programme quinquennal (2004–2009) désigné par l'étrange acronyme de WADI*mena* et consistant à diffuser les résultats de recherche dans la société civile et à promouvoir l'application des stratégies de GDE dans certaines régions rurales bien précises, notamment auprès des femmes et des plus pauvres. Le site Web du programme WADI*mena* (http ://www.idrc.ca/fr/ev-57064-201-1-DO_TOPIC.html) donne accès à un glossaire trilingue de la gestion de la demande en eau ainsi qu'à des ouvrages portant sur les leçons tirées de l'expérience.

Quoi qu'il en soit, le respect des savoirs traditionnels joue un rôle crucial dans la résolution des problèmes de demande en eau. Pendant des années, les fermiers des hautes terres pierreuses du Yémen ont dû cultiver des réseaux très complexes de terrasses pour conserver l'eau et protéger les sols de l'érosion. Des chercheurs se sont demandés pourquoi ces terrasses étaient si délabrées au moment de leurs observations. La réponse était simple : leur entretien exigeait un travail éreintant et constant, et de nombreux hommes avaient quitté la campagne pour la ville. De plus, le partage des coûts entre proprié-

taires fonciers et agriculteurs n'avait jamais fait l'objet d'ententes claires, et les fermiers n'avaient pas accès à des formules de crédit qui leur auraient permis d'investir dans la gestion de l'eau. Plusieurs techniques ont été mises en œuvre pour réhabiliter les terrasses moyennant un coût raisonnable et un investissement acceptable en main-d'œuvre. La production alimentaire est ainsi redevenue rentable pour les agriculteurs. Ainsi que le souligne David Brooks : « Faire revivre les traditions, s'agissant de la gestion de l'eau, exige autant de créativité pour l'élaboration des politiques que d'ingéniosité technique. Mais les résultats peuvent être gratifiants – et surprenants. »

La Chine constitue sans doute l'exemple le plus frappant du rôle qu'une collectivité déterminée, pour ne pas dire désespérée, peut jouer dans la gestion de ses ressources hydriques et dans le renversement du processus descendant de réglementation. La Chine vit depuis très longtemps au rythme lent d'un État centralisé dont les décisions sont implantées par une démocratie plus que pesante. Effet direct et récent de cette sclérose, la croissance économique des provinces de l'Est a peu bénéficié à l'intérieur du pays. En particulier, la province montagneuse du Guizhou, dans le sud-ouest, est restée l'une des plus pauvres de la Chine ; situé sur une terre en pente faite essentiellement de calcaire poreux, le comté de Changchun souffre d'une pénurie chronique d'eau subsuperficielle et souterraine. À cause du manque d'eau, le riz donne peu, les cultures sont peu diversifiées et les forêts se dégradent. Cette pénurie ajoute en outre au fardeau des femmes, qui doivent parcourir à pied d'interminables kilomètres pour se procurer l'eau nécessaire à leurs foyers.

Une première tentative de gestion de l'eau a été mise en œuvre au début des années 1990 : l'État a entrepris de reconstruire les installations et d'en assurer l'entretien. Mais dans ce projet gouvernemental mal administré, l'exécution n'était pas assortie de mesures adéquates de suivi et aucun contrôle n'était exercé au niveau local. Le projet s'est révélé d'une efficacité limitée, pour dire le moins. Une équipe de chercheurs de l'Académie des sciences agricoles du Guizhou (ASAG), financée par le CRDI, a décidé de tenter l'approche communautaire en faisant participer les villageois aux décisions entourant la gestion des ressources naturelles. En 1995, l'équipe a entrepris de s'informer sur les pratiques traditionnelles dans plusieurs villages et de mesurer les dégâts déjà infligés aux ressources naturelles de ces collectivités. (On retrouve ici une approche diagnostique similaire à celle de l'étude de cas concernant la recherche sur les systèmes agricoles.)

L'équipe de l'Académie a guidé les universitaires et les villageois dans chacune des étapes du processus de coopération. Elle a organisé des discussions sur des questions pratiques et techniques (irrigation, réservoirs, canalisations,

nouvelles sources hydriques) et incité les participants à réfléchir aux aspects sociaux du développement. C'est toutefois le *processus* qui a occupé le devant de la scène et, plus particulièrement, la participation des villageois aux décisions touchant leur propre développement. Cette façon de procéder s'est avérée longue et ardue, mais elle a porté ses fruits. Les villageois ont choisi eux-mêmes les solutions techniques à mettre en œuvre et ont construit les systèmes hydriques. Ils se sont aussi appropriés le projet par d'autres mécanismes : ils ont élaboré des règlements, convenu des sommes qui seraient versées pour l'entretien, et élu (et rémunéré) un responsable de l'exploitation quotidienne.

Ce projet a produit des résultats remarquables. Les agriculteurs ont diversifié leurs cultures et bénéficié d'une augmentation de leurs rendements. Ils ont fait pousser des arbres fruitiers et des arbustes à baies sur les terres marginales. Mais ce sont probablement les femmes qui y ont gagné le plus : l'installation de canalisations d'eau et d'un robinet pour chaque groupe de 50 ménages les a soulagées de nombreuses heures de corvée d'eau. Ainsi, elles ont pu s'occuper d'un verger de pêchers et en commercialiser les fruits – passant d'ailleurs outre à la recommandation des chercheurs, qui leur proposaient plutôt de faire pousser des châtaigniers. Enfin, les participantes au projet ont fortement impressionné le gouverneur adjoint de la province du Guizhou : il s'attendait à ce que le processus échoue et a dû admettre plus tard que ses fonctionnaires n'avaient pas pensé aux règlements et systèmes de gestion que les villages ont proposés puis établis.

La résolution de problèmes locaux par l'initiative locale prend de l'ampleur en Chine. Nous laisserons ici le dernier mot à David Brooks : « Trop souvent, les décideurs rejettent les petits groupes et les petites solutions. Ils font une grave erreur. »

Les soins de santé essentiels en Tanzanie

Les statistiques sur la Tanzanie sont parfois ahurissantes, pour ne pas dire effroyables. En 2001, son revenu national s'élevait à 9 milliards de dollars. Divisé par les 35 millions d'habitants du pays, ce chiffre représente environ la moitié de ce que les Américains ont dépensé cette année-là en papier peint. Toujours en 2001, la Tanzanie a dépensé 11,37 USD par habitant en santé, contre 2 809 $ au Canada et 4 819 $ aux États-Unis. En 2003, 36 pour cent de la population tanzanienne vivait avec moins de 1 USD par jour. On estime que chacun des établissements de soins de santé tanzaniens, par ailleurs très mal équipés, doit répondre aux besoins de 7 431 personnes.

Après l'indépendance acquise en 1961, le gouvernement dirigé par le président Julius Nyerere a déployé des efforts héroïques pour construire un système de soins de santé qui couvrirait l'ensemble du territoire national. Dans le cadre d'un contrat social tout à fait unique en son genre, les habitants des régions rurales ont surmonté leurs réticences traditionnelles pour s'établir dans des villages modernes auxquels le gouvernement fournissait des pompes à eau, une clinique et une école. Des diplômés se sont disséminés dans les régions rurales et des centres de formation médicale ont été construits. Les soins de santé étaient considérés comme un droit public.

Au milieu des années 1980, le système s'effondre. Planifiée de manière centralisée, l'administration n'arrive plus à maintenir efficacement les structures et les dispensaires villageois. De plus, les maladies infectieuses gagnent en virulence : malaria, tuberculose, puis sida. Les remboursements obligatoires des emprunts internationaux ainsi que la baisse brutale du prix des cultures d'exportation réduisent considérablement les fonds disponibles pour la formation du personnel soignant. Les autorités tentent de maintenir le système en imposant des frais d'utilisation – mais pour des soins de piètre qualité. Cette décision suscite le mécontentement de la population, qui prend l'ensemble du système en aversion.

Le Fonds mondial de l'ONU et différents organismes caritatifs tels que la Fondation Bill et Melinda Gates ont fourni des sommes substantielles pour les soins de santé en Afrique. Mais le système de soins de la Tanzanie (comme, d'ailleurs, celui de plusieurs autres pays) était trop affaibli pour en profiter réellement ; en particulier, sa capacité d'intervention à la base était presque nulle. Intitulé *Investir dans la santé*, le *Rapport sur le développement dans le monde 1993* de la Banque mondiale soutenait que les nouveaux investissements devaient être proportionnels au « fardeau de la maladie » constaté dans chaque collectivité. Accroître le financement des soins de santé ? Oui, mais en veillant à ce que ces fonds soient investis judicieusement, sans gaspillages. Sur le papier, la logique était imparable. Mais comment la mettre en pratique ?

Par l'intermédiaire du Centre de recherches pour le développement international (CRDI), le Canada a communiqué avec plusieurs pays africains pour leur proposer l'établissement d'un partenariat visant à mieux comprendre le problème. Résolue à réformer son système de soins de santé et à transférer la responsabilité de la gestion budgétaire et de la prestation des soins aux instances locales, la Tanzanie est la première à répondre à l'appel. Le Projet d'interventions essentielles en santé en Tanzanie (PIEST) est ainsi mis sur pied sur la base d'un véritable partenariat entre le CRDI et le ministère de la

Santé. Don de Savigny et Conrad Mbuya dirigent et coordonnent les recherches ; Graham Reid et Harun Kasale dirigent et coordonnent l'exécution du projet.

Le PIEST est lancé en octobre 1993, au terme de vastes consultations minutieuses visant à implanter un projet bien adapté aux besoins et aux ressources. Une étape analytique est ensuite mise en œuvre pour déterminer les méthodes que les instances locales pourront employer pour définir le « fardeau » que la maladie fait peser à leurs populations respectives : elles doivent pour ce faire dresser la liste des maladies les plus coûteuses en vies humaines et en espérance de vie dans leur région. L'équipe du projet sélectionne deux districts ruraux, Morogoro et Rufiji, à l'ouest et au sud-ouest de Dar es Salaam, respectivement. Au total, la population des régions choisies s'élève à 741 000 personnes.

La plupart des données que l'on possède alors sur la santé en Tanzanie sont inexactes : elles proviennent de cliniques alors que la plupart des gens meurent chez eux. L'équipe du PIEST envoie des chercheurs réaliser des sondages auprès de la population, de porte en porte et à bicyclette. Les sondeurs demandent à des ménages représentatifs si l'un de leurs membres est mort ou est tombé malade récemment et, le cas échéant, quels ont été ses symptômes. (Ici encore, l'approche diagnostique s'applique : d'abord, recueillir les faits et le point de vue des personnes concrètement touchées par la situation.) Leurs constatations ont l'effet d'un coup de tonnerre : plusieurs maladies majeures ont été gravement négligées jusque-là. La malaria représente 30 pour cent des années de vie perdues prématurément à Morogoro, mais seulement 5 pour cent des budgets récents de la santé. À l'inverse, la tuberculose représente moins de 4 pour cent des années de vie perdues, mais 22 pour cent des budgets.

Le CRDI offre alors un modeste complément de 2 $ par personne aux budgets des districts. Dans un premier temps, grâce à la réaffectation des fonds déjà disponibles, seule une partie de cette somme s'avère nécessaire pour implanter un système plus efficace du point de vue des coûts. Certaines règles simples sont mises en œuvre : on propose d'abord les traitements les moins coûteux ; les médicaments sont commandés au gré des besoins. (Dans l'ancien système centralisé, tous les dispensaires recevaient des approvisionnements identiques.) Mais surtout, une campagne est lancée pour convaincre les populations d'utiliser des moustiquaires imprégnées d'insecticides (les modèles de fabrication locale coûtaient alors 3 $).

Le PIEST restait dans l'ombre, d'une certaine manière, car c'étaient les équipes de gestion de la santé de district (EGSD) qui planifiaient elles-mêmes

leur travail et contrôlaient leurs dépenses. Libérées du poids des schémas et papiers divers, mais munies d'une « boîte à outils », les équipes travaillaient plus efficacement. Leur boîte à outils contenait une fiche descriptive du fardeau de la maladie dans le district (avec les indicateurs clés), des graphiques représentant les tendances des principaux postes budgétaires, des cartes sanitaires, des récapitulatifs des réactions de la collectivité et des idées qu'elle avait soumises, ainsi qu'un suivi des coûts – le tout, présenté de la manière la plus simple possible et sauvegardé sur disquettes.

Ce projet a produit rapidement des résultats remarquables. La mortalité adulte a baissé de presque 20 pour cent. À Rufiji, la mortalité infantile a reculé de 28 pour cent en un an et la proportion des enfants mourant avant leur cinquième anniversaire a diminué de 14 pour cent ; à Morogoro, la mortalité annuelle avant l'âge de 5 ans est passée de 35 à 20 pour 1 000 en quelques années. Il est à souligner que les équipes ont obtenu ces résultats grâce aussi à un autre outil inventé par l'OMS : la prise en charge intégrée des maladies de l'enfance (PCIME). Ainsi que l'indique Don de Savigny, cette approche « considère l'enfant dans sa globalité pour déterminer et traiter toute une gamme de maladies courantes dont il pourrait être atteint plutôt que de s'occuper uniquement d'une maladie à la fois. »

Le projet pourrait bientôt prendre une nouvelle ampleur. Dans la moitié du pays, des EGSD ont été formées pour utiliser les récapitulatifs du fardeau de la maladie et les outils budgétaires de la santé dans les districts. L'ONU a financé le déploiement de la boîte à outils complète dans 11 autres districts tanzaniens et l'ACDI a fourni 7 millions CAD pour porter plus loin les résultats du PIEST. À plus long terme, la DANIDA, l'agence danoise pour le développement international, envisage d'implanter le projet au Ghana, et l'Afrique du Sud manifeste de l'intérêt envers l'approche du PIEST.

Faire des vagues – en échappant au tsunami

Dans les années 1980, l'Inde a accompli de tels progrès dans le secteur des technologies de l'information qu'elle est devenue le deuxième exportateur de logiciels du monde. Ces entreprises spécialisées sont notamment établies à Bangalore et Hyderabad. Cependant, la plus grande partie de la population indienne continue de vivre pauvrement dans des villages disséminés en milieu rural. Face à ce paradoxe, le professeur M. S. Swaminathan (que les Indiens considèrent comme le père de la Révolution verte qui les a libérés des famines incessantes) s'est posé la question suivante : quels avantages l'ère de l'information peut-elle apporter aux villageois et villageoises qui vivent avec moins de 1 USD par jour ?

Homme d'action, M. S. Swaminathan a entrepris d'élaborer le modèle d'une « révolution de l'information » qui bénéficierait aux pauvres des régions rurales. Pour lui, un ordinateur pouvait devenir pour les villages un outil de développement aussi précieux qu'une pompe à eau ou un puits. Rappelons qu'au début des années 1990, aucun modèle n'indiquait l'aide que les technologies de l'information et de la communication (TIC) pouvaient apporter aux Indiens pauvres des milieux ruraux. Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) a été le premier donateur. Il a financé le projet par l'intermédiaire de la Fondation de recherche M. S. Swaminathan (*M. S. Swaminathan Research Foundation* – MSSRF) afin d'aider l'instigateur du programme à concrétiser son objectif. Le Centre a également informé la MSSRF sur l'utilisation des TIC dans des projets de développement implantés dans d'autres pays du monde.

Les chercheurs de la MSSRF ont décidé de travailler dans la région de Pondichéry, dans l'État du Tamil Nadu. Les difficultés techniques ont été nombreuses. En particulier, la région était dépourvue d'infrastructures téléphoniques modernes, et il fallait trois ans pour obtenir l'installation d'une ligne téléphonique de base. De plus, l'équipe devait se contenter d'un budget extrêmement modeste. Ses membres ont néanmoins cru en leur projet : l'essentiel était de faire preuve de créativité et, pourvu qu'on lui en donne l'occasion, n'importe quel villageois ou villageoise pouvait se familiariser avec les TIC. L'équipe avait également décidé que la collectivité devait s'approprier le modèle, au lieu qu'il soit pris en charge par des intérêts privés.

Diplômé de l'Institut indien des technologies de Kampur, Venkataramen Balaji, le directeur du projet, élabore alors un modèle « en étoile » qui relie plusieurs Centres villageois de savoir (CVS) à un village pivot par radio VHF (très haute fréquence), la base centrale devant être reliée au réseau téléphonique indien et avoir accès à Internet. Chacun des CVS devra disposer d'un ordinateur, d'une imprimante et d'une radio ; des dispositifs solaires seront mis en place pour prendre le relais en cas de panne d'électricité.

Venkataramen Balaji crée également un programme informatique qui permet aux habitants des « biovillages » de connaître instantanément les prix et l'état de la demande des céréales, des produits d'élevage et des poissons pour tous les marchés qu'ils approvisionnent. De plus, des graphiques élaborés par ordinateur permettent d'initier les villageois et villageoises aux nouvelles technologies, par exemple la fabrication de lombricompost en guise d'engrais ou de semences hybrides pouvant être vendues à d'autres agriculteurs.

Un sondage réalisé par l'équipe de la MSSRF a montré que les habitants des sept villages étaient véritablement assoiffés d'information, à condition

que celle-ci corresponde à leurs préoccupations personnelles et locales. Par exemple, les agriculteurs appréciaient les bulletins météorologiques quotidiens ; les pêcheurs s'intéressaient aux prévisions marines : cette information était disponible sur le site Web du Bureau de l'océanographie des États-Unis (*US Naval Oceanographic Office*). Les femmes privilégiaient plutôt l'information sur la santé, les programmes gouvernementaux de bonification du revenu familial, etc. En retour, la Fondation exigeait des CVS qu'ils restent ouverts plusieurs heures par jour, protègent adéquatement l'équipement, garantissent l'accès à leurs installations aux dalits (autrefois dits « intouchables ») et prennent les mesures nécessaires pour que la moitié des animateurs bénévoles formés soient des femmes.

Pondichéry est restée une petite colonie française quelques années après l'indépendance indienne (de même que Goa était portugaise). Les langues officielles de ce territoire sont l'anglais, le français et le tamoul. Pour répondre aux besoins des villageois, les ordinateurs sont équipés de Windows 95 et de logiciels Microsoft qui s'affichent en tamoul grâce à des polices de caractères élaborées par le gouvernement indien. Pour les utilisateurs analphabètes, les centres téléchargent l'information importante, par exemple les rapports météorologiques, sous forme de fichiers Real Audio qu'ils diffusent ensuite par des haut-parleurs placés à l'extérieur des locaux. Cette manière de procéder s'est avérée cruciale face au tsunami qui a frappé le 26 décembre 2004.

Par chance, Vijayakumar Gunasekaran, le fils d'un pêcheur du village de Nallavadu, travaille alors à Singapour. Ce jour-là, il écoute les nouvelles sur le tremblement de terre qui s'est produit près d'Aceh, en Indonésie. Des vagues gigantesques ont commencé de déferler vers l'est. Vijayakumar Gunasekaran téléphone chez lui, de l'autre côté de la baie du Bengale. Sa sœur lui annonce que la mer a déjà commencé d'envahir leur maison. Il l'exhorte à organiser l'évacuation du village. Sa sœur demande à deux voisins de casser les portes du centre de la MSSRF (fermé, car c'était jour de congé) ; ils se servent du système de diffusion par haut-parleurs pour informer les villageois de l'imminence du tsunami et leur faire entendre les sirènes d'alarme. Tout le village, soit quelque 500 familles et 3 600 personnes, s'enfuient vers l'intérieur des terres avant que le raz-de-marée ne touche Nallavadu, détruisant sur son passage 150 maisons et 200 bateaux de pêche.

Le projet lui-même a fait beaucoup de vagues… Au terme de sept années d'existence, et grâce aussi au financement de l'ACDI, il bénéficie maintenant à une douzaine de collectivités ; quelque 50 000 villageois et villageoises utilisent Internet sans fil. Ainsi que le souligne Keane J. Shore, journaliste du CRDI, ce projet a déclenché plusieurs types de changement social, notam-

ment pour les femmes. Des groupes d'entraide se sont constitués autour des centres et offrent aux femmes de l'information sur les questions médicales ; ces séances sont parfois animées par des personnes âgées possédant de l'expérience dans le domaine. En soirée, certains centres proposent également des séances de conseil à la population féminine. D'autres organisent des groupes de microfinancement et offrent aux femmes des prêts et de la formation qui les aident à créer leurs propres entreprises artisanales. Les femmes qui travaillent aux champs, et dont la rémunération se compose en partie de céréales, s'informent auprès des centres sur les prix en vigueur sur les marchés céréaliers. L'établissement des Centres villageois de savoir a ainsi donné naissance à d'innombrables projets périphériques. Les centres eux-mêmes ont par ailleurs établi d'importantes bases de données.

La Fondation Swaminathan a organisé en juillet 2004 un atelier s'adressant aux décideurs et visant à récapituler les leçons tirées du projet. Cette rencontre a débouché sur la mise sur pied d'une alliance nationale dotée d'un objectif ambitieux : raccorder entre eux 600 000 villages par les Centres villageois de savoir, au plus tard en 2007. Le gouvernement indien s'est engagé à fournir l'équivalent de 28 millions CAD à cette « Mission 2007 ».

This page intentionally left blank

12
Questionnements politiques et idéologiques

Les systèmes de gouvernance

Père d'un Premier ministre britannique du 19e siècle, Isaac d'Israeli affirmait que « la politique est l'art de gouverner les hommes en les trompant ». S'il était encore vivant, nul doute qu'il trouverait amplement confirmation de son point de vue dans l'entreprise de désinformation mise en œuvre récemment pour justifier l'invasion illégale de l'Irak... En privé, un distingué Canadien ayant appartenu pendant de longues années à la Chambre des communes et au Sénat indiquait que tout politicien a deux ambitions : la première est d'être élu ; la deuxième est d'être réélu. Et du point de vue politique, ajoutait-il, tous les moyens sont permis pour atteindre ces deux buts. Barbara Ward et presque tous les autres analystes que nous avons cités dans les chapitres précédents considèrent que le développement national et international, qu'il soit économique, social ou technologique, est d'abord affaire de volonté et de priorités politiques.

Il est aujourd'hui de bon ton, dans les officines gouvernementales, d'affirmer son attachement au développement durable ; c'est une manière comme une autre d'établir sa sagesse et sa perspicacité face aux questions politiques et sociales. Mais dans la réalité, les politiques survivent rarement aux partis et autres entités qui les ont implantées. Les campagnes électorales tenues récemment au Canada, aux États-Unis et en Inde illustrent la diversité des opinions politiques et idéologiques des candidats. Sénateur éminent des États-Unis, Daniel Patrick Moynihan soulignait avec justesse que tous les politiciens ont le droit d'exprimer leurs opinions – mais pas celui de faire passer des faussetés pour des faits avérés. Pour être élus ou réélus, les politiciens énoncent les promesses qui leur semblent les plus susceptibles de séduire

l'électorat. Mais dès qu'ils sont en poste, ils ont tendance à promouvoir les politiques favorables aux personnes, groupes d'intérêts politiques et entreprises qui leur ont accordé le soutien financier le plus généreux. Et comme les pays pauvres de l'Afrique, de l'Asie et de l'Amérique latine ne votent pas lors des élections nord-américaines, leur besoin d'aide, pourtant criant, a occupé une place très insuffisante dans les campagnes électorales récentes.

Des priorités politiques changeantes

Il n'est pas inhabituel que les priorités des agences de développement changent au gré des nominations à la haute direction. Les présidents et autres directeurs généraux aiment marquer de leur empreinte personnelle les activités de l'instance qu'ils dirigent. Les fluctuations et, d'une manière générale, le déclin des engagements financiers des donateurs témoignent bien de l'inconstance et de la volatilité du soutien au développement accordé aux pays les plus pauvres. En outre, les priorités des programmes sont sujettes aux modes qui se succèdent à un rythme effréné dans le secteur du développement. Depuis une cinquantaine d'années ont ainsi fleuri quantité d'objectifs, mots d'ordre et slogans : « Libérer le monde de la faim » ; « Libérer l'humanité du besoin » ; « Femmes et développement » ; « Développement rural intégré » ; « Agriculture durable » ; « Conservation de la biodiversité » ; « Carences en micronutriments » ; « Gouvernance responsable » – ce dernier avatar étant maintenant largement supplanté par la « Guerre contre le terrorisme » dont les États-Unis se font les plus ardents promoteurs.

Les priorités du développement international changent fréquemment, parfois au gré des recommandations formulées dans l'une des nombreuses conférences internationales mentionnées dans les chapitres précédents. Ainsi, la Conférence de Rio a convaincu les gouvernements de faire porter l'essentiel de leurs efforts sur les questions environnementales, la conservation de la biodiversité, les changements climatiques planétaires induits par les émissions de gaz à effet de serre, et la désertification. Depuis plusieurs décennies, la lutte contre la pauvreté est régulièrement présentée comme une priorité et une nécessité absolues. Mais les chapitres qui précèdent ont montré que l'écart entre les riches et les pauvres continue de se creuser, et que des millions et des millions d'êtres humains doivent s'échiner jour après jour pour survivre à peine dans la misère la plus extrême. On ne discerne guère de volonté politique sérieuse, ni d'actions novatrices et soutenues qui viseraient à soulager la grande pauvreté dans toutes les régions du monde où elle sévit encore. Depuis peu, les politiques et les programmes de développement s'intéressent

aussi à l'égalité hommes–femmes, aux droits humains et à la gouvernance démocratique responsable.

Des politiques d'aide chancelantes

En 1987, le gouvernement canadien de Brian Mulroney a formé un comité de députés de tous les partis en le chargeant d'analyser les politiques et les programmes d'aide au développement du pays et de formuler des recommandations à cet égard. Placé sous la direction de William Winegard, ce comité a consulté différentes agences de développement, visité plusieurs pays récipiendaires, et rédigé un rapport et des propositions réfléchis et audacieux. En particulier, il recommandait la décentralisation des activités de l'agence nationale d'aide et le transfert des administrateurs de cette aide vers les pays récipiendaires et les régions en développement. Le comité Winegard soulignait à juste titre que les séjours occasionnels sur le terrain ne permettent pas aux administrateurs des agences d'en percer véritablement les réalités ; les intervenants qui vivent dans les collectivités bénéficiaires et les zones en développement connaissent beaucoup mieux les possibilités d'action et les besoins actuels ainsi que leur évolution, et sont mieux outillés pour définir des objectifs pertinents et mesurer le chemin parcouru [Winegard, 1987].

Le gouvernement canadien et l'Agence canadienne de développement international (ACDI) ont mis en œuvre la recommandation touchant la décentralisation : une partie importante du personnel a été transférée dans des zones d'intervention à l'étranger. Ainsi que l'ont établi les bilans ultérieurs, cette décision a amélioré d'une manière notable la conception des projets et leur suivi.

En 1990, le même gouvernement progressiste-conservateur demandait à Secor, un cabinet privé de consultants de Montréal, de réévaluer ses politiques, programmes et pratiques d'aide au développement. Dans leur rapport intitulé *L'Agence canadienne de développement international : Examen de la gestion stratégique*, ces consultants concluaient que la décentralisation avait fait augmenter le coût de l'aide et que l'Agence devait réduire ses « activités à forte intensité de main-d'œuvre ». Le processus de décentralisation a alors été inversé : de nombreux administrateurs en poste à l'étranger sont repartis vers le siège canadien de l'organisme.

Le cabinet de consultation engagé par le gouvernement avait pour mandat de proposer des moyens de réduire le coût de l'aide. Si l'aide vise simplement à transférer de l'argent d'un donateur à un récipiendaire sans se préoccuper de l'efficacité des projets implantés et des avantages qu'ils peuvent

apporter aux plus démunis, il est effectivement tout à fait possible d'en abaisser considérablement le coût. Mais, ainsi que Pearson et d'autres l'ont si souvent constaté, l'aide ne peut induire un développement productif et durable que dans la mesure où elle s'appuie sur une analyse longue, patiente, persévérante, sensible et compétente des conditions d'existence et des modalités d'évolution de chacune des collectivités auxquelles elle s'adresse. Le développement ne tolère ni les solutions de facilité, ni les raccourcis.

Induits en erreur par leur incompréhension manifeste des objectifs réels des programmes, les consultants engagés par le gouvernement n'ont pas compris que les projets de lutte contre la pauvreté qui visent un accroissement des possibilités d'emploi durable pour les pauvres s'appuient nécessairement sur les activités à forte intensité de main-d'œuvre.

Les possibilités d'emploi et les ressources varient considérablement d'une collectivité pauvre à une autre. Ainsi qu'on l'a vu en Inde, des femmes nécessiteuses et peu instruites des régions rurales peuvent bénéficier de formations ciblées, utiliser des outils et des équipements de pointe, et développer la motivation nécessaire pour créer et administrer de petites entreprises agroalimentaires rurales qui leur appartiennent en propre. Mais pour obtenir un tel résultat, il faut d'abord réaliser un bilan systématique et exhaustif des conditions locales, des possibilités d'action, et des ressources dans chacune des collectivités auxquelles l'aide est destinée (voir chapitre 11).

L'établissement de bilans exhaustifs et les mesures subséquentes de soutien et de stimulation de l'emploi rural font nécessairement appel à une main-d'œuvre nombreuse. Il n'est pas impossible que l'incapacité des agences bilatérales d'aide à atténuer la pauvreté par la dynamisation de l'emploi s'explique par leur prédilection envers les mégaprojets à forte intensité de capital, au détriment des microprojets à forte intensité de main-d'œuvre. Dans la comptabilité des efforts, il est moins coûteux de libeller un seul chèque de 10 millions de dollars que 100 chèques de 100 000 $ chacun... De plus, les microprojets de stimulation de l'emploi rural font rarement appel à l'aide liée et aux services de consultation. Tant que les agences bilatérales d'aide privilégieront les mégaprojets à forte intensité de capital reposant en grande partie sur l'aide liée, il restera difficile d'espérer que la pauvreté chronique recule de manière appréciable.

Des conceptions disparates de la démocratie

La caractérisation de la gouvernance démocratique varie considérablement d'un régime politique à l'autre, selon leurs idéologies dominantes

respectives. Le concept de « démocratie » a beaucoup évolué depuis que les Grecs anciens l'ont forgé. Le terme « démocratie » provient d'un mot grec (δεμοκρατια) signifiant « réglementation par le peuple ». Pour les dictionnaires modernes, la démocratie est une forme de gouvernement dans laquelle le pouvoir souverain est exercé directement par la population, ou par des représentants élus d'une manière juste par l'ensemble de la population qu'ils sont appelés à gouverner. Dans les conceptions modernes de la démocratie, tous les citoyens et citoyennes doivent aussi avoir accès à une justice égale. Dans cette optique, certains régimes se disant démocratiques répondent beaucoup plus à la définition des autocraties (du grec αυτοκρατια, *autokratia*) : des régimes dans lesquels le peuple est dirigé par une instance qui s'est elle-même constituée et qui exerce un pouvoir n'ayant besoin d'autre légitimation que la sienne propre pour se perpétuer. Les dictatures militaires et les régimes qui répriment par la force toute opposition politique légitime constituent ainsi des autocraties. La fraude électorale et les autres activités retorses et contraires à la démocratie qui sont mises en œuvre pour acquérir le pouvoir ou le conserver par des moyens illégitimes ne sont en rien l'apanage d'instances isolées.

D'autres régimes se réclamant de la démocratie constituent plutôt des ploutocraties (du grec πλυτοκρατια, *plutokratia*) : le gouvernement par la richesse. Ainsi doit-on considérer comme des ploutocraties, et non des démocraties, ces pays dans lesquels les élections aux postes de président, de député ou de gouverneur d'un État sont de facto restreintes à une minorité fortunée qui possède les moyens financiers d'assumer le coût prohibitif des campagnes électorales ou qui peut compter sur des partisans riches pour mettre de telles ressources à sa disposition. Au total, les candidats à la présidence et à la vice-présidence des États-Unis ainsi que leurs partisans dépensent plusieurs milliards de dollars à l'occasion des campagnes électorales. Dans ce même pays, les candidats aux élections du Sénat et de la Chambre des représentants doivent nécessairement disposer de ressources financières colossales pour entrer en lice et s'y maintenir. D'emblée, le coût ahurissant des campagnes exclut l'écrasante majorité des citoyens et des citoyennes du processus électoral menant aux charges publiques nationales et même, très souvent, à celles des échelons inférieurs (État ou instances locales).

Tous les Grecs anciens ne proposaient certes pas la même définition du gouvernement idéal. Dans la démocratie athénienne administrée par des aristocrates fortunés et influents, les esclaves étaient privés du droit de vote et de toute participation au gouvernement de la Cité mais constituaient des membres légitimes de la collectivité. Bien que l'esclavage ait été aboli avec beaucoup d'éclat par la Grande-Bretagne en 1833 et par les États-Unis 30

ans plus tard, l'esclavage de facto reste une réalité dans tous les pays dont les gouvernements ferment les yeux sur la situation de ces pauvres gens désespérés qui immigrent illégalement sur leur territoire pour y être ensuite exploités en tant que domestiques, ouvriers agricoles ou travailleurs du textile.

Chez Platon, le gouvernement démocratique et la justice se caractérisent bien plus par le respect des droits de propriété que par l'équité du traitement accordé à l'ensemble de la population. Platon proposait judicieusement que tous les gouvernements soient dirigés par des rois philosophes – des érudits capables d'étudier, de raisonner et de planifier d'une manière rationnelle. Les présidents, Premiers ministres et chefs de gouvernement rationnels et instruits ne sont pas légion dans les pays riches et puissants de notre époque. Aristote définissait la perfection humaine comme le juste milieu entre les comportements extrêmes. Pour lui, il n'était pas souhaitable d'accorder les mêmes droits politiques à tous. Dans *La Politique*, il déclare que le bon gouvernement est celui qui veille à prendre les mesures les plus avantageuses pour tous les citoyens, et que ce sont les dispositions éthiques des dirigeants, et non la constitution écrite, qui déterminent les bons et les mauvais gouvernements. Enfin, Aristote établit une distinction nette entre l'oligarchie et la démocratie : l'oligarchie est un régime dans lequel les riches gouvernent sans se préoccuper des pauvres ; à l'inverse, la démocratie confie le pouvoir aux pauvres, qui ne se préoccupent pas des intérêts des riches.

Plusieurs débats subsistent entre les tenants des différentes conceptions de la démocratie. L'un d'eux porte sur l'articulation entre le bien-être collectif et le bien-être individuel : faut-il privilégier le bien du plus grand nombre, ou accorder à l'individu le droit illimité d'acquérir pouvoir et richesse ? À la tête du mouvement des « philosophes radicaux » du 18e siècle, Jeremy Bentham considérait la démocratie comme le système le plus susceptible d'assurer « le plus grand bonheur du plus grand nombre ». Il s'opposait en cela à la doctrine des droits de l'Homme du 17e siècle : dans *La religion et l'essor du capitalisme*, R. H. Tawney, spécialiste de l'histoire économique, rappelle que cette doctrine postule le droit naturel de chacun de faire tout ce qui est dans son intérêt personnel. La faille de la philosophie de Bentham réside en ceci que les individus, comme les collectivités, n'aiment pas tous les mêmes activités et les mêmes plaisirs : certains aiment composer et jouer de la musique ; d'autres prennent plus de plaisir à l'écouter qu'à la produire. La doctrine des droits de l'Homme place les droits individuels au-dessus des droits et des besoins de la société dans son ensemble ; elle constitue ainsi le principe moteur des pays et des sociétés qui considèrent l'acquisition sans frein des possessions et des pouvoirs comme la quintessence même de la réussite. Néanmoins, tous les pays civilisés accordent une place centrale aux droits humains fondamen-

taux que sont la liberté de parole, le droit d'assemblée publique, la liberté d'expression religieuse et politique, et le droit d'être traité équitablement par un système juridique juste. On trouvera chez Bertrand Russell une analyse élégante et perspicace des différentes conceptions philosophiques se rapportant au but de l'existence humaine, à la gouvernance et à la démocratie [1969].

Dans un ouvrage écrit pendant la Deuxième Guerre mondiale, H. G. Wells s'interroge sur la nature de la démocratie [Wells, 1942]. Pour lui, elle se caractérise par la liberté, le respect des droits des personnes et des collectivités à se gouverner elles-mêmes, et la subordination de l'État au bien-être de l'individu. Ni la liberté absolue, ni la servitude absolue n'existent, ajoute l'auteur. La démocratie est une réalité dynamique sujette à des bilans et des réorientations systématiques et fréquents. La croissance économique débridée qui réserve ses avantages à un groupe restreint de privilégiés constitue une atteinte grave à la liberté humaine. La démocratie recouvre : a. la justice économique et des ressources suffisantes pour chaque personne (les besoins de base de tous les membres de la population considérée doivent être comblés) ; b. la liberté de parole, d'association et d'expression individuelle des opinions. Pour Wells, l'établissement d'une démocratie mondiale dirigée par un gouvernement possédant l'autorité légale et tous les pouvoirs inhérents représente, à terme, le seul espoir de survie de notre espèce. La domination des pays et des collectivités les plus faibles par les plus riches et les plus puissants suscitera forcément des réactions violentes majeures de la part des dominés et des opprimés. La violence s'enclenche dès lors que tout débat rationnel et mutuellement bienveillant devient impossible – une analyse confirmée par les réactions de nombreux Moyens-orientaux face à l'invasion de l'Irak et face aux décisions politiques sectaires et partiales qui sont infligées à l'Iran et aux Palestiniens.

Instaurer une organisation mondiale possédant le pouvoir d'arbitrer les conflits entre les pays ainsi qu'à l'intérieur de chacun d'eux, et celui d'implanter une justice équitable pour tous les êtres humains : telle était l'intention des instigateurs de l'Organisation des Nations Unies (ONU). Le Conseil de sécurité de l'ONU a pour mandat premier de maintenir la sécurité et la paix internationales. Malheureusement, son action est entravée par le droit de veto dont jouissent ses membres permanents, un droit qu'ils n'hésitent pas à exercer dès lors qu'une proposition contrarie leurs intérêts nationaux égocentriques. De la même façon, la Cour internationale de Justice est considérablement affaiblie par le fait que certains gouvernements puissants refusent de reconnaître son pouvoir juridictionnel.

Plusieurs pays influents qui se targuent de promouvoir la démocratie en viennent à rejeter les résultats d'élections pourtant démocratiques quand les représentants élus défendent des philosophies sociales et économiques qui divergent de celles des puissants. L'élection démocratique d'Allende, au Chili, et celle du Hamas, en Palestine, le prouvent.

Dans sa dernière allocution au poste de Secrétaire général de l'ONU, Kofi Annan déclarait ceci : « Il est facile de demander des comptes aux pays pauvres et faibles, qui dépendent de l'assistance étrangère. Quant aux États puissants, dont les actes sont lourds de conséquence pour les autres, ils ne peuvent être comptables de leurs actions que devant leur propre peuple [...]. »

Quel est le but de l'existence humaine ?

Plusieurs générations de philosophes se sont interrogées sur l'origine, la nature et le but de la vie sur Terre. En particulier, les êtres humains ont-ils été créés pour participer à la concrétisation d'un objectif divin, ou l'existence humaine constitue-t-elle le fruit d'une série d'évolutions génétiques aléatoires ? Dans *Le capital*, Karl Marx écrit que les recherches philosophiques ne peuvent pas se contenter de spéculer sur le monde et sur l'existence et le comportement humains, mais qu'elles doivent aussi les modifier. Mais Marx avait le raisonnement indolent, peu systématique, incapable d'exposer dans le détail la manière dont ses théories économiques et sociales pourraient s'incarner dans des systèmes de gouvernance bénéfiques et productifs.

Les autres philosophies peuvent être catégorisées de la façon suivante : a. l'hédonisme – l'objectif premier de la vie est de multiplier les plaisirs ; b. l'intellectualisme – le but premier de l'existence est l'acquisition du savoir et l'élucidation des connaissances ; c. le pragmatisme/égotisme – la vie doit être tout entière consacrée à l'insatiable quête des richesses et du pouvoir. À quelques exceptions notables près, par exemple saint François d'Assise, qui considérait la misère extrême, la souffrance et l'évitement de tous les plaisirs comme des visas sûrs pour un éventuel paradis éternel, la plupart des hommes et des femmes aspirent à vivre, dans une mesure variable, selon les trois philosophies citées précédemment. L'argent et les possessions matérielles sont indispensables pour se procurer la nourriture, les vêtements, le gîte ainsi qu'un certain accès aux loisirs et aux divertissements. Le savoir et les compétences acquis par l'instruction et la formation sont nécessaires à l'obtention et à la rétention d'un emploi productif. La connaissance des arts, de la musique et de la littérature constitue une source de plaisirs et de distraction. L'intégration

au marché de l'emploi exige la maîtrise de qualifications et de savoirs spécialisés.

Rares sont les gens qui aimeraient vivre dans une communauté de clones comparable à celle que décrit Aldous Huxley dans *Le meilleur des mondes* ou George Orwell dans *1984*. Néanmoins, un État national ou international qui laisse les riches absolument libres d'accroître leur fortune tandis que les pauvres s'enfoncent de plus en plus dans la misère ne peut pas se maintenir très longtemps. Si certaines expressions du terrorisme moderne doivent être attribuées à des extrémistes religieux ou politiques se réclamant d'une autorité divine ou despotique pour imposer leurs dogmes à leurs contemporains, la plupart s'expliquent en réalité par le désespoir que suscitent l'implacable pauvreté, l'inégalité flagrante et l'écrasante oppression. Faisant écho à Socrate, Wells [1942] observe que toute personne jeune et pleine d'énergie représente un potentiel de perturbations dès lors qu'elle ne peut accéder à un emploi rémunérateur et à des moyens de subsistance un peu durables et soutenus.

Le bien-être collectif dans les sociétés laïques

La plupart des grandes religions prescrivent aux riches et puissants de prendre soin des pauvres, des infirmes et des démunis. Dans nos sociétés plus laïques, c'est au gouvernement que les populations s'en remettent pour implanter des programmes sociaux de lutte contre la pauvreté, de soins de santé universels et de soutien aux personnes âgées. Dans les pays les plus riches de l'Amérique du Nord, de l'Europe et de l'Océanie, puisque le taux de natalité baisse et que l'espérance de vie augmente, le poids démographique des personnes âgées et retraitées s'accroît inexorablement tandis que diminue la part des jeunes en âge de travailler, de gagner un salaire et de payer des impôts. Plus exposés que les jeunes aux maladies dégénératives, les aînés ont besoin de soins de santé plus importants. Avec l'augmentation exponentielle du coût des appareils diagnostiques, des nouveaux médicaments (développement ; tests d'efficacité et d'innocuité ; commercialisation) et autres traitements curatifs et palliatifs nécessaires à une population vieillissante en pleine expansion, la gratuité et l'universalité des soins de santé deviendront bientôt intenables du point de vue économique, même dans les pays les plus riches.

Des solutions de rechange ont été proposées, qui suscitent toutes des controverses considérables : a. repousser l'âge de la retraite pour permettre aux gens de travailler plus longtemps ; b. accorder la gratuité complète des soins de santé uniquement aux pauvres, en imposant aux personnes qui en

ont les moyens de prendre en charge une partie du coût des services de santé dont elles bénéficient ; c. accroître pour tous les salariés le montant des cotisations obligatoires aux fonds de retraite et de soins de santé ; d. augmenter progressivement les taux d'imposition. Les politiciens qui souhaitent vraiment être élus ou réélus ont rarement la témérité de proposer des politiques impopulaires et préfèrent léguer à leurs successeurs les difficultés financières et sociales inéluctables. N'en déplaise à Platon, les politiciens sont rarement des érudits doués d'un sens aigu de la planification systématique à long terme : le plus souvent, leur imagination ne dépasse guère l'horizon des prochaines élections.

Religion et politique

Dans un article troublant publié dans le journal *Foreign Affairs*[1], W. R. Mead analyse l'influence considérable que les évangélistes et les fondamentalistes chrétiens exercent sur le gouvernement des États-Unis : « [Les] fondamentalistes sont pour le moins hostiles à toute idée d'un ordre mondial basé sur une morale laïque et sur des institutions internationales telles que les Nations unies. [...] [Leur] vision n'est pas particulièrement adaptée à l'idée d'une progression vers une utopie laïque grâce aux avancées technologiques et à la coopération entre les esprits éclairés de toutes les traditions religieuses » [Mead, 2007]. Le terme « religion » provient du verbe latin *ligare* : lier ensemble. Ainsi les personnes appartenant à une même confession ou à un même groupe religieux sont-elles reliées les unes aux autres par un dogme commun. La liste des conflits interreligieux qui ont marqué l'histoire est interminable. Ils ont opposé et continuent d'opposer entre elles non seulement des religions différentes, mais aussi des sectes se réclamant d'une même doctrine. Une bonne partie des troubles qui agitent actuellement le Moyen-Orient provient de ce que certains croyants affirment constituer le peuple élu de Dieu et considèrent posséder à ce titre des droits particuliers sur différents territoires, notamment des droits de propriété.

La Charte des Nations Unies ainsi que toutes les définitions rationnelles des droits humains affirment le droit de chaque personne à adopter la religion qui correspond à ses convictions. Mais elles ne permettent pas aux adeptes d'une religion d'imposer leur doctrine par les armes. Les déclarations belliqueuses des membres d'une secte ou d'un groupe religieux attisent toujours

1. Cet article a été publié en français dans *La revue internationale et stratégique*, n° 65, printemps 2007, p. 6–21. C'est cette traduction d'Olivier Scheier que nous citons ici. (NdlT)

la combativité des autres confessions, qui se sentent menacées par ces propos. Tant que des politiciens puissants continueront d'agir sous l'emprise d'adeptes agressifs d'une secte ou d'une religion quelconque, les espoirs de paix resteront minces. À l'échelle de l'humanité dans son ensemble, les perspectives de développement durable resteront douteuses aussi, tant que les violences interreligieuses et intersectaires empêcheront les uns ou les autres de pratiquer leurs rites selon leurs convictions. De quelque obédience religieuse qu'il se réclame, le zèle fondamentaliste ne peut mener qu'aux conflits et aux bains de sang.

Des systèmes politiques éphémères

Les sept volumes originaux de l'*Histoire du déclin et de la chute de l'empire romain* de Gibbon ont été publiés entre 1776 et 1788 [Gibbon, 1983]. Cet ouvrage érudit explique la désintégration graduelle, jusqu'à l'insignifiance relative, d'un empire qui a pourtant régi l'entièreté du monde connu pendant plusieurs siècles et implanté un système judiciaire repris ensuite par plusieurs pays occidentaux. L'histoire, note sombrement l'auteur, est « ce tableau effrayant des crimes, des forfaits et des malheurs du genre humain[2]. » Les hégémonies fascistes d'Europe ont été détruites par la Deuxième Guerre mondiale. L'effondrement de l'empire soviétique est largement imputable au fait que le rêve marxiste du gouvernement par le prolétariat a dégénéré en un système retors d'oppression d'une majorité sans défense par une minorité politique toute puissante.

Les empires coloniaux des pays européens se sont graduellement émiettés en États souverains dans la deuxième moitié du 20e siècle. Malheureusement, la plupart de ces nouveaux États étaient trop petits et trop pauvres pour assurer leur propre survie économique. Des projets de coopération régionale ont été tentés, par exemple la Fédération des Caraïbes et la Communauté est-africaine. Établies pour assurer la mise en commun des ressources, ces associations de pays voisins ont échoué en raison de l'esprit de clocher de politiciens qui refusaient farouchement de renoncer à la moindre parcelle de leur pouvoir personnel au profit de la coopération.

Au moment où nous écrivons ces lignes, un pays isolationniste domine le monde du haut de sa richesse imposante, de son pouvoir militaire considérable et de sa ferme conviction d'être dépositaire d'un droit divin. Les habitants et les entreprises de ce même pays consomment une part dispro-

2. Edward Gibbon, *Histoire du déclin et de la chute de l'empire romain*, Paris, éditions Robert Laffont, 1983. Traduit de l'anglais par M. F. Guizot. (NdlT)

portionnée des ressources pourtant limitées de la planète et considèrent que c'est à la pointe du fusil que les différends se règlent le plus commodément. Mais l'histoire nous enseigne qu'aucun pays, aussi puissant soit-il, ne domine éternellement les autres. Il n'est donc nullement inconcevable que la République populaire de Chine (un pays dans lequel la démocratie ne fleurit pas, quelle que soit la définition qu'on en donne) ou l'Inde (la vraie démocratie la plus populeuse du monde) en vienne d'ici 50 ans à supplanter les États-Unis dans le rôle de première puissance économique et militaire du monde.

La croissance économique et la capacité industrielle de la Chine s'accroissent à un rythme stupéfiant. Sa population est presque quatre fois plus nombreuse que celle des États-Unis. Elle acquiert très vite les technologies industrielles et militaires les plus avancées. En contrôlant d'une main de fer toutes les sources d'information, son système dictatorial de gouvernance assure le secret le plus absolu et empêche le monde extérieur de comprendre vraiment les modalités de son développement. En l'état actuel des choses, il semble peu probable que le régime cède prochainement le pas à une formule plus démocratique, plus ouverte aux regards extérieurs. Quant à l'Inde, grâce à la sagesse des premiers dirigeants qui l'ont gouvernée après l'indépendance, elle peut aujourd'hui s'enorgueillir d'excellents résultats dans la scolarisation et la recherche-innovation scientifique et industrielle. Hélas, en Inde comme en Chine, l'écart se creuse entre les riches, qui s'enrichissent, et les millions d'hommes et de femmes qui stagnent dans la misère extrême.

Certains observateurs comptent sur l'Union européenne pour devenir un modèle d'harmonie et de coopération entre les pays. Mais l'UE n'est actuellement guère plus qu'une fédération commerciale de membres chamailleurs unis par des liens flous, et dont certains tiennent manifestement plus à préserver leur souveraineté politique, économique et sociale qu'à mettre leur chauvinisme en sourdine pour participer pleinement à un véritable projet international de coopération. Les entorses au commerce international induites par la Politique agricole commune de l'UE, entièrement dictée par les milieux agricoles de quelques pays, illustrent bien les réticences suscitées par les projets d'implantation de politiques communes réellement cohésives. Il est par ailleurs déplorable que l'UE ait cédé aux pressions considérables qui se sont exercées sur elle en faveur d'achats massifs d'armements. On avait espéré que l'Union consacrerait ses ressources à des objectifs plus humanistes, en particulier à la mise en place de structures et de mécanismes plus équitables et plus justes au Moyen-Orient.

Certains pays peu puissants sur le plan militaire peuvent néanmoins exercer une influence très bénéfique sur les relations internationales. Mais ce

rôle n'est jamais acquis, et ces mêmes pays peuvent perdre tout ascendant positif sur les autres dès qu'ils se mettent à manquer d'imagination dans leurs philosophies et priorités politiques ou qu'ils ne pensent plus qu'à courte vue. Cohen [2003] analyse ce que l'on pourrait appeler « le déclin et la chute » de l'influence internationale du Canada depuis « l'âge d'or » de sa politique étrangère. Dans les années 1950, Winston Churchill qualifiait le Canada de « cheville ouvrière du monde anglophone ». À cette époque, des dirigeants intelligents et cultivés tels que Lester B. Pearson assuraient au Canada un rôle international enviable de gardien et de promoteur de la paix, de donateur généreux et d'ardent partisan d'une diplomatie constructive fondée sur la coopération [Cohen, 2003]. Évidemment, le monde est beaucoup plus hétérogène et complexe aujourd'hui qu'il ne l'était en 1950. L'ONU comptait à l'époque moins de 75 membres ; ils sont depuis passés à 191. Sur la même période, le nombre des pays du Commonwealth est passé de 8 à 54. L'Union européenne n'existait pas au début des années 1950, mais elle compte actuellement 27 pays membres et continue de s'élargir. Néanmoins, des pays non militaristes et relativement modestes tels que le Canada ou les pays scandinaves, ainsi que certains pays en pleine expansion du point de vue du développement industriel et de la croissance économique, par exemple l'Inde, peuvent certainement influer sur les comportements internationaux pour peu qu'ils élisent des dirigeants possédant une vision d'avenir novatrice et animés d'une volonté réelle de promouvoir la coopération internationale et l'entraide plutôt que le conflit – des dirigeants intimement convaincus que la paix et la sécurité passent nécessairement par le respect de philosophies et de valeurs différentes de leurs propres cultures et idéologies.

Le monde actuel a grand besoin de dirigeants dont la pensée s'inscrirait dans l'optique pearsonienne, des dirigeants qui reprennent à leur compte les droits et les responsabilités énoncés dans la Charte de l'Atlantique ; qui comprennent que les divergences idéologiques se règlent bien plus raisonnablement par le dialogue bienveillant que par les armes ; et qui adoptent des lois susceptibles de freiner la surconsommation d'énergie et d'eau, de diminuer la pollution atmosphérique planétaire et d'endiguer la destruction et la détérioration des terres arables déjà rares. Ainsi que le souligne dans *Notre dernier siècle ?* Sir Martin Rees, Astronome royal de la Grande-Bretagne : à moins d'un recul substantiel de la consommation des ressources et de la détérioration de l'environnement, « les chances de survie des humains sur la Terre d'ici la fin du siècle ne dépassent pas cinquante pour cent[3]. »

3. Martin J. Rees, *Notre dernier siècle ?*, Paris, éditions Jean-Claude Lattès, 2004. Traduit de l'anglais (Grande-Bretagne) par Christine Godbille-Lambert. (NdlT)

Le potentiel de l'Inde dans le commerce mondial

L'Inde me semble représenter le plus grand espoir du monde en matière de gouvernance et de développement économique et social. Bientôt, ce vaste pays, la démocratie parlementaire la plus populeuse du monde, deviendra aussi le plus peuplé de la planète. Grâce à la stratégie éclairée d'investissements dans l'essor scientifique et technologique qu'elle a mise en œuvre dès son indépendance, l'Inde a pu bénéficier d'une évolution prodigieuse dans les secteurs de l'agriculture, des biotechnologies industrielles et de l'information. Sa production de blé est passée de 6 millions de tonnes dans les années 1950 à 70 millions de tonnes en 2003. La valeur au détail des aliments transformés qu'elle produit est actuellement plus de 1 000 fois supérieure à ce qu'elle était en 1962. Particulièrement dynamiques, ses compagnies pharmaceutiques fabriquent des médicaments préventifs et curatifs remarquablement moins chers que ceux de leurs homologues des pays plus prospères. On estime à l'heure actuelle que plus de 25 pour cent des meilleurs programmeurs informatiques du monde sont nés en Inde. Des déclarations récentes laissent entendre que ce pays passerait prochainement de récipiendaire de l'aide internationale à donateur. Il pourrait notamment faire bénéficier les pays plus démunis de son immense expérience de la science, des technologies et du développement, et les aider ainsi à améliorer leur niveau de vie.

En Inde, les technologies industrielles et la prospérité progressent rapidement dans les groupes sociaux à revenu intermédiaire ou élevé, actuellement en pleine expansion démographique. Néanmoins, une part importante de la population indienne continue de vivre dans la misère la plus effroyable. Certains industriels indiens amassent des fortunes colossales alors que des millions de leurs compatriotes n'ont même pas accès aux ressources de base indispensables à une vie saine. L'Inde peut devenir un exemple pour tous les gouvernements nationaux du monde – à condition qu'elle associe son ingéniosité scientifique et technologique aux principes éthiques et sociaux que le Mahatma Gandhi a formulés et mis en œuvre avec tant d'éloquence.

« Les mécanismes économiques qui portent atteinte au bien-être moral d'une personne ou d'un pays sont intrinsèquement immoraux et scandaleux, disait Gandhi. Les projets économiques qui amènent un pays à en exploiter un autre sont d'une immoralité grossière. » « Pour une personne affamée et sans emploi, ajoutait-il, Dieu n'ose apparaître que sous les traits du travail et du salaire, gage de nourriture. » Tout comme Rabindranath Tagore, Prix Nobel de littérature 1913, Gandhi priait pour l'instauration d'une « harmonie magnifique de toutes les races humaines ». Rares sont les êtres humains vivant dans des conditions aussi simples et humbles que Gandhi qui ont suscité des

hommages et témoignages d'admiration comparables à ceux que les chefs d'État et les personnes d'influence du monde entier ont exprimés au lendemain de l'attentat brutal et stupide qui lui a enlevé la vie. Citons-en quelques-uns : « Gandhi était l'ami des pauvres, des égarés, des esseulés » ; « Nul n'a incarné mieux que lui la supériorité du spirituel sur le matériel » ; « Personne n'avait remporté autant de victoires contre des adversaires à l'intérieur autant qu'à l'extérieur des frontières par la seule force de la gentillesse, de l'honnêteté, de l'humilité et de la non-violence ». Mais le témoignage peut-être le plus prophétique est venu d'un politicien britannique d'expérience : « Nous n'avons encore rien vu des exploits les plus éclatants de Gandhi. » [Fischer, 1954 ; Prabhu, 1960]

Dans son panégyrique de Jules César, le Marc-Antoine de Shakespeare déclare : « Le mal qu'un homme a fait, constamment lui survit ; Le bien, souvent, est mis en terre avec ses os[4] ». Partout dans le monde, en Inde comme ailleurs, des hommes et des femmes défendent les principes de Gandhi et s'efforcent de les appliquer : gentillesse, honnêteté, humilité et non-violence. Mais dans un univers dominé par la cupidité et la soif de pouvoir, force est de constater que leur influence s'amenuise. Si l'Inde réaffirmait les préceptes que le Mahatma a incarnés et si elle les mettait en œuvre concrètement, alors, vraiment, nous n'aurions encore rien vu des exploits les plus éclatants de Gandhi ; le meilleur serait à venir. L'une des phrases les plus célèbres de Gandhi – « Les ressources de notre planète sont suffisantes pour combler les besoins de chacun, mais pas pour assouvir la cupidité de tous » – ne semble guère avoir d'échos chez les chefs de gouvernements et d'entreprises. Le jour où le système de gouvernance de l'Inde et sa prospérité nationale continueront de s'appuyer sur son formidable essor industriel et technologique, mais en suivant les principes de Gandhi, alors elle sera la plus grande démocratie du monde dans tous les sens du terme : non seulement la plus populeuse, mais aussi la plus noble.

La participation du politique au développement national

Quels devraient être le rôle et les responsabilités des gouvernements dans le développement économique et industriel de leurs pays respectifs ? La question est loin d'être résolue. Certains des politiciens qui plaident en faveur d'une réduction de l'État et souhaitent ardemment affranchir le secteur privé de toute interférence gouvernementale n'en appuient pourtant pas moins, et

4. William Shakespeare, *La tragédie de Jules César*, Paris, éditions Les Belles Lettres, 1929. Traduction de Charles-Marie Garnier. (NdlT)

avec beaucoup d'enthousiasme, le détournement des revenus fiscaux pour acquérir des armes ou sauver de la faillite des compagnies aériennes et autres entreprises non rentables. Ce sujet vaste et complexe de la participation du gouvernement aux affaires économiques, industrielles et sociales fait l'objet d'une analyse sérieuse dans le troisième volet d'une trilogie [Galbraith, 1974].

Dans son ampleur comme dans ses modalités, le soutien que le gouvernement apporte au développement commercial et industriel varie considérablement d'un pays à l'autre. Dans les pays très industrialisés, les instances gouvernementales appuient la recherche-développement de manières diverses : subventions directes ; taxation préférentielle ; équipements et locaux de recherche industrielle établis dans des laboratoires gouvernementaux ou quasi gouvernementaux ; etc. Le gouvernement de l'Inde a mis sur pied peu après l'indépendance le Conseil indien de la recherche agricole et le Conseil de la recherche scientifique et industrielle, qui gère aujourd'hui plus de 40 instituts, chacun consacré à un secteur distinct. En favorisant d'une manière éclairée le développement technologique dans l'industrie, les sciences et l'agriculture, le gouvernement de Nehru a procuré au pays des bienfaits économiques et sociaux considérables et a stimulé graduellement l'essor des entreprises locales. Aujourd'hui, nombreuses sont les entreprises indiennes qui possèdent des services de recherche importants et efficaces.

Malheureusement, les petits pays à ressources restreintes ne peuvent pas imiter l'exemple indien. Dans plusieurs pays pauvres d'Afrique, l'ONU et différentes agences bilatérales ont mis sur pied des instituts de recherche industrielle puis les ont équipés, mais ces centres ont rapidement périclité quand l'aide s'est tarie : faute de pouvoir importer des pièces détachées payables en devises, ils n'arrivaient plus à entretenir et réparer leur équipement. Les secteurs industriels n'ont donc pas pu tirer avantage de l'innovation technologique. Au total, la plupart de ces instituts sont maintenant fermés ou maintiennent à grand-peine une activité minimale. Ainsi qu'on l'a vu au chapitre précédent dans les études de cas sur l'emploi dans l'agroalimentaire rural, les petites entreprises de l'agroalimentaire bénéficient bien plus des services de conseil technique et financier immédiatement accessibles que de la recherche de pointe.

Les gouvernements et la recherche-développement industrielle

Pour évaluer avec exactitude les investissements consentis dans la recherche par les gouvernements et les entreprises, il convient tout d'abord de s'entendre sur une caractérisation précise des activités que l'on doit consi-

dérer comme constituant de la « recherche ». Il y a quelques années, j'en proposais cette définition : « Une progression systématique du connu vers l'inconnu ». Se proposant d'aider les pays membres dans la collecte et la publication de leurs données nationales sur la recherche-développement, le *Manuel de Frascati* publié par l'OCDE formule les définitions suivantes [OCDE, 1981].

« La *recherche fondamentale* consiste en des travaux expérimentaux ou théoriques entrepris principalement en vue d'acquérir de nouvelles connaissances [...], sans envisager une application ou une utilisation particulière. »

« La *recherche appliquée* consiste également en des travaux originaux entrepris en vue d'acquérir des connaissances nouvelles. Cependant, elle est surtout dirigée vers un but ou un objectif pratique déterminé. »

« Le *développement expérimental* consiste en des travaux systématiques fondés sur des connaissances existantes obtenues par la recherche [ou d'autres moyens], en vue de lancer la fabrication de nouveaux matériaux, produits ou dispositifs [...] ou d'améliorer considérablement ceux qui existent déjà. »

Le *Manuel de Frascati* décrit et analyse d'autres types d'investigations ou d'activités techniques se rapportant à la recherche et au développement expérimental. Bien que ces définitions laissent une latitude considérable à l'interprétation, le *Manuel* n'en constitue pas moins un guide précieux pour l'évaluation des coûts et des résultats des recherches et projets connexes financés par les gouvernements. La plupart des activités considérées comme constituant de la recherche industrielle ressortissent en fait au développement de produits et de procédés, c'est-à-dire l'élaboration de biens et de services pouvant être vendus à des clientèles ciblées et générer un profit. Rares sont les entreprises qui pratiquent la recherche fondamentale telle que le *Manuel de Frascati* la définit, et seules les entreprises qui peuvent vendre leurs produits très cher ont les moyens d'investir dans la recherche appliquée à long terme.

Indépendamment de toute autre priorité, le soutien au développement ainsi qu'au suivi des produits agricoles, alimentaires et pharmaceutiques constitue l'une des responsabilités incontournables des gouvernements. Tous les pays ou presque dépendent, au moins dans une certaine mesure, de leur système agricole national. Le gouvernement est en général le principal donateur du secteur agricole, surtout si le commerce de ces produits représente une part importante de l'économie du pays. Le volume annuel du commerce international des marchandises agricoles est évalué à environ 600 milliards USD ; les subventions que l'UE, les États-Unis et les autres pays riches

accordent chaque année à leurs exportations agricoles dépassent les 350 milliards de dollars.

Tous les gouvernements du monde ont le devoir d'assurer la sécurité alimentaire et sanitaire de leur population, et de protéger leurs citoyens de la fraude, du mensonge et des biens et services susceptibles de nuire à leur santé. Ils doivent par conséquent adopter et faire appliquer des lois qui encadrent les pratiques commerciales, et mettre sur pied des infrastructures et des mécanismes garantissant que tous les aliments et les médicaments distribués sur leur territoire répondent à des normes précises. Pour ce faire, ils doivent notamment s'assurer que le pays dispose de laboratoires adéquatement équipés et de scientifiques qualifiés. Or, nombreux sont les petits pays pauvres qui n'ont pas les ressources voulues pour atteindre ces objectifs. L'implantation de laboratoires alimentaires et pharmaceutiques régionaux desservant plusieurs petits pays serait éminemment désirable ; malheureusement, ces infrastructures sont encore rares à l'heure actuelle.

Évolution future des exigences envers les interventions gouvernementales dans le développement

Ainsi que nous l'avons indiqué, la diversification rapide des demandes et des besoins, ainsi que l'accroissement fulgurant du coût de la sécurité alimentaire et sanitaire induit par l'élargissement des collectivités urbaines exigent, une intensification de la participation gouvernementale au développement économique, social et industriel. Dans les pays industrialisés, le vieillissement de la population alourdit le coût des soins de santé et s'impose désormais comme un défi de premier plan. Dans les pays pauvres, en plus de la propagation des maladies, le chômage qui sévit dans une population particulièrement jeune doit être réglé de toute urgence. Il n'existe pas de panacée – ni pour les pays pauvres, ni pour les pays riches. Chaque pays, chaque collectivité, étant distinct de tous les autres, ses besoins et ses possibilités d'action doivent faire l'objet d'une approche spécifique. Ce n'est pas en convoquant d'autres gigantesques conférences internationales qui répéteront les mêmes généralités de toujours que l'on répondra à ces besoins et que l'on saisira ces possibilités d'action.

« Toute marmite doit tenir sur ses propres pattes », écrivait John Bunyan. Il est de la responsabilité des riches et des puissants de permettre aux pays plus pauvres de déterminer démocratiquement leur propre destin politique.

13
Éthique, communications, formation

Concepts et questionnements éthiques

Pour Bertrand Russell, la philosophie éthique est une vaste zone d'incertitude spéculative située entre la science et la théologie [Russell, 1957]. MacIntyre affirme que, si la physique et les mathématiques se fondent sur des faits scientifiquement vérifiables, les praticiens de la philosophie éthique travaillent toujours sur des opinions [MacIntyre, 1966]. Dans son *Discours de la méthode*, René Descartes est de l'opinion qu'« il ne s'y trouve [dans la philosophie] encore aucune chose dont on ne discute, et par conséquent qui ne soit douteuse » [Descartes, 2005].

Depuis plusieurs millénaires, dirigeants, érudits et philosophes proposent différentes conceptions de l'éthique et de la morale. Bien que certains auteurs contemporains distinguent entre éthique et morale, ces deux termes sont fondamentalement synonymes. Le premier provient du grec ηθικοζ (*êthikos*) : de nature éthique, morale ; le second provient du latin *moralis* : moral, éthique... En français, le Robert 1 définit l'éthique comme la « science de la morale ; [l']art de diriger la conduite ». Dans ce même ouvrage, la morale est la « science du bien et du mal ; [la] théorie de l'action humaine en tant qu'elle est soumise au devoir et a pour but le bien. » Aristote considérait comme éthique tout comportement favorisant le plus grand bonheur. D'autres définissent l'éthique en termes de justice, de vérité, d'équité, de bien ou de mal, de protection des plus faibles face à l'oppression des puissants. Les stoïciens tenaient l'éthique pour un devoir imposé par l'ordre divin, une vertu constituant en elle-même sa propre récompense. Le *Code* d'Hammurabi propose différentes normes éthiques et précise que son objectif est de permettre que justice soit faite, de lutter contre le mal, d'empêcher les puissants

d'opprimer les faibles, et de protéger la santé et le bien-être du peuple babylonien. Les philosophes se demandent depuis de longs siècles si le caractère éthique des actes doit être déterminé par le sens du devoir qui les motive (déontologie) ou par leurs conséquences (téléologie).

Le distingué professeur d'anglais C. S. Lewis croyait en l'existence d'un code universel d'éthique. Ce n'est certes pas ce que nous constatons dans le monde actuel. Plusieurs pays autorisent l'infanticide ; des génocides ont été perpétrés avec l'appui des instances gouvernementales ; différents pays torturent les prisonniers ou appliquent la peine de mort pour certaines catégories de crimes. Des gouvernements considèrent l'avortement comme un péché mortel ; d'autres estiment que les femmes ont le droit de mettre un terme aux grossesses non désirées. Toutefois, malgré l'immense hétérogénéité des interprétations religieuses, philosophiques et philologiques, toutes les sociétés et tous les érudits sensibles aux questions sociales reprennent à leur compte certains principes éthiques/moraux depuis les anciens Égyptiens et Babyloniens : chacun doit s'abstenir de tuer, de voler, d'être malhonnête ; les riches doivent offrir une protection compatissante aux pauvres et aux malades ; les puissants ne doivent en aucun cas opprimer les faibles. Malheureusement, si les gouvernements dominants et leurs citoyens prospères se gargarisent de ces principes éthiques/moraux, leur inlassable quête de richesses et de pouvoirs sans cesse plus colossaux nous incite à réviser l'aphorisme de Francis Bacon : *Nam et ipsa scientia potestas est* devrait aujourd'hui se lire *Nam et ipsae divitiae potestas est* – c'est en effet la richesse, et non la connaissance, qui constitue maintenant le moyen privilégié d'acquérir de la puissance et de la renforcer, autant pour les personnes que pour les pays.

Plusieurs auteurs proposent une analyse poussée du sujet : Russell [1957, 1969], Nowell-Smith [1959] ; MacIntyre [1966]. Le présent chapitre s'intéresse à des questionnements éthiques contemporains se rapportant aux biotechnologies ainsi qu'à l'industrie biotechnologique. Nous avons analysé ces thèmes plus en profondeur dans des textes antérieurs [Hulse, 2002].

L'éthique dans les biotechnologies

Nous examinerons ici cinq questionnements entourant l'éthique biotechnologique : la bioéthique en médecine ; les modifications génétiques ; l'utilisation des cellules souches embryonnaires humaines ; la génomique fonctionnelle ; l'éthique bio-industrielle.

La bioéthique en médecine

Il y a plus de 2 000 ans, l'école de médecine grecque hippocratique énonçait le célèbre « serment d'Hippocrate », un code d'éthique s'adressant à tous les praticiens de la médecine et de la chirurgie. Le Serment interdit formellement l'euthanasie et astreint les médecins et les chirurgiens à protéger leurs patients de l'iniquité et du danger.

Au 18e siècle, des presbytériens écossais ont fondé plusieurs facultés de médecine aux États-Unis. Pour eux, l'observance stricte de la doctrine religieuse calviniste semblait suffire pour garantir l'éthique dans la pratique médicale. Considérant que la foi puritaine ne devait pas constituer l'unique principe directeur de leur profession, plus de 120 médecins se sont réunis en 1847 à Philadelphie pour fonder l'Association médicale des États-Unis (*American Medical Association* – AMA). Leur objectif était justement de définir et d'adopter un code d'éthique biomédicale qui comprendrait par exemple des protocoles encadrant les relations entre médecins et patients. Plus récemment, l'AMA a précisé la liste des responsabilités bioéthiques inhérentes à la prestation des services médicaux et des soins de santé. Sur cette liste figurent notamment les obligations suivantes : a. protéger la vie humaine et la prolonger ; b. tout mettre en œuvre pour ramener les malades à la santé ; c. soulager la douleur et les symptômes physiques et psychologiques de la détresse et de la maladie ; d. informer l'ensemble de la population sur les moyens de préserver la santé, la maintenir ou la reconquérir.

Aux États-Unis, certains avocats amassent des fortunes considérables en intentant des poursuites pour erreur médicale. Selon mes observations, pourtant, la plupart des médecins et des chirurgiens respectent scrupuleusement les principes éthiques de l'AMA. Les poursuites malveillantes en responsabilité médicale qui sont intentées par des avocats cupides obligent les praticiens de la médecine à contracter des assurances très coûteuses qui les protégeront en cas de litige ; elles alourdissent ainsi considérablement le coût des soins de santé. Il apparaîtrait donc nécessaire d'adopter aussi un code d'éthique encadrant les professions juridiques.

Les organismes génétiquement modifiés

Les représentants d'une même espèce botanique ou zoologique assurent leur descendance par reproduction sexuée. Dans le cas des plantes à fleurs, les gamètes mâles des grains de pollen s'unissent aux gamètes femelles de l'ovule de la plante réceptrice pour donner un embryon fertile. Le processus de sélection mendélienne des plantes repose en premier lieu sur l'hybridation

de deux génotypes sexuellement compatibles ; ensuite, des années de tri et d'élimination permettent d'obtenir des descendants homogènes et génétiquement stables possédant des propriétés qu'ils ont héritées de leurs ascendants et que les sélectionneurs souhaitent conserver. Ce processus extrêmement long peut être court-circuité par le transfert direct de gènes codant pour les propriétés voulues. La sélection mendélienne transfère une propriété d'une espèce à une autre, mais à condition qu'elles soient sexuellement compatibles entre elles. Les techniques transgéniques modernes transfèrent aussi des propriétés génétiquement déterminées d'une espèce ou d'un organisme à un autre, mais sans qu'ils doivent être apparentés ni sexuellement compatibles entre eux. Par exemple, la résistance à des parasites ou des ravageurs que les plantes sauvages développent au fil des générations peut être transférée génétiquement à des espèces cultivées, puis stabilisée pour réduire les quantités de pesticides chimiques toxiques utilisés dans la protection des cultures. De la même façon, la tolérance à la salinité dont les plantes des mangroves sont naturellement dotées peut être transférée à des céréales dont le patrimoine génétique ne leur permet pas de supporter la salinité ; après modification génétique, ces céréales peuvent ainsi pousser sans difficulté sur des sols salins.

Les premières expériences potentiellement bénéfiques de modifications génétiques visaient à transférer des gènes de résistance à des ravageurs d'espèces sauvages vers des espèces cultivées de riz (voir chapitre 7). Hélas, une entreprise internationale de fabrication de semences s'est servie des techniques transgéniques pour rendre du maïs et du soja résistant à son propre herbicide, poussant ainsi les agriculteurs nord-américains à augmenter leurs applications de produits chimiques afin d'éradiquer les mauvaises herbes sans pour autant endommager leurs cultures. En stimulant la consommation d'herbicides chimiques, cette entreprise allait à l'encontre de l'intention originale : réduire l'utilisation des pesticides toxiques. Les scientifiques ont constaté plus tard que le pollen et les semences des génotypes résistants à l'herbicide pouvaient être transportés par les oiseaux, les insectes et les vents et contaminer alors des cultures d'espèces similaires, mais non modifiées génétiquement. Ce constat a suscité une levée de boucliers considérable contre les cultures génétiquement modifiées (GM), une contestation encore intensifiée par l'incertitude entourant les répercussions possibles des cultures GM (et donc, modifiées dans leur biochimie même) sur la santé humaine.

Des journalistes tendancieux les ayant ensuite qualifiés d'« aliments Frankenstein », tous les produits génétiquement modifiés se sont heurtés à des réticences encore plus considérables dans l'opinion publique. La majeure partie de ces craintes sont toutefois irrationnelles et ne reposent sur aucunes

bases scientifiques. En particulier, elles ne tiennent pas compte des faits suivants : a. depuis des millénaires, les organismes subissent naturellement toutes sortes de modifications génétiques sous l'action des bactéries, virus et autres vecteurs qui réalisent la translocation de gènes à l'intérieur de ces organismes comme entre eux ; b. les modifications génétiques peuvent viser des objectifs biologiques très divers. Cette situation malheureuse n'a fait que s'aggraver quand certaines personnes ont voulu camoufler les modifications génétiques sous le terme de « biotechnologie » (au singulier), amenant ainsi les adversaires de ces techniques à condamner en bloc toutes les biotechnologies. Ainsi que nous l'avons vu plus haut dans ce texte, certaines instances de l'Union européenne semblent même considérer les termes « modification génétique » et « biotechnologie » comme des synonymes...

La méfiance suscitée par les cultures GM s'est trouvée exacerbée aussi par le sentiment général de suspicion qui entoure tout processus alimentaire ou tout aliment nouveau et encore mal connu. La conservation alimentaire par irradiation a d'abord été proposée par le Congrès et par le ministère de la Défense des États-Unis. En 1953, le directeur du programme états-unien d'irradiation écrivait qu'il serait possible de développer des méthodes de stérilisation alimentaire à partir des sous-produits de la fabrication des bombes atomiques... L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a eu beau rappeler qu'aux doses prescrites, les radiations n'étaient pas plus dangereuses pour la santé humaine que la plupart des procédés de conservation plus anciens, cette technique n'a jamais entièrement retrouvé grâce aux yeux de l'opinion publique. De nombreux consommateurs considèrent plusieurs autres processus nouveaux, par exemple les modifications génétiques, comme tout aussi douteux.

De toute évidence, les modifications génétiques peuvent être utilisées d'une manière contraire à l'éthique. C'est notamment le cas de la technologie de restriction de l'utilisation génétique (*Genetic Use Restriction Technology* – GURT), désignée dans le langage courant sous le nom de « Terminator ». Cette technologie regroupe différentes méthodes visant toutes à restreindre l'utilisation des plantes génétiquement modifiées : les semences de la deuxième génération étant stériles, les agriculteurs ne peuvent plus conserver une partie des graines récoltées pour leurs semailles ultérieures et sont ainsi contraints de se réapprovisionner chaque année auprès du fabricant de semences. L'une des méthodes GURT provoque même des modifications telles que les propriétés induites génétiquement (donc, des propriétés souhaitables) sont désactivées tant que la plante n'a pas été traitée au moyen d'un certain produit chimique – lui aussi vendu par le fabricant des semences...

Les membres de la Convention sur la diversité biologique de l'ONU ont condamné la technologie GURT et les contraintes qu'elle impose aux agriculteurs qui, traditionnellement, ont toujours conservé une partie des graines récoltées pour leurs semailles futures.

Les publicitaires désireux d'attiser l'inquiétude des consommateurs savent bien qu'il est plus facile de circonscrire les causes d'une toxicité aiguë ou chronique que d'établir la preuve scientifique qu'un aliment n'infligera jamais quelque tort ou inconfort que ce soit aux êtres humains. Certaines personnes souffrent d'une intolérance ou d'une allergie à des ingrédients alimentaires qui ne causent aucun problème au reste de la population. Lucrèce avait raison d'écrire : *Quod ali cibus est aliis fuat acre venenum* – l'aliment de l'un est poison pour l'autre.

Toute innovation comporte une certaine part de risque. Il incombe aux scientifiques qui inventent et développent des aliments ou des procédés alimentaires nouveaux de veiller à ce qu'ils ne présentent aucun danger scientifiquement décelable pour la santé des consommateurs. Les sélectionneurs de plantes doivent solliciter la collaboration des biochimistes et des toxicologues pour s'assurer que les modifications biochimiques induites par les techniques transgéniques ne nuiront pas à la santé des consommateurs.

Les avantages potentiels des modifications génétiques

Pratiquées sous un contrôle scientifique rigoureux, les modifications génétiques possèdent un potentiel extraordinaire pour les productions agricoles, alimentaires et pharmaceutiques, et pour le traitement des déchets toxiques et des eaux et sols contaminés. Elles peuvent notamment renforcer les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des fruits et légumes et allonger leur durée de conservation. De nombreuses enzymes bénéfiques peuvent être synthétisées et isolées à partir de micro-organismes GM. Les réactions catalysées par des enzymes consomment généralement moins d'énergie et induisent moins de dégâts environnementaux que les catalyses chimiques. Les organismes GM peuvent également neutraliser ou supprimer des polluants des sols ou des eaux souterraines ou superficielles, et convertir les déchets biologiques en aliments pour les animaux, en engrais organiques ou en énergie renouvelable.

Nombreux sont les produits pharmaceutiques qui sont synthétisés par des organismes GM de culture : vaccins ; hormones ; modulateurs de l'immunité ; médicaments pour les hémopathies ou les problèmes vasculaires ; etc. Différents types de vaccins sont fabriqués à partir de virus GM : des

virions (poliomyélite), des vaccins à fragments de virus (grippe), des antigènes isolés (hépatite B). Les scientifiques canadiens ont été les premiers à extraire un précurseur de l'insuline d'une bactérie GM. Le facteur VIII, qui contrôle la coagulation du sang, peut être synthétisé dans le lait du bétail GM. Les facteurs anticoagulateurs et antihémophiliques sont produits industriellement à partir de cultures cellulaires d'organismes GM. L'imagination peine à appréhender le nombre et la diversité des substances biochimiques utilisables en médecine ou en alimentation qui peuvent être synthétisées par culture cellulaire à partir de micro-organismes, de tissus de plantes supérieures, d'insectes ou de mammifères, ou encore de virus GM. Les bactéries et les virus peuvent être cultivés pour activer la synthèse des métabolites ou comme vecteurs du transport des gènes d'un organisme à l'autre.

Le numéro d'avril 2004 de la revue *Nature* souligne que des cellules de levure GM synthétisent une substance biochimique étroitement apparentée à l'artémisinine, un médicament efficace contre certains agents paludiques virulents. L'artémisinine était autrefois extraite de l'absinthe (*Artesimia absinthium*).

Les adversaires les plus farouches des modifications génétiques sont des Européens et, dans une moindre mesure, des Nord-américains – dans tous les cas, des gens qui ne sont pas exposés au risque de malnutrition et ne souffrent pas de l'inaccessibilité des soins de santé. L'accroissement des rendements culturaux obtenus par sélection mendélienne plafonne dans les pays en développement ; l'Asie a atteint la limite de ses terres arables ; dans le monde entier, la demande en soins de santé et produits diagnostics, préventifs ou curatifs accessibles et abordables augmente et se diversifie rapidement : dans ces circonstances, la condamnation tous azimuts des modifications génétiques est contraire à l'éthique/la morale et doit être considérée comme relevant de l'égotisme le plus irresponsable.

Les cellules souches embryonnaires humaines (CSEh)

En 1998, des chercheurs de l'Université Johns Hopkins ont isolé pour la première fois les cellules souches embryonnaires humaines (CSEh) à partir d'embryons avortés. L'avortement peut se produire de manière naturelle (fausse couche) ou être induit par des moyens biochimiques ou chirurgicaux. Dans le processus reproductif humain, l'ovule (femelle) est fécondé par le sperme (mâle) ; immédiatement, ils forment alors un zygote dont les cellules se divisent plusieurs fois à intervalles d'environ 20 heures. Elles constituent ainsi la morula, puis le blastocyste qui s'implante dans la paroi de l'utérus

maternel deux semaines après la fécondation. À partir de la neuvième semaine suivant la fécondation, l'embryon s'appelle un « fœtus ». Les cellules du blastocyste et de l'embryon sont dites « pluripotentes » : elles peuvent donner l'un ou l'autre des quelque 220 types de cellules qui forment les fluides et les organes du corps humain, par exemple les cellules sanguines, cérébrales, cardiaques, etc.

De nombreux scientifiques intègres et renommés estiment que les CSEh pourraient remplacer ou réparer les cellules dysfonctionnelles à l'origine d'affections chroniques, voire de décès prématurés, imputables à des maladies (telles que celles de Parkinson et d'Alzheimer) ou à des blessures qui astreignent le patient à l'immobilité (notamment celles qui touchent la moelle épinière). Les CSEh peuvent être extraites d'embryons excédentaires restant de procédures de fécondation in vitro, congelés aux premiers stades de leur développement puis entreposés dans des cliniques de fertilité. Les cellules souches peuvent être isolées à partir de tissus corporels non embryonnaires, mais leur potentiel de différenciation est alors grandement restreint par leur origine : l'organe dans lequel elles se développent naturellement dicte leur évolution future. En principe, ces cellules souches ne sont pas pluripotentes. Les scientifiques n'ont pas encore déterminé s'il serait possible d'induire le caractère pluripotent dans ces cellules souches non embryonnaires. Le clonage thérapeutique consiste à remplacer le noyau de l'ovule par de l'ADN d'une personne souffrant d'une maladie causée par des cellules dysfonctionnelles. Au tout début de son développement, quand une centaine de cellules environ se sont formées par division, l'embryon produit des CSEh susceptibles de remplacer ou réparer les cellules dysfonctionnelles du malade donneur de l'ADN. Comme l'ADN provient du patient lui-même, le risque que les cellules souches soient rejetées est relativement mince.

L'extraction des CSEh peut détruire l'embryon source. Certaines recherches indiquent qu'il est possible d'extraire des cellules souches actives simples sans détruire l'embryon. Il reste à déterminer si ces cellules sont nécessairement pluripotentes.

Au Royaume-Uni, les scientifiques affirment avoir généré des cellules souches actives contenant 99 pour cent d'ADN humain en insérant de l'ADN humain dans des embryons de bovins ou de lapins. D'autres scientifiques indiquent qu'ils ont réussi à isoler des cellules souches actives à partir de placenta et de liquide amniotique. Selon les rapports de recherches, ces deux procédés ne détruiraient pas l'embryon source.

Chez l'humain, certaines cellules souches anormales se renouvellent à l'infini et accélèrent la prolifération des cellules cancéreuses dans le cerveau,

les os et la prostate. Les radiothérapies et les chimiothérapies qui ne s'attaquent qu'aux cellules cancéreuses sans détruire ces cellules souches anormales n'empêchent pas la résurgence du cancer.

Les objections aux recherches sur les CSEh sont généralement d'ordre idéologique et religieux plutôt que scientifique. Pour les détracteurs de ces études, qui se qualifient eux-mêmes de « pro-vie », l'embryon constitue dès les premiers stades de son développement un être humain à part entière ; sa destruction constitue donc un meurtre. Certains craignent aussi, non sans raison, que des grossesses et des avortements précoces ne soient délibérément induits pour fournir des CSEh aux équipes de recherche, et que des femmes pauvres ne soient payées pour devenir des « usines biologiques ». Pour les militants « pro-vie », la vie commence dès l'instant de la conception, bien avant que le système nerveux n'ait commencé à se développer. Pour les scientifiques médicaux, par contre, la vie commence beaucoup plus tard. L'une des religions qui affirme aujourd'hui que les embryons sont des êtres humains dès les premiers stades de leur développement considérait il n'y a pas si longtemps encore que la vie commençait au moment où la mère sentait le fœtus bouger dans son ventre. Certains militants « pro-vie » des États-Unis affichent une incohérence doctrinale étonnante. Ils considèrent comme un meurtre l'extraction des CSEh d'embryons au début de leur développement, mais plaident avec force en faveur de la prolifération des armes à feu et soutiennent des interventions militaires sanglantes dans des pays dont les régimes politiques n'ont pas l'heur de leur plaire.

Le gouvernement des États-Unis a interdit en 2001 l'investissement de fonds fédéraux dans les recherches sur les CSEh. Dans sa Proposition 71, l'État de la Californie leur a par contre réservé 3 millions de dollars. Les États du New Jersey, du Connecticut et du Maryland ont également attribué des fonds aux recherches sur les CSEh. Au Parti démocrate, les partisans de ces études font valoir que les opinions théologiques de quelques-uns ne devraient pas entraver le bien-être et la santé de personnes qui souffrent et pourraient être soignées par les cellules souches.

Un article rigoureux de l'Université de Berkeley récapitule les questions les plus pertinentes du débat.

i. Aux États-Unis, qui devrait fixer les priorités de la recherche sur les CSEh dans chacun des États ? La recherche doit-elle viser le long terme et porter sur les processus complexes de la différenciation des cellules souches, ou doit-elle au contraire se consacrer à la mise au point d'applications thérapeutiques immédiates de ces cellules ?

ii. À qui appartiendront les droits de propriété intellectuelle des innovations ayant émergé de recherches sur les CSEh financées par les États ?

iii. Qui définira et fera respecter les règles de sécurité ? Les donneurs de cellules souches humaines saines devront-ils agir par pur altruisme ou obtenir compensation pour leur don ?

Puisque le gouvernement fédéral s'est retiré du débat, chacun des États devra se prononcer sur ces questions de réglementation ainsi que sur plusieurs autres interrogations connexes. Les protocoles retenus risquent donc de différer considérablement d'un État à l'autre. L'Union européenne est aux prises avec une confusion similaire, ses pays membres ayant adopté des points de vue très dissemblables face à la recherche sur les CSEh.

La génomique fonctionnelle

La génomique fonctionnelle est une branche de la biologie moléculaire qui cartographie les génomes et qui étudie la fonction des gènes et leurs interactions. Elle permet notamment d'insérer dans des animaux de laboratoire des séquences de gènes qui codent pour le cancer ou d'autres maladies humaines. Un groupe de scientifiques danois propose cette catégorisation en trois volets des animaux utilisés dans les essais cliniques :

i. Animaux humains : Êtres humains normaux ;

ii. Animaux non humains : Espèces, telles que les rongeurs et les primates, qui peuvent être utilisées aux fins de recherches biologiques, médicales ou autres ;

iii. Animaux semi-humains : Animaux dans le génome desquels des gènes humains ont été insérés.

Les scientifiques danois se demandent s'il est éthique de créer des animaux semi-humains et de soumettre les animaux de laboratoire à des expériences parfois douloureuses dans le but de soulager des souffrances humaines. Dans sa Déclaration d'Helsinki, l'Association médicale mondiale définit ainsi l'objectif des normes éthiques encadrant la recherche médicale : « [Elles] visent à garantir le respect de tous les êtres humains » (article 8). L'article 11 précise que la recherche médicale doit se fonder sur « une expérimentation appropriée réalisée en laboratoire et, le cas échéant, sur l'animal. » Cette conception déontologique utilitariste repose sur le postulat que les animaux humains seraient dotés d'une dignité dont seraient privés les animaux de laboratoire. Il n'existe pas de réponse éthique logique à ce questionnement : les opinions pour et contre continueront inéluctablement de s'affronter.

Dans son ouvrage intitulé *Et Dieu dit « Que Darwin soit ! » : science et religion, enfin la paix ?*, Stephen Jay Gould affirme à juste titre que, puisque leurs philosophies et leurs objectifs s'inscrivent dans des sphères complètement différentes, la science et la religion ne devraient jamais être en conflit entre elles. En ce qui concerne les CSEh, pourtant, le conflit entre scientifiques et fondamentalistes religieux semble insoluble. Alors que la Constitution des États-Unis proclame la séparation de l'Église et de l'État, l'administration Républicaine, fortement influencée par des intérêts religieux, a restreint la recherche sur les CSEh à quelques études déjà en cours, et dont la plupart ont régressé au point de ne plus être aujourd'hui d'aucune utilité. Dans l'Union européenne, les réglementations s'échelonnent de la permissivité relative (en Grande-Bretagne) à la prohibition complète.

Les discussions mettant en parallèle le caractère éthique (du point de vue de la religion) de certaines procédures et leurs avantages médicaux vont sans doute gagner en nombre et en intensité à mesure que la bioscience et les biotechnologies vont progresser. Les scientifiques ont généralement plus de facilité à communiquer avec d'autres scientifiques qu'avec le grand public. Si nous voulons éviter une reprise contemporaine de l'affaire Galilée du 17e siècle, il faudra toutefois que les bioscientifiques, les biotechnologues ainsi que les instances universitaires et commerciales qui les emploient apprennent à communiquer de manière plus constructive avec la société civile, et se montrent plus réceptifs à ses préoccupations.

L'éthique et les bio-industries durables

Il y a une cinquantaine d'années, l'éthique du monde des affaires reposait sur trois interdits : ne pas mentir ; ne pas tricher ; ne pas tromper délibérément les clients ni les actionnaires. Chercheur à l'Université de Chicago, le défunt Milton Friedman affirmait que l'éthique commerciale devait reposer sur un intérêt personnel bien compris. Pour lui, la libre entreprise étant démocratique et les faillites provoquant le chômage, le profit constituait en soi la vraie mesure de l'éthique décisionnaire. Pour s'inscrire dans la durée, toute entreprise commerciale doit générer des profits. Sur la période considérée, ses recettes doivent être supérieures à ses dépenses. La durée de la période critique dépend de la taille de l'entreprise considérée, de ses ressources, et de l'accès dont elle dispose aux capitaux d'investissement, aux prêts et au crédit. À terme, toutefois, sa survie dépend tout autant de la clarté de ses objectifs : quels sont les biens ou les services qu'elle propose ? Quels sont ses marchés cibles ? Qui sont ses clients actuels et potentiels ? Quels

biens ou services sont-ils susceptibles d'acheter ? En quelles quantités et à quels prix ? L'entreprise gère-elle efficacement ses ressources ?

Les secteurs industriels pharmaceutique et alimentaire se composent de quelques très grandes entreprises qui commercent au niveau international, et d'une myriade d'entités plus modestes. Les géantes grandissent encore au gré des acquisitions et des fusions ; les petites entreprises biotechnologiques/biopharmaceutiques tirent leur épingle du jeu en offrant des biens et des services très spécialisés aux grandes entreprises ainsi qu'à d'autres fournisseurs de services de santé. Certaines de ces « biotechs/biopharmas » ont connu des débuts modestes, puis ont pris de l'ampleur. Amgen, la plus importante d'entre elles, génère des recettes de plus de 11 milliards de dollars ; elle en investit environ 20 pour cent dans la recherche et le développement. Les enquêtes révèlent un taux élevé d'échec parmi les petites entreprises biotechnologiques/biopharmaceutiques (très souvent mises sur pied par des centres universitaires). Dans certains cas, bien que les compétences bioscientifiques ne manquent pas, les compétences en gestion font défaut ; dans d'autres, l'entreprise ne disposait pas au départ d'un fonds de roulement suffisant pour survivre aux longues années de recherche-développement qui précèdent nécessairement la mise au point d'un produit ou d'un service rentable. Puisque la demande en produits alimentaires et pharmaceutiques des collectivités urbaines s'accroît et se diversifie, et puisque les coûts de production et de distribution augmentent, les grands joueurs pharmaceutiques et alimentaires ont de plus en plus intérêt à confier certaines de leurs activités en sous-traitance à des petits fournisseurs spécialisés. Si cela n'est déjà fait, les grands transformateurs alimentaires, en particulier ceux des régions tropicales, comprendront très bientôt qu'ils auraient avantage à confier la transformation et la conservation primaires de leurs matières premières périssables à des entreprises rurales établies à proximité des lieux de culture et de récolte.

Dans tous les secteurs biotechnologiques, certaines pratiques autrefois mises en œuvre uniquement par souci d'éthique ou de relations publiques constituent maintenant des obligations légales. Dans plusieurs pays, les transformateurs alimentaires doivent ainsi inscrire la liste des ingrédients, la teneur calorique et la valeur nutritionnelle de leurs produits sur les emballages. Les boîtes ou bouteilles des produits pharmaceutiques doivent indiquer la dose recommandée, dresser la liste des ingrédients actifs et formuler des mises en garde destinées aux patients exposés à des effets secondaires.

L'éthique commerciale

Aujourd'hui, l'éthique commerciale constitue en soi un secteur commercial extrêmement florissant... Fondée en 1992, l'Association des responsables de l'éthique commerciale des États-Unis compte maintenant près de 900 membres. Des consultants très cher payés conseillent les entreprises dans l'élaboration et l'application de leurs codes et pratiques d'éthique. Citons quelques-unes de leurs nombreuses sphères d'intervention : responsabilités envers les actionnaires, les employés, les clients et les gouvernements ; intégrité dans les échanges commerciaux, la publicité, la gestion financière, la comptabilité, la détermination des prix, la protection de l'environnement, l'élimination des déchets, le recyclage des emballages, la gestion des renseignements personnels sur les clients et les employés, l'égalité des chances dans l'emploi, la discrimination raciale et sexuelle. Bien que l'éthique des pratiques commerciales s'impose de plus en plus comme un impératif pour les entreprises, l'actualité récente nous fournit plusieurs exemples déplorables de collusions conclues entre des hauts dirigeants et des vérificateurs comptables pour falsifier les registres financiers. Les personnes accusées des infractions les plus importantes ont été poursuivies au criminel, confirmant au passage le bien-fondé d'au moins deux interdits anciens : ne pas mentir ; ne pas tricher. Le cas Enron est considéré à l'heure actuelle comme le plus grave qui ait jamais défrayé la chronique, mais il est à prévoir que d'autres affaires éclateront au grand jour et que d'autres inculpations suivront. Un écart déjà considérable et sans cesse croissant ne laisse pas d'inquiéter : celui qui sépare a. le salaire et autres avantages financiers accordés aux PDG et hauts dirigeants des entreprises, et b. les salaires versés aux employés de base de ces mêmes entreprises. Aux États-Unis, la rémunération totale (salaire, options sur actions et autres avantages) des PDG des grandes entreprises serait actuellement égale à 250 fois le salaire des travailleurs d'usine. Des iniquités similaires marquent les économies en plein essor, par exemple celle de l'Inde : pendant que les dirigeants très bien rémunérés du secteur des technologies de l'information s'enrichissent, les paysans et les habitants des mégabidonvilles urbains s'enfoncent dans la misère. Les chaînes de supermarchés versent à leurs PDG des salaires à sept chiffres – mais font travailler dans leurs magasins des immigrants payés au strict minimum et souvent contraints de se contenter de postes à temps partiel. Les vêtements bon marché vendus par les magasins Walmart et autres distributeurs de la même trempe sont fabriqués par des femmes miséreuses du Bangladesh qui triment de 70 à 80 heures par semaine pour à peine 1 $ par jour.

L'éthique dans le commerce international

Le terme « mondialisation » est souvent employé pour désigner le commerce international – mais à tort. Le commerce international comporte plusieurs volets : le commerce des marchandises agricoles et biologiques entre gouvernements et entreprises ; le commerce des textiles, produits pharmaceutiques et aliments transformés ; la propriété et le contrôle, par des transnationales, d'entreprises établies à l'étranger ; l'octroi des droits d'exploitation de marques et de technologies brevetées entre entreprises et entre pays. En ce qui concerne les matières biologiques et le secteur biotechnologique, trois questionnements éthiques revêtent une importance toute particulière : a. les subventions aux exportations ; b. la biopiraterie ; c. le degré de centralisation de la gestion des filiales à l'étranger.

Les subventions aux exportations

Le questionnement éthique porte ici sur l'inégalité de l'accès aux marchés internationaux entre pays pauvres et pays riches et sur les contraintes induites par les subventions massives et par les obstacles tarifaires et non tarifaires. Selon l'Organisation mondiale du commerce (OMC), les subventions aux exportations agricoles des pays de l'OCDE s'élèvent à plus de 350 milliards USD par an. Ces distorsions commerciales permettent aux pays nord-américains et européens d'exporter leurs marchandises à des prix inférieurs à leur coût de production. Regroupant quelque 134 pays, l'OMC a été fondée en 1995 pour administrer les procédures de résolution des conflits commerciaux entre les pays et à l'intérieur de chacun d'eux. De nombreux pays pauvres d'Afrique pâtissent des subventions aux exportations des pays de l'OCDE. Les recettes générées par les produits primaires constituent environ 40 pour cent du PIB africain ; pour une vingtaine de ces pays, un seul produit agricole représente plus de 50 pour cent des revenus d'exportation. La Banque mondiale estime que la part actuelle des Africains dans les exportations internationales non pétrolières s'élève à moins de la moitié de ce qu'elle était au début des années 1980.

Actuellement, un mouvement tout à fait digne d'éloges favorise l'établissement de relations commerciales plus équitables en transférant une part plus importante des profits des transformateurs et des vendeurs vers les petits cultivateurs, par exemple dans le secteur du café.

Les pays riches protègent leurs agriculteurs, mais aussi leurs transformateurs alimentaires. En Amérique du Nord, les droits de douane sont d'environ 25 pour cent sur le tabac brut, mais de plus de 100 pour cent sur

les produits transformés du tabac. L'UE impose des droits de douane moyens de 21 pour cent sur les fruits frais, mais de 37 pour cent sur les jus de fruits. Les économies africaines restent ainsi confinées à la dynamique coloniale : elles fournissent les matières premières mais ne peuvent jamais se doter d'une véritable industrie de la transformation alimentaire. Certaines informations permettent d'espérer que les réductions des subventions aux exportations agricoles qui ont été proposées par l'OMC seront mises en œuvre et bénéficieront aux pays les plus pauvres. Toutefois, considérant le poids politique des groupes de pression agricoles et industriels des États-Unis et de l'Europe, il semble peu probable que les subventions et les droits de douane baissent prochainement d'une manière substantielle et durable.

La biopiraterie

La biopiraterie (ou biopillage) recouvre toutes les activités d'exploration, d'extraction ou d'exploitation de la biodiversité qui sont mises en œuvre sur des territoires étrangers à des fins d'utilisation biotechnologique commerciale. Des entreprises pharmaceutiques et agroalimentaires américaines, européennes et japonaises recueillent ainsi dans des pays pauvres des zones tropicales des plasmas germinatifs et des plantes médicinales potentiellement utilisables en n'offrant en retour aux pays d'origine qu'une compensation nettement insuffisante, voire nulle. Les forêts tropicales constituent des sources importantes de produits ligneux et non ligneux très précieux en échange desquels les pays d'origine reçoivent beaucoup moins que leur juste rétribution. Parfois en collaboration avec des instances universitaires, les entreprises pharmaceutiques financent des expéditions ethnobotaniques d'envergure visant à recueillir des plantes susceptibles de présenter des propriétés médicinales intéressantes. Au total, plus de 10 000 espèces végétales et autres organismes auraient déjà été prélevés dans les forêts amazoniennes pour être étudiés ailleurs.

Depuis la nuit des temps ou presque, les Indiens observent les vertus médicinales des plantes pour en faire des remèdes. Les textes ayurvédiques et autres recueils de médecine traditionnelle écrits sur plusieurs siècles en sanskrit, tamoul et ourdou sont actuellement compilés dans une base de données électronique, la Bibliothèque numérique des savoirs traditionnels (*Traditional Knowledge Digital Library*), qui est constituée, enrichie et mise à jour à Delhi par le Conseil de la recherche scientifique et industrielle. L'un de ses principaux buts est de protéger les savoirs médicaux traditionnels avérés contre les entreprises pharmaceutiques étrangères qui pourraient être tentées de les piller ou de les breveter. À l'exception possible de la Chine, aucun autre pays ne

s'est doté d'un registre aussi complet de ses connaissances médicales ancestrales.

Pour lutter contre la biopiraterie internationale de ses ressources naturelles, le gouvernement de l'Inde adoptait en 2002 la *Loi sur la biodiversité* : elle interdit le prélèvement de quelque ressource biologique que ce soit sans juste compensation. Qu'elle soit perpétrée par une instance indienne ou étrangère, toute infraction à cette loi est passible de sanctions.

Le degré de centralisation de la gestion des filiales à l'étranger

Il y a quelques années, ce débat enflammait les écoles de gestion : Comment les entreprises transnationales doivent-elles gérer leurs filiales à l'étranger ? À l'Université Harvard, Michael Porter plaidait en faveur d'un contrôle centralisé : toutes les décisions devaient être prises au siège social, puis transmises aux filiales. À l'inverse, Kenichi Ohmai recommandait aux transnationales de confier aux gestionnaires locaux de leurs filiales à l'étranger toutes les décisions se rapportant à l'exploitation, la commercialisation ou les politiques de gestion. Ayant observé les transnationales et leurs filiales, je suis fermement convaincu que la décentralisation du contrôle et des décisions est plus éthique et plus efficace que leur centralisation. Les gestionnaires locaux connaissent la situation, les ressources et les marchés de leur région ; ils sont par conséquent mieux placés que leurs homologues du lointain siège social pour prendre des décisions éclairées. Les transnationales qui ont des filiales à l'étranger doivent se comporter de manière sensible et responsable du point de vue social dans chacun des pays dans lesquels elles sont implantées. En particulier, elles doivent confier les responsabilités opérationnelles aux équipes locales et participer d'une manière inventive aux activités caritatives ainsi qu'à la vie sociale des collectivités qui les accueillent. Ainsi que l'indiquait un cadre particulièrement avisé d'une transnationale : « Quand nous nous établissons dans un pays étranger, il est de notre intérêt bien compris de nous comporter, en tant qu'entreprise, de manière responsable et sensible. »

Résumé et conclusions

Les discussions âpres qui opposent les partisans et les détracteurs des modifications génétiques et de la recherche sur les cellules souches embryonnaires humaines confirment le constat de MacIntyre et Russell : le comportement éthique est dicté par des opinions, elles-mêmes souvent influencées par des convictions religieuses, politiques ou idéologiques. Nous n'atteindrons probablement jamais le juste milieu aristotélicien entre ces

points de vue antinomiques. Il arrive même que l'opposition aux cultures génétiquement modifiées ou à l'utilisation des animaux de laboratoire dans les recherches pharmacologiques et toxicologiques s'exprime maintenant par des actions violentes et destructrices. Les bioscientifiques et les biotechnologues doivent se tenir prêts à en découdre avec ceux et celles qui considèrent leur action comme une ingérence indue de la science dans les processus naturels, et ceux et celles qui n'accordent pas plus de droits et de considération aux êtres humains, même malades et souffrants, qu'aux autres organismes vivants ou aux embryons dans les premiers stades de leur développement. La question de pure forme que posait Benjamin Disraeli ainsi que la réponse qu'il y apportait résument bien le débat : « L'homme est-il un singe ou un ange ? Personnellement, je me range du côté des anges. »

La formation des ressources humaines

Depuis plusieurs siècles, les universités s'organisent en facultés ou départements, eux-mêmes subdivisés en modules consacrés à des disciplines précises. Au fil des études universitaires, les savoirs étudiés gagnent en précision et en densité. Tous les projets et programmes de développement nécessitent l'intervention de spécialistes possédant des connaissances et des compétences de pointe. Plusieurs facteurs vont continuer d'accélérer la prolifération des spécialisations : l'évolution des conditions environnementales et de la configuration des ressources à mettre en œuvre ; l'apparition de nouvelles technologies ; la multiplication et la diversification des besoins industriels, économiques et sociaux. Les bilans internationaux des ressources humaines indispensables aux entreprises biotechnologiques montrent que la demande en bioscientifiques, biotechnologues et bio-ingénieurs restera significativement supérieure à l'offre, aussi loin que nos prévisions actuelles peuvent porter. En particulier, nous sommes déjà aux prises avec une pénurie mondiale importante en bio-ingénieurs – des spécialistes qualifiés pour transposer les procédés du laboratoire ou de l'usine pilote à la fabrication industrielle.

Concepteurs et analystes de systèmes

L'insuffisance du nombre des concepteurs et analystes de systèmes s'avère tout aussi préoccupante. Un système est un ensemble d'activités ou d'entités interdépendantes et interactives intégrées entre elles au point de constituer une unité complexe. Qu'ils soient sociaux, économiques, technologiques ou industriels, tous les processus du développement reposent sur l'intégration systématique de ressources diverses – des ressources qui doivent en outre être

utilisées d'une manière efficace et économique. Nous ne prétendons pas ici définir des méthodologies de conception et d'analyse des systèmes : l'Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués (*International Institute for Applied Systems Analysis* – IIASA) de Laxenburg, en Autriche, possède une réputation enviable de compétence et de fiabilité dans ce domaine. Contentons-nous de rappeler que l'analyse des systèmes peut être considérée comme une stratégie de recherche permettant aux responsables du développement de comparer entre eux différents parcours d'action et différents modes d'utilisation des ressources en vue de sélectionner les plus efficaces. L'analyse des systèmes peut améliorer des procédés ou des systèmes déjà en place ou en concevoir d'entièrement nouveaux. Elle consiste notamment à évaluer et analyser d'une manière critique la situation actuelle, à définir les modifications envisageables et souhaitables, puis à déterminer les ressources nécessaires pour atteindre les objectifs visés.

Ainsi que nous l'avons indiqué dans un chapitre précédent, les recherches sur les systèmes agricoles (RSA) constituent un passage obligé pour déterminer les modalités les plus efficaces de l'adoption de technologies de production ou de génotypes culturaux nouveaux et pour calculer le niveau de risque que les agriculteurs seraient disposés à tolérer. Dans les biotechnologies industrielles, la transition du laboratoire ou de l'usine pilote à la production à grande échelle exige, elle aussi, une analyse systématique des variables et paramètres interactifs et interdépendants susceptibles de faciliter ou d'entraver l'implantation de procédés de fabrication industrielle économiques et techniquement efficaces. La modélisation par simulation est une méthode mathématique permettant de comparer entre eux différents systèmes d'intégration et de créer un schéma conceptuel du processus de développement envisagé. Les modèles peuvent ainsi mettre en parallèle plusieurs systèmes alimentaires intégrés et comparer entre eux des moyens de transport et de distribution, des emplacements d'entreposage, ou encore des établissements de transformation primaire et secondaire – le but de l'opération étant évidemment de sélectionner les formules les moins coûteuses et les plus efficaces du point de vue logistique.

Les fonctions physiologiques dépendent des interactions des gènes et du milieu dans lequel s'effectuent la synthèse et l'action des protéines. Les modèles de simulation nous aident à mieux comprendre le fonctionnement des cellules, des tissus et des organes. L'Union internationale des sciences physiologiques (*International Union of Physiological Sciences* – IUPS) plaide en faveur de la définition de normes, d'un langage et d'un vocabulaire communs qui favoriseraient l'exactitude des communications entre les modélisateurs informaticiens. Les modèles de simulation sont dits « détermi-

nistes » quand ils s'appuient sur des données quantitatives et « stochastiques » quand les faits constatés indiquent seulement un résultat probable (du grec στοχαστικοζ : conjecture). Plus les processus du développement vont se complexifier, plus les instances planificatrices et les secteurs industriels auront besoin d'analystes des systèmes et de modélisateurs mathématiciens.

Les modèles de simulation conçus pour comparer des systèmes complexes entre eux du point de vue du coût ou de l'utilité relative supposent l'intervention de mathématiciens hautement spécialisés. Ces modèles peuvent être représentés sous forme de graphiques informatisés faisant appel aux mathématiques probabilistes, aux différentielles partielles ou aux algorithmes ciblés. Le terme « algorithme » provient du terme *Algorithmus*, le nom latinisé d'al-Khawarazmi, cet éminent mathématicien perse du 9e siècle qui a établi plusieurs règles arithmétiques en numération arabe. Les algorithmes sont des méthodes mathématiques permettant de contrôler les séquences dans les programmes informatiques. Les algorithmes complexes interviennent dans l'interprétation plus précise des mammogrammes et autres images diagnostiques utilisées dans la détection des cellules cancéreuses.

Ainsi que les Commissions Pearson, Brandt et Brundtland l'ont souligné, la plupart des programmes de développement visant à éradiquer la pauvreté ou améliorer les conditions d'existence économiques, sociales et technologiques ont échoué parce qu'ils s'appuyaient sur une vision trop simpliste des réalités qu'ils cherchaient à changer. Quel qu'en soit le but, tout projet de développement doit reposer sur une analyse systématique et une compréhension exacte de la situation des collectivités destinataires et du milieu dans lequel elles évoluent. Bien qu'ils aient un rôle capital à jouer dans ce domaine, les analystes de systèmes n'ont pas assez participé jusqu'ici à l'élaboration et à l'implantation des programmes de développement.

Langage et communications

Ces paragraphes conclusifs nous ramènent aux questions de langage et de sens que nous abordions plus tôt. Dans « De l'étude » (*Essais*), Francis Bacon écrit que la lecture donne à l'homme sa plénitude et l'écriture, son exactitude. Si seulement c'était vrai ! Ainsi que nous l'avons vu dans les chapitres qui précèdent, la plupart des publications émanant des scientifiques et des administrateurs du développement manquent cruellement d'exactitude. Nombreux sont pourtant les ouvrages érudits qui proposent des conseils éclairés aux auteurs : Quiller-Couch [1916, 1938], Rama [1950], Russell [1969] et Cooper [1971] – pour ne citer que quelques classiques. Bien que

leurs ouvrages diffèrent dans leur substance comme dans leur ampleur, tous ces spécialistes de l'écriture s'accordent à considérer que les auteurs doivent faire preuve de précision et de concision, éviter d'utiliser des mots qu'ils ne sauraient définir ou qu'ils ne comprennent pas parfaitement, et s'abstenir d'inventer des termes ne possédant pas une signification limpide et largement acceptée (par exemple, « soutenabilité »).

Les mots peuvent avoir plusieurs sens, particulièrement sous la plume des poètes. Ils sont métaphoriques, allégoriques, convaincants, colorés… Ainsi, le nom « qualité » vient du latin *qualitas* : « d'un type particulier ». Il désigne à la base l'ensemble des propriétés d'une substance, d'une matière ou d'un produit qui le distinguent de tous les autres. Mais les publicitaires l'emploient pour induire une idée de supériorité : les produits dits « de qualité » seraient meilleurs que leurs concurrents. À une certaine époque, tailleurs, épiciers et autres fournisseurs désignaient sous l'expression « clientèle de qualité » leurs acheteurs les plus fortunés.

Les publications entourant le « développement durable » regorgent de termes imprécis ou mal définis. Le mot « développement » lui-même n'a au fond aucun sens tant que les objectifs du projet considéré et les critères qui serviront à mesurer le chemin parcouru n'ont pas été définis d'une manière exacte. Dans les programmes dits « de développement durable », on peine souvent à comprendre si c'est le processus du développement qui est censé s'inscrire dans la durée, ou plutôt les objectifs ou les fruits de ce processus. Dans un cas comme dans l'autre, il est essentiel de définir ce qui doit être développé de manière durable, dans quels buts précis, avec quelles ressources et sur quelle période : des mois ? Des années ? Jusqu'à la fin des temps ?

L'évolution des moyens de communication

De toutes les inventions du monde, ce sont sans doute la roue et l'écriture qui ont le plus apporté à l'humanité. Toutes deux ont été mises au point en Mésopotamie de nombreux siècles avant l'époque actuelle. Déjà très utilisée dans la ville ancienne mésopotamienne d'Uruk dès le quatrième millénaire AÈC, l'écriture cunéiforme (du latin *cuneus* : « coin ») se présentait sous la forme d'un agencement complexe de caractères anguleux gravés dans des tablettes d'argile humide au moyen d'un stylet de roseau.

L'écriture cunéiforme a été inventée dans un but purement pratique. L'expansion des villes, l'essor de l'agriculture et de la transformation agroalimentaire ainsi que la diversification des activités humaines obligeaient l'administration à tenir des registres fiables. Les tablettes couvertes d'écriture

cunéiforme les plus anciennes qui sont parvenues jusqu'à nous font état d'activités concernant le textile, la poterie, les cultures, l'élevage du bétail et les transactions commerciales entre producteurs et consommateurs. À l'époque, chaque ville était placée sous la protection d'un dieu qui veillait sur sa destinée : les registres en écriture cunéiforme avaient pour objet de maintenir une comptabilité exacte du foyer de ce dieu protecteur. On se rappellera que le terme « économie » provient du grec οικοζ (*oikos*), dont dérive le mot οικονομεια (*oikonomeia*) : la gestion du foyer. L'écriture cunéiforme permettait de former des mots, mais aussi des nombres : **<** [chevron] = 10 ; **<<** = 20 ; **<**γγ [chevron, clou, clou] = 12.

Sous les pharaons, les prêtres égyptiens inventèrent un langage sacré représenté par des hiéroglyphes (du grec ιεροζ : sacré, et λυφη : graver). Les hiéroglyphes étaient inscrits sur des feuilles de papyrus obtenues en pressant légèrement l'une contre l'autre de minces pellicules prélevées sur les tiges d'une plante aquatique, le *papyrus*. Ces pellicules pressées l'une contre l'autre étaient ensuite séchées. Le port de Byblos d'où partaient les rouleaux de papyrus vers la Grèce a donné son nom aux « rouleaux » ou « livres » (biblia) qui constituent la Bible des Chrétiens.

Les premières collections systématiques de savoirs écrits formaient des bibliothèques de textes gravés en écriture cunéiforme sur des tablettes d'argile ou consignés en hiéroglyphes sur des rouleaux de papyrus. Nombreux étaient les érudits qui constituaient leurs propres bibliothèques, par exemple Aristote. Certains mettaient même leurs collections à la disposition des autres savants pour qu'ils puissent enrichir leurs connaissances. Le roi assyrien Assurbanipal (668–627 AÈC) était l'un des plus zélés de ces « collectionneurs archivistes » : il aurait constitué une bibliothèque riche de plusieurs milliers d'ouvrages.

La plus complète de ces antiques bibliothèques (du grec βιβλιον [*biblion*] : rouleau, livre, et θηκη [*thêkê*] : coffre, lieu de dépôt) était sans aucun doute celle d'Alexandrie. Quand Alexandre le Grand, l'étudiant le plus célèbre d'Aristote, a fondé la ville d'Alexandrie, il a ordonné qu'on y érige un Musée (consacré aux Muses) comprenant une bibliothèque. À sa mort, en 323 AÈC, ses successeurs macédoniens devenus rois d'Égypte (Sôter, connu ultérieurement sous le nom de Ptolémée Ier, son fils Philadelphe [Ptolémée II] et son petit-fils Évergète [Ptolémée III]) ont accompli ses volontés en établissant la Grande bibliothèque alexandrine. Alexandre voulait que la Bibliothèque accueille les publications du monde entier (rouleaux et tablettes d'argile) et qu'elle devienne un centre vers lequel convergeraient tous les érudits pour y discuter et faire progresser les connaissances humaines. Archimède et Euclide, entre autres, ont passé de longues heures dans cette

Bibliothèque. La dynastie des Ptolémée s'est prolongée jusqu'à Ptolémée XIV – jusqu'à ce que Marc-Aurèle et Cléopâtre, la sœur de Ptolémée XIV, soient défaits par Octave (connu ultérieurement sous le nom de César Auguste, le premier empereur de la Rome impériale) à la bataille d'Actium, en l'an 31 AÈC.

Il est tout à l'honneur du gouvernement égyptien d'avoir ouvert une nouvelle Grande bibliothèque à Alexandrie en 1995. Cette initiative représente un accomplissement dont on ne peut que se réjouir. Cet établissement a pour objectif d'accueillir la plupart des publications savantes du monde. Ce centre doté d'un équipement de pointe saura également attirer les érudits de la planète entière. La Bibliothèque possède un musée d'antiquités comportant une collection sans cesse croissante d'artéfacts représentatifs des civilisations anciennes de l'Égypte, de la Grèce et de Rome. L'ensemble comprend un immense centre de conférences ultramoderne avec quatre auditoriums, un planétarium, une bibliothèque pouvant recueillir 80 millions de publications imprimées ainsi qu'un complexe informatique consacré à la classification de tous les écrits méritant d'être conservés et diffusés, qu'ils proviennent d'Internet ou d'ailleurs. Toutes ces ressources seront accessibles aux savants du monde entier.

Les documents anciens les plus fragiles ont été photocopiés et peuvent être visionnés sur des écrans d'ordinateurs programmés de manière à ce que l'utilisateur puisse tourner les pages en effleurant la vitre du doigt ainsi qu'il le ferait avec un livre de papier. Les documents précieux et fragiles sont ainsi protégés des dommages pouvant être causés par la manipulation manuelle.

Un remarquable laboratoire de réalité virtuelle projette en trois dimensions les structures moléculaires de substances actuellement considérées comme remontant à la formation du cosmos. Les visiteurs sont invités à utiliser des lunettes spéciales pour les voir. Les molécules et autres projections peuvent être déplacées ou retournées sur elles-mêmes. Des contrôles manuels permettent de leur ajouter différents éléments complémentaires, par exemple des électrons autour d'un noyau atomique.

L'imprimerie

La presse d'imprimerie a été inventée par Johann Gutenberg à Mainz en 1449. Les techniques d'impression ont beaucoup évolué depuis cette machine à caractères métalliques mobiles : aujourd'hui, les auteurs transmettent directement les textes et les illustrations de leurs livres à l'éditeur par voie

électronique ; les ouvrages sont ensuite imprimés à partir d'une disquette ou d'un CD-ROM.

La transmission de l'information

Le télégraphe électromagnétique a été inventé en 1832. En 1836, à Saint-Pétersbourg, le Russe Pavel Shilling améliore l'appareil et réussit à transmettre des signaux sur 5 km par un câble souterrain et sous-marin. En 1892, Thomas Edison, qui était sourd depuis l'enfance et travaillait comme commis postal pour un chemin de fer aux États-Unis, dépose le brevet d'un télégraphe bilatéral.

Le morse a été conçu pour être utilisé avec le télégraphe électrique de Samuel Morse, inventé en 1837. Ce code élaboré conjointement par Samuel Morse et son collègue Alfred Vall a toutefois été utilisé surtout à partir de l'invention de la communication radio par Marconi, dans les années 1890. Le morse se compose de combinaisons de traits et de points désignant des lettres et des chiffres sous forme d'impulsions électriques, de sons ou de signaux visuels. La combinaison la plus connue est celle qui désigne le SOS [**...**___**...**]. Le chiffre 1 est représenté par un point suivi de trois traits. Le morse est maintenant tombé en désuétude, sauf pour les cas d'urgence dans lesquels aucun autre moyen de communication n'est accessible.

Reuters

Le service de presse Reuters fournit des rapports sur l'actualité aux journaux, aux marchés financiers ainsi qu'aux diffuseurs radio et télé du monde entier. Il a été fondé dans les années 1860 par un Allemand immigré en Grande-Bretagne, Paul Julius Reuter. Au début, l'agence transmettait ses nouvelles par le câble télégraphique Calais–Douvres, puis à travers toute l'Europe par pigeons voyageurs. Elle emploie maintenant plusieurs milliers de journalistes et consacre l'essentiel de ses ressources à la collecte, l'analyse et la transmission de statistiques et d'information financières. Elle est cotée à la Bourse de Londres depuis 1984.

Le téléphone

Le nom de cette invention provient de deux mots grecs : τηλε (distance) et φωνη (voix). Qui a inventé le téléphone ? Le débat continue de faire rage... En 1849, Antonio Meucci présente à La Havane un appareil de transmission

du son faisant intervenir des connexions électriques entre des postes de transmission et de réception. Il montre ensuite son téléphone électrique à New York en 1854, puis à Staten Island en 1860. En 1861, un inventeur allemand du nom de Johann Phillip Reis réussit à transmettre une voix sur un peu plus de 100 mètres. En 1875, Alexander Graham Bell transmet les voix par un téléphone directionnel bilatéral entre un transmetteur et un récepteur à membranes identiques. Les Américains le considèrent généralement comme le véritable inventeur du téléphone. En 1877, Emile Berliner présente au monde sa nouvelle invention : le microphone.

Depuis un siècle, et plus particulièrement depuis la Deuxième Guerre mondiale, d'importants progrès ont été réalisés dans les technologies téléphoniques, notamment grâce aux laboratoires de recherche de Bell, aux États-Unis, ainsi qu'aux chercheurs des services postaux britanniques. La déréglementation des compagnies de téléphone et des services téléphoniques a induit une élévation phénoménale du nombre des joueurs dans ce secteur. Plusieurs d'entre eux associent les services téléphoniques à l'accès à Internet et autres moyens électroniques de communication.

Un grand oublié du développement : le suivi des progrès réalisés

Bien que la technologie nous offre aujourd'hui des moyens de communication immédiats et presque illimités quant au volume de l'information transmissible, nombreuses sont encore les agences de développement qui négligent de se doter d'une mémoire organisationnelle exhaustive et régulièrement mise à jour, d'établir un bilan actualisé de leurs propres échecs et réussites, et de s'informer d'une manière systématique sur les activités des autres agences avec lesquelles elles pourraient être appelées à collaborer.

Il est de notoriété publique que les agences de développement international cessent complètement ou presque de s'intéresser aux répercussions de leurs interventions dès qu'elles arrêtent d'investir dans ces projets. On ne compte plus le nombre des institutions, collectivités ou pays pauvres qui ont reçu d'une agence d'aide un bien d'équipement ou une infrastructure qu'ils n'ont plus les moyens d'entretenir une fois le projet arrivé à son terme, des machines et des appareils nécessitant des pièces détachées payables en devises, ou encore des technologies importées du pays donateur mais peu adaptées à leurs conditions et ressources physiques, sociales et économiques.

Ainsi que nous l'indiquions dans notre exposé sur l'analyse des systèmes, tous les projets et programmes de développement doivent commencer par

une analyse critique et un bilan exact de la situation actuelle, avant même que ne soit amorcé le processus de planification et d'implantation. Cette étape doit notamment permettre de déterminer d'une manière systématique les ressources humaines, financières et matérielles nécessaires pour atteindre les objectifs visés et pour pérenniser les résultats de l'intervention. Tous les projets, plans et bilans relatifs au développement doivent faire l'objet de comptes rendus rédigés dans un langage clair et précis et dans des termes que les intervenants de la première heure, mais aussi leurs successeurs, pourront comprendre aisément.

La « mondialisation » fait couler beaucoup d'encre et de salive... Mais la définition du terme dépend de la personne qui s'exprime. John Donne écrivait dans l'une de ses *Méditations* : *Nunc lento sonito dicunt, morieris*. De la même façon, aucun pays, aucune entreprise, aucune agence ne vit en autarcie, entièrement isolé du reste du monde. Chacune de ces instances fait partie intégrante d'un tout, du grand réseau mondial des collectivités et des pays, tous dépendants les uns des autres.

Le commerce international s'intensifie ; les alliances et les fusions internationales se multiplient. Des pays se regroupent pour ratifier des accords qui faciliteront les échanges commerciaux entre eux. Les communications électroniques permettent aux scientifiques, aux entreprises et aux gouvernements de se transmettre rapidement données et connaissances. Pour communiquer d'une manière intelligible, ils doivent partager un vocabulaire commun clair et compréhensible. Les difficultés qui entravent l'élaboration et le maintien de réseaux bio-informatiques efficaces illustrent bien le défi mondial auquel se heurtent scientifiques et sémanticiens. Pourquoi convoquer d'autres mégaconférences internationales dont les délégués répéteront les mêmes platitudes éculées sur le développement et l'environnement ? Nous avons plutôt besoin, et de toute urgence, de groupes de travail formés de spécialistes compétents dans leurs domaines respectifs, et versés dans la philologie, qui établiront des dictionnaires internationaux portant sur des champs bien précis de la recherche et du développement scientifiques, économiques et industriels. L'Union internationale des sciences physiologiques (IUPS) offre à cet égard un exemple dont les autres agences et instances scientifiques auraient sans doute avantage à s'inspirer.

Samuel Johnson écrivait qu'il existe deux types de connaissances : soit nous connaissons le sujet, soit nous connaissons le moyen d'obtenir l'information pertinente. La qualité des connaissances et de l'information représente une dimension critique des projets et programmes de développement. Dans le monde actuel, les besoins en développement sont extrêmement complexes

– beaucoup trop complexes pour qu'une seule agence ou un seul pays puissent y répondre. Pour assurer durablement la survie de l'espèce humaine, il faut impérativement établir des collaborations internationales fructueuses entre les esprits les plus inventifs et les ressources les plus fécondes de notre temps. L'élaboration, le perfectionnement et la diffusion de vocabulaires intelligibles constitueraient l'actif le plus précieux qui soit pour tous ceux et toutes celles qui travaillent au développement durable de l'humanité dans son ensemble. Ainsi que l'a si souvent observé le scientifique remarquable auquel cet ouvrage est dédié, la science et les connaissances scientifiques ne sont d'aucune utilité si elles ne servent pas à répondre aux besoins des êtres humains, en particulier les plus démunis d'entre eux.

Épilogue

Dans son histoire analytique de l'espèce humaine publiée pour la première fois en 1933[1] et intitulée *Aventures d'idées*, le distingué philosophe et mathématicien Alfred North Whitehead écrit que le contenu de son ouvrage est nécessairement dicté par les limites arbitraires de son savoir. Tout texte s'inscrivant dans une perspective historique est forcément contraint et conditionné par les connaissances de l'auteur, l'accès qu'il a aux sources d'information, et la manière dont il interprète ces données. Socrate affirmait qu'il ignorait tout, sauf sa propre ignorance. Au début du 15e siècle, Nicolas de Cues notait que la vérité absolue nous échappe toujours. Le présent ouvrage expose des faits vérifiables et des extraits ou résumés de sources diverses, mais aussi des commentaires, observations et recommandations inévitablement teintés par les convictions, opinions et interprétations de son auteur.

Cet ouvrage a décrit différentes conceptions du développement et, plus particulièrement, du « développement durable » – un terme souvent employé, mais rarement défini d'une manière un peu précise. Certains systèmes sociaux et biologiques sont restés relativement stables au fil des siècles. Qu'ils soient biotechnologiques, sociaux, économiques, industriels ou informationnels, d'autres s'enracinent dans l'ère moderne et changent actuellement à une vitesse saisissante. La plupart de ces évolutions reposent sur des interactions complexes faisant intervenir de nombreuses variables. Rares sont par conséquent ceux qui peuvent s'accommoder de solutions unidimensionnelles. Ils exigent au contraire la mise en œuvre des compétences et de l'expérience d'hommes et de femmes très qualifiés dans le diagnostic et la conception des systèmes. C'est en se déployant d'une manière graduelle (et systématique) que les processus du développement portent leurs meilleurs fruits.

1. 1993 pour la traduction française parue aux Éditions du Cerf, Paris. (NdlT)

On ne peut plus aujourd'hui mesurer le développement à la seule aune de la croissance de la richesse et de la prospérité – par l'augmentation du PIB pour les économies nationales, ou par l'accroissement du prix des actions pour les entreprises. Tant au niveau national que commercial, le développement se mesure aussi par des valeurs humaines. Il incombe aux gouvernements d'assurer à tous leurs citoyens un droit égal d'accès à des conditions de vie justes et sûres. De la même façon, les employés et les clients constituent l'actif le plus précieux des entreprises. Il est honteux que les cadres supérieurs des entreprises d'Amérique du Nord perçoivent des rémunérations et autres avantages financiers incommensurablement supérieurs aux salaires des hommes et des femmes qui travaillent dans les usines qu'ils gèrent, et plus disproportionnés encore par rapport aux rétributions de misère des immigrants pauvres qui triment dans des exploitations agricoles ou des ateliers manufacturiers, souvent dans des emplois précaires.

Cet ouvrage porte essentiellement sur le développement international, c'est-à-dire la mise en place, par des agences nationales, internationales ou non gouvernementales, d'une aide technique, financière ou autre destinée à des pays ou des collectivités pauvres. Les programmes bilatéraux d'aide implantés par les pays riches ont toujours souffert de leur manque de cohérence, de leur volatilité, mais aussi de leur assujettissement au principe de l'aide liée, qui vise bien plus à favoriser les agriculteurs, les industriels et, d'une manière générale, l'économie du pays donateur, qu'à répondre de façon responsable et ciblée aux besoins les plus urgents du pays récipiendaire. Les agences nationales bilatérales semblent se considérer comme des concurrentes plutôt que des partenaires travaillant ensemble à la conception, l'implantation et le suivi de programmes de développement à long terme rigoureux et systématiques. La lutte contre la pauvreté figure sur la liste des objectifs du développement depuis plus de 50 ans. Mais à l'intérieur des pays comme entre eux, l'écart entre les riches et les pauvres ne cesse de se creuser : les riches s'enrichissent et les pauvres s'enfoncent dans la misère.

Tout en applaudissant à la croissance économique et industrielle spectaculaire que connaissent actuellement la Chine et l'Inde, on ne peut que se désoler de constater dans ces deux pays une disproportion effarante entre les fortunes colossales amassées par une minorité de riches et les conditions de vie déplorables auxquelles la majorité reste astreinte. Les dirigeants de l'Inde semblent avoir oublié les enseignements compatissants du Mahatma Gandhi ; ceux de la Chine ont cessé de s'inspirer des principes socialistes dont ils se réclament pourtant.

La réorientation des politiques qui intervient au gré des changements de gouvernement ou de direction à la tête des agences de développement constitue le principal obstacle à la continuité des programmes et des engagements. Décideurs gouvernementaux et hauts dirigeants sont toujours très déterminés à faire valoir leurs priorités ainsi que les politiques qui ont leur faveur – même s'ils doivent pour cela suspendre ou supprimer des programmes pourtant bénéfiques. Au moment où nous écrivons ces lignes, l'aide publique au développement (APD) destinée aux pays les plus pauvres du monde est lourdement grevée par le détournement des fonds qui s'opère au profit de la reconstruction des propriétés et des infrastructures en Irak et en Afghanistan – la plupart de ces dévastations ayant été causées par les bombardements intensifs des envahisseurs étrangers. Dans tous les pays du monde comme à l'échelle internationale, la lutte contre la pauvreté cède le pas à la prétendue « guerre contre le terrorisme ».

Nombreux sont les gouvernements, leurs fonctions publiques et leurs conseillers qui semblent malheureusement tout ignorer des répercussions désastreuses de la congestion et de l'expansion des villes qui grandissent trop vite et sans planification aucune. Aux 18e et 19e siècles, la mécanisation de l'agriculture aux États-Unis et la révolution industrielle en Grande-Bretagne ont stimulé la prolifération des taudis et leur inévitable cortège de maux : logements insalubres ; équipements et infrastructures sanitaires inexistants ou déficients ; systèmes inefficaces d'élimination des déchets ; accès insuffisant ou inexistant à l'eau potable ; surpeuplement propice à la propagation des infections. Le même phénomène se reproduit aujourd'hui, mais en pire, notamment dans les villes aux prises avec une explosion démographique anarchique en Afrique, en Asie, au Moyen-Orient et en Amérique latine.

Les textes historiques des civilisations les plus anciennes nous apprennent que leurs dirigeants religieux exhortaient déjà les riches et les puissants à se comporter avec compassion et générosité envers les pauvres et les membres les plus vulnérables de la société. Il est effroyable, et tout à fait contraire à l'éthique, qu'une religion ou une collectivité civilisée proclame son droit « divin » de voler par la force la terre et les propriétés de pays plus faibles, ou celui de chercher à imposer par les armes ses croyances et ses idéologies à des personnes de convictions différentes. Aucun mouvement extrémiste s'affirmant dépositaire d'un droit divin et s'autorisant de ce fait à imposer à ses voisins ce qu'il considère comme étant les commandements de Dieu ne peut établir de relations pacifiques avec eux. Le sectarisme religieux agressif a déjà infligé tant de souffrances aux innocents que l'on pourrait espérer voir les êtres humains civilisés, en particulier les descendants de victimes d'atroces

persécutions, faire preuve de tolérance et de sympathie envers les personnes de croyances et d'idéologies différentes des leurs. Nul pays ou groupe ethnique n'a le droit de se proclamer titulaire d'une supériorité d'origine divine sur tous les autres peuples.

Il est en réalité extrêmement difficile d'être optimiste au point de croire que tous les humains et autres êtres vivants actuels ou à venir bénéficieront de conditions de vie favorables et d'une existence saine à l'abri des grands périls. L'atmosphère terrestre est empoisonnée par les émissions gazeuses générées par l'utilisation des combustibles fossiles ; l'intensification de la pollution attribuable aux gaz à effet de serre menace d'induire un réchauffement planétaire et des changements climatiques irréversibles qui pourraient déstabiliser gravement la plupart des écosystèmes. La glace de l'Arctique fond plus rapidement qu'elle ne l'a jamais fait et laisse présager une élévation dévastatrice du niveau de la mer qui risque de provoquer des inondations catastrophiques des zones côtières ; ainsi que l'a prouvé l'ouragan Katrina, même le pays le plus prospère du monde reste impuissant face à ces phénomènes.

La surpêche s'est abondamment pratiquée dans les eaux côtières comme en haute mer. Les trois millions de bateaux de pêche qui patrouillent régulièrement dans les eaux du monde menacent d'extinction plus d'un quart des stocks océaniques de poissons restants. Les flottes de pêche modernes, par exemple celles du Japon ou de la Corée, utilisent des sonars pour repérer certaines espèces vulnérables, et des filets traînants de plus de 50 km de long qui râtellent toute vie aquatique sur leur chemin. Ces filets ratissent et détruisent aussi bien les individus en développement que les adultes, et les espèces commercialisables autant que celles qui ne pourront pas être mises en marché ; ils causent ainsi des torts irréparables aux populations aquatiques. Il est navrant de constater que certains pays se disant attachés à la protection de l'environnement et à la conservation de la biodiversité agissent d'une manière opposée à leurs vertueuses déclarations. Le Japon (où a été signé le protocole de Kyoto) et la Norvège (dont une ancienne Première ministre, madame Brundtland, exhortait tous les pays du monde à protéger la planète au profit des générations futures) mettent actuellement en œuvre tous les moyens possibles et imaginables pour faire lever les restrictions qui encadrent la pêche à la baleine, l'un des animaux aquatiques les plus attachants et les plus menacés de la planète. Ni le Japon, ni la Norvège ne peuvent pourtant invoquer la pénurie de protéines animales d'autres sources sur leurs territoires respectifs pour justifier cette pêche.

La pollution causée par les navires, les déversements pétroliers, les effluents des collectivités et des entreprises côtières ainsi que le forage en haute mer détériorent le milieu de vie d'innombrables espèces aquatiques ; les récifs coralliens sont sur le point d'être entièrement détruits. Un comité de l'ONU indique que plus de 250 000 tortues et 300 000 oiseaux marins ont été tués par les filets de pêche en 2005. Plus d'un million d'oiseaux sont morts d'être entrés en contact avec des déchets jetés dans les océans. Le réchauffement planétaire, la fonte des glaces arctiques, la pollution des mers et des eaux côtières et intérieures ainsi que la déforestation extensive laissent présager une dégradation définitive de la biodiversité et l'extinction d'innombrables organismes – certains utiles pour l'agriculture et la médecine ; d'autres, petits et grands, précieux de par la contribution qu'ils apportent à la beauté foisonnante de notre planète.

Les eaux superficielles et souterraines sont empoisonnées par la désintégration de plus de 15 millions de téléphones cellulaires et d'un nombre encore indéterminé d'ordinateurs personnels (d'une durée de vie à peine supérieure à trois ans) qui sont jetés à la poubelle chaque année. Le pillage et le gaspillage irréversibles des ressources naturelles par des pays cupides possédant déjà plus que leur juste part des richesses du monde tracent une voie intolérable qui, si elle est suivie par les pays actuellement émergents ou en voie d'industrialisation, rendra la vie sur terre impossible et causera des souffrances indicibles au plus grand nombre, voire la mort de millions d'indigents.

Tandis que les gouvernements puissants usent de leur force de frappe militaire pour prendre le contrôle des réserves de combustibles fossiles de pays plus vulnérables, c'est en réalité l'accès à l'eau potable qui constituera bientôt le principal enjeu de la survie des êtres humains dans la plupart des régions de la planète. De toutes les ressources essentielles à la vie humaine, l'eau douce est la plus exposée à la pénurie. L'agriculture, l'industrie, les municipalités ainsi que d'innombrables collectivités se livrent déjà concurrence pour l'accès à une eau de plus en plus rare. La majeure partie de l'eau utilisable est gaspillée par des systèmes d'irrigation mal gérés, des fuites dans le réseau de distribution, la pollution fortuite ou délibérée, les procédés inadéquats de purification et de réutilisation, l'incapacité ou le refus des gouvernements à facturer aux utilisateurs le vrai coût de l'eau qu'ils consomment. Les eaux des rivières, des lacs et autres plans aquatiques sont généralement considérées comme n'appartenant à personne, c'est-à-dire à tout le monde : secteurs industriels, exploitations agricoles et populations n'hésitent pas à les utiliser, les piller, les polluer. Très bientôt, la rivalité dans l'accès à des ressources

hydriques nécessairement limitées risque de provoquer plus de conflits armés internationaux que la quête des combustibles fossiles.

Les pays qui sont aujourd'hui les plus avancés du point de vue biotechnologique ont connu depuis un siècle une transition progressive, mais impressionnante, de l'empirisme artisanal à l'innovation scientifique. L'étude de la biochimie cellulaire et moléculaire et celle des modalités fonctionnelles et des structures génétiques ont induit des progrès considérables dans l'agriculture et la médecine. Les cultures cellulaires d'organismes génétiquement modifiés et de tissus d'origine microbienne ou prélevés sur des insectes ou des mammifères permettent aujourd'hui de synthétiser de nouveaux médicaments diagnostiques, prophylactiques ou thérapeutiques. La recherche nous aide à mieux comprendre le rôle des anomalies génétiques et des interactions biomoléculaires dans le déclenchement et l'évolution des maladies chroniques et des tumeurs malignes. Elle pave ainsi la voie aux investigations médicales plus poussées sur la prévention des maladies.

Dans certains pays ou régions, le progrès agricole et médical est entravé par une opposition idéologique à toute forme de modification génétique ainsi qu'à l'utilisation des cellules embryonnaires pluripotentes pour la réparation ou le remplacement des tissus dysfonctionnels des personnes souffrant de différents types de maladies dégénératives. Mais les idéologues, religieux ou autres, qui jouissent d'une bonne santé et d'une prospérité rassurante sont extrêmement mal placés pour refuser aux malades des procédures susceptibles de soulager leurs affections chroniques et dégénératives.

L'espérance de vie augmente dans de nombreuses populations ; or, les personnes âgées sont plus exposées que les jeunes aux maladies dégénératives et autres. Ensemble, ces deux phénomènes alourdissent le coût des interventions diagnostiques, du développement des médicaments et de la prestation des services de santé. Au total, il semble peu probable qu'un quelconque pays, fût-il le plus riche du monde, puisse longtemps fournir des soins de santé entièrement gratuits à l'ensemble de sa population. D'autres possibilités d'action sont envisageables, notamment l'élévation de l'âge de la retraite, l'accroissement des taxes et impôts ou des contributions personnelles aux régimes d'assurance santé, ou encore l'imposition d'une quote-part des frais aux utilisateurs des services de santé. Mais de crainte de s'aliéner l'électorat et de compromettre leurs chances de réélection, les politiciens esquivent avec opiniâtreté toutes ces formules.

Le dernier chapitre a souligné les progrès remarquables réalisés dans les systèmes de communication depuis l'invention de l'écriture, il y a quelque 5 000 ans. Les personnes, les entreprises et autres instances communiquent

de plus en plus par des moyens électroniques sans jamais se rencontrer. Il devient donc urgent de préciser le langage écrit et parlé pour s'assurer que l'information transmise possède effectivement la même signification pour l'émetteur et pour le récepteur. L'imprécision du langage est inévitablement génératrice de malentendus.

L'évolution des industries modernes, l'impératif d'une gouvernance efficace, l'intensification de la congestion urbaine et l'accroissement des villes exigent aujourd'hui l'intervention d'hommes et de femmes compétents dans la conception et le diagnostic des systèmes. Bon nombre des erreurs commises par le passé s'expliquaient par le recours à des spécialisations isolées ou par l'incapacité des décideurs à planifier et implanter les projets et les programmes de développement d'une manière systématique, en tenant compte de toutes les dimensions en jeu. L'agriculture, les biotechnologies industrielles, les services médicaux et les programmes de développement international ou autres reposent sur les interactions de variables nombreuses et complexes – et dont certaines nous sont d'ailleurs inconnues. Pour qu'un développement soit durable, il doit être conçu, implanté et géré de façon systématique, en tenant compte de tous les facteurs pertinents.

Les technologies et les sciences modernes mettent à notre disposition d'innombrables outils susceptibles de favoriser le développement humain, social et économique. Mais ces perspectives encourageantes sont lourdement entravées par cette inclination que manifestent des factions et des pays puissants à régler leurs différends par les armes. Les dépenses en armement guerrier dépassent de très loin les investissements réalisés dans la conservation de l'environnement, la lutte contre la maladie et le soulagement de la pauvreté chronique. À New York, en 2005, la Conférence des Parties chargée d'examiner le Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires s'est terminée dans une impasse. Tous détenteurs d'un vaste arsenal nucléaire, les cinq membres permanents du Conseil de sécurité de l'ONU ont refusé de se débarrasser de ces armes. Ces mêmes pays qui, en tant que membres du Conseil de sécurité, sont censés assurer la paix mondiale, engrangent des recettes considérables par la vente de leurs armements obsolètes ; ils dictent aussi la ligne de démarcation entre leurs alliés, qui ont le droit de posséder des armes de destruction massive, et les autres, les pays qui ne trouvent pas grâce à leurs yeux et qui n'ont par conséquent pas le droit de s'armer. Le développement durable de l'humanité ainsi que la paix mondiale resteront des objectifs inaccessibles tant que les pays les plus puissants de la planète n'accepteront pas que tous les peuples possèdent des droits égaux, et tant qu'ils ne comprendront pas que les conflits et les violences sont les fruits

amers des inégalités grossières, de la misère et du chômage des jeunes hommes et des jeunes femmes.

Remarques conclusives

Tout apprentissage et tout développement réussi s'appuie nécessairement sur une solide analyse critique et sur bonne compréhension du passé. Ainsi que l'écrivait le philosophe français Henri Bergson dans son ouvrage intitulé *L'évolution créatrice* : « La durée est le progrès continu du passé qui ronge l'avenir et qui gonfle en avançant. Du moment que le passé s'accroît sans cesse, indéfiniment aussi il se conserve. » Pour implanter un véritable développement durable qui s'adresse à toute l'humanité et touche tous les lieux dans lesquels elle vit, il faut absolument, et de toute urgence, établir un nouvel ordre mondial qui assure des droits et des possibilités d'action équivalents à tous les humains, quelles que soient leurs croyances, la couleur de leur peau ou leur appartenance ethnique. On ne peut pas construire un monde équitable en s'appuyant uniquement sur les conceptions occidentales de la gouvernance et sur la quête incessante des biens matériels. Toute vision juste et bienveillante du développement international humain, social et économique repose forcément sur l'acceptation d'une grande diversité culturelle, sociale et religieuse.

Membre du Conseil des gouverneurs fondateur du CRDI, Barbara Ward conclut par ces mots, aussi pertinents aujourd'hui qu'à l'époque, l'ouvrage exhaustif et perspicace qu'elle a fait paraître en 1961 et qui s'intitule *The Rich Nations and the Poor Nations* : « On récolte ce que l'on sème. Si la liberté n'est pour nous que le droit de faire valoir notre propre intérêt, personnel ou national, ne nous étonnons pas de voir l'implacabilité régner dans notre société actuelle et future. Sans bienveillance, sans générosité, nous sommes, comme d'autres avant nous, condamnés à périr. »

Glossaire des biotechnologies*

Acide aminé : Composé chimique azoté; élément structural des protéines; on en trouve une vingtaine dans les organismes naturels.

Acide nucléique : Chaîne séquentielle de sucres et de phosphates avec une base attachée à chaque sucre; détermine le code génétique.

ADN (acide désoxyribonucléique) : Polymère porteur et transmetteur du code génétique; contrôle le fonctionnement cellulaire dans la plupart des organismes; se compose de deux brins jumeaux hélicoïdaux formés de désoxyribose, phosphate, adénine, cytosine, guanine et thymine; barreaux : A:T, C:G.

ADN recombiné : ADN synthétisé par découpe sélective de séquences d'ADN excisées dans différents organismes. (Également désigné sous le nom de « modification génétique » et « génie génétique »).

Adénine : Base purique des acides nucléiques de l'ADN (en association avec la thymine) et de l'ARN (en association avec l'uracile).

Adénosine triphosphate (ATP) : Molécule dont la conversion in vivo en monophosphate ou diphosphate fournit de l'énergie utilisable pour différentes fonctions, par exemple la respiration ou la fixation de l'azote.

Aérobie : Organisme ayant besoin d'oxygène pour se développer.

Agression abiotique : Stress causé par un agent non biologique. Exemple : la salinité du sol.

Agrobacterium tumefaciens : Bactérie qui infecte les plantes; elle contient un plasmide permettant de transférer des gènes d'un organisme à l'autre.

---

* Ce glossaire ne définit ni ne décrit les technologies artisanales et traditionnelles de conservation et de transformation utilisées pendant de nombreux siècles.

Amplification en chaîne par polymérase (ACP) : Procédé permettant d'obtenir d'importantes quantités d'un segment cible d'ADN.

Anabolisme : Ensemble des processus chimiques se produisant dans les organismes vivants et permettant le stockage de l'énergie chimique sous forme de substances complexes.

Anabolite : Produit de l'anabolisme.

Anaérobie : Se dit d'un organisme qui se développe sans oxygène.

Angiosperme : Plante à fleurs dont les graines se développent et mûrissent dans des ovaires enclos.

Anthère : Partie renflée supérieure de l'étamine (l'organe mâle de la plante); elle contient les loges polliniques qui libèrent le pollen à la maturation de l'anthère.

Antibiose : Antagonisme réciproque entre organismes vivants. Contraire : symbiose.

Antibiotique : Métabolite provenant d'un micro-organisme et inhibant la croissance d'organismes rivaux; médicament antimicrobien.

Anticodon : Séquence de base des molécules d'ARNt qui détecte son codon complémentaire sur l'ARNm.

Anticorps : Protéine synthétisée par le système immunitaire pour contrecarrer l'action d'un antigène; procure une immunité temporaire ou permanente face aux infections.

Anticorps monoclonal : Anticorps pur provenant du clonage simple d'une cellule hybridome et ne reconnaissant qu'un seul site antigénique. Les hybridomes peuvent être obtenus par fusion d'une cellule produisant des anticorps (par exemple, un lymphocyte) et d'une cellule tumorale. En raison de sa spécificité, chaque anticorps monoclonal est réservé à un type précis d'application diagnostique ou thérapeutique.

Antigène : Substance étrangère se trouvant à la surface des pathogènes et stimulant la production d'anticorps protecteurs par le système immunitaire.

ARN (acide ribonucléique) : Polymère de ribose, phosphate et bases puriques et pyrimidiques qui transmet les instructions de l'ADN concernant la synthèse des protéines.

ARN de transfert (ARNt) : ARN qui transporte les acides aminés aux ribosomes, où l'anticodon lit le codon de l'ARNm, en plaçant ces acides aminés selon la séquence voulue.

ARN messager (ARNm) : Véhicule du code génétique de l'ADN aux ribosomes, sièges de l'interprétation du code et de la synthèse des protéines.

Atténuation : Affaiblissement de la virulence d'un micro-organisme pathogène; intervient notamment dans les vaccins pour stimuler la fabrication d'anticorps et assurer l'immunité à l'organisme récepteur.

Bactérie : Organisme unicellulaire se reproduisant par division; site du code génétique dans les chromosomes bactériens : ADN circulaire.

Bactériophage : Virus qui infecte les bactéries; utilisé pour transférer l'ADN entre organismes non apparentés entre eux.

Baculovirus : Virus qui infecte les insectes; utilisé comme vecteur pour fabriquer des protéines étrangères dans les cellules d'insectes.

Banque de plasma germinatif : Collection organisée de graines, sperme et ovules constituée en vue de produire des plantes ou des animaux sélectionnés.

Base : Substance qui réagit avec les acides pour former des sels; les ***bases puriques*** et les ***bases pyrimidiques*** forment les « barreaux » de la double hélice de l'ADN.

Bioconfinement : Méthode de prévention des fuites de pathogènes et autres microorganismes hors des laboratoires ou lieux d'expérimentation.

Biomasse : Ensemble des matières biologiques produites par les microorganismes, les plantes et les animaux.

Biopolymère : Macromolécule synthétisée par un organisme vivant. Exemples : protéine; glucide.

Biotechnologies : Procédés qui permettent de produire, préserver, conserver ou transformer des matières biologiques en vue d'obtenir des produits présentant une valeur et une utilité commerciales, économiques, sociales ou sanitaires.

Cal : Masse de cellules indifférenciées obtenues par culture à partir d'un explant; première étape de la production d'une plante par culture cellulaire ou tissulaire.

Cartographie génétique : Détermination de l'emplacement des gènes le long d'un chromosome.

Catabolisme : Ensemble des processus métaboliques qui libèrent l'énergie (*voir :* Anabolisme; Métabolisme).

Cellule somatique : Cellule végétative (non reproductrice), par opposition aux cellules germinales (reproductrices). [Du grec σοματικοζ : qui se rapporte au corps.]

Cellule souche embryonnaire : Cellule primitive prélevée sur un embryon dans les premiers stades de son développement; pluripotente : capable de générer la plupart des cellules de l'organisme hôte.

Cellule souche embryonnaire humaine (CSEh) : Cellule pouvant générer la plupart des cellules du corps humain (sanguines, cardiaques, etc.); les CSEh pourraient servir à régénérer les organes défaillants.

Cellulose : Polymère linéaire d'unités de glucose; forme la charpente structurale des plantes; présente dans les parois cellulaires.

Chimère : Organisme ou ADN obtenu à partir d'espèces différentes; noyau cellulaire humain inséré dans l'ovule d'une autre espèce animale.

Chloroplaste : Plaste contenant la chlorophylle; « atelier » photosynthétique des feuilles des plantes.

Chromosome : Séquence linéaire de gènes contenue dans le noyau cellulaire; chez les bactéries : ADN nu; dans les organismes supérieurs : ADN + protéines.

Chromosomes : Unités de transmission intergénérationnelle du patrimoine génétique; peuvent se scinder pour former de nouvelles combinaisons génétiques au moment de la division cellulaire.

Clone reproductif : Organisme vivant identique à un parent unique (par exemple, la brebis Dolly).

Clones : Cellules ou organismes génétiquement identiques entre eux et obtenus par reproduction asexuée d'un ascendant commun.

Clone thérapeutique : Cellule souche dont la prolifération est induite pour remplacer ou réparer les cellules d'un organe dysfonctionnel.

Code génétique : Système de correspondance entre les codons (triplets des acides nucléiques) et les acides aminés.

Codon : Ensemble des initiales des trois nucléotides en séquence dans l'ARN messager; chacun des triplets d'un acide aminé donné.

Colchicine : Alcaloïde présent dans les racines du colchique; par réaction biochimique, double le nombre des chromosomes dans les cellules haploïdes.

Cotylédon : Feuille embryonnaire des plantes à fleurs; les angiospermes se répartissent en deux catégories : les monocotylédones (un cotylédon) et les dicotylédones (deux cotylédons).

Culture cellulaire : Colonie de cellules obtenues à partir d'une cellule unique placée dans un milieu nutritif.

Culture d'anthères : Culture cellulaire provenant d'anthères excisées.

Culture de méristèmes : Culture cellulaire provenant de l'extrémité d'une pousse ou de la racine d'une plante; peut donner des plantes saines à partir de parents infectés.

Culture de pollen : Culture de cellules polliniques permettant d'obtenir des descendants porteurs d'un seul jeu de chromosomes (haploïdes).

Culture tissulaire : Prolifération in vitro de cellules provenant de tissus animaux ou végétaux.

Cytoplasme : Substance semi-liquide entourant le noyau (nucléoplasme) des cellules.

Cytosine : Base pyrimidique des acides nucléiques qui s'associe à la guanine dans l'ADN et l'ARN.

Demande biologique en oxygène (DBO) : Quantité d'oxygène (O_2) nécessaire à la destruction complète de matières organiques par des aérobies; indice mesurant la pollution organique.

D.L. 50 : Nombre de pathogènes ou dose d'une toxine nécessaire pour tuer la moitié d'une population donnée d'organismes.

Élément transposable : Segment d'ADN pouvant passer d'un site chromosomique à un autre ou d'un chromosome à un autre.

Embryon : Organisme immature produit par l'union des gamètes mâle et femelle; chez les plantes : ***sporophyte***.

Embryon cloné : Ovule humain dans lequel a été inséré un noyau cellulaire progéniteur.

Endonucléase : Enzyme capable de reconnaître des séquences de bases spécifiques; fragmente l'ADN en brins courts codant pour un caractère recherché (*voir :* Enzyme de restriction).

Enzyme : Protéine qui catalyse des réactions biochimiques spécifiques pouvant scinder ou synthétiser des composés biochimiques.

Enzyme de restriction : Enzyme qui coupe et excise une séquence d'une molécule d'ADN de manière sélective ou aléatoire.

Eucaryote : Organisme dont les cellules possèdent un noyau cellulaire qui contient l'ADN chromosomique (*voir :* Procaryote).

Exon : Fragment du gène s'exprimant par la traduction en une protéine spécifique.

Exonucléase : Enzyme (nucléase) qui clive les acides nucléiques à leurs extrémités et raccourcissent les brins.

Explant : Tissu végétal excisé pour utilisation en culture cellulaire ou tissulaire.

Fermentation : Synthèse biochimique des métabolites par des micro-organismes (ou enzymes) cultivés sur substrat nutritif.

Fixation de l'azote : Conversion de l'azote atmosphérique en une forme assimilable par les végétaux.

Fusion cellulaire : Intégration de plusieurs cellules en une seule.

Fusion de protoplastes : Union de deux protoplastes formant une cellule hybride binucléée; méthode de transformation génétique des plantes.

Gamète : Cellule sexuelle mature pouvant s'unir à un gamète du sexe opposé pour former un embryon (végétal ou animal).

Gène : Unité de base de l'hérédité transmise d'une génération à l'autre par reproduction sexuée ou asexuée; segment d'acide nucléique de l'ADN codant pour une protéine spécifique, ou d'une molécule d'ARN.

Gène exprimé : Gène chromosomique « activé »; dans les organes, certains gènes sont actifs et d'autres pas. Remarque : quand un gène étranger est transféré dans un autre organisme, il doit être activé. La procédure est plus complexe pour les plantes que pour les bactéries.

Génome : Totalité du matériel génétique d'un organisme; composition génétique des chromosomes dans les noyaux des gamètes.

Génotype : Composition génétique d'un organisme (déterminant ses caractéristiques physiques); *voir :* Phénotype.

Guanine : Base purique de l'acide nucléique qui s'associe à la cytosine dans l'ADN et l'ARN.

Halophile : Se dit d'un organisme qui tolère le chlorure de sodium (les milieux salins).

Haploïde : Se dit d'une cellule contenant un nombre de chromosomes égal à la moitié de celui des cellules somatiques. Exemple : les cellules reproductrices.

Hélice : Courbe en forme de spirale tournant autour d'un axe central (comme un tire-bouchon).

Hétérocaryon : Cellule dans laquelle coexistent et peuvent se multiplier plusieurs noyaux haploïdes génétiquement distincts.

Hétérosis : Différence significative entre la valeur moyenne d'un caractère chez un descendant et chez ses parents.

Hétérozygote : Descendant qui hérite de gènes différents de ses parents pour un caractère donné.

Homozygote : Descendant qui hérite de gènes identiques de ses deux parents pour un caractère donné (d'où production de gamètes génétiquement stables).

Hormone : Messager chimique secrété par une glande endocrine (à sécrétion interne) et transporté par le sang pour susciter une réponse spécifique dans l'organe cible. Par exemple, l'adrénaline stimule la fonction cardiaque et l'insuline contrôle le métabolisme des glucides.

Hybridation somatique : Procédé permettant d'obtenir des hybrides par fusion de cellules somatiques (par opposition à la fusion des gamètes).

Hybride : Organisme provenant du croisement de deux génomes distincts – soit par reproduction de parents sexuellement compatibles, soit par transgenèse.

Hybride intergénérique : Hybride provenant de parents appartenant à deux genres différents. Exemple : croisement du blé amidonnier (*triticum*) et du seigle (*secale*).

Hybridome : Cellule hybride provenant de la fusion d'une cellule cancéreuse et d'une cellule normale. Celles qui proviennent de lymphocytes de la rate peuvent être clonées pour secréter des anticorps purs (*voir :* Anticorps monoclonal).

Insuline : Hormone synthétisée par le pancréas, et qui régule le métabolisme du glucose. Les diabétiques souffrent d'une insuffisance insulinique. L'insuline a été la première protéine naturelle à être synthétisée in vitro. Elle est maintenant synthétisée par des bactéries génétiquement modifiées.

Interféron : Protéine présente dans le sang des mammifères en réaction à une infection virale.

Introns : Séquences nucléotidiques de l'ADN s'intercalant avec les exons et non exprimées par la synthèse des protéines.

In vitro : Littéralement : « dans du verre ». Se dit d'un processus biologique naturel reproduit de manière expérimentale en dehors de tout organisme vivant.

In vivo : Se dit des processus biologiques intervenant dans un organisme vivant.

caryo– : Du grec signifiant « noyau ». À partir de cet élément se forgent les termes *eucaryote* (organisme possédant un noyau cellulaire vrai, c'est-à-dire enclos dans une membrane nucléaire) et *procaryote* (organisme ne possédant pas de noyau cellulaire vrai).

Laitance : Sperme des poissons.

Leucocyte : Globule blanc.

Ligase : Enzyme qui catalyse l'union de deux molécules. Dans les techniques de recombinaison, les ligases permettent d'unir entre eux des brins d'ADN.

Lignine : Polymère végétal phénolique complexe de composition variable.

Lignocellulose : Polymère composé de lignine et de cellulose, essentiel à la structure des plantes ligneuses.

Lymphocyte : Leucocyte synthétisé dans le nœud lymphoïde (ganglion) et dans la rate, et qui stimule la synthèse des anticorps in vivo.

Lyse : Destruction physique, chimique ou enzymatique des parois d'une cellule pour en libérer le contenu.

Méiose : Division d'une cellule reproductrice donnant deux noyaux dont chacun contient la moitié des chromosomes présents dans une cellule somatique normale. Quand les cellules reproductrices fusionnent entre elles, l'embryon qu'elles forment ainsi possède tout le stock chromosomique, qui provient pour moitié de chacune des deux cellules mères.

Méristème : Extrémité des nouvelles pousses ou des racines des plantes constituant le siège d'une prolifération cellulaire rapide.

Méristème apical : Extrémité d'une jeune pousse ou de la racine d'une plante contenant des cellules pouvant être cultivées pour produire des plantes exemptes de maladies.

Métabolisme : Ensemble des transformations biochimiques et biophysiques intervenant dans un organisme vivant.

Métabolite : Produit biochimique d'une réaction métabolique.

Micro-organisme entomogène : Bactérie qui infecte les insectes.

Mitochondrie : Corpuscule protoplasmique filamenteux se trouvant dans le cytoplasme cellulaire et véhiculant les enzymes qui interviennent dans la synthèse catalytique des composés stockant l'énergie.

Mitose : Division des cellules somatiques (non reproductrices) dans laquelle chacune des cellules filles contient un nombre de chromosomes égal à celui de la cellule mère.

Morphogenèse : Régénération d'un organisme ou d'un organe complet à partir de cellules reproductrices ou somatiques.

Mutagène : Agent ou processus chimique ou physique provoquant la mutation.

Mutation : Modification transmissible des propriétés d'un organisme provoquée par l'altération d'un ou plusieurs gènes.

Mycorhize : Relation symbiotique entre un champignon et les racines d'une plante supérieure permettant à cette plante de mieux absorber les nutriments du sol (par exemple, les phosphates).

Nucléase : Enzyme catalysant l'hydrolyse des acides nucléiques.

Nucléoprotéine : Acide nucléique (ADN) combiné à une protéine dans le noyau cellulaire; principale composante des virus.

Nucléotide : Molécule de sucre, phosphate et base se liant à des molécules similaires par les phosphates pour former les acides nucléiques.

Oncogène (adj.) : Organisme ou substance stimulant la synthèse des cellules cancéreuses.

Oncogène (n. m.) : Gène modifié activé transformant les cellules saines en cellules cancéreuses.

Organite : Corpuscule protoplasmique contenu dans les cellules et assurant des fonctions spécifiques. Exemples : noyau, mitochondrie, ribosome.

Ovocyte : Cellule qui se divise pour donner une cellule reproductrice femelle.

Pathogène : Se dit d'un organisme susceptible d'en infecter un autre, provoquant ainsi une maladie.

Peptide : Liaison chimique qui intervient entre les acides aminés et leur permet de former les polypeptides protéiniques.

Phénotype : Ensemble des caractéristiques physiques (taille, morphologie, etc.) d'un organisme résultant de l'interaction de l'expression de ses gènes et de son milieu.

Phytopathogène : Se dit d'un organisme pathogène pour une ou plusieurs espèces végétales.

Plasma germinatif : Matériel génétique permettant la production d'une descendance. Exemple : une graine.

Plasmide : Petite molécule d'ADN circulaire capable de se répliquer indépendamment des principaux chromosomes; des fragments d'ADN étrangers insérés dans les plasmides et transférés entre cellules microbiennes par vecteurs bactériophages peuvent être utilisés dans les transformations génétiques.

Plasmide Ti : Plasmide d'*A. tumefaciens* qui transfère les gènes induisant la formation des tumeurs dans les plantes; sous sa forme désactivée (sans les gènes inducteurs de tumeurs), il est utilisé pour insérer des gènes étrangers dans les cellules végétales.

Ploïdie : Nombre des jeux chromosomiques d'un organisme ou d'une cellule.

Pollen : Substance poudreuse contenue dans des sacs attachés aux anthères des plantes; chaque grain de pollen contient deux noyaux mâles (deux gamètes mâles).

Polymère : Macromolécule formée de molécules plus petites liées entre elles par des chaînes pouvant être réticulées.

Procaryote : Organisme simple (par exemple, une bactérie) ne possédant pas de noyau cellulaire vrai (c'est-à-dire délimité par une membrane); l'hérédité est alors régie par un brin nu d'ADN.

Protoplasme : Substance complexe semi-fluide dont sont composés tous les organismes vivants.

Protoplaste : Cellule végétale dont les parois ont été détruites par processus physique ou enzymatique.

Provirus : Virus intégré à l'ADN de la cellule hôte.

Purine : Base des acides nucléiques (l'adénine et la guanine dans l'ADN et l'ARN).

Pyrimidine : Base des acides nucléiques (la cytosine et la thymine dans l'ADN; l'uracile remplace la thymine dans l'ARN).

Régénération : Développement d'un organisme complet par culture cellulaire.

Reproduction asexuée : Reproduction végétale ou animale sans fusion de gamètes mâle et femelle – reproduction végétative; cultures cellulaires, tissulaires.

Rétrovirus : Virus qui utilise l'enzyme transcriptase inverse pour transcrire son ARN en ADN et s'incorporer ensuite au génome d'une cellule hôte.

Ribosome : Particule phytoplasmique d'ARN avec protéines associées; site de la synthèse des protéines selon le code ARNm.

Sauvetage d'embryons : Production de plants fertiles par culture d'embryons obtenus grâce au croisement de plantes génétiquement non apparentées entre elles.

Séquence codante : Partie d'un gène dont l'expression donne une protéine.

Spore : Corpuscule reproducteur formé d'un nombre relativement restreint de cellules.

Sporophyte : Plante ou autre organisme produisant des spores.

Stigmate : Organe femelle des plantes à fleurs : extrémité distale du style à partir de laquelle le pollen déposé peut se rendre jusqu'à l'ovule.

Tératogène : Se dit d'un agent susceptible de provoquer des malformations congénitales.

Thérapie génique (génothérapie) : Remplacement d'un gène défectueux par un gène fonctionnel chez une personne souffrant d'une maladie d'origine génétique.

Thermophile : Se dit d'un micro-organisme qui prolifère à des températures relativement élevées (environ 45 °C).

Thymine : Base pyrimidique des acides nucléiques qui s'associe à l'adénine dans l'ADN.

Totipotente : Se dit d'une cellule capable de s'autodifférencier et donner naissance à un embryon ou à un organisme entier.

Transcription : Synthèse de l'ARN à partir d'une matrice ADN; le code génétique de l'ADN place les bases de l'ARN dans l'ordre voulu.

Transposon : Fragment court et mobile d'ADN pouvant s'insérer en différents sites chromosomiques pour causer des mutations.

Typage sérologique : Analyse de la réaction antigène/anticorps permettant de repérer les bactéries pathogènes.

Uracile : Base pyrimidique des acides nucléiques qui s'associe à l'adénine dans l'ARN.

Vaccin : Virus ou micro-organisme pathogène désactivé ou affaibli et porteur d'antigènes. Injecté à un animal vivant, il stimule la production des

anticorps pour contrecarrer l'action des antigènes et parer ensuite aux infections par le pathogène d'origine.

Variation somaclonale : Pendant la culture des cellules somatiques, l'ADN peut se reconstruire pour former des cellules différentes de celles du parent. Les cellules filles sont des variants somaclonaux pouvant induire des variations génétiques.

Vecteur : Véhicule permettant le transfert de l'ADN entre les cellules.

Vecteur rétroviral : Procédé permettant de transférer de l'ADN étranger dans des cellules animales; remplace une partie du génome viral par le génome hôte.

VIH : Virus de l'immunodéficience humaine (un rétrovirus).

Virus : Organisme le plus petit qui soit connu à l'heure actuelle; prolifère en infectant des cellules vivantes pour contrôler leurs processus synthétiques et reproducteurs.

Zygote : Œuf fécondé.

Références

Agriculture Canada [1989], *Partenaires dans la Croissance*, Publications Agriculture Canada, 5269/F.

Altieri, M. A. [1986], *L'agroécologie : bases scientifiques d'une agriculture alternative*, traduction de Michel Pimbert, Éditions Debard, Paris.

Ames, B. N. [1983], « Dietary Carcinogens and Anti-carcinogens », *Science* 221[4617], 1256–1264.

Ames, B. N. & Gold, L. S. [1990], « Environmental Pollution and Cancer », *Science and the Law* 25 juillet, 1–33.

Amos, W. F. [1997], « Waste water in the Food Industries », *Food Science Technology Today* 11[2], 96–104.

Arizpe, L. *et al.* [1992], « Population and Natural Resource Use », *in* : *An Agenda of Science for Environment and Development into the Twenty-first Century*, Cambridge University Press, Royaume-Uni.

Armstrong, K. [1997], *Histoire de Dieu : d'Abraham à nos jours*, traduction de l'anglais par Jean-Baptiste Médina, Éditions du Seuil, Paris.

Armstrong, K. [2005], *Une brève histoire des mythes*, traduction de l'anglais par Delphine et Jean-Louis Chevalier, Éditions du Boréal, Montréal.

Banque mondiale : *Voir aussi* « World Bank ».

Banque mondiale [1978–2006], *Rapport sur le développement dans le monde* (publication annuelle).

Barlow, W. [1997], *Prince Philip Lecture*, Royal Society of Arts, Londres.

Baum, W. C. [1986], *Partners Against Hunger: Consultative Group on International Research*, World Bank, Washington.

Beaton, G. H. [1991], « Estimation des besoins nutritionnels de l'homme », *Alimentation, nutrition et agriculture*, FAO, Rome.

Bindoff, S. T. [1950], *Tudor England*, Penguin Books, Royaume-Uni.

Blaxter, K. [1986], *People, Food and Resources*, Cambridge University Press, Royaume-Uni.

Blaxter, K. [1992], « From hunting and gathering to agriculture », *in* : *Planning for Better Nutrition in the 21st Century*, James P., Horisberger, M. & Leathwood, P. (dir.), Raven Press, New York.

Boeringer, R. [1980], *Alternative Methods of Agriculture*, Elsevier Science Pub, Amsterdam.

Bouquet, A. C. [1962], *Comparative Religion*, Penguin Books, Royaume-Uni.

Bourne, M. C. [1977], *Post-harvest Food Losses*, Cornell University Press, Ithaca, États-Unis.

Brandt, W. [1980], *Nord-sud : un programme de survie*, traduction de l'anglais par Raymond Albeck, Guy Fritsch-Estrangin et Nina Godneff, Gallimard, Paris.

Brandt, W. [1983],*Common Crisis*, Pan Books, Londres.

Brown, H. [1954], *The Challenge of Man's Future*, Viking Press, New York.

Brown, L. R. [1987], *Sustaining World Agriculture*, Worldwatch Institute, Washington.

Brown, L. R. & Wolf, A. [1984], *Soil Erosion*, Paper No 60, Worldwatch Institute, Washington.

Brundtland, G. H. [1987a], *Notre avenir à tous* (Rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement), publication de la Commission, Genève.

Brundtland, G. H. [1987b], *Food 2000: Global Policies for Sustainable Agriculture*, Zed Books, Londres.

Bunting, A. H. [1987], *Agricultural Environments: Characterisation & Mapping*, CAB International, Oxford, Royaume-Uni.

CAEFMS [1990], *Agriculture and the Environment: Economic dimensions of sustainable agriculture*, CAEFMS Publication No 1, University of Guelph, Canada.

Carson, R. [1968]. *Printemps silencieux*, traduction de l'anglais par Jean-François Gravrand, Éditions Plon, Paris. CEE [1991], Règlement (CEE) n° 2092/91 du Conseil, du 24 juin 1991, concernant le mode de production biologique de produits agricoles et sa présentation sur les produits agricoles et les denrées alimentaires, *Journal officiel n° L 198 du 22/07/1991 p. 0001–0015*, Commission européenne, Bruxelles.

CEE [2002], (EEC) *Organic farming in the EU: Facts and figures*, Commission européenne, Bruxelles.

CEDGA (Commission européenne, Direction générale de l'Agriculture) [2000], *L'agriculture biologique – Guide sur la réglementation communautaire*, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg.

Chandler, R. F. [1982], *Renewal of the CGIAR: Sustainable Agriculture for Food Security*, CGIAR, World Bank, Washington.

Clutton-Brock, J. [1987], *A Natural History of Domesticated Mammals*, Museum of Natural History, Londres.

CGIAR/TAC [1989], *Sustainable Agricultural Production: Implications for International Agricultural Research*, TAC Secretariat, FAO, Rome.

CGIAR [2002], *CGIAR Report for 2002*, CGIAR Secretariat, World Bank,Washington.

Cohen, A. [2003], *While Canada Slept*, McLelland & Stewart, Toronto.

Cooper, B. M. [1971], *Writing Technical Reports*, Pelican-Penguin Books, Royaume-Uni.

Cowell, F. R. [1948], *Cicero and the Roman Republic*, Penguin Books, Royaume-Uni.

CRDI [1981], *Décennie d'expérience*, Centre de recherches pour le développement international, Ottawa.

Critchfield, R. [1981], *Villages*, Anchor Press, Doubleday, New York.

Crosland, M. P. [1978], *Historical Studies in the Language of Chemistry*, Dover Publications, New York.

Davis, P. J. *et al.* [2003], « Synthesis of novel starches in Planta: Opportunities and challenges », *Stärke* 55, No 3–4, 107–120.

De Burgh, W. G. [1947], *The Legacy of the Ancient World*, Macdonald and Evans, Londres.

Dekker, J. [1991], « Pesticides », *in* : [ICSU-CASAFA 1991].

Demek, T. *et al.* [2000], « Endosperm Starch in Canadian Wheat Cultivars' » *Cereal Chemistry* 76, 694–698.

Descartes, R. [2005], *Discours de la méthode*, avec introduction et notes par Étienne Gilson, Éditions J. Vrin, Paris.

Dixon, B. [1973], *What is Science for*?, Penguin Books, Royame-Uni.

Doyle, J. J. & Persley, G. J. [1996], *Enabling safe use of biotechnology*, World Bank, Washington.

Edwards, C. A., Lal, R. *et al.* [1990], *Sustainable Agricultural Systems*, Soil & Water Conservation Society, Ankeny, IA, États-Unis.

Eurobaromètre [2003], *Les Citoyens de l'Union Européenne et la Biotechnologie en 2002*, Direction générale de la recherche (Commission européenne), Bruxelles.

Evans, E. [1993], *Biotechnology: Opportunities for Control of Insects and Vectors*, Rockefeller Foundation, New York.

Evenson, R. E. & Gollin, D. [2003], « Assessing the impact of the Green Revolution: 1960 to 2000 », *Science* 300, 758–762.

FAO [1983], *Post-harvest Loss in Quality of Food Grains*, FAO, Rome.

FAO [1984], *Terres, vivres et population* , FAO, Rome.

FAO [2000], *The State of Food Insecurity Across the World*, FAO, Rome

Farrar, M. T. & Milton, J. P. [1972], *The Careless Technology*, Natural History Press, Garden City, New Jersey.

Fischer, L. [1954], *Gandhi: His Life and Message for the World*, Mentor Books: the New American Library, New York.

Flannery, T. [2006], *Les faiseurs de pluie : l'histoire et l'impact futur du changement climatique*, traduction de l'anglais (Australie) par Raymond Clarinard, Éditions H. d'Ormesson, Paris.

Fox, J. & Brown, D. [1998], *The Struggle for Accountability*, MIT Press, Cambridge, Mass.

Galbraith, J. K. [1965], *The Underdeveloped Country*, Massey Lectures, CBC Publications, Toronto.

Galbraith, J. K. [1974], *La science économique et l'intérêt général*, **traduction** de l'anglais par Jean-Louis Crémieux-Brilhac et Maurice Le Nan, Gallimard, Paris.

Giampetro, M. & Bukkens, S. G. F. [1992], « Sustainable Development: Scientific & Ethical Assessment », *Journal of Agricultural & Environmental Ethics* 5[1], 27–57.

Gibbon, E. [1983], *Histoire du déclin et de la chute de l'empire romain*, traduction de l'anglais par M. F. Guizot, Éditions Robert Laffont, Paris.

Gilliand, B. [1983], « World Population and Food Supply », *Population & Development Reviews* 9[2], 203–211.

Gribbin, J. [2002], *Science: A History*, Penguin Books, Royaume-Uni.

Harper, R. F. [1999], *The Code of Hammurabi, King of Babylon*, The Law Book Exchange, New Jersey.

Harris J. M. *et al.* [2001], *A Survey of Sustainable Development*, Island Press, Washington.

Harrison R. G. [2003], *Global Sustainable Development in the Twenty-first Century*, TERI Silver Jubilee Conference, New Delhi.

Harwood R. R. [1990], « A history of sustainable agriculture », *in* : *Sustainable Agricultural Systems*, Edwards, C. A. (dir.), St Lucie Press, États-Unis.

Henderson [2004], « How we may have wiped out two close relatives », *The Times of London*, 5 octobre.

Hengeveld, H. [1995], *Comprendre l'atmosphère en évolution*, Environnement Canada, Rapport sur l'état de l'environnement 95-2, Ottawa.

Hengeveld, H. [2006], *Le CO_2 et le Climat*, Direction générale des sciences et de la technologie – Environnement Canada, Toronto.

Howe, R. W. [1967], *Black Africa*, New Africa Library.

Hulse, J. H. [1991], « Global perspectives on sustainable development », *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie* 39, 541–551.

Hulse, J. H. [1991a], « Nature, composition and utilisation of grain legumes », *in* : *Uses of tropical grain legumes*. ICRISAT, Hyderabad, Inde.

Hulse, J. H. [1994], « Nature and composition of food legumes », *in* : *Cool Season Food Legumes*, Muehlbauer, F. J. & Kaiser, W. J. (dir.), Kluwer Academic Publisher, Pays-Bas.

Hulse, J. H. [1995], *Science, agriculture et sécurité alimentaire*, Les presses scientifiques du Conseil national de recherches Canada (CNRC), Ottawa.

Hulse, J. H. [1996], « Food technology: Internationally neglected », *Food Science & Technology Today* 10[4], 194–197.

Hulse, J. H. [1998], *Rural agroindustries and urban food security*, Institute of Ecotechnology and Agroindustries, M. S. Swaminathan Research Foundation, Chennai.

Hulse, J. H. [1999], « Urban food security: A crisis for food systems analysts », *Food Science & Technology Today* 13[3], 123–128.

Hulse, J. H. [2002], « Ethical issues in biotechnologies and international trade », *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* 77, 607–615.

Hulse, J. H. [2004a], « Biotechnologies: Past history, present state, future prospects », *Trends in Food Science* & *Technology* 15, 3–18.

Hulse, J. H. [2004b], « Integrated food systems », *Journal of Food Science* 69[4], 130–135.

Hulse, J. H. & Escott, V. J. [1986], « Drought: Inevitable and unpredictable », *Interdisciplinary Science Reviews* 11[4], 346–358.

Hulse, J. H. & Laing, E. M. [1974], *Nutritive value of the triticale protein*, IDRC 021e, Ottawa.

Hulse, J. H. *et al.* [1980], *Sorghum and the Millets: Their composition and Nutritive Value*, Academic Press, Londres.

Hutchinson, J. [1974], *Evolutionary Studies in World Crops*, Cambridge University Press, Royaume-Uni.

IBSRAM [1991], *Evaluation for sustainable land management in the developing world*, International Board for Soil Research & Management, Bangkok, Thaïlande.

ICSU-ASCEND [1992], *An Agenda of Science for Environment and Development for the Twenty-first Century*, Cambridge University Press, Royaume-Uni.

ICSU-CASAFA [1991], *Sustainable Agriculture and Food Security*, ICSU, Paris.

IFBC [1990], « Safety of foods produced by genetic modifications », *Regulatory Toxicology & Pharmacology* 12[3], S1–S190.

IFPRI [2002], *Sustainable Food Security for all by 2020*, International Food Policy Research Institute, Washington.

IFST [1996], *Guide to Food Biotechnology*, Institute of Food Science and Technology, Royaume-Uni.

IFT [2000], « IFT Expert report on biotechnology and foods », *Food Technology* 54[8].

IFT [2001], « Detection of GM food products », *IFT Journal of Food Sciences* (États-Unis) 66[5].

ISRIC [1991], *World map of the status of human-induced soil degradation*, International Soil Reference & Information Centre, Wageningen, Pays-Bas.

IUNS/CABI [1983], « Recommended dietary intakes around the world », *Nutrition Abstracts and Reviews* 53[11], 939–1117.

Jain, H. K. [1983], « Agriculture and Environment », *Indian Farming*, juin 1983, 5–19.

James, C. [2005], « Global status of Commercialized Biotech/GM Crops 2005 », ISAAA, Ithaca, New York.

Jogdand S. N. [1996], *Environmental Biotechnology: Industrial Pollution Management*, Himalaya Publications House, Mumbai.

Jogdand S. N. [2003], *Operational Maintenance of Wastewater Treatment Plant*, Book Enclave, Jaipur.

Jones, J. M. [1965], *The United Nations at Work*, Pergamon Press, Londres.

Kates, R. W. [1994], « Sustaining life on earth », *Scientific American* 271[4], 92–99.

Kennedy, P. [1989], *Naissance et déclin des grandes puissances : transformations économiques et conflits militaires entre 1500 et 2000*, traduction de l'anglais par Marie-Aude Cochez et Jean-Louis Lebrave, Éditions Payot, Paris.

Kidd, C. V. [1992], « The evolution of sustainability », *Journal of Agricultural & Environmental Ethics* 5[1], 1–26.

Leick, G. [2002], *Mesopotamia*, Penguin Books, Royaume-Uni.

Lewis, B. W. [1993], *Les Arabes dans l'histoire*, **traduction de** l'anglais par Denis-Armand Canal, Éditions Aubier, Paris.

MacIntyre, A. [1966], *A Short History of Ethics*, Collier Books, New York.

MacMillan, M. [2003], *Paris 1919*, Random House, New York.

McEvedy, C. [1985], *Atlas de l'histoire ancienne*, traduction de l'anglais par Colette Vlérick, Éditions Robert Laffont, Paris.

Mead, W. R. [2007]. « Le pays de Dieu? », traduction de l'anglais par Olivier Scheier, *La revue internationale et stratégique*, nº 65, printemps, p. 6–21.

Meadows, D. H. *et al.* [1974], « Rapport sur les limites de la croissance », *in* : *Halte à la croissance ?*, Éditions Fayard, Paris.

Meadows, D. L. [1977], *Alternatives to Growth*, Bullinger Publishing, Boston.

Mees, C. E. K. [1947], *The Path of Science*, J. Wiley, New York.

Mookerji, R. K. [1961], *Glimpses of ancient India*, Bhavan's Book University, Bombay.

NABC [1989], *Biotechnology and Sustainable Agriculture*, National Agricultural Biotechnology Council, Boyce-Thompson Institute, Ithaca, New York.

NAS [1978], *Post-harvest food losses in developing countries*, National Academy of Sciences, Washington.

Nowell-Smith, P. H. [1959], *Ethics*, Pelican-Penguin Books, Londres.

NRC/NAS [1977], *World Food and Nutrition Study*, National Academic Press, Washington.

NRC/NAS [1989], *Alternative Agriculture*, National Academic Press, Washington.

Nye, R. B. & Morpurgo, J. E. [1961], *Histoire des États-Unis*, traduction de l'anglais par Jean Lestrade, Gallimard, Paris.

OCDE [1981], *Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental, « Manuel de Frascati 1980 »*, OCDE, Paris

OMS/FAO [1993], *Stratégies d'évaluation de la salubrité des aliments produits par biotechnologie (Rapport d'une consultation conjointe FAO/OMS)*, Organisation mondiale de la santé, Genève.

PCFFF [2002], *Farming & Food: A Sustainable Future*, Ministry of Environment, Food & Rural Affairs, Royaume-Uni.

Pearson, L. B. [1969], *Vers une action commune pour le développement du Tiers Monde (Rapport de la Commission d'étude du développement international)*, Éditions Denoël, Paris.

Plumb, J. H. [1963], *England in the Eighteenth Century*, Penguin Books, Royaume-Uni.

Plumptre, A. F. W. [1977], *Three Decades of Decision*, McClelland & Stewart, Toronto.

Prabhu, R. K. [1960], *An Anthology of Modern Indian Eloquence*, Bharatiya Vidya Bhavan, Bombay.

Price, T. D. (dir.) [1989], *The Chemistry of Prehistoric Human Bone*, Cambridge University Press, Royaume-Uni.

Quiller-Couch, Sir A. [1916, 1938], *On the Art of Writing*, Cambridge University Press, Royaume-Uni.

Rama [1950], *If you must write*, Peter Garnett, Londres.

Reganold, J. P. *et al.* [1990], « Sustainable agriculture », *Scientific American* 262[6], 112–120.

Reutlinger, S. [1987], « Food security, trade and aid » *in* : *Food Policy,* Gittinger, J. P. *et al*. (dir.), Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Revelle, R. [1976], « Resources available for agriculture », *Scientific American* 253[9], 165–178.

Rodale, R. [1983], « Breaking New Ground », *The Futurist* 17(1), 15–20.

Rose, S. [1971], *La chimie de la vie*, traduction de l'anglais par Eugénie Masour, Éditions Gauthier-Villars, Paris.

Rosegrant, M. W. *et al.* [2002], *Global Water Outlook to 2025*, International Food Policy Research Institute, Washington.

Royal Society [2004], *Nanosciences and Nanotechnologies*, Royal Society Policy Document 19/04, Londres.

Russell, B. [1957], *History of Western Philosophy*, Allen & Unwin, Londres.

Russell, B. [1969], *Signification et vérité*, traduction de l'anglais par Philippe Devaux, Éditions Flammarion, Paris.

Santé et bien-être social Canada [1989], *Approches pour l'évaluation de l'innocuité des cultures issues des techniques d'hybridation par croisement éloigné*, Santé et bien-être social Canada, Ottawa.

Santé et bien-être social Canada [1990], *Recommandations sur la nutrition (rapport du Comité scientifique de révision)*, Santé et bien-être social Canada, Ottawa.

Santé Canada [1992], *Le guide alimentaire canadien pour manger sainement*, Santé Canada, Ottawa.

Santorum, A. & Gray, J. [1993], « A general approach to assessment of public stocks », *in* : *Food Security & Food Inventories in Developing Countries*, Berck, P. & Bigman, D. (dir.), CAB International, Wallingford, Oxon.

Schumm, M. K. [1987], *Understanding Organic Chemistry*, Macmillan Pub Co., New York.

Scientific American [1994], « Sustaining life on earth », *Scientific American* 271[4], 22–99.

Sen, A. [1987], « Poverty and entitlements », *in* : *Food Policy,* Gittinger, J. P. *et al.* (dir.), Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Simmonds, N. W. [1976], *Evolution of Crop Plants*, Longmans, Royaume-Uni.

Société des Nations [1937], *L'alimentation dans ses rapports avec l'hygiène, l'agriculture et la politique économique (Alimentation. Rapport définitif du Comité mixte de la Société des Nations)*, Genève

Stern, C. & Sherwood, E. R. [1966], *The Origin of Genetics*, Freeman & Co, San Francisco.

Stoskopf, N. C. [1993], *Plant breeding: Theory and practice*, Westview Press, Boulder, Colorado.

Swaminathan, M. S. [1999], « Science in response to human basic needs », *Current Science* 77[3], 341–353.

Swaminathan, M. S. [1999a], *A Century of Hope*, East-West Books, Madras.

Swaminathan, M. S. [2000], « An Evergreen Revolution », *Biologist* 47[2], 85–89.

Swaminathan, M. S. [2001], *Achyara N G Ranga Memorial Lecture*, M. S. Swaminathan Research Foundation, Chennai.

Swaminathan, M. S. [2002], *From Rio de Janeiro to Johannesburg*, East-West Books, Madras.

Swaminathan, M. S. & Sinha, S. K. [1986], *Global Aspects of Food Production*, Tycooly International Press, Oxford, Royaume-Uni.

Tacitus, C. [1956], *Annals of Imperial Rome*, Penguin Classics, Royaume-Uni.

Thapar, R. [1966], *A History of India*, Penguin Books, Royaume-Uni.

Thomas, C. D. *et al.* [2004], *Nature* 427, janvier, 145–148.

Titus Livius [1960], *The Early History of Rome*, Penguin Books, Royaume-Uni.

Vepa, S. S. & Bahavani, R. V. [2001], *Food Insecurity Atlas of Rural India*, M. S. Swaminathan Research Foundation, Chennai.

Verpmann, H.-P. [1973], « Animal bone finds and economic archaeology », *World Archaeology* 4, 307–322.

Ward, B. [1961], *The Rich Nations and the Poor Nations*, Massey Lectures, CBC Publications, Toronto.

Ward, B. & Dubos, R. [1972], *Nous n'avons qu'une terre*, traduction de l'américain sous la direction de Paul Alexandre, Éditions Denoël , Paris.

Weinberg, S. [1994], « Life in the Universe », *Scientific American* 271[4], 22–27.

Wells, H. G. [1942], *The Outlook for Homo Sapiens,* Readers Union, Secker & Warburg, Londres.

Wheatley, A. D. [1994], « Effluent treatment in the food industry », *Food Science Tech Today* 8[1], 16–23.

Wheeler, A. & Jones, A. K. [1989], *Fishes*, Cambridge Manuals in Archaeology, Cambridge University Press Royaume-Uni.

Williams, P. C. [1974], « Errors in protein testing », *Cereal Science Today* 19, 280–286.

Winegard, W. [1987], *Qui doit en profiter? (Rapport sur les politiques et programmes du Canada en matière d'aide publique au développement)*, Gouvernement du Canada, Ottawa.

World Bank : *Voir aussi* « Banque mondiale ».

World Bank [1987], *Social Indicators of Development 1987*.

Wortman, S. & Cummings, R. [1978], *To Feed this World*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.

WRI [1997, 2000, 2004], *Report of World Resources Institute*, New York.

Zandstra, H. G. *et al.* [1981], *A Methodology for on-farm Cropping Systems*, International Rice Research Institute Los Banos, Philippines.

Index

A
abbasside, empire, 237
Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (GATT), 55
Action 21, 98–101, 102, 104, 282. *voir aussi* Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED)
ADN, sondes, 226
Afghanistan, 32, 54, 69, 118, 351
Afrique
  agriculture, 66–67, 94, 148, 161, 170, 295
  et aide, 83
  Bismarck, Conférence, 48–49, 72
  colonisation, 26, 48–49, 72
  commerce, 336, 337
  eau, 295
  économie, 16, 58, 61
  NEPAD, 104
  nutrition, 180
  pauvreté, 60–61, 62, 65, 71, 93, 100, 108, 112, 117
  population, 85, 236
  sécheresse, 90, 262–263, 265
  sécurité alimentaire, 175
  systèmes agricoles, 282, 288, 289, 290–291, 292
  terres et sols, 153, 154
Agence canadienne de développement international (ACDI), 52, 307
agriculture. *voir aussi* récoltes; systèmes agricoles
  biologique, 156–158
  et botanique, 141–144
  chasse et cueillette, 124–125
  classification taxonomique, 141–143
  définition, 122
  durable
    concepts divergents, 147–150
    dénominations et définitions, 150, 155–158, 160
Initiative pour le développement durable dans l'agriculture, 164–166, 291
    objectifs, 149–150
    rendements, 160–162
    Royaume-Uni, 162–163
    systèmes agricoles, 150–151
  et économie, 66
  de l'empirisme à la science, 136–139
  engrais, 158–160
  GCRAI, 50, 166–171, 288, 294
  histoire, 26, 121, 123, 127–135, 133–134, 138, 143–144
  irrigation, 265–266
  mécanisation, 134–136
  origines, 127–133
  pesticides naturels, 171, 175
  ravageurs, 171–174
  recherche internationale, 166–171

rendements, 169–170
et ressources, 65, 152–153
subventions, 66, 69, 93, 94, 118, 336, 337
terre et sols, 66, 152, 153–154
agroalimentaire
définition, 122, 283
durabilité, 136, 284
entreprises rurales, 283–284
agroforesterie, 292–294
aide alimentaire, 186
aide bilatérale, 77, 82, 350
aide liée, 16, 18, 62, 63, 71, 86, 308, 350
aide publique au développement (APD), 53–54, 56, 61, 69, 74, 75–79, 84, 86, 87, 92, 93, 103, 118, 351
Akkad, 131
al-Mansur, 237
alchimie, 139, 205
Alexandre le Grand, 237, 343
Alexandrie, bibliothèque, 343, 344
alimentation. *voir aussi* sécurité alimentaire
et aide, 186
besoins nutritionnels, 187–193
biotechnologies industrielles, 208–210
conservation des aliments, 199, 221–226, 274–278
histoire, 131–132
hominidés, 125–127
infections, 223
innocuité alimentaire, 174
intolérances, 193
politique alimentaire, 183–184
régimes, 126, 189, 193
systèmes alimentaires, 16–17, 136
transformateurs, 164, 165, 209, 210, 223, 268, 334, 336–337
transport, 238
aliments fonctionnels (« alicaments »), 190
« aliments Frankenstein », 326
Amazonie, 206, 257, 261, 337
Ambroise de Milan, 122
Amenemhat, 15
Amenhotep, 15
Amérique latine, 22, 32, 35, 36, 61, 85, 104, 135, 148, 170, 176, 181, 193, 209, 231, 236, 261, 273, 278, 294, 306, 351
antibiotiques, 207
apports quotidiens recommandés (AQR), 188, 190, 191, 193
arides, écosystèmes, 261. *voir aussi* semi-arides, écosystèmes
Aristote, 137, 205, 310, 323, 343
armements et développement, 75–79, 90, 118, 355
ASCEND 21, conférence, 97–98
Asie, 16, 58, 60–61, 62, 84, 85, 93, 94, 108, 112, 148, 153, 154, 161, 170, 175, 180, 181, 193, 194, 233, 236, 288, 289, 294
Association internationale de développement (IDA), 47, 50, 86
Assurbanipal, 343
Atbara, 132
atmosphère. *voir* climat et atmosphère
Avicenne, 205
ayurvédiques, remèdes, 286
azote, 158–160, 252

B

Babylone, 26, 123, 130, 131, 237, 289
Bacon, Francis, 111, 139, 324, 341
Bacon, Roger, 138
Balaji, Venkataramen, 301
baleine, pêche, 91, 199, 352
Balfour, Lady Eve, 156
Balfour, Sir Arthur, 49

Banque internationale pour la reconstruction et le développement (BIRD), 46–47, 50
Banque mondiale, 22, 56, 86, 298
Commissions, 81–95
développement économique, 55, 69–70
développement humain, 31–32
eau, 267
GCRAI, 166–169
pauvreté, 114–115, 118
Rapports sur le développement dans le monde, 41–42, 58–73, 111–117
Banta, Gordon, 280
Bayer, 207
Becquerel, Antoine Henri, 247
Beijing, 31, 50
Bell, Alexander Graham, 346
Bentham, Jeremy, 111, 310
Berlin, Conférence de, 48, 49
Bernard, Claude, 208
Berzelius, Jons Jakob, 141
besoins nutritionnels humains, 187–193
Big Mac, indice, 31
bio-informatique, 216–217
biocapteurs, 226
biodiésel, 245
biodisponibilité, 188
biodiversité, 39, 91, 165, 256–257, 337, 338
biofertilisants, 153, 159
biogaz, 245–246
biologie moléculaire, 176, 332
biopesticides, 153, 164, 172, 285
biopharmaceutique, 211, 212, 213, 334
biopiraterie, 336, 337–338
biotechnologies
agricoles, 17
définitions et portée, 122–123
éthique, 324–328
mécanisation, conséquences sociales, 135, 198, 202, 238
biotechnologies industrielles, 17, 197–227
alimentaires, 208–210
conservation, procédés, 221–226
définitions, 217–218
et eau, 268
évolution, 200–204
histoire, 197–199
pharmaceutiques et biomédicales, 204–208, 210, 211–216
biovillages, 284–285, 301
Birdseye, Clarence, 199
Bismarck, Conférence de, 48–49, 72
Bismarck, Otto von, 48, 49
Black, Joseph, 139
Blaxter, Kenneth, 124, 136, 234
botanique. *voir aussi* flore
et agriculture, 141–144
classification taxonomique, 141–143
ethnobotanique, 127, 128, 206, 337
Botswana, 290
Boyer, Herbert, 211
Boyle, Robert, 139
Brady, Nile, 279
Brandt, Commission et rapport, 21, 22, 55, 58, 86–88, 89, 92–95, 238, 270, 341
Brandt, Willy, 55, 63, 71, 77, 78, 81, 101, 103, 105, 106, 118
Bretton Woods, conférence, 22, 46, 50, 73
Brooks, David, 294–297

Brundtland, Commission et rapport, 3, 21, 22, 25, 58, 88–95, 147, 179, 194, 231, 238, 270, 271, 282, 341
Brundtland, Gro Harlem, 2, 38, 55, 63, 71, 77, 78, 81, 89, 91, 92, 94, 101, 103, 105, 106, 118, 352
Buchner, Eduard, 202

C

calendrier julien, 15
cambrien, 123
Campagne canadienne de lutte contre la faim, 101
Campagne contre la faim, 180, 274, 275
Canada, 61, 108, 113, 154, 173, 174, 211–212, 242, 251, 268, 272, 307–308, 317
Canada-Mysore, projet, 273, 274–278
Cáqueza, 279–281
carbone (CO_2)
  datation, 126, 128
  dioxyde, 223, 253, 255, 256, 258, 259
  taxe sur, 251
carburol, 244
cardiovasculaires, maladies, 189, 190
Carroll, Lewis, 21
Carson, Rachel, 36
Casuarina, 292
Catley-Carson, Margaret, 52
cellules souches embryonnaires humaines (CSEh), 18, 19, 324, 329–332, 333, 338
Centre de recherches pour le développement international (CRDI), 273–274, 278–303
Centre international d'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT), 167, 169, 274, 281
Centre international de formation en technologies alimentaires (IFTTC), 275, 276, 277
Centre international de recherche agricole dans les zones arides (ICARDA), 274, 288, 289, 291
Centre international pour la recherche en agroforesterie (ICRAF), 274, 294
céréales, 136, 159, 161, 176, 202–204, 263, 326
chalcolithique, 130
Charte de l'Atlantique, 18, 45–46, 49, 119, 317
Charte des Nations Unies, 46, 314
chasse et cueillette, 124–125
chauffage hyperfréquence, 224
chauffage ohmique, 223
Chili, 135, 158, 312
chimie organique, 137, 139–141, 219
chimiothérapie, 205, 206–207, 331
Chine, 30, 31, 34, 71, 110, 128, 129, 161, 174, 230, 243, 245, 255, 296–297, 316, 350
choléra, 84
Churchill, Winston Spencer, 45, 52, 317
Cicéron, 3, 15, 52, 133
civilisation védique, 133
civilisations anciennes, 14, 26, 109, 126, 129–134, 199, 315, 344, 351
Clausius, Rudolf, 24
climat et atmosphère, 251–261
  et biodiversité, 256–257
  gaz à effet de serre, 253–256
  programmes, 257–259
Codex Alimentarius, 157
colonisation, 48–49, 72
combustibles fossiles, 37, 38, 39, 91, 94, 98, 153, 155, 165, 197, 238, 241, 243, 244, 352, 353, 354

Comité parlementaire canadien sur l'aide et le développement, 52
commerce
équité, 77
et éthique, 335–338
international, 118, 318–319, 336–338
urbain, 131
Commission de l'ICSU sur l'application des sciences en agriculture, foresterie et aquaculture (CASAFA), 97
Commission économique pour l'Europe, 104
Commission mondiale sur l'environnement et le développement. *voir* Brundtland, Commission et rapport
Communauté de développement d'Afrique australe (SADC), 185
communication et langage, 341–346, 355
communications électroniques, 347
conceptions anciennes du développement durable, 14–15
Conférence des Nations Unies sur l'environnement, 38, 50, 95, 96, 230
Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED), 28–29, 38, 50, 96, 98–101, 102, 282, 306
conférences, environnement et développement, 95–102
conflits violents, 77, 78–79
congestion routière, 94, 194, 241
Conseil canadien de développement social, 108
Conseil de la recherche scientifique et industrielle (Inde), 320, 337
Conseil de sécurité (ONU), 56, 311, 355
Conseil européen, 157
Conseil international pour la science (ICSU), 97, 147, 148
Conseil national de la recherche (National Research Council (NRC)), 191
conservation
des aliments, 199, 221, 274–278
en biotechnologie, 221–226
énergie, 250–251
des ressources, 36–41
vs. consommation, 37–40
conservationnistes, 36, 38, 68
consommation, niveaux, 38, 187
contrôle de la qualité (procédés et produits), 225–226, 286
coopération internationale, 77
cosmos, 344
Cour Internationale de Justice, 311
croissance démographique, 36, 39, 41, 59, 85, 125, 134, 154, 193, 232, 235, 240. *voir aussi* population
cultures génétiquement modifiées, 173, 174–176, 217, 326, 339. *voir aussi* génétique
cunéiforme, écriture, 129, 137, 204, 237, 342–343
cyanobactéries, 159
cycle biochimique hydrique planétaire, 39
cycles hydrologiques et biogéochimiques, 97, 98

D

Daimler-Benz, 246
Darwin, Charles, 139, 144
Davy, Sir Humphrey, 137

Déclaration de Rio, 98–102, 105–106. *voir aussi* Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED)
Déclaration du Millénaire, 73–74, 104
déforestation, 87, 90, 94, 154, 229, 260, 292, 353
démocratie, 308–312
désertification, 98, 103, 292, 306
déshydratation, 222
dette bilatérale, 74
Deuxième Guerre mondiale, 15, 36, 45, 48, 67–68, 86, 315
développement, agences, 13, 22, 27, 28, 52, 287, 293, 306, 307, 346, 351
développement commercial et industriel, 319–321
développement durable
    définitions et concept, 11–12, 15–16, 22–25, 39–41, 88–89
    projets internationaux, 273–303
développement économique, 29–31, 61, 99
développement humain, 14, 25–26, 28–29, 31–35, 70. *voir aussi* Rapports mondiaux sur le développement humain (PNUD)
développement international, 45–79. *voir aussi* Banque mondiale
    agences, 28, 52, 306, 307, 346
    analyses des programmes, 56–58
    complexité, 28–35, 52
    conférences, 49–51, 95–102
    définition, 11, 12, 21–22, 27
    depuis la Deuxième Guerre mondiale, 13, 15–16, 22, 27
    donateurs, 62–63, 71
    et économie, 55–56
    objectifs, 51
    pauvreté, 27
    et politique, 18, 319–320
    priorités, 306
    progrès, évaluation, 52–55, 57, 84–85, 346–348
    projets internationaux, 273–303
développement rural intégré, 306
développement soutenable. *voir* développement durable
développement urbain, 129, 130, 135, 154, 236–241, 351
    congestion routière, 240, 241
    croissance démographique, 64–65, 67, 240
    exode rural, 239
    Mésopotamie, 237
    problèmes, 65, 239–240
Diesel, Rudolph, 245
dioxyde de carbone (CO_2), 223, 253, 255, 256, 258, 259
Doggett, Hugh, 287
doses quotidiennes recommandées (DQR), 193
droit de la mer, 91
durabilité, 24, 155, 160, 231–232, 291

E

eau. *voir aussi* sécheresse
    et climat, 261
    demande, 64–65, 266–267
    gestion, 265–266, 294–297
    irrigation, 265–266
    projets internationaux, 294–297
    réserves et accès, 264–265
    ressources, 261
    pour la survie, 353–354
    traitement des eaux usées, 268–269
eaux côtières, 94, 352, 353
    et zones cotières, 98, 259, 352
Ecclésiaste, 13
écodéveloppement, 37

école de médecine grecque
hippocratique, 325
écologisme, 36
économie, 61
et développement durable, 40
développement, 29–31, 61, 99
évolution, 25, 32, 53
système monétaire international, 46–47, 88
Edison, Thomas, 345
Égypte, 14–15, 26, 123, 126, 128, 129, 131, 132, 134, 135, 200, 202, 295, 343, 344
El-Lakany, Hosny, 292
énergie, 241–251
changements climatiques, 256–261
combustibles, 91, 244–250
conservation, 241–243, 250–251
consommation, 61, 250–251
demande, prévisions, 243
produits, 243–250
transport aérien, 243
énergie éolienne, 203, 247–249, 250
énergie marémotrice, 246–247
énergie nucléaire, 249–250
énergie solaire, 39, 247–249, 252
énergies pulsées, 224–225
environnement
conférences, 89, 95–102
et développement, 40, 269–272
dommages, 89–90
gouvernance, 230–231
protection, 37–38
épargne nette corrigée, 41–42
espérance de vie, 32, 33, 60, 69, 74, 75, 114, 235, 236, 313, 354
Essai sur la population (Malthus), 35
étalement industriel, 41
Éthiopie, 14, 30, 35, 110, 289
éthique, 323–339
bio-industries, 333–334
biotechnologies, 324–328
et commerce, 335–338
concepts et questionnements, 18, 323–324
développement durable, 39–40
OGM et génétique, 325–333
questionnements, 18–19
ethnobotanie, 127, 128, 206, 337
Euphrate, 129, 130, 131, 237, 288
évaluation d'impact, 57
évolution économique, 25, 32, 53
évolution humaine, 124–125
exode rural, 65, 135, 193, 238, 239
expansion urbaine, 65, 135, 236–241, 351

F

faim chronique, 180, 181, 182, 184, 185
campagnes, 101, 180, 274, 275
famine, 15, 40, 116, 180, 184, 186, 234
Faraday, Michael, 137, 139
faune, étude, 141–143
faune interne, 152
Fédération des Caraïbes, 315
femmes, 33, 70, 73, 99, 116, 117, 119, 200, 283, 284, 285, 290, 296, 302, 303, 331
fèves *(Vicia faba),* 190
fibres naturelles, 198, 201
Fischer, Emil, 202
Fleming, Alexander, 207
flore. *voir aussi* botanique
étude, 137, 141–144
interne, 152
nutriments, 158–159
et ravageurs, 171–172
Fondation Bill et Melinda Gates, 298
Fondation de recherche M. S. Swaminathan (MSSRF), 182, 284, 301
Fondation Ford, 167

Fondation internationale pour l'économie écologique, 39
Fondation Rockfeller, 167, 172, 173, 174, 278, 279
Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF), 47–48
Fonds fiduciaire mondial pour la diversification des cultures, 257
Fonds monétaire international (FMI), 46, 55, 86
Fonds spécial des Nations Unies (FSNU), 48
Food and Drug Administration (FDA), 197
foresterie, 231, 292–294. *voir aussi* déforestation
forêts amazoniennes, 257, 337
Franklin, Benjamin, 35

G

Galbraith, John Kenneth, 55, 106, 108, 109
Galilée, 138, 333
Gambie, 82
Gandhi, Mahatma, 3, 116, 120, 318–319, 350
gaz à effet de serre (GES), 94, 102, 248, 252, 253–256, 258, 259, 261, 306, 352
Geissler, Wolfgang, 139
Genentech, 211
génétique
    cultures génétiquement modifiées, 173, 174–176, 217, 326, 339
    éthique, 328–333
    génome humain, 214–215
    génomique fonctionnelle, 332–333
    homogénéité, 151
    modifications, 171–176, 326, 327, 328–332
    organismes génétiquement modifiés (OGM), 123, 177, 325–328, 354
    et progrès, 354
    transmission, 326
Ghana, 57, 58, 63
Gibbon, Edward, 315
Gibbs, J. Willard, 139
Global Conservation Trust, 168
golfe Persique, 130, 133
gouvernance
    et démocratie, 308–312
    et développement, 322
    environnement, 230–231
    systèmes, 305
graines oléagineuses, 202–204, 245
Grande-Bretagne, 111, 162–163, 191, 200, 237, 245, 256, 351
Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI), 50, 166–171, 288, 294
Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 258–259
Gutenberg, Johann, 137, 344

H

Hammurabi, 15, 36, 99, 109, 204, 323
Harappa et civilisation harapéenne, 26, 129, 132, 133
Harwood, Richard, 150, 177, 279, 280, 281
herbicides. *voir* pesticides
hérédité, 143
hiéroglyphes, 129, 343
holocène, 123, 127
homo erectus, 125
homo neanderthalensis (homme de Néandertal), 123, 124, 125, 127
homo sapiens, 28, 124, 125, 142
Hopper, David, 278, 280
hormones, 208

Howard, Sir Albert, 156
Howe, Russell Warren, 48
Hulse, Joseph H., 274, 275, 276, 278, 279, 283, 287
Huxley, Aldous, 137, 313
hydrogène, 246–247

I
idéologies égocentriques, 16
imagerie par résonance magnétique (IRM), 226
« impacts négatifs », 57
Inde, 18, 41, 53, 71, 84, 110, 113–114, 128, 129, 132–133, 154, 161, 182, 208, 230, 238, 243, 245, 251, 255, 274–278, 284–287, 300–303, 316, 318–319, 320, 337–338, 350
indicateur de la participation des femmes (IPF), 33
indicateur de la pauvreté humaine (IPH), 33
indicateur du développement humain (IDH), 33–34, 74–75
indicateur sexospécifique de développement humain (ISDH), 33
indicateurs sociaux, 31–33
Indus, 26, 128, 129, 132, 133, 267
inégalités sociales et économiques, 162
Ingenhousz, Jan, 137
Initiative pour le développement durable dans l'agriculture (SAI), 164–166, 291
innocuité alimentaire, 174
insertion, 115
installations sanitaires, 33, 38, 51, 55, 65, 85, 93, 107, 114, 119, 240
Institut central de recherche sur les technologies alimentaires (CFTRI), 275, 286
Institut des ressources mondiales (WRI), 38, 72, 243, 254, 264
Institut international de recherche sur le riz (IRRI), 167, 169, 170, 172, 173, 174, 177, 274, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 294
Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT), 274, 288, 291
Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI), 161, 162, 265, 266
Institut national de la nutrition (Italie), 39
interprétations, diversité, 25, 42–43
intrants, 155–156
Islam, 15, 26

J
Johannesburg, 58, 95, 101–102, 105, 106, 167
Johnson, Samuel, 347
Joule, James, 24

K
Kagemni, 15
Kekulé, Friedrich August, 137, 139, 141
Kelvin, Lord, 21, 24, 43
Khartoum, 132
Kidd, Charles, 23
Koch, Robert, 139
Kyoto et protocole, 102, 270, 352

L
langage et communication, 341–346, 355
Lavoisier, Antoine-Laurent, 21, 140–141, 241
Le capital (Marx), 312
Leeuwenhoek, Anton, 138, 205
lentilles *(Lens esculenta),* 190
Lessard, Gilles, 292, 294
libre entreprise, 70

Libye, 122
Linné, Carl von, 141–143
Loi de Speenhamland, 111
Loi sur les pauvres (1597), 110–111
Lucrèce, 328
Lundgren, Bjorn, 294

M
main d'œuvre, forte intensité de, 62, 93, 119, 121, 156, 186, 197, 287, 307, 308
maladies diarrhéiques, 90, 263, 285
malaria, 84, 103, 206, 298, 299
Mali, 293
Malthus, Thomas Robert, 35, 36
Manuel de Frascati, 321
Marx, Karl, 26, 312
mathématique, modèle de simulation, 170, 240
Maxwell, Clark, 139
McCormick, Cyrus, 135
McNamara, Robert, 60
médecine, 325
médicaments, 198, 206–207, 212–214. *voir aussi* pharmaceutique
Méditerranée, 132, 134, 199, 201, 202
mégalopoles, 41, 64, 92, 193, 240
mémoire organisationnelle, 13–14, 52, 346
Mendel, Gregor, 138, 139, 144
mésolithique, 123, 124, 126, 127
Mésopotamie, 126, 128, 129, 130–131, 133, 135, 200, 202, 205, 237, 238, 342
métabolomique, 214, 219
Meucci, Antonio, 345
meunerie, 202–204, 276
micro-ondes, 224
micronutriments, 168, 176, 217, 306. *voir aussi* nutriments
microscopie, 138–139, 205
millet *(Pennisetum typhoides),* 129, 190, 287, 288, 289, 290
Moenjodaro, 133
mondialisation, 41, 104, 166, 336, 338, 347
Morse, Samuel, 345
morse (code), 345
mortalité infantile, 32, 60, 65, 77, 285, 300
moteurs
diésel, 224, 245, 246
électriques, 203, 247, 251
à vapeur, 200
mouture. *voir* meunerie
Moyen-Orient, 49, 54, 67, 78, 170, 199, 243, 265, 266, 288, 289, 292, 293, 294, 295, 314, 316
multinationales. *voir* transnationales, entreprises

N
Nairobi, Conférence des Nations Unies sur l'environnement (1987), 96
National Research Council (NRC), 191
Nayudamma, Y., 136
néolithique, 124, 126, 127, 128
Nestlé, 164, 165, 210
Newcomen, Thomas, 200
Niger, 34, 35, 288
Nigéria, 57, 58, 75, 122, 167, 288, 290
Nil, 14, 128, 129, 131–132, 221
Norvège, 34, 54, 74, 76, 91, 352
Nous n'avons qu'une terre (Ward et Dubos), 28
Nouveau Partenariat pour le développement en Afrique (NEPAD), 104

nutriments, 158, 160, 187–188. *voir aussi* micronutriments
Nyerere, Julius, 298

O
objectifs du Millénaire pour le développement (OMD), 69, 76, 119, 180
Oersted, Christian, 137
Oka, Karim, 292
Organisation des Nations Unies (ONU), 46, 47–48, 314
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 47, 275
Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), 47
Organisation mondiale de la santé (OMS), 47, 179, 187, 191, 192, 300, 327
Organisation mondiale du commerce (OMC), 77, 93, 118, 336, 337
organisations non gouvernementales (ONG), 27, 56, 63, 96, 276. *voir aussi* développement, agences
organismes génétiquement modifiés (OGM), 123, 177, 325–328, 354. *voir aussi* génétique
Orwell, George, 5, 313

P
paléoclimatologie, 126
paléolithique, 123, 126, 127
Palestiniens, 77, 99, 311
Pasteur, Louis, 139, 207
pauvreté
  Afrique, 60–61, 62, 65, 71, 93, 100, 108, 112, 117
  ampleur, 72, 92, 110–111
  Chine, 30, 34, 71
  chronique, 22, 24, 71, 103, 118, 308, 355
  définitions, 107–108, 113
  et développement international, 27
  et environnement, 38, 65
  et femmes, 117
  Inde, 113–114
  indicateur de la pauvreté humaine (IPH), 33
  indices du développement humain (IDH), 33–34, 74–75
  inégalités entre riches et pauvres, 55, 71, 92, 94, 103, 109, 111, 112, 306, 350
  insertion, 115
  Loi sur les pauvres (1597), 110–111
  lutte contre, 93, 114–115
  Rapport sur le développement dans le monde, 60–64, 65, 111–117
  recherches, 108–110
  réforme, 118
pays à revenu faible (PRF), 60–61, 81–82, 84–86, 92–94, 110
Pays-Bas, 54, 248
Pearson, Commission et rapport, 21, 22, 51, 53, 55, 58, 63, 71, 72, 76, 77, 78, 81–86, 89, 92–95, 101, 103, 105, 118, 238, 270, 341
Pearson, Lester B., 81, 317
pêche, 352, 353
  baleine, 91, 199, 352
Perkin, William Henry, 206, 207
pesticides
  chimiques, 173, 174, 175, 326
  naturels, 171, 175
Pfizer, 216

pharmaceutique. *voir aussi* génétique
antibiotiques, 207
bio-informatique, 212, 216–217
biotechs/biopharma, 211–212
chimiothérapie, 206–207
coûts et recettes, 208, 215–216
évolution et priorités, 204–207, 210, 215
hormones, 208
médicaments, développement, 206–207, 212–213
modélisation moléculaire, 219
secteur biomédical, 211–216
traitements en aval, 219–220
Phéniciens, 201
Philippines, 281–282
Picot, George, 49
piles à combustible, 246–247
Plan Marshall, 67
plantes. *voir* botanique; flore
plantes médicinales, 122, 205, 206, 207, 286, 337
plasma germinatif, banques, 168
pléistocène, 123, 127, 234
ploutocraties, 309
pois chiches *(Cicer arietinum),* 190, 289
Politique agricole commune de l'Union européenne, 163, 316
Pondichéry, 274, 284, 285, 301, 302
population, 35, 41, 64, 232–236. *voir aussi* croissance démographique
précambrien, 123
Première Guerre mondiale, 45, 57
Priestley, Joseph, 137, 139, 140
produit intérieur brut (PIB), 29, 53
produit national brut (PNB), 14, 29, 82
Programme Alimentaire Mondial (PAM), 47, 182, 186, 195
Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), 22, 33–35, 48, 54, 73–79, 119, 167
Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 50, 95, 96, 230, 257
Programme élargi d'assistance technique (PEAT), 48
Programme Géosphère-Biosphère, 257
Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC), 257
programmes climatiques internationaux, 257–259
protéomique, 214, 219
Ptolémée, 343, 344

Q

qualité, contrôle (procédés et produits), 225–226, 286
questionnements éthiques, 18–19
questionnements scientifiques, 23–24

R

radiations ionisantes, 225
Rapports mondiaux sur le développement humain (PNUD), 6, 33, 73–79, 119
Rapports sur le développement dans le monde (Banque mondiale), 41–42, 58–73, 111–117
ravageurs, 171–174
Ray, John, 141–142
réalité virtuelle, 219, 344
recherche et gouvernements, 320–322
Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations (Smith), 111
récoltes. *voir aussi* agriculture
gestion, 151
histoire, 131
pertes post-récoltes, 209–210, 291
et sécheresse, 263–264
systèmes post-récoltes, 181, 287, 289–291

Reis, Phillip, 346
religion, 314–315
Réseau asiatique de recherche sur les systèmes culturaux (ACSN), 280
ressources humaines, 339–341
ressources naturelles, 38, 99, 230–232
conservation, 36–41
déplétion et épuisement, 230, 232
eau, 261–267
énergie, 241–243, 250–251
gouvernance, 230–231
Reuters, 345
Révolution doublement verte, 283. *voir aussi* Révolution verte
révolution industrielle, 53, 82, 85, 202, 256, 258, 351
Révolution verte, 144, 169, 170, 283, 300
rhizobiums, 159
Riddell, Robert, 37
Rio de Janeiro. *voir* Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED)
riz *(Oryza),* 169, 172, 173, 176, 279, 281–282, 283. *voir aussi* Institut international de recherche sur le riz (IRRI)
Rome ancienne, 26, 133–134, 199, 315, 344
Roosevelt, Franklin D., 45
Rothamsted, 138
Royaume-Uni. *voir* Grande-Bretagne
Rufiji, 299, 300
Russell, Bertrand, 311, 323, 324, 338, 341

S

Santayana, George, 13, 52
santé, soins et services. *voir aussi* installations sanitaires
demande, 17, 19
projets internationaux, 297–300
Savigny, Don de, 299, 300
science
évolution, 138–140
histoire, 137
sécheresse, 262–264
sécurité alimentaire, 16, 17, 41, 72, 179–195
besoins nutritionnels humains, 187–193
définitions et concepts, 179–183
et gouvernements, 184–185
réserves stratégiques, 185
sécurité matérielle, 115–116
Seif el Din, Abdul, 292
semi-arides, écosystèmes, 125, 261, 287–289
Sénégal, 263, 288, 292
séparation membranaire, 221
Shilling, Pavel, 345
Smith, Adam, 111
Smith, James, 143
Société des Nations (SdN), 15, 45, 184, 187
Société des Nations sur l'alimentation, 183
sols. *voir* terres et sols
Sommet de la Terre. *voir* Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED)
Sommet mondial des Nations Unies pour le développement durable (SMDD), 102–105
sorgho, 129, 168, 190, 263, 287, 288–289, 290

Stern, Sir Nicholas et rapport, 259–261, 271
Stockholm, Conférence des Nations Unies sur l'environnement (1972), 38, 50, 95, 230
Sumériens, 133, 137
supermarchés, 163, 209–210, 227, 335
Swaminathan, S., 101–102, 108, 151, 182, 282–283, 284, 300, 301. *voir aussi* Fondation de recherche M. S. Swaminathan
Sykes, Sir Mark, 49
Syrie, 128, 130, 288
système monétaire international, 46–47, 88
systèmes agricoles, 84, 121, 129, 136, 147–148, 150–151, 154, 156, 160, 164, 165, 166, 169–170, 278–283, 296, 321, 340. *voir aussi* agriculture; récoltes
systèmes alimentaires, 16–17, 136
systèmes culturaux, 66
systèmes politiques, 13, 315–317
systèmes sociaux modernes, 313–314

T

Tanzanie, 62–63, 297–300
taudis, 65, 74, 85, 135, 351
technologie de restriction de l'utilisation génétique (GURT), 177, 327, 328
technologies de l'information et de la communication (TIC), 300, 301, 335
Technologies du développement durable du Canada (TDDC), 25
télégraphe, 345
téléphone, 345–346
Terminator, 177, 327
Terre, évolution, 123–124, 229–230
terres et sols
agriculture, 66, 152, 153–154
classification, 149
détérioration, 66, 94, 149, 195, 317
terrorisme, guerre contre, 79, 306, 351
Tertullien, 14
textiles, 200–202
Théophraste, 131, 137
Tigre, 129, 130, 131, 237
Traité de Versailles, 49
Traités de législation, 111
transformateurs, 164, 165, 209, 210, 223, 268, 334, 336–337
transnationales, entreprises, 12, 18, 41, 70, 166, 172, 291, 336, 338
tsunami (Asie, 2004), 76, 302
tuberculose, 103, 285, 298, 299
Tunisie, 293, 295
Turquie, 128, 130 289

U

ultrasons, 225
Unilever, 164, 165, 210
Union européenne, 102, 118, 156, 163, 175, 208, 316, 317, 327, 332, 333
Union internationale des sciences psychologiques (IUPS), 340, 347
Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), 37
Université de Manchester, 110
urbanisation, 65, 135, 236–241, 351
URSS, effondrement de l'empire, 315

V

van Beneden, Eduard, 143
Van Helmont, Jean-Baptiste, 137
VIH/sida, 51, 79, 103, 213, 298

villes. *voir* développement urbain; mégalopoles
Virchow, Rudolph, 143
Vivekananda Girijana Kalyana Kendra/Karuna Trust (VGKK/KT), 285–287
vocabulaire clair, 21, 43, 340, 347, 348
volonté politique, 22, 23, 94, 121, 306
Von Hofmann, A. W., 207

W
Walker, Brian, 52
Ward, Barbara, 28, 55, 72, 108, 109, 305, 356
Watt, James W., 200, 203
Wells, H. G., 311, 313
White, Harry Dexter, 22, 73
Wright, Sir Norman, 275

Z
Zandstra, Hubert, 280, 281, 282
Zimbabwe, 32, 34, 58, 75, 288, 291
zone intertropicales semi-arides (ZISA). *voir* semi-arides, écosystèmes