

LA SITUATION MONDIALE DE L'ALIMENTATION ET DE L'AGRICULTURE



**LES BIOTECHNOLOGIES
AGRICOLES**

Une réponse aux besoins des plus démunis?



Photos de la couverture: (en haut à gauche) Vincent Martin (FAO-EMPRES); (à droite) FACV12337E: Botta

Pour se procurer les publications de la FAO, s'adresser au:

GRUPO DE VENTAS Y DE LA COMERCIALIZACION
División de Información
Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Viale delle Terme di Caracalla
00100 Rome, Italia

Courriel: publications-sales@fao.org
Télécopie: (+39) 06 57053360
Site Internet: <http://www.fao.org>



LA SITUATION MONDIALE DE L'ALIMENTATION ET DE L'AGRICULTURE

Produit par le
Groupe de la production et de la conception éditoriales
Division de l'information
FAO

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention ou l'omission de sociétés précises, de leurs produits ou de leurs marques, n'implique aucun appui ou jugement de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Tout a été fait pour retrouver les détenteurs des droits d'auteur des deux photographies sur les pêches et les forêts reproduites dans cette publication. Si vous disposez d'informations sur lesdits droits d'auteur, veuillez nous les faire parvenir à l'adresse ci-dessous.

ISBN 92-5-205079-5

Tous droits réservés. Les informations ci-après peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au:

Chef du
Service de la gestion des publications,
Division de l'information,
FAO,
Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie
ou, par courrier électronique, à:
copyright@fao.org

© FAO 2004

Table des matières

Avant-propos	ix
Préface	xii
Remerciements	xiii
Sigles et abréviations	xv
Note explicative	xvii

PREMIÈRE PARTIE

Les biotechnologies agricoles: une réponse aux besoins des plus démunis?

SECTION A: LA PROBLÉMATIQUE

1. Les biotechnologies peuvent-elles répondre aux besoins des plus démunis?	3
Introduction et vue d'ensemble	3
Les grandes leçons de ce rapport	5
Résumé du rapport	6
2. Que sont les biotechnologies agricoles?	9
Compréhension, caractérisation et gestion des ressources génétiques	10
Sélection et reproduction des cultures et des arbres	15
Sélection et reproduction des animaux et des poissons d'élevage	21
Autres biotechnologies	24
Conclusions	25
3. De la Révolution verte à la Révolution génétique	29
La Révolution verte: recherche, développement, accès et retombées	30
La Révolution génétique: un changement de paradigme pour la recherche-développement agricole	36
Conclusions	44

SECTION B: LES ÉLÉMENTS DE PREUVE D'ORES ET DÉJÀ DISPONIBLES

4. Impacts économiques des cultures transgéniques	45
Sources des impacts économiques	45
Adoption du coton résistant aux ravageurs dans le monde	50
Impacts économiques du coton transgénique	50
Conclusions	63
5. L'incidence des cultures transgéniques sur la santé et sur l'environnement	65
Les conséquences pour la sécurité sanitaire des aliments	65
Les normes internationales applicables à l'analyse de la sécurité sanitaire des aliments	69
Les conséquences environnementales	75
L'évaluation de l'impact sur l'environnement	83
Les institutions et les accords internationaux en matière d'environnement	83
Conclusions	87
6. L'opinion publique et la biotechnologie agricole	89
Les avantages et les risques de la biotechnologie	89
Le soutien aux différentes applications de la biotechnologie	90
Les attentes personnelles à l'égard de la biotechnologie	92
Les préoccupations d'ordre moral et éthique	93
Les applications tournées vers les consommateurs	94
Étiquetage des aliments et biotechnologie	94
Conclusions	97

SECTION C: LA BIOTECHNOLOGIE AU SERVICE DES PAUVRES

7. Les activités et politiques de recherche pour les plus démunis	99
Promouvoir l'accès aux applications biotechnologiques	99
Promouvoir la recherche publique et privée au bénéfice des pauvres	102
Conclusions	111
8. Le renforcement des capacités de la biotechnologie applicable à l'alimentation et à l'agriculture	113
Les capacités nationales en matière de biotechnologie agricole	114
Les activités d'envergure internationale visant à renforcer les capacités en matière de biotechnologie agricole	115
Le rôle de la FAO et l'aide aux pays membres	115
Les défis posés par le renforcement des capacités dans le domaine de la biotechnologie agricole	117
Quelles mesures pour l'avenir?	118
9. Conclusions: Répondre aux besoins des plus démunis	119

DEUXIÈME PARTIE**Aperçu mondial et régional: faits et chiffres**

1. Tendances concernant la sous-alimentation	125
2. Crises alimentaires et aide alimentaire	127
3. Production agricole et animale	130
4. Situation des approvisionnements céréaliers à l'échelle mondiale	136
5. Évolution des cours internationaux des denrées	137
6. Commerce agricole	142
7. Aide extérieure à l'agriculture	147
8. Capital social agricole	150
9. Pêches: production, disponibilités et commerce	152
10. Forêts	157

TROISIÈME PARTIE**Annexe statistique**

Notes concernant les tableaux en annexe	165
TABLEAU A1 Pays et territoires utilisés à des fins statistiques dans la présente publication	172
TABLEAU A2 Sécurité alimentaire et nutrition	174
TABLEAU A3 Production et productivité agricoles	180
TABLEAU A4 Indicateurs de la population et de la population active (2001)	186
TABLEAU A5 Utilisation des terres	192
TABLEAU A6 Indicateurs commerciaux (moyenne 1999-2001)	199
TABLEAU A7 Indicateurs économiques	205
TABLEAU A8 Productivité totale des facteurs	211

Références	217
Chapitres spéciaux de <i>La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture</i>	223
Titres choisis	225
CD-ROM SOFA-DB Instructions d'installation et de mise en route	227

CONTRIBUTION SPÉCIALE

1. Le défi du XXI ^e siècle: Nourrir 10 milliards de personnes <i>Norman E. Borlaug</i>	32
2. Vers une Révolution toujours verte <i>M.S. Swaminathan</i>	34

ENCADRÉS

1	Portée du rapport	4
2	Définir les biotechnologies agricoles	9
3	Sélection assistée par mutation induite	12
4	ADN en bref	12
5	La synthénie c'est la vie!	14
6	Marqueurs moléculaires et sélection assistée par des marqueurs pour le mil chandelle en Inde	16
7	Micropopagation de bananiers exempts de maladie au Kenya	18
8	Agriculture sur sols acides: amélioration de la tolérance des céréales à l'aluminium	19
9	La «protato»: aide aux plus démunis ou Cheval de Troie?	21
10	L'état des ressources zoogénétiques dans le monde	22
11	Biotechnologie: faire disparaître la peste bovine dans le monde	26
12	Biens collectifs et droits de propriété intellectuelle	37
13	Projection des effets économiques du «riz doré» aux Philippines	47
14	Qu'est-ce que le coton Bt et pourquoi le cultive-t-on?	48
15	Soja tolérant aux herbicides en Argentine et aux États-Unis	56
16	Coûts de la non-adoption du coton Bt en Afrique de l'Ouest	62
17	La nature et l'analyse des risques	66
18	Normes internationales pour faciliter les échanges	67
19	Considérations relatives à la santé et à l'environnement dans la sélection végétale classique	69
20	Transformation de «gène propre» au CIMMYT	70
21	Cultures fourragères génétiquement modifiées	72
22	Considérations relatives à l'environnement concernant les animaux génétiquement modifiés	76
23	Le flux de gènes provenant de plantes cultivées transgéniques vu par une écologue	78
24	Le maïs Bt tue-t-il le papillon monarque?	81
25	Poser les bonnes questions	90
26	Les biotechnologies peuvent-elles répondre aux besoins des agriculteurs pauvres? Le rôle des recherches agricoles participatives	104
27	La FAO et le renforcement des capacités concernant les biotechnologies agricoles au Bangladesh	116

TABLEAUX

1	Chronologie des technologies agricoles	11
2	Variation génétique des concentrations de fer, de zinc, de bêta-carotène et d'acide ascorbique relevées dans le matériel génétique de cinq aliments de base	20
3	Estimation des dépenses pour les recherches en biotechnologie des plantes	38
4	Essais sur le terrain par culture et par région	40
5	Superficie des cultures de coton Bt et Bt/HT, 2001	50
6	Utilisation du coton Bt par les agriculteurs des États-Unis, par État, 1998-2001	51
7	Écarts de résultats entre le coton Bt et le coton traditionnel.	54

8 Répartition des gains découlant de l'utilisation du coton Bt en fonction de la taille des exploitations ou de la catégorie de revenus en Chine, 1999	58
9 Utilisation du coton Bt et répartition géographique des problèmes liés aux ravageurs dans les principales régions productrices de coton du Mexique, 1997-98	59
10 Estimation de la répartition des avantages économiques, région de Comarca Lagunera au Mexique, 1997 et 1998	61
11 Valeurs et actifs des secteurs public et privé dans la recherche en biotechnologie agricole	108
12 Expéditions d'aide alimentaire en céréales par habitant	128

FIGURES

1 Essais de cultures transgéniques sur le terrain, par groupe de pays	39
2 Caractères des cultures transgéniques testés dans les pays industrialisés, 1987-2000	40
3 Caractères des cultures transgéniques testés dans les pays moins avancés, 1987-2000	41
4 Superficie mondiale de cultures transgéniques	42
5 Superficie mondiale de cultures transgéniques en 2003, par pays	42
6 Superficie mondiale de cultures transgéniques en 2003, par culture	43
7 Superficie mondiale de cultures transgéniques en 2003, par caractère	43
8 Épandages de pesticides combinés tordeuses-vers des céréales, sélection d'États des États-Unis, 1992-2001	52
9 Gains découlant de l'adoption du coton Bt aux États-Unis, 1996-1998	52
10 Les avantages des biotechnologies sont-ils plus importants que les risques?	91
11 Soutenez-vous les applications biotechnologiques suivantes?	92
12 Les biotechnologies profiteront à des personnes comme moi	93
13 La modification des gènes des plantes ou des animaux est-elle une mauvaise chose?	95
14 Achèteriez-vous des aliments dont les caractéristiques nutritionnelles ont été renforcées?	95
15 Population sous-alimentée par région, 1999-2001	125
16 Nombre de personnes sous-alimentées dans les pays en développement, par région	126
17 Pourcentage de la population sous-alimentée dans les pays en développement, par région	126
18 Bénéficiaires d'une aide alimentaire en céréales	129
19 Bénéficiaires d'une aide alimentaire autre qu'en céréales	129
20 Variation de la production végétale et animale, totale et par habitant	131
21 Variation de la production végétale et animale, par région en développement	132
22 Tendances à long terme de la production alimentaire par habitant	134
23 Production et utilisation mondiales de céréales	136
24 Stocks céréaliers mondiaux et ratio stocks/utilisation	137
25 Tendances des prix des produits de base	138
26 Variation annuelle de la valeur des exportations agricoles mondiales	142
27 Exportations agricoles mondiales	143
28 Importations et exportations agricoles, par région	143
29 Part des exportations agricoles mondiales, par région	146
30 Engagements d'aide extérieure à l'agriculture, par principales régions récipiendaires	147
31 Évolution à long terme de l'aide extérieure à l'agriculture, 1974-2000	148
32 Part de l'aide assortie de conditions libérales dans l'aide totale à l'agriculture	148

33	Aide extérieure à l'agriculture par travailleur agricole	149
34	Aide extérieure à l'agriculture par travailleur agricole en fonction de la prévalence de la sous-alimentation, 1998-2000	149
35	Capital social agricole par travailleur agricole et par région	150
36	Capital social agricole par travailleur agricole dans les pays en développement par rapport à la prévalence de la sous-alimentation, 1998-2000	151
37	Production mondiale de poisson, Chine et reste du monde	153
38	Commerce du poisson et des produits de la pêche, pays développés et en développement	154
39	Commerce du poisson et des produits de la pêche dans les pays en développement	154
40	Disponibilités par habitant de poisson de capture et d'aquaculture, Chine et reste du monde	156
41	Disponibilités de poisson par habitant, par région, 1997-1999	156
42	Production mondiale de bois rond	158
43	Production de bois rond par région en développement	159
44	Superficie forestière en 2000	160
45	Part de la superficie des terres couvertes par des forêts en 2000	161
46	Variation annuelle du couvert forestier, 1990-2000	161

CARTE

1.	Pays confrontés à des urgences alimentaires	127
----	---	-----

Avant-propos

La présente édition de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture* examine comment les biotechnologies agricoles pourront répondre aux besoins des populations pauvres qui souffrent d'insécurité alimentaire. L'agriculture reste confrontée à de graves difficultés, en particulier celle de devoir nourrir deux milliards de personnes supplémentaires d'ici 2030 avec une base de ressources naturelles de plus en plus fragile. Le transfert, dans de bonnes conditions, des technologies existantes vers les communautés rurales pauvres et la création de nouvelles biotechnologies sans danger peuvent grandement améliorer les possibilités de croissance durable de la productivité agricole à l'heure actuelle et dans l'avenir. Cependant, les technologies ne peuvent à elles seules résoudre le problème de la pauvreté et certains aspects des biotechnologies, en particulier leur incidence socioéconomique et leurs conséquences pour l'environnement et la sécurité sanitaire des aliments, méritent un examen attentif.

La création de biotechnologies qui permettent d'assurer le développement durable de l'agriculture, des pêches et des forêts aidera considérablement à satisfaire les besoins alimentaires et autres d'une population en expansion constante. L'étude des marqueurs génétiques et moléculaires, par exemple, peut faciliter les programmes de sélection et de conservation et fournir de nouveaux outils dans la lutte contre les maladies des animaux et des plantes. L'étude des applications actuelles et nouvelles des biotechnologies contenue dans ce rapport indique clairement que les biotechnologies ne se limitent pas au génie génétique. Toutefois, l'aptitude du génie génétique à transférer des gènes entre des espèces différentes explique son énorme pouvoir, mais aussi le profond malaise qu'il suscite. La FAO est favorable à une approche globale et équilibrée du développement biotechnologique, qui tienne compte des avantages et des risques.

Les biotechnologies offrent la possibilité d'accroître la disponibilité et la variété des aliments, d'augmenter la productivité agricole totale tout en réduisant les variations saisonnières des approvisionnements. Par l'introduction de cultures résistantes aux ravageurs et au stress, les biotechnologies peuvent réduire le risque de pertes de récoltes dans des conditions climatiques et biologiques difficiles. En outre, les biotechnologies peuvent contribuer à limiter les risques pour l'environnement découlant de l'utilisation de substances chimiques toxiques dans l'agriculture. Après une première génération de cultures obtenues par génie génétique, visant essentiellement à réduire les contraintes et les coûts de production, une seconde génération a pour objectif la biodisponibilité des éléments nutritifs et la qualité nutritionnelle des produits. À noter, à cet égard, la production de variétés de riz et de colza canola présentant une teneur importante en bêta-carotène. Ce précurseur de la vitamine A est largement absent du régime alimentaire dans de nombreux pays, en particulier dans les pays en développement, où il pourrait contribuer à remédier aux carences chroniques en vitamine A. Des recherches sont en cours pour accroître les teneurs en autres vitamines, en sels minéraux et en protéines dans des cultures comme les pommes de terre et le manioc.

Ce numéro de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture* passe en revue les résultats obtenus par la recherche agricole en matière de croissance économique et de sécurité alimentaire. La Révolution verte, qui a sorti des millions de personnes de la pauvreté, a été introduite par un programme international de recherche agricole du secteur public visant spécifiquement à créer et à transférer des technologies – en tant que biens collectifs gratuits – dans les pays en développement. En revanche, la Révolution génétique actuelle est avant tout le fruit des efforts du secteur privé qui cherche, bien entendu,

à créer des produits destinés à un vaste marché commercial. Il est donc naturel de se demander quel type de recherche est en cours et dans quelle mesure elle pourra profiter aux pauvres.

L'incidence économique évidente des cultures transgéniques étudiées dans ce rapport indique que les petits agriculteurs sans ressources dans les pays en développement peuvent en tirer parti grâce à l'accroissement de leur revenu et à la réduction de leur exposition à des substances chimiques toxiques. Mais, jusqu'à présent, rares sont les agriculteurs des pays en développement qui en ont tiré un bénéfice. Ni le secteur privé, ni le secteur public n'ont investi des sommes importantes dans les nouvelles technologies génétiques en faveur des «cultures orphelines» comme la dolique, le millet, le sorgho et le teff qui sont très importants pour l'alimentation et la subsistance des populations les plus pauvres. D'autres obstacles empêchent les pauvres de profiter aisément et pleinement des biotechnologies modernes, notamment les réglementations inadéquates, les problèmes complexes de propriété intellectuelle, le mauvais fonctionnement des marchés et des circuits de livraison de semences, l'absence de capacité nationale de sélection végétale.

La FAO est parfaitement consciente des risques potentiels pour l'environnement et la sécurité sanitaire des aliments que comportent certains aspects des biotechnologies, en particulier les organismes génétiquement modifiés (OGM). Ce numéro de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture* passe en revue les dernières données scientifiques contenues dans plusieurs ouvrages indépendants faisant autorité publiés dans le monde entier. Les rapports du Conseil international des sciences, du Nuffield Council on Bioethics, du GM Science Review Panel du Royaume-Uni et de nombreuses académies scientifiques nationales, forment la base de cette étude. L'incidence du génie génétique sur l'environnement et sur la santé n'a pas encore été prouvée scientifiquement. Les scientifiques conviennent généralement que les cultures transgéniques produites actuellement et les aliments qui en sont dérivés peuvent être consommés sans danger, mais ils connaissent mal leurs effets

à longue échéance. L'avis des scientifiques est moins tranché en ce qui concerne l'incidence des cultures transgéniques sur l'environnement. Les spécialistes sont généralement d'accord sur la nature du risque potentiel pour l'environnement, mais ils ne sont pas d'accord sur les probabilités et les conséquences de ces risques. Les scientifiques s'accordent généralement à reconnaître la nécessité d'une évaluation au cas par cas, qui envisage les avantages et les risques potentiels de chaque OGM par rapport aux technologies de substitution. Les doutes légitimes concernant la sécurité sanitaire de chaque produit transgénique doivent être levés avant leur dissémination. La surveillance attentive des effets de ces produits après leur dissémination est capitale.

Par ce rapport, je tiens à assurer la communauté internationale qu'en adoptant une approche scientifique exhaustive et multidisciplinaire de l'évaluation des risques – qui comprend l'estimation, la gestion et la communication des risques – la FAO suivra de près tous les problèmes que se posent ses membres en ce qui concerne les biotechnologies et leurs effets sur la santé de l'homme, des animaux et des plantes. Compte tenu de l'importance de l'harmonisation des réglementations relatives à l'expérimentation et à la dissémination des OGM, la FAO continuera, aux niveaux national, sous-régional et régional, à renforcer ses activités normatives et consultatives, en coordination et en coopération avec les autres organisations internationales.

Je suis particulièrement heureux de noter que la Commission du Codex Alimentarius, dont la FAO et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) assurent conjointement le secrétariat, a adopté récemment des accords qui feront date concernant les principes de l'évaluation des aliments dérivés des biotechnologies modernes et les directives régissant la conduite des évaluations de la sécurité sanitaire des aliments dérivés des plantes à ADN recombiné, ainsi que des aliments produits en utilisant des micro-organismes à ADN recombiné. Ces principes et ces directives, correctement appliqués permettront de mieux évaluer les risques du transfert des toxines d'une forme biologique à une autre, de la création de nouvelles toxines ou du transfert de

composés allergènes d'une espèce à une autre.

La FAO continuera à fournir à ses pays membres des informations et des analyses scientifiques objectives concernant les biotechnologies et leurs applications aux cultures, à l'élevage, aux pêches et aux forêts. La collaboration technique de la FAO consistera à conseiller les gouvernements des États Membres sur les questions de réglementation et notamment d'harmonisation aux niveaux régional et international, à offrir des avis juridiques pour l'établissement de tout organe de réglementation qui se révélerait nécessaire, à améliorer les capacités nationales d'évaluation des risques, à mobiliser le financement des donateurs et à collaborer avec les autres organisations compétentes.

J'invite donc la communauté internationale à se joindre aux efforts de la FAO pour combattre sans répit la faim et la pauvreté par la promotion du développement agricole, l'amélioration de la nutrition et la poursuite de la sécurité alimentaire dans le monde entier. Avec votre aide, nos efforts, notre persévérance et notre engagement seront couronnés de succès.



Jacques Diouf
DIRECTEUR GÉNÉRAL DE LA FAO

Préface

La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2003-04 se présente sous une forme nouvelle, et nous espérons qu'elle vous paraîtra agréable, utile et intéressante. À partir du présent numéro, le rapport portera chaque année sur un thème important du développement agricole et économique, fournissant une analyse approfondie de ses conséquences socioéconomiques et examinant en détail les différentes options qui permettront de mieux répondre aux besoins des populations pauvres dans les pays en développement. Nous souhaitons que ces rapports thématiques apportent une contribution significative au débat général sur le développement agricole et économique engagé entre les décideurs, les chercheurs, les professionnels du développement et la société civile. Le thème choisi cette année est le suivant: «Les biotechnologies agricoles peuvent-elles répondre aux besoins des plus démunis?» Dans les prochains numéros, il est prévu d'examiner le commerce international, les marchés agricoles intérieurs et les questions connexes qui déterminent les conditions de vie et la sécurité alimentaire des pauvres.

Dans ce nouveau numéro de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*, on trouvera comme à l'accoutumée une présentation succincte de la situation de l'alimentation et de l'agriculture dans le monde et au niveau régional, en particulier les dernières estimations du nombre de personnes sous-alimentées; les tendances de la production, du commerce et des prix des produits; et le soutien et le financement du secteur agricole et l'assistance extérieure. La version imprimée de cette présentation de la situation régionale et mondiale est complétée périodiquement tout au long de l'année par des rapports régionaux ponctuels plus complets. Ces rapports régionaux sont accessibles sur notre site Web à l'adresse suivante: www.fao.org/es/esa. Nous publions en outre, dans le rapport de cette année, une nouvelle série d'indicateurs nationaux de la sécurité alimentaire et agricole.

Ces indicateurs évolueront à l'avenir et fourniront un outil de surveillance de la situation de l'alimentation et de l'agriculture dans tous les pays, au fil des années.

La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2003-04 est le premier numéro à être publié par la nouvelle équipe composée de Prabhu Pingali, Directeur de la Division de l'économie agricole et du développement (ESA), Randy Stringer, Chef du Service du développement agricole comparatif et Terri Raney, rédactrice et économiste principale de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*. Le Directeur général de la FAO, Jacques Diouf, et le Sous-Directeur général, du Département économique et social, Hartwig de Haen, ont contribué à cet effort de renouvellement du rapport. L'équipe remercie également pour ses conseils et son soutien le Bureau exécutif extérieur du rapport: Walter P. Falcon, Président (États-Unis); Bina Agarwal (Inde); Kym Anderson (Australie); Simeon Ehui (Côte d'Ivoire); Franz Heidhues (Allemagne) et Eugenia Muchnik (Chili).

L'équipe de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture* souhaiterait vivement connaître vos réactions à ce nouveau rapport et vos suggestions pour les prochains numéros. Nous attendons vos observations à l'adresse suivante: SOFA@fao.org.

Terri Raney
Rédactrice

*La Situation mondiale
de l'alimentation et de l'agriculture*

Remerciements

La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2003-04 a été préparée par une équipe du Service du développement agricole comparatif, dirigée par Terri Raney et composée de Jakob Skoet, André Croppenstedt, Annelies Deuss, Fulvia Fiorenzi, Slobodanka Teodosijevic et Stefano Trento. La saisie du texte a été assurée par Stella Di Lorenzo et Paola Di Santo. Randy Stringer, Chef du Service du développement agricole comparatif et Prabhu Pingali, Directeur de la Division de l'économie agricole et du développement, ont assumé la supervision générale.

La **Première partie** «Les biotechnologies agricoles peuvent-elles répondre aux besoins des plus démunis?», à laquelle ont contribué de nombreuses sous-divisions techniques de la FAO et des experts internationaux, a été rédigée par Terri Raney. Les recherches de base pour la Première partie ont été menées par Joel Cohen, José Falck-Zepeda, Thomas Hoban, John Komen, Anwar Naseem, Prabhu Pingali, Carl Pray, Terri Raney et Greg Traxler. Nombre de ces articles ont été publiés dans la série des documents de travail de la Division de l'économie agricole et du développement (ESA) et sont disponibles sur le site www.fao.org/es/esa. Le Groupe de travail interdépartemental de la FAO sur les biotechnologies a fourni des références complémentaires, des projets de textes, des examens et un appui financier. Ce rapport a nettement profité du soutien du Groupe de travail, et notamment de son président, James Dargie. Une bibliographie exhaustive figure à la fin de cet ouvrage. En dehors de leur rédacteur principal, les différents chapitres ont bénéficié des contributions des personnes suivantes:

Chapitre 2 (Que sont les biotechnologies agricoles?). Jonathan Robinson, James Dargie et Irene Hoffman ont rédigé les projets de textes. Les documents de référence préparés par John Ruane pour le Forum électronique de la FAO sur les biotechnologies dans l'alimentation et l'agriculture ont servi de complément. Par

ailleurs, Devin Bartley, Elcio Guimarães, Keith Hammond (retraité), Hoan Le, Prakash Shetty et Pierre Sigaud ont apporté des informations supplémentaires. Les experts internationaux suivants ont généreusement mis à notre disposition un résumé de leurs recherches en biotechnologies: Mike Gale du Centre John Innes, sur la synténie; Miftahudin, Miguel Rodriguez Milla, Kathleen Ross et J. Perry Gustafson pour l'Université d'agronomie de Bogor, l'Université du Missouri et le Département de l'agriculture des États-Unis sur la tolérance à l'aluminium; et Tom Hash de l'ICRISAT sur la sélection à l'aide de marqueurs moléculaires pour la résistance du millet d'Afrique au mildiou duvetoux.

Chapitre 3 (De la Révolution verte à la Révolution génétique). Les documents de référence ont été préparés par Prabhu Pingali et Terri Raney, Carl Pray et Anwar Naseem, et Greg Traxler. Norman Borlaug et M. S. Swaminathan ont rédigé les articles particuliers de ce chapitre.

Chapitre 4 (Impacts économiques). Greg Traxler a préparé un document de référence, tandis que les experts internationaux suivants ont apporté des informations supplémentaires: Kym Anderson, Richard Bennett, Liborio Cabanilla, Matin Qaim et Eric Tollens.

Chapitre 5 (L'incidence des cultures transgéniques). Christina Devorshak, Daniele Manzella et Andrew Speedy ont contribué à la rédaction des textes et aux références. Alessandro Pellegrineschi et David Hoisington du Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT) ont rédigé l'encadré sur la technique de transformation du «gène propre», et Allison Snow de l'Université d'État d'Ohio l'encadré sur l'évaluation écologique des cultures transgéniques.

Chapitre 6 (Opinion publique). Thomas Hoban a réalisé un document de fond sur les études d'opinion et Janice Albert a rédigé le texte sur l'étiquetage.

Chapitre 7 (Politiques de recherche). Les

documents de référence ont été réalisés par Carl Pray et Anwar Naseem, Prabhu Pingali et Terri Raney, et Greg Traxler.

Chapitre 8 (Renforcement des capacités). Les documents de référence ont été préparés par José Falck-Zepeda, Joel Cohen et John Komen, et par Fulvia Fiorenzi.

Chapitre 8 (Renforcement des capacités). Kakoli Ghosh a rédigé le projet de texte et Andrea Sonnino a apporté des informations supplémentaires.

Chapitre 9 (Conclusions). Randy Stringer a rédigé le projet de texte pour ce chapitre.

La **Deuxième partie**, «Aperçu mondial et régional – faits et chiffres», a été préparée par Annelies Deuss et Jakob Skoet.

La **Troisième partie**, «Annexe statistique»,

a été préparée par André Croppenstedt, Annelies Deuss et Randy Stringer.

L'équipe de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture* remercie tout particulièrement le Conseil consultatif externe, composé de Walter Falcon (président), Bina Agarwal, Kym Anderson, Simeon Ehui, Franz Heidhues et Eugenia Muchnik, pour leurs précieux conseils sur la portée et le thème de ce rapport. Elle exprime en outre sa reconnaissance à Hermann Waibel, Diemuth Pemsil et Sarah Hearne, qui ont assuré un examen externe.

Ce rapport n'aurait pu voir le jour sans le travail des éditeurs, des créateurs et des maquettistes du Service de la gestion des publications de la FAO.

Sigles et abréviations

AATF	Fondation africaine pour les technologies agricoles
ADN	acide désoxyribonucléique
ADPIC	aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce
AEBC	Commission du Royaume-Uni pour les biotechnologies agricoles et environnementales
AGERI	Institut de recherche sur le génie génétique agricole – Égypte
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
ARN	acide ribonucléique
Asdi	Agence suédoise de coopération internationale au développement
Bt	<i>Bacillus thuringiensis</i>
CAAS	Académie chinoise des sciences agricoles
CAC	Commission du Codex Alimentarius
CAMBIA	Centre d'application de la biologie moléculaire à l'agriculture internationale
CDB	Convention sur la diversité biologique
CIAT	Centre international d'agriculture tropicale
CIGGB	Centre international pour le génie génétique et la biotechnologie
CIMMYT	Centre international pour l'amélioration du maïs et du blé
CIMP	Commission intérimaire des mesures phytosanitaires
CIPV	Convention internationale pour la protection des végétaux
CIRA	Centre international de recherche agronomique
CIUS	Conseil international pour la science
COPERSUCAR	Coopérative des producteurs de canne, de sucre et d'éthanol de l'État de São Paulo, Brésil
D&PL	Delta and Pine Land Company
DFID	Département du développement international – Royaume-Uni
DPI	droits de propriété intellectuelle
ELISA	essai d'immuno-absorption enzymatique
Embrapa	Société brésilienne de recherche agricole
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
GAO	Bureau général des comptes publics du Gouvernement des États-Unis
GCRAI	Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale
IBS	Service des biotechnologies du Service international pour la recherche agricole nationale
ICRISAT	Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides

ICCO	Organisation internationale du cacao
IFPRI	Institut international de recherche sur les politiques alimentaires
IRRI	Institut international de recherches sur le riz
ISA	Accord international sur le sucre
ISAAA	Service international pour l'acquisition d'applications biotechnologiques pour l'agriculture
ISNAR	Service international pour la recherche agricole nationale
NIMP	normes internationales relatives aux mesures phytosanitaires
NRC	Conseil national pour la recherche – États-Unis
NTSBD	Groupe de travail national pour le développement durable des biotechnologies
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OGM	organisme génétiquement modifié
OIC	Organisation internationale du café
OIE	Organisation mondiale de la santé animale (anciennement Office international des épizooties)
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMS	Organisation mondiale de la santé
OMTE	ovulation multiple et transfert d'embryon
ONG	organisation non gouvernementale
OTC	obstacles techniques au commerce
OVM	organisme vivant modifié
PAM	Programme alimentaire mondial
PCR	réaction en chaîne par polymérase
PIB	Produit intérieur brut
PNB	produit national brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PPA	parité du pouvoir d'achat
PTF	productivité totale des facteurs
RFLP	polymorphisme de taille des fragments de restriction
RR	RoundupReady®
SIRAN	Service international pour la recherche agricole nationale
SMIAR	Système mondial d'information et d'alerte rapide sur l'alimentation et l'agriculture
SNRA	systèmes nationaux de recherche agricole
SPS	Mesures sanitaires et phytosanitaires (Accord sur l'application)
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
USAID	Agence des États-Unis pour le développement international
USDA	Département de l'agriculture des États-Unis

Note explicative

Les informations statistiques contenues dans le présent numéro de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture* ont été élaborées à partir des données dont disposait la FAO en novembre 2003.

Signes conventionnels

Les signes conventionnels suivants sont utilisés:

- = néant ou négligeable (dans les tableaux)
- ... = non disponible (dans les tableaux)
- \$ = dollars des États-Unis

Dates et unités

Les années ou groupes d'années sont indiqués comme suit:

2001/02 = campagne agricole ou commerciale ou exercice à cheval sur deux années civiles

2001-02 = moyenne pour les deux années civiles

Sauf indication contraire, les mesures sont celles du système métrique.

«Milliard» = 1 000 millions.

Statistiques

Dans les tableaux statistiques, les totaux sont arrondis et ne correspondent donc pas nécessairement à l'addition des unités. Les variations annuelles et les pourcentages de variations sont calculés en tenant compte des décimales.

Indices de la production

Les indices FAO de la production agricole indiquent le niveau relatif du volume total de la production agricole de chaque année par rapport à la période de base 1989-91. Ils sont fondés sur la somme des quantités pondérées par les prix des différents produits agricoles après déduction des quantités utilisées comme semences ou aliments pour animaux (pondérées de la même façon). Le total qui en résulte représente par conséquent la production disponible pour toute autre utilisation que les semis ou l'alimentation animale.

La formule utilisée pour le calcul de tous les indices, aux niveaux national, régional

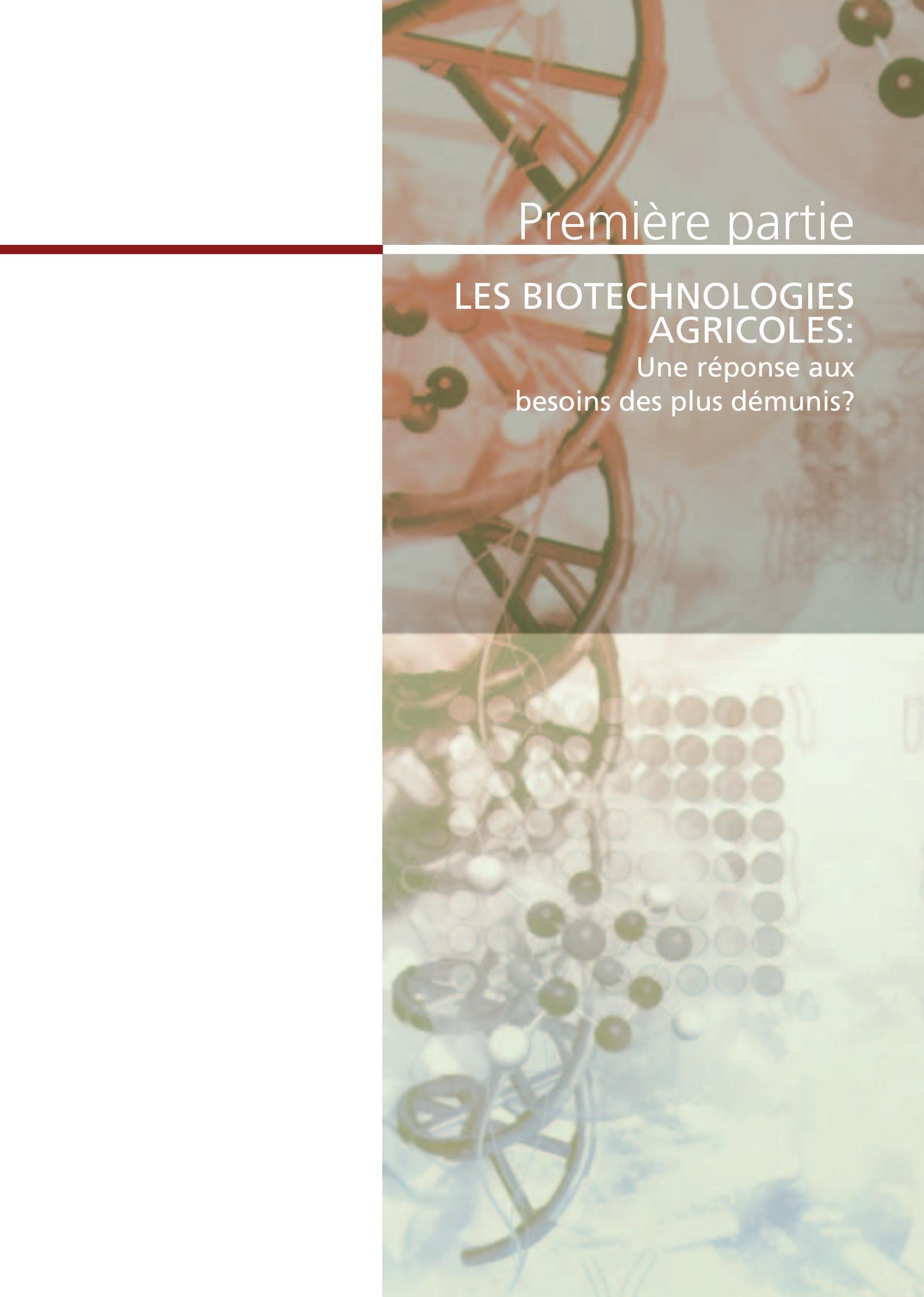
ou mondial, est celle de Laspeyres. La production de chaque produit est pondérée par la moyenne des cours internationaux du produit pendant la période 1989-91 et les quantités produites chaque année sont additionnées. Pour obtenir l'indice, on divise la production totale pour une année donnée par la production moyenne pour la période de base 1989-91.

Indices du commerce

Pour les indices du commerce des produits agricoles, la période de base est également 1989-91. Tous les produits et tous les pays figurant dans *l'Annuaire FAO du commerce* sont pris en compte. Les indices du total des produits alimentaires comprennent les produits comestibles généralement classés comme denrées alimentaires.

Tous les indices prennent en compte l'évolution de la valeur courante des exportations (franco à bord [f.o.b.]) et des importations (coût, assurance et fret [c.a.f.]), exprimée en dollars des États-Unis. Quand les pays évaluent leurs importations sur une base f.o.b., les chiffres sont ajustés à leur valeur c.a.f. approximative.

Les indices relatifs au volume et à la valeur unitaire des produits échangés entre les pays indiquent l'évolution des quantités pondérées par les prix et celle de la valeur unitaire pondérée par le volume. Les coefficients de pondération sont, respectivement, les prix et les volumes moyens de 1989-91, période de base de tous les indices calculés actuellement par la FAO. La formule utilisée pour le calcul des indices est celle de Laspeyres.



Première partie

**LES BIOTECHNOLOGIES
AGRICOLES:**
Une réponse aux
besoins des plus démunis?

The background of the slide is a collage of scientific and technical illustrations. On the left, there is a large, detailed illustration of a gear mechanism with a central shaft and several teeth. To the right, there is a molecular model with several dark spheres connected by lines. Below the gear, there is a grid of small, light-colored circles arranged in a regular pattern. At the bottom, there is a blue-tinted illustration of a DNA double helix structure. The overall color palette is muted, with shades of brown, orange, and blue.

Première partie



Section A: La problématique

1. Les biotechnologies peuvent-elles répondre aux besoins des plus démunis?

Introduction et vue d'ensemble

Les biotechnologies dans l'alimentation et l'agriculture, le génie génétique tout particulièrement, sont désormais au cœur «d'une guerre rhétorique mondiale» (Stone, 2002). Leurs partisans proclament que le génie génétique est un outil essentiel pour venir à bout de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition dans les pays en développement et accusent de «crimes contre l'humanité» leurs détracteurs qui font obstacle à l'approbation réglementaire d'innovations susceptibles de sauver des vies (Potrykus, 2003). Leurs opposants font valoir que le génie génétique engendrera des catastrophes écologiques, aggravera la pauvreté et la faim et conduira à la mainmise des grandes sociétés sur l'agriculture traditionnelle et les approvisionnements alimentaires mondiaux. Ils accusent les défenseurs des biotechnologies de «tromper la terre entière» (Five Year Freeze, 2002). Cette édition de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture* fait le point des connaissances scientifiques et économiques actuelles sur les possibilités qu'offrent les biotechnologies agricoles, notamment le génie génétique, pour répondre aux besoins des pauvres.

L'agriculture est confrontée au XXI^e siècle à des défis sans précédent. Au cours des 30 années à venir, nos ressources naturelles

d'une fragilité croissante devront nourrir 2 milliards de gens de plus. Plus de 842 millions de gens, vivant pour la plupart dans les zones rurales des pays pauvres, sont les victimes chroniques de la faim et des milliards d'individus souffrent de carences en micronutriments, une forme insidieuse de malnutrition due à la piètre qualité et au manque de diversité de leur alimentation habituelle. La Révolution verte nous a appris que les innovations technologiques – les semences à fort rendement et les intrants nécessaires à leur croissance – peuvent être porteuses d'avantages considérables pour les pauvres, notamment par leur efficacité accrue, l'augmentation des revenus et la baisse du prix des aliments. Ce «cercle vertueux» d'accroissement de la productivité, d'amélioration des niveaux de vie et de croissance économique durable a sorti des millions de gens de la pauvreté (Evenson et Gollin, 2003). Toutefois, ils sont nombreux à rester prisonniers de l'agriculture vivrière. La Révolution génétique permettra-t-elle de toucher les laissés pour compte?

Parallèlement, la population mondiale s'urbanise rapidement et exige de l'agriculture des qualités de plus en plus variées qui concernent non seulement les produits eux-mêmes mais aussi les méthodes de production employées. Le secteur agricole devra trouver des réponses qui iront au-delà de l'habituelle recherche d'augmentation des rendements et assureront la protection

ENCADRÉ 1**Portée du rapport**

Grâce aux biotechnologies agricoles, les chercheurs disposent de divers outils pour comprendre et manipuler les caractères génétiques d'organismes utilisés en agriculture: plantes cultivées, animaux d'élevage, ressources forestières et halieutiques. Elles sont beaucoup plus vastes que le génie génétique, puisqu'elles englobent la génomique et la bioinformatique, la sélection assistée par des marqueurs, la micropropagation, la culture de tissus, le clonage, l'insémination artificielle, le transfert d'embryons notamment. Cependant, le génie génétique, en particulier dans le secteur des cultures, est le domaine dans lequel les biotechnologies ont l'effet le plus direct sur l'agriculture des pays en développement et dans lequel les préoccupations de l'opinion publique et les questions de politique les plus pressantes sont apparues. C'est

également un domaine dans lequel des données économiques concernant les effets des biotechnologies sur les pauvres commencent à se faire jour. Par conséquent, bien que ce rapport porte sur l'ensemble des outils et applications des biotechnologies agricoles, en particulier dans le Chapitre 2, l'accent est mis sur les cultures transgéniques et sur leur impact sur les populations démunies des pays pauvres. Bon nombre des difficultés auxquelles on se heurte pour faire profiter les pauvres des avantages des cultures transgéniques seront au moins aussi importantes pour d'autres applications biotechnologiques dans les domaines de l'élevage, des pêches et des forêts. Pour tout complément d'informations sur le programme de travail de la FAO sur les biotechnologies agricoles, consulter le site Web de la FAO à l'adresse suivante: <http://www.fao.org/biotech/index.asp?lang=fr>.

des biens écologiques communs, apaiseront les craintes des consommateurs quant à la qualité et la sécurité sanitaire des aliments et relèveront les moyens d'existence en zones rurales, tant au Sud qu'au Nord. Cette guerre rhétorique nous rendrait-elle sourds à un débat raisonné sur les risques et les possibilités que présentent les biotechnologies?

Il apparaît clairement que les biotechnologies (encadré 1) peuvent contribuer à relever ces défis. Elles peuvent surmonter les problèmes de production difficiles ou réfractaires aux méthodes classiques de sélection. Elles peuvent accélérer les programmes de sélection classiques et fournir aux agriculteurs du matériel végétal exempt de maladies. Elles peuvent élaborer des variétés résistantes aux ravageurs et aux maladies, éliminer le recours aux produits chimiques toxiques pour l'environnement et la santé humaine et fournir des outils de diagnostic et des vaccins pouvant contribuer à lutter contre des maladies animales dévastatrices. Elles peuvent améliorer la qualité nutritionnelle de produits alimentaires de base comme

le riz et le manioc et créer de nouveaux produits destinés aux utilisations industrielles et sanitaires.

Les biotechnologies ne sont cependant pas une panacée. Elles ne sauraient pallier le manque d'infrastructures, de marchés, de capacités de sélection, de systèmes de fourniture d'intrants et de services de vulgarisation qui fait obstacle à tous les efforts engagés pour promouvoir la croissance agricole dans les zones pauvres et isolées. Certaines de ces contraintes pourraient se révéler plus problématiques pour les biotechnologies que pour les autres technologies agricoles, tandis que d'autres le seront moins. Certaines caractéristiques introduites dans une semence, comme la résistance transgénique aux insectes, pourraient être plus faciles à utiliser pour les petits agriculteurs sans ressources que des technologies agricoles plus complexes qui exigent d'autres intrants ou des stratégies de gestion élaborées. Inversement, certains packages biotechnologiques, notamment dans les secteurs de l'élevage et de la pêche, requièrent un cadre institutionnel et une gestion avisée pour donner les résultats

escomptés et ne sont donc pas adaptés à la situation des petits exploitants mal lotis.

Les inquiétudes liées à la sécurité et à la réglementation des plantes transgéniques sont un obstacle majeur pour les pays en développement dont beaucoup n'ont ni le cadre réglementaire, ni les capacités techniques nécessaires pour évaluer ces cultures et les affirmations contradictoires dont elles font l'objet. Bien que la communauté scientifique internationale ait conclu que les aliments issus des cultures transgéniques actuellement disponibles sur le marché sont sans danger pour la santé, elle reconnaît que certaines des nouvelles modifications à base de transgènes multiples devraient donner lieu à des procédures complémentaires d'analyse des risques pour l'alimentation. En revanche, il n'y a guère de consensus quant aux risques que les cultures transgéniques présentent pour l'environnement bien qu'il soit communément admis que ces produits doivent être évalués par comparaison aux risques posés par l'agriculture classique. Par ailleurs, beaucoup s'entendent à dire que les cultures transgéniques doivent être évaluées cas par cas, comme pour les produits pharmaceutiques, en tenant compte de la plante considérée, des caractéristiques introduites et du système agroécologique. Étant donné que seules de très rares cultures transgéniques ont fait l'objet d'études d'impact sur l'environnement tropical, il faudra un effort de recherche considérable dans ce domaine.

Les activités de recherche-développement sur les cultures transgéniques engagées par les secteurs public et privé portent sur plus de 40 plantes cultivées dans le monde entier et des dizaines d'innovations sont étudiées; il est néanmoins patent que les problèmes des pauvres sont ignorés. À l'exception de quelques initiatives ici et là, il n'existe aucun grand programme, public ou privé, axé sur les graves problèmes auxquels sont confrontés les pauvres ou les plantes et animaux dont ils dépendent. Il convient d'engager des efforts internationaux concertés pour que les besoins technologiques des pauvres soient effectivement pris en compte et lever les obstacles qui leur permettraient d'accéder aux nouvelles technologies.

Les grandes leçons de ce rapport

Les biotechnologies – génie génétique compris – peuvent être avantageuses pour les pauvres dès lors que seront élaborées des innovations répondant à leurs besoins et que les agriculteurs sans ressources des pays pauvres peuvent y avoir accès dans des conditions rentables. Or, jusqu'ici, ces conditions n'ont été satisfaites que pour une poignée de pays en développement.

Les biotechnologies doivent relever d'un programme intégré et global de recherche-développement agricole prioritairement axé sur les problèmes des pauvres. Sans pour autant s'y substituer, elles peuvent compléter les recherches engagées dans d'autres domaines tels que la sélection végétale et animale, la gestion intégrée des ravageurs et des nutriments, les techniques d'alimentation et les systèmes de gestion des maladies.

Le secteur public – pays développés et pays en développement, donateurs et centres de recherche internationaux – doit affecter plus de ressources à la recherche agricole, en particulier aux biotechnologies. Les biens publics auxquels le secteur privé ne s'intéresse logiquement pas doivent faire l'objet de recherches publiques qui engendreront par ailleurs une concurrence sur le marché des technologies.

Les gouvernements doivent offrir des mesures d'incitation et créer des institutions et un environnement porteur pour les activités de recherche-développement menées par les secteurs public et privé sur les biotechnologies agricoles et pour leur diffusion. Il convient d'encourager les partenariats public-privé et toutes les démarches innovantes permettant de mobiliser la recherche et l'apport de technologies aux pauvres.

Les procédures réglementaires doivent être renforcées et rationalisées pour garantir la protection de l'environnement et de la santé publique et la transparence de ce processus qui doit rester prévisible et fondé sur des bases scientifiques. Il est capital de se doter de réglementations avisées pour gagner la confiance des consommateurs et des producteurs, tout en se gardant des réglementations obstructionnistes et des redondances coûteuses.

Le renforcement des capacités de recherche agricole et les aspects réglementaires des biotechnologies doivent être prioritaires pour la communauté internationale. La FAO a proposé la mise en place d'un nouveau grand programme afin de veiller à ce que les pays en développement disposent des connaissances et des compétences nécessaires pour prendre leurs propres décisions quant à l'utilisation des biotechnologies.

Résumé du rapport

Le Chapitre 2 explore les frontières des biotechnologies agricoles et situe la question dans le contexte plus vaste des objectifs de production, de conservation et de gestion visés par la recherche. La controverse suscitée par les biotechnologies est principalement centrée sur les cultures transgéniques, lors même que ces innovations ne représentent qu'une fraction infime des possibilités techniques qu'offrent les biotechnologies pour l'agriculture, l'élevage, la foresterie et la pêche. Le génie génétique est à la fois un prolongement plus précis des outils de sélection utilisés depuis des décennies et un changement d'orientation radical par rapport aux méthodes classiques. C'est la capacité même du génie génétique à transcender la barrière des espèces qui lui confère son pouvoir considérable et en fait un tel sujet de controverse.

Le Chapitre 3 rappelle la contribution de la recherche publique nationale et internationale à l'élaboration des technologies qui ont permis la Révolution verte. À l'inverse, les recherches sur les cultures transgéniques sont pour la plupart le fait de sociétés privées transnationales. Cette situation est lourde de conséquences pour le type de recherches effectivement engagées ainsi que pour les produits élaborés. Les données sur les tendances de la recherche et de la commercialisation confirment que les plantes et les caractéristiques présentant un intérêt pour les pauvres sont dédaignées. Six pays (Afrique du Sud, Argentine, Brésil, Canada, Chine et États-Unis), quatre cultures (le maïs, le soja, le canola/colza et le coton) et deux caractéristiques (la résistance aux insectes et la tolérance aux herbicides) représentaient, en 2003, 99 pour cent de la superficie globale plantée en cultures

transgéniques. Ces mêmes cultures et caractéristiques font l'objet de la majorité des recherches menées sur les cultures transgéniques, tant dans les pays développés que dans les pays en développement et dans les secteurs public comme privé. L'insuffisance de capacités nationales de recherche agricole est l'un des principaux obstacles auquel se heurtent les pays en développement qui souhaiteraient adopter et adapter les innovations biotechnologiques.

Le Chapitre 4 fait le point des connaissances actuelles sur les retombées socioéconomiques du recours aux plantes transgéniques, notamment dans les pays en développement. À l'exception de la Chine, toutes les cultures transgéniques commercialisées à ce jour ont été élaborées et distribuées par des sociétés privées. Cela étant, certaines d'entre elles, en particulier le coton résistant aux ravageurs, sont une source importante de revenus pour les petits agriculteurs, sans compter les avantages sociaux et environnementaux non négligeables qu'entraîne la moindre utilisation des produits chimiques dans l'agriculture. Les éléments d'information disponibles laissent supposer que les petits agriculteurs sont tout aussi susceptibles de tirer profit de l'adoption du coton transgénique que les grands exploitants. Ils montrent aussi qu'en dépit des craintes de voir le secteur dominé par les sociétés privées, les agriculteurs et les consommateurs ont jusqu'ici récupéré une part plus importante des retombées économiques des cultures transgéniques que les sociétés qui les ont élaborées et commercialisées. À noter toutefois que ces constatations ne reposent que sur deux ou trois ans de données et concernent un nombre relativement faible d'agriculteurs, dans quelques pays seulement. Les gains enregistrés sur le court terme pourraient ne pas se maintenir dès lors qu'un plus grand nombre d'agriculteurs se sera tourné vers ces technologies. Il faut davantage de temps et des études conçues avec plus de soin pour déterminer comment et à quel niveau les retombées des cultures transgéniques seront distribuées.

Le Chapitre 5 passe en revue les éléments de preuves disponibles ainsi que les préoccupations des milieux scientifiques concernant les cultures transgéniques et résume les quelques consensus auxquels

est parvenue la communauté scientifique internationale. Les scientifiques considèrent que les produits transgéniques d'ores et déjà sur le marché peuvent être consommés en toute sécurité, mais ils préconisent une surveillance permanente et conviennent que les nouveaux produits, de nature plus complexe, devront sans doute faire l'objet de procédures complémentaires pour s'assurer de leur innocuité au plan alimentaire. Ce sont les impacts potentiels des cultures transgéniques sur l'environnement qui donnent lieu aux désaccords les plus profonds entre les scientifiques. Ils sont globalement d'accord sur les types de dangers qui peuvent se poser, mais ne s'entendent ni sur leur probabilité, ni sur leur gravité. Aucun des grands risques environnementaux potentiellement associés aux cultures transgéniques ne s'est encore matérialisé sur le terrain. Les scientifiques conviennent que ces plantes doivent être évaluées au cas par cas, en tenant compte de la culture, des caractéristiques et de l'agrosystème auquel elle est destinée. Ils sont aussi d'accord sur le fait que la réglementation doit reposer sur des bases scientifiques, mais que le jugement et le dialogue sont des éléments essentiels de tout cadre réglementaire fondé sur des bases scientifiques. Au plan international, l'harmonisation que peuvent offrir la Commission du Codex Alimentarius (CAC) ou la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) par exemple, contribuera certainement à soulager les tensions internationales. Les pays en développement doivent développer leurs propres capacités nationales en vue de la réglementation de ces cultures et se conformer à leurs obligations nationales et internationales.

Le Chapitre 6 passe en revue les recherches effectuées dans le monde sur ce que pensent les gens de l'utilisation des biotechnologies dans l'alimentation et l'agriculture. Quel que soit le consensus scientifique ou réglementaire qui se dégagera, le génie génétique dans l'alimentation et l'agriculture ne percera pas tant que le grand public ne sera pas convaincu de son innocuité et de son utilité. Les avis sur la question varient de manière considérable, tant au sein d'un même pays que d'un pays à l'autre, mais un examen attentif de données d'enquête

comparables au plan international montrent que dans tous les pays, les gens ont une opinion nuancée des biotechnologies et font des distinctions entre les différentes technologies et applications selon qu'ils les jugent utiles et acceptables. Rares sont ceux qui adoptent une position dogmatique pour ou contre l'ensemble des biotechnologies. L'étiquetage, qui a l'avantage de laisser le choix au consommateur, a été proposé comme un moyen de rapprocher les opinions quant à l'acceptabilité des aliments transgéniques. D'autres pensent que l'étiquetage n'a de raison d'être que dans les cas où le produit – et pas seulement le processus entrant dans sa production – diffère de son équivalent classique. Les gouvernements membres de la CAC ont engagé un débat sur le rôle de l'étiquetage pour les aliments transgéniques.

Le Chapitre 7 examine le type de recherches en biotechnologies agricoles qui seront nécessaires pour répondre aux besoins des pauvres, et plus particulièrement des agriculteurs sans ressources des pays pauvres. Il s'agit notamment d'engager des recherches sur les cultures qui assurent le gros de leur apport alimentaire et leurs moyens de subsistance: le riz et le blé, bien sûr, mais aussi toute une gamme de cultures dites «orphelines» comme le sorgho, le millet à chandelle, le pois cajan, le pois chiche et les arachides qui sont les parents pauvres des programmes de recherche classiques et biotechnologiques. Les caractéristiques qui présentent un intérêt particulier pour les pauvres sont entre autres la résistance aux stress de production tels que la sécheresse, la salinité, les maladies et les ravageurs, ainsi que l'amélioration de la qualité nutritionnelle. Dans ce chapitre, on examine également un ensemble d'options institutionnelles et de mesures d'incitation qui pourraient contribuer à promouvoir la recherche publique et privée sur les problèmes des pauvres.

Le Chapitre 8 porte sur les besoins des pays en développement et des pays en transition en matière de renforcement des capacités. Tous les pays doivent disposer de capacités techniques, institutionnelles et gestionnaires solides et dynamiques pour être en mesure d'appliquer les biotechnologies dans l'alimentation et l'agriculture, durablement et avec succès. Plusieurs initiatives

internationales visant un renforcement des capacités sont à l'étude, mais il faudrait en faire bien plus pour que tous les pays soient à même de décider par eux-mêmes du devenir des ces technologies, pour le bien-être de leurs populations.

Enfin, le Chapitre 9 récapitule les principales conclusions du rapport et recommande des mesures spécifiques pour veiller à ce que les biotechnologies répondent aux besoins des pauvres.

2. Que sont les biotechnologies agricoles?

Très schématiquement, le terme biotechnologie désigne toute technique qui utilise des organismes ou des substances vivantes qui en sont issues pour élaborer ou modifier un produit à des fins pratiques (encadré 2). Les biotechnologies s'appliquent à toutes les classes d'organismes – des virus et des bactéries aux végétaux en

passant par les animaux – et sont en train de devenir un axe majeur de la médecine moderne, de l'agriculture et de l'industrie. Les biotechnologies agricoles modernes comprennent des outils très divers employés par les scientifiques pour comprendre et manipuler la structure génétique des organismes en vue de la

ENCADRÉ 2

Définir les biotechnologies agricoles

La Convention sur la diversité biologique (CDB) définit la biotechnologie comme «toute application technologique qui utilise des systèmes biologiques, des organismes vivants ou des dérivés de ceux-ci pour réaliser ou modifier des produits ou des procédés à usage spécifique» (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 1992). Cette définition englobe les applications médicales et industrielles, ainsi que nombre d'outils et de techniques couramment utilisés en agriculture et en production vivrière.

Le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques définit la «biotechnologie moderne» de façon plus étroite comme l'application de:

- a) *techniques in vitro aux acides nucléiques, y compris la recombinaison de l'acide désoxyribonucléique (ADN) et l'introduction directe d'acide nucléique dans des cellules ou organites, ou*
- b) *la fusion cellulaire d'organismes n'appartenant pas à une même famille taxonomique, qui surmontent les barrières naturelles de la physiologie de la reproduction et qui ne sont pas des techniques utilisées pour la reproduction et la sélection de type classique.*

(Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2000)

Le *Glossaire de la biotechnologie* de la FAO définit la biotechnologie au sens large comme dans la CDB et au sens étroit comme «diverses technologies moléculaires telles que la manipulation génétique et le transfert de gènes, l'empreinte génétique et le clonage de plantes et d'animaux» (FAO, 2001a).

Les techniques faisant appel à l'ADN recombinant, également connues sous le nom de génie génétique ou (de façon plus familière, mais moins précise) de modification génétique, correspondent à la transformation des caractères génétiques d'un organisme à l'aide de la transgénèse, dans laquelle l'ADN d'un organisme ou d'une cellule (le transgène) est transmis à un autre organisme sans reproduction sexuée. Les organismes génétiquement modifiés (OGM) sont obtenus par l'application de la transgénèse ou de la technologie de l'ADN recombinant dans laquelle un transgène est incorporé dans le génome de l'hôte ou un gène de l'hôte est transformé pour changer son niveau d'expression. Les expressions «OGM», «organisme transgénétique» et «organisme issu du génie génétique» sont souvent utilisées comme synonymes bien qu'elles ne soient pas interchangeables au point de vue technique. Dans le présent rapport, elles sont utilisées comme synonymes.

production et du traitement des produits agricoles.

Certaines applications des biotechnologies, comme la fermentation et la brasserie, sont employées depuis des milliers d'années. D'autres applications plus récentes sont maintenant bien implantées. Ainsi, des micro-organismes sont utilisés depuis des décennies comme usines vivantes pour la production d'antibiotiques salutaires, comme la pénicilline qui est produite à partir du champignon *Penicillium*, et la streptomycine qui provient de la bactérie *Streptomyces*. Les détergents modernes contiennent des enzymes produites par les biotechnologies, la production des fromages à pâte ferme est tributaire de la présure provenant de levure biotechnologique et l'insuline humaine destinée aux diabétiques est maintenant produite au moyen de la biotechnologie.

On a recours aux biotechnologies pour remédier aux problèmes qui surviennent dans tous les domaines de la production et de la transformation des produits agricoles. C'est, par exemple, le cas de la sélection végétale qui permet d'accroître et de stabiliser les rendements, d'améliorer la résistance aux ravageurs, aux maladies et aux stress abiotiques tels que la sécheresse et le froid et de relever la teneur nutritionnelle des aliments. Les biotechnologies sont utilisées pour élaborer du matériel végétal bon marché et exempt de maladies pour des cultures comme le manioc, la banane et la pomme de terre, et pour concevoir de nouveaux outils de diagnostic et de traitement des maladies animales et végétales ainsi que d'évaluation et de conservation des ressources génétiques. Elles sont encore employées pour accélérer les programmes de sélection des plantes, du bétail et des poissons et pour développer la gamme de caractéristiques modifiables. Les aliments pour bétail et les pratiques d'alimentation sont modifiés par les biotechnologies afin d'améliorer la nutrition des animaux et de réduire les déchets nocifs pour l'environnement. Les biotechnologies servent aussi à diagnostiquer les maladies et à élaborer des vaccins contre les maladies animales.

Il est donc évident que l'on ne peut réduire les biotechnologies au seul génie génétique. En fait, certains des aspects les moins controversés des biotechnologies

agricoles pourraient se révéler les plus puissantes et les plus bénéfiques pour les pauvres. La génomique, par exemple, est en train de révolutionner notre vision de la manière dont fonctionnent les gènes, les cellules, les organismes et les écosystèmes et ouvre de nouveaux horizons pour la sélection assistée par marqueurs et la gestion des ressources génétiques. Parallèlement, le génie génétique est un outil extrêmement puissant dont le rôle doit être évalué avec soin. Il est important de comprendre comment les biotechnologies – le génie génétique en particulier – peuvent compléter et développer d'autres démarches si tant est que leur utilisation fasse l'objet de décisions raisonnées.

Ce chapitre fournit une brève description des utilisations actuelles et nouvelles des biotechnologies dans l'agriculture, l'élevage, la pêche et la foresterie dans le but de mieux faire comprendre les technologies par elles-mêmes et la manière dont elles complètent les autres démarches en les prolongeant. Nous souhaitons souligner ici que les outils biotechnologiques sont bel et bien des outils, et non une fin en soi. Comme n'importe quel autre outil, ils doivent être évalués dans le contexte où ils sont utilisés.

Compréhension, caractérisation et gestion des ressources génétiques

Les agriculteurs et les pasteurs manipulent la structure génétique des plantes et des animaux depuis que l'agriculture existe, soit depuis environ 10 000 ans. Les agriculteurs ont géré le processus de domestication pendant des millénaires, à travers de multiples cycles de sélection des individus les mieux adaptés. Cette exploitation de la variation naturelle des organismes biologiques nous a donné les cultures, les arbres de plantation, les animaux et les poissons d'élevage d'aujourd'hui qui sont souvent radicalement différents de leurs ancêtres (voir le tableau 1).

Le but des sélectionneurs modernes n'est pas différent de celui des premiers agriculteurs: produire des cultures ou des animaux supérieurs. Les programmes classiques de sélection, qui reposent sur l'application des principes connus de la génétique – le phénotype ou les

TABLEAU 1
Chronologie des technologies agricoles

Technologie	Époque	Interventions génétiques
Traditionnelle	Vers 10 000 av. J.-C.	Plusieurs civilisations récoltent des variétés naturelles, domestiquent des plantes et des animaux et commencent à sélectionner du matériel végétal destiné à la plantation et des animaux pour l'élevage.
	Vers 3 000 av. J.-C.	Brassage de la bière, fabrication de fromage et vinification.
Conventionnelle	Fin du XIX ^e siècle	Gregor Mendel, en 1865, découvre les principes de l'hérédité et jette les fondements des méthodes d'élevage classiques.
	Années 1930	Mise au point de cultures commerciales hybrides.
	Années 1940 à 1960	Recours à la mutagenèse, à la culture tissulaire et à la régénération des plantes. Découverte de la transformation et de la transduction. Watson et Crick découvrent la structure de l'ADN en 1953. Identification des gènes mobiles (transposons).
Moderne	Années 1970	Apparition du transfert de gènes grâce aux techniques à ADN recombinés. Utilisation du sauvetage d'embryons et de la fusion des protoplastes pour l'amélioration des plantes et de l'insémination artificielle pour la reproduction animale.
	Années 1980	L'insuline est le premier produit commercial obtenu par transfert de gènes. Recours à la culture tissulaire pour la plantation massive de végétaux et au transfert d'embryon pour la production animale.
	Années 1990	Prise d'empreinte génétique d'un large éventail d'organismes. Premiers essais sur le terrain de variétés végétales génétiquement modifiées en 1990, suivis du premier lancement commercial en 1992. Vaccins et hormones génétiquement modifiés et clonage d'animaux.
	Années 2000	Bioinformatique, génomique, protéomique, métabolomique.

Source: Adapté de van der Walt (2000) et FAO (2002).

caractéristiques physiques d'un organisme – ont parfaitement bien réussi à introduire des caractéristiques désirables, provenant de parents sauvages ou cultivés ou de mutants, dans d'autres cultivars ou races d'élevage (encadré 3). Dans un croisement classique où chaque parent fournit la moitié du patrimoine génétique de la descendance, les caractéristiques indésirables peuvent être transmises avec les caractéristiques recherchées, et il faut parfois poursuivre la sélection sur des générations pour éliminer les caractéristiques indésirables. À chaque génération, il faut tester les caractéristiques liées à la croissance, à la valeur nutritionnelle et au traitement de la descendance. De nombreuses générations sont parfois nécessaires avant de trouver la bonne combinaison de caractéristiques et les délais peuvent être considérables, notamment dans le cas de cultures pérennes comme les arbres et certaines espèces d'animaux d'élevage. La sélection basée sur le phénotype est donc un processus lent, exigeant et coûteux, tant financièrement que par le temps nécessaire.

Les biotechnologies peuvent rendre les méthodes classiques de sélection plus efficaces.

La génomique

Les percées les plus remarquables des biotechnologies agricoles sont dues aux recherches sur la structure du génome et sur les mécanismes génétiques qui sous-tendent les caractéristiques importantes au plan économique (encadré 4). La génomique, discipline qui progresse à grands pas, fournit des informations sur l'identité, l'emplacement, l'impact et la fonction des gènes qui ont une incidence sur ces caractéristiques – autant de connaissances qui vont de plus en plus guider l'application des biotechnologies dans tous les secteurs agricoles. La génomique jette les bases des sciences qui lui succéderont, notamment des disciplines nouvelles telles que la protéomique et la métabolomique qui livrent des connaissances sur les structures génique et protéique ainsi que sur leurs fonctions et interactions. Ces disciplines visent une

ENCADRÉ 3

Sélection assistée par mutation induite

Les mutations spontanées sont le moteur «naturel» de l'évolution, et la ressource dans laquelle les sélectionneurs puisent pour acclimater les plantes cultivées et «créer» des variétés améliorées. Sans les mutations, il n'y aurait ni riz, ni maïs, ni autres plantes cultivées.

Depuis les années 70, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la FAO financent des recherches sur l'induction de mutations pour renforcer l'amélioration génétique des cultures vivrières et industrielles en vue de la sélection de nouvelles variétés améliorées. Les mutations induites sont obtenues par traitement de parties de plantes à l'aide d'agents mutagènes, chimiques ou physiques, puis par sélection des modifications souhaitables – en fait, pour imiter les mutations spontanées et élargir artificiellement la diversité génétique. La nature précise des mutations induites n'a généralement pas été considérée comme importante, que les lignées mutantes soient utilisées directement ou comme source de nouvelle

variation dans des programmes de croisement.

Les mutations induites pour favoriser la sélection ont permis d'obtenir de nouvelles variétés de nombreuses plantes cultivées telles que le riz, le blé, l'orge, les pommes, les agrumes, la canne à sucre et la banane (la base de données sur les variétés mutantes FAO/AIEA contient plus de 2 300 variétés officiellement mises en circulation¹). L'application de mutations induites à la sélection végétale a eu un impact économique considérable sur l'agriculture et la production vivrière qui a une valeur actuelle de milliards de dollars EU et concerne des millions d'hectares de cultures. Récemment, les techniques de mutation ont connu une renaissance, dépassant leur utilisation directe dans la sélection pour connaître des applications nouvelles telles que la découverte de gènes et la génétique inverse.

¹ Disponible à l'adresse suivante: <http://www-infocris.iaea.org/MVD/>.

ENCADRÉ 4

ADN en bref

Tous les organismes vivants sont constitués de cellules qui sont programmées par du matériel génétique appelé acide désoxyribonucléique (ADN). Seule une petite partie de la chaîne d'ADN est effectivement constituée de gènes qui, à leur tour, codent pour des protéines, et la partie restante de l'ADN représente des séquences non codantes dont le rôle n'est pas encore clairement établi. Le matériel génétique est organisé en paires de chromosomes. Par exemple, il y a cinq paires de chromosomes dans l'espèce de moutarde *Arabidopsis thaliana*, très étudiée. L'ensemble des chromosomes d'un organisme est appelé le génome. Le projet de séquençage du génome humain a fourni à la communauté des chercheurs

agricoles non seulement un grand nombre de technologies secondaires qui peuvent être appliquées à tous les organismes vivants, mais encore un modèle de collaboration internationale pour la gestion de vastes projets de séquençage du génome de plantes types telles qu'*Arabidopsis* et le riz.

On peut rafraîchir ses connaissances en matière d'ADN, de génétique et d'hérédité, en consultant le site Web interactif www.dnafromthebeginning.org, élaboré par le laboratoire de Cold Spring Harbor aux États-Unis, où la plus grande partie des travaux complètement nouveaux de génétique et de génie génétique ont été effectués.

compréhension systématique de la biologie moléculaire des organismes en vue de leur utilisation pratique.

Une palette très vaste de technologies et de matériels nouveaux est élaborée à un rythme rapide pour générer et traiter les informations sur la structure et la fonction des systèmes biologiques. Le terme bioinformatique renvoie à l'utilisation et à l'organisation de ces informations. Les progrès de la bioinformatique permettent de prévoir la fonction génique à partir de données sur la séquence génique: ainsi, à partir de la liste des gènes d'un organisme, on pourra élaborer le cadre théorique de sa biologie. La comparaison des cartes physiques et génétiques et des séquences d'ADN de différents individus permettra de réduire sensiblement le temps requis pour identifier et sélectionner les gènes potentiellement utiles.

L'élaboration de cartes génétiques indiquant l'emplacement précis et les séquences de gènes montre clairement que même des génomes apparentés de manière distante ont des caractéristiques en commun (encadré 5). La génomique comparative aide à comprendre de nombreux génomes en se fondant sur l'étude intensive de certains d'entre eux. Ainsi, la séquence génomique du riz est utile pour l'étude du génome d'autres céréales dont il partage certains traits en fonction de leur degré de parenté, tandis que les génomes de la souris et du paludisme fournissent des modèles pour le bétail et certaines des maladies qui le frappent. Il existe désormais des espèces modèles pour la plupart des types de cultures, d'animaux d'élevage et de maladies, et les connaissances sur leurs génomes s'enrichissent très rapidement.

Les marqueurs moléculaires

Tout programme avisé de sélection, d'amélioration et de conservation doit impérativement reposer sur des informations fiables quant à la distribution de la variation génique. La variation génique d'une espèce ou d'une population peut être observée sur le terrain ou en étudiant les marqueurs moléculaires et autres en situation de laboratoire. L'association des deux démarches est nécessaire pour obtenir des résultats fiables. Les marqueurs moléculaires sont des séquences d'ADN

identifiables, situées à des emplacements spécifiques du génome, et associées à la transmission d'une caractéristique ou d'un gène lié. Les marqueurs moléculaires servent: (a) à la sélection assistée par marqueurs, (b) à la compréhension et à la conservation des ressources génétiques; et (c) à la vérification du génotype. Ces activités sont essentielles pour l'amélioration génétique des cultures, des essences forestières, des animaux et des poissons d'élevage.

La sélection assistée par marqueurs

Les cartes de liaison génique peuvent être utilisées pour localiser et sélectionner les gènes qui affectent les caractéristiques d'importance économique dans les plantes ou les animaux. Les avantages potentiels de la sélection assistée par marqueurs sont plus importants pour les caractéristiques contrôlées par de nombreux gènes, comme la production de fruits, la qualité du bois, la résistance aux maladies, la production de lait et de viande, ou encore l'adiposité, qui sont difficiles et coûteuses à mesurer et nécessitent beaucoup de temps. Les marqueurs peuvent aussi être utilisés pour accélérer ou améliorer l'introduction de nouveaux gènes d'une population à l'autre, par exemple quand on souhaite introduire des gènes de parents sauvages dans des variétés végétales modernes. Lorsque la caractéristique désirée est localisée dans la même espèce (telles que deux variétés de millet – encadré 6), elle peut être transférée au moyen des méthodes classiques de sélection, les marqueurs moléculaires étant alors utilisés pour déceler le gène désiré.

Mesure et conservation de la diversité génétique

Les marqueurs moléculaires grâce auxquels on mesure l'ampleur de la variation génique, tant au sein d'une population qu'entre plusieurs d'entre elles, permettent d'orienter utilement les activités de conservation génétique et l'élaboration de populations d'amélioration pour l'agriculture, l'élevage, la foresterie et la pêche. Les études réalisées sur des poissons et des essences forestières au moyen de ces technologies ont mis en évidence une forte variation génique, à la fois au sein des populations et entre elles. Les animaux d'élevage sont caractérisés par une variation génique importante au sein

des populations, tandis que les cultures se distinguent davantage par de fortes variations entre les différentes espèces. Les données fournies par d'autres modes d'investigation, comme les observations de terrain, sont souvent incapables de fournir ce genre d'informations ou alors, avec de grandes difficultés.

On utilise de plus en plus souvent les marqueurs moléculaires pour étudier la distribution et les schémas de diversité génétique. Les enquêtes effectuées dans le monde montrent par exemple que 40 pour cent des races d'élevage existantes sont

menacées d'extinction. Or, la plupart d'entre elles ne sont présentes que dans les pays en développement et, dans bien des cas, on ne sait pas grand-chose d'elles ou de leur potentiel d'amélioration. Elles contiennent peut-être des gènes capables de favoriser une adaptation ou une résilience aux stress – comme la tolérance à la chaleur ou la résistance à la maladie – qui pourraient s'avérer utiles pour les générations futures. Les biotechnologies modernes peuvent contribuer à freiner la tendance à l'érosion génétique dans tous les secteurs de l'alimentation et de l'agriculture.

ENCADRÉ 5 La synthénie c'est la vie!

Mike Gale¹

La synthénie décrit la conservation et la cohérence du contenu et de l'ordre des gènes le long des chromosomes de différents génomes végétaux. Jusqu'à la fin des années 80, nous imaginions que chaque plante cultivée avait sa propre carte génétique. Ce n'est que lorsque nous avons été capables de dresser les premières cartes moléculaires, en utilisant une technique appelée «polymorphisme de la longueur des fragments de restriction» (PLFR) que nous avons commencé à entrevoir que les espèces apparentées avaient des cartes génétiques qui se ressemblaient étonnement. Les premières expériences ont démontré la conservation, sur quelques millions d'années d'évolution, de relations de synthénie entre la pomme de terre et la tomate dans les plantes à feuilles larges et entre les trois génomes du blé panifiable dans les graminées. Plus tard, nous avons été en mesure de démontrer que les mêmes analogies étaient présentes pour les génomes du riz, du blé et du maïs, qui étaient séparés par quelque 60 millions d'années d'évolution. Le diagramme résume cette recherche et montre en une seule carte que 70 pour cent des

ressources alimentaires mondiales sont liées. Les 12 chromosomes du riz peuvent être alignés avec les 10 chromosomes du maïs et les sept chromosomes de base du blé et de l'orge de telle façon que tout rayon tracé autour des cercles passera pas différentes versions, connues sous le nom d'allèles, des mêmes gènes.

La découverte de la synthénie a des répercussions énormes sur la façon dont nous envisageons la génétique végétale. Il y a des applications évidentes pour des études de l'évolution; par exemple, les flèches blanches sur les cercles du blé et du maïs décrivent les translocations chromosomiques au cours de l'évolution qui caractérisent les groupes de graminées *Pooideae* et *Panicoideae*. Il y a de grandes possibilités de prévoir la présence et le locus d'un gène dans une espèce à partir de ce que nous savons au sujet d'une autre espèce. Maintenant que nous avons la séquence complète d'ADN du riz, nous pouvons identifier et isoler des gènes essentiels d'espèces à génome de grandes dimensions difficiles à traiter telles que le blé et l'orge en prévoyant que les mêmes gènes seront présents dans le même ordre que dans le riz. Les principaux gènes de la résistance aux maladies et de la tolérance aux sols acides ont récemment été isolés de cette façon dans l'orge et dans le seigle.

¹ Le professeur Gale est Directeur adjoint du Centre John Innes, Norwich (Royaume-Uni).

Vérification du génotype

Les marqueurs moléculaires sont très fréquemment employés pour l'identification des génotypes et la détermination de l'«empreinte génétique» des organismes. Ces prises d'empreintes génétiques ont été utilisées dans des programmes très pointus de sélection d'arbres où il est impératif d'identifier correctement les clones en vue des programmes de propagation à grande échelle. Les marqueurs moléculaires ont aussi servi à l'identification d'espèces marines menacées qui sont capturées par accident par des unités de pêche isolées ou,

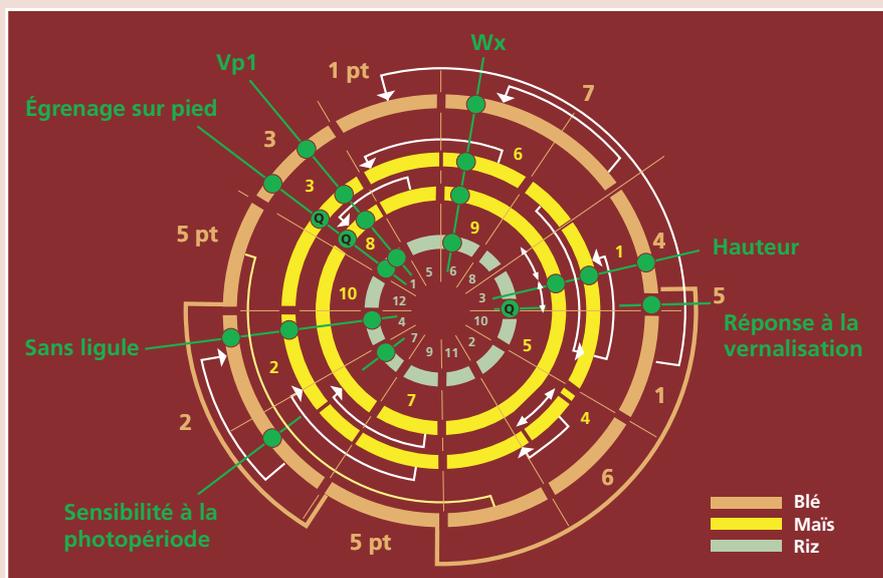
intentionnellement, dans le cadre d'activités de pêche illicite. La vérification du génotype est utilisée de façon intensive dans les tests d'ascendance des animaux domestiques et pour le traçage des produits d'élevage dans la chaîne alimentaire, afin de remonter jusqu'à l'exploitation et à l'animal d'origine.

Sélection et reproduction des cultures et des arbres

Outre la sélection assistée par marqueurs décrite ci-dessus, diverses biotechnologies

Pour la sélection végétale pratique, la connaissance de la syntenie permet aux obtenteurs d'accéder à tous les allèles, par exemple dans toutes les céréales plutôt que dans l'espèce seulement sur laquelle ils sont en train de travailler. Un premier exemple important de cela est le transfert au riz des gènes du nanisme du blé qui ont permis la Révolution verte. Dans ces expériences, le gène a été localisé dans le riz par syntenie et isolé puis modifié par altération de la séquence de l'ADN qui caractérisait les gènes du blé avant de

replacer le gène modifié dans le riz. Cette approche peut être appliquée à n'importe quel gène de toute céréale, y compris les cultures dites «orphelines» qui n'ont pas bénéficié des montants consacrés pendant le siècle écoulé à la recherche sur les trois principales cultures – blé, riz et maïs. La principale conséquence est cependant que nous pouvons maintenant mettre en commun nos connaissances en biochimie, physiologie et génétique et les transférer d'une plante cultivée à l'autre grâce à la syntenie.



ENCADRÉ 6

Marqueurs moléculaires et sélection assistée par des marqueurs pour le mil chandelle en Inde*Tom Hash¹*

Le mil chandelle est une céréale cultivée pour ses graines vivrières et sa paille dans les zones les plus chaudes et les plus sèches de l'Afrique et de l'Asie où l'agriculture pluviale et l'aridoculture sont pratiquées. Il est analogue au maïs par son comportement de reproduction. Les variétés traditionnelles des agriculteurs sont à pollinisation libre et exogames et changent donc constamment. On a mis au point des variétés hybrides génétiquement uniformes qui offrent un potentiel de rendement plus élevé mais sont plus sensibles à une maladie appelée mildiou duveteux. En Inde, le mil chandelle est cultivé sur quelque 9 millions d'hectares et plus de 70 pour cent de cette superficie sont ensemencés en ces cultivars hybrides. Depuis que les hybrides de mil chandelle ont été cultivés pour la première fois à la fin des années 60, toutes les variétés nouvelles qui étaient appréciées des agriculteurs ont fini par succomber à une épidémie de mildiou duveteux. Malheureusement, au moment où les agriculteurs les plus démunis d'une région

donnée décident d'adopter une variété particulière, ses jours sont généralement comptés.

L'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT) souhaitait réduire les risques liés à l'adoption d'hybrides de mil chandelle à rendement élevé et étendre la durée économique utile de ces variétés, en particulier pour les producteurs pauvres. Les biotechnologies nous ont aidé à y parvenir. Grâce aux outils du John Innes Centre et à l'appui du Programme de recherche phytologique du Ministère du développement international (DFID), nous avons mis au point et appliqué des outils de génétique moléculaire pour le mil chandelle. Nous avons cartographié les régions génomiques du mil chandelle qui contrôlent la résistance au mildiou duveteux, le potentiel de rendement en paille et le rendement en grains et en paille en situation de sécheresse. Ensuite, nos spécialistes de la sélection du mil ont utilisé la sélection classique et la sélection assistée par des marqueurs pour transférer plusieurs régions génomiques conférant une résistance améliorée au mildiou duveteux aux deux lignées parentales consanguines de sélection avancée de l'hybride apprécié HHB 67. Nous avons

¹ Tom Hash est Chercheur principal (reproduction cellulaire) à l'ICRISAT, Patancheru, Andhra Pradesh (Inde).

sont utilisées pour la sélection et la reproduction des cultures et des arbres. Elles sont souvent associées l'une à l'autre et couplées aux méthodes de sélection classiques.

Culture cellulaire et tissulaire et micropropagation

La micropropagation consiste à prendre de petits morceaux de tissu végétal, ou des structures complètes telles que des bourgeons, et à les cultiver dans des conditions artificielles pour élaborer des plants entiers. Elle est particulièrement utile pour préserver des plantes jugées

précieuses, cultiver des espèces à croissance délicate (comme de nombreux arbres), accélérer la sélection végétale et fournir une quantité abondante de matériel végétal à la recherche. Pour les plantes cultivées et les espèces horticoles, la micropropagation est désormais à la base d'un important secteur commercial qui compte des centaines de laboratoires dans le monde. Outre les avantages qu'elle présente du fait de la rapidité de propagation, cette technologie permet aussi de produire du matériel végétal exempt de maladies (encadré 7), notamment lorsqu'on l'associe aux kits de diagnostic pour le dépistage des maladies.

ensuite utilisé la sélection assistée par les marqueurs pour obtenir deux nouvelles variétés – ICMR 01004 et ICMR 01007 – avec deux groupes de gènes différents de résistance au mildiou duveteux.

Ces variétés ont donné des résultats au moins aussi bons que leurs lignées parentales pour le rendement en grains et en paille et sont sensiblement et nettement améliorées au point de vue de la résistance au mildiou duveteux. Elles ont également plusieurs caractères favorables, notamment la masse de 1 000 grains, la longueur du panicule, la hauteur de la plante et la résistance à la rouille. Les hybrides obtenus par croisement avec ICMR 01004 et ICMR 01007 ont été récemment mis à disposition pour des essais dans les États indiens du Gujarat, du Radjasthan et de l'Haryana dans le cadre du Projet indien d'amélioration coordonnée du mil chandelle. Ils avaient été précédemment évalués avec succès en 2002, et avaient fait preuve d'une légère supériorité du rendement en grains et d'une résistance bien meilleure au mildiou duveteux que HHB 67, tout en conservant le caractère hâtif pour lequel il est très apprécié.

L'un au moins de ces deux hybrides pourrait être mis en circulation pour

remplacer HHB 67 avant que celui-ci ne succombe (ce qui est certain) à une épidémie de mildiou duveteux. Étant donné que HHB 67 est très largement cultivé par les agriculteurs pauvres en Inde, si son remplacement en temps utile pouvait empêcher ce type d'épidémie pendant une année, les pertes évitées dépasseraient la valeur totale de l'appui financier à la recherche assuré par le Ministère du développement international pour l'élaboration et l'application des outils de génétique moléculaire pour le mil chandelle (3,1 millions de livres sterling à ce jour). Tous les avantages futurs de cette recherche effectuée par l'ICRISAT, par ses partenaires financés par le Ministère du développement international au Royaume-Uni et les partenaires du programme national qui collaborent en Inde peuvent être considérés comme des profits pour l'ensemble de la société.

On a entrepris des essais visant à développer l'application de la micropropagation en foresterie. Par comparaison avec la multiplication végétative par bouturage, les taux de multiplication plus importants obtenus par la micropropagation permettent une diffusion plus rapide du matériel végétal bien que l'augmentation des coûts et l'insuffisance des clones recherchés freinent son adoption généralisée.

Sélection *in vitro*

La sélection *in vitro* a pour but de sélectionner du matériel génétique en imposant des pressions spécifiques aux

cultures tissulaires dans des conditions de laboratoire. De récentes publications signalent des corrélations intéressantes entre les réactions *in vitro* et l'expression des caractéristiques recherchées sur le terrain, le plus souvent la résistance à la maladie. On obtient également des résultats positifs pour la tolérance aux herbicides, aux métaux, à la salinité et aux faibles températures. S'agissant des critères de sélection généralement importants pour les essences forestières (notamment la vigueur, la forme du tronc et la qualité du bois), le manque de corrélation avec les réponses de terrain fait encore obstacle à la sélection *in vitro*.

ENCADRÉ 7

Micropopagation de bananiers exempts de maladie au Kenya

Les bananiers sont généralement cultivés dans les pays en développement où ils constituent une source d'emplois, de revenus et d'aliments. La production bananière est en baisse dans de nombreuses régions du fait de problèmes d'organismes nuisibles et de maladies qui ne peuvent pas être résolus par la lutte agrochimique pour des raisons de coûts et d'effets négatifs sur l'environnement. Le problème est aggravé par le fait que le bananier est reproduit par clonage, de sorte que les plantes malades utilisées pour la reproduction donnent naissance à des plantes malades.

La micropopagation constitue un moyen de régénérer des plantules de bananiers exempts de maladies obtenues à partir de tissu sain. Au Kenya, on a

réussi à effectuer des cultures de tissus de pointes végétatives de bananiers. La pointe végétative initiale subit un traitement thermique pour détruire les organismes qui l'infectent et est utilisée ensuite pendant de nombreux cycles de régénération pour produire des plantes. Une seule section de tissu peut produire jusqu'à 1 500 nouvelles plantes en 10 cycles de régénération.

La micropopagation du bananier a eu des répercussions énormes au Kenya et dans beaucoup d'autres pays, contribuant à améliorer la sécurité alimentaire et à créer des revenus. Elle présente tous les avantages d'une technique relativement peu coûteuse et d'application aisée, et qui apporte des avantages environnementaux significatifs.

Cette méthode pourrait toutefois s'avérer utile dans les programmes de foresterie pour déceler la résistance à la maladie et la tolérance à la salinité, au gel et à la sécheresse.

Génie génétique

Le génie génétique permet de transmettre une caractéristique désirée mise en évidence dans un organisme qui n'est pas sexuellement compatible avec l'hôte. Dans le cas des végétaux, la méthode la plus fréquemment employée en génie génétique utilise comme vecteur une bactérie présente dans les sols, *Agrobacterium tumefaciens*. Les chercheurs introduisent le ou les gènes désirés dans la bactérie, puis infectent la plante hôte. Les gènes désirés sont transmis à l'hôte en même temps que l'infection. Cette méthode est principalement utilisée avec les espèces dicotylédones comme la tomate ou la pomme de terre. Certaines cultures, notamment des espèces monocotylédones comme le blé et le seigle, ne mutent pas aussi naturellement sous l'action de *A. tumefaciens*, bien que l'on soit récemment parvenu à modifier du blé et d'autres céréales. La technique de transformation la plus communément utilisée consiste à enrober le gène désiré de

particules d'or ou de tungstène et on utilise ensuite un «pistolet à gènes» pour propulser le gène dans l'hôte à très grande vitesse.

On distingue trois types distinctifs de cultures génétiquement modifiées: (a) «les transferts distants» où les gènes sont transférés entre des organismes appartenant à des règnes différents (par exemple des bactéries aux plantes); (b) «les transferts proches» où les gènes sont transférés entre deux espèces du même règne (d'une plante à l'autre par exemple); et c) «la manipulation» dans laquelle les gènes déjà présents dans le génome d'un organisme sont manipulés pour modifier le niveau ou schéma d'expression. Une fois le gène transféré, il faut tester la plante pour s'assurer que le gène est correctement exprimé et qu'il reste stable après plusieurs générations. Ce contrôle est généralement plus efficace qu'avec les croisements classiques parce que la nature du gène est connue; des techniques moléculaires permettent alors de déterminer son emplacement dans le génome et un moins grand nombre de modifications génétiques sont nécessaires.

Pour la plupart, les plantes transgéniques cultivées à ce jour ne comportent qu'un nombre très limité de gènes qui leur confèrent une résistance aux ravageurs

ENCADRÉ 8

Agriculture sur sols acides: amélioration de la tolérance des céréales à l'aluminium

Miftahudin,^{1,2} M.A. Rodriguez Milla,² K. Ross³ et J.P. Gustafson³

L'aluminium présent dans les sols acides limite la croissance végétale sur plus de 30 pour cent de l'ensemble des terres arables, principalement dans les pays en développement. Il existe deux méthodes pour accroître la production végétale dans les sols acides. De la chaux peut être ajoutée au sol pour accroître le pH, mais il s'agit d'une mesure coûteuse et temporaire. Sinon, des cultivars génétiquement améliorés, tolérants à l'aluminium, peuvent être élaborés. Les cultivars existants de blé ne contiennent pas de variation génétique importante pour accroître la tolérance à l'aluminium. Une tolérance améliorée devra être introduite dans le blé à partir de pools de gènes d'espèces apparentées plus tolérantes. Une carte des liaisons génétiques du blé a été élaborée à l'aide des marqueurs disponibles pour le gène existant de tolérance à l'aluminium.

Le seigle est quatre fois plus tolérant à l'aluminium que le blé. Par conséquent, un gène de la tolérance du seigle à l'aluminium a été caractérisé. Les marqueurs du blé, de l'orge et du riz ont

été utilisés pour établir une liaison étroite, définir les régions avoisinant le gène du seigle et dresser une carte génétique à haute résolution. Un gène candidat possible a été utilisé pour l'expression génétique des racines, et pour des études temporelles qui ont montré l'expression dans des racines de seigle uniquement en situation de stress dû à l'aluminium.

Le ciblage du gène de tolérance à l'aluminium est un exemple de l'utilisation d'approches fondées sur les problèmes pour intégrer les outils moléculaires et de sélection afin d'améliorer la production de blé. L'utilisation des liaisons génétiques (synthénie) entre les céréales pour fournir des marqueurs afin d'identifier et de caractériser des caractères à valeur ajoutée permet de dégager des approches complémentaires pour améliorer la production de blé. Les obtenteurs peuvent utiliser les marqueurs avoisinant le gène du seigle dans des programmes de sélection assistée par des marqueurs dans des zones où les OGM ne peuvent pas être cultivés ou bien où seuls des outils de sélection classiques sont disponibles. En outre, ces marqueurs peuvent être utilisés pour le clonage à partir de cartes pour isoler le gène en question pour des approches transgéniques de l'amélioration du blé. Enfin, l'utilisation des liaisons de synthénie offre la technologie permettant de manipuler de nombreux caractères à valeur ajoutée pour l'amélioration des plantes cultivées d'autres espèces.

¹ Département d'agronomie, Université du Missouri, Columbia (États-Unis).

² Département de biologie, Université d'agronomie de Bogor (Indonésie).

³ Unité de recherche de phytogénétique du Service de recherche agronomique du Département de l'agriculture des États-Unis et Département d'agronomie de l'Université du Missouri, Columbia (États-Unis d'Amérique).

et/ou une tolérance aux herbicides (voir le Chapitre 3 pour de plus amples informations sur les cultures transgéniques actuellement étudiées et cultivées commercialement). Toutefois, diverses caractéristiques et cultures transgéniques présentant davantage d'intérêt pour les pays en développement ont été élaborées sans jamais être commercialisées. L'encadré 8 traite d'un projet de recherche visant à améliorer la tolérance du blé à l'aluminium, problème qui

touche les sols acides dans de vastes zones d'Amérique latine et d'Afrique. Des travaux analogues sont en cours pour améliorer la tolérance des plantes à d'autres stress comme la sécheresse, la salinité des sols et les températures extrêmes.

Les cultures à valeur nutritionnelle améliorée pourraient jouer un rôle essentiel dans la lutte contre les carences en micronutriments dans les pays en développement. La biofortification

TABLEAU 2

Variation génétique des concentrations de fer, de zinc, de bêta-carotène et d'acide ascorbique relevées dans le matériel génétique de cinq aliments de base, en poids sec

	(mg/kg)			
	Fer	Zinc	Bêta-carotène ¹	Acide ascorbique
RIZ				
Brun	6-25	14-59	0-1	-
Usiné	1-14	14-38	0	-
MANIOC				
Racine	4-76	3-38	1-24 ²	0-380 ²
Feuilles	39-236	15-109	180-960 ²	17-4200 ²
HARICOT	34-111 ¹	21-54	0	-
MAÏS	10-63	12-58	0-10	-
BLÉ	10-99 ³	8-177 ²	0-20	-

¹ La gamme de l'ensemble des caroténoïdes est bien plus étendue.

² Poids frais.

³ Y compris variétés sauvages.

Source: Centre international d'agriculture tropicale (CIAT), 2002.

et l'élaboration d'aliments à valeur nutritionnelle améliorée pourraient en outre fortement progresser si plusieurs biotechnologies pouvaient être associées. Grâce aux analyses de génome et aux cartes génétiques, on pourra identifier les gènes responsables de la variation naturelle de la teneur en nutriments des aliments communs (tableau 2). Ces gènes pourront alors être transférés dans les cultivars connus par les méthodes de sélection classiques et par sélection assistée par marqueurs, ou par génie génétique en cas d'insuffisance de la variation naturelle au sein d'une espèce. Des méthodes non transgéniques sont d'ores et déjà utilisées pour améliorer la teneur en protéines du maïs, la teneur en fer du riz et la teneur en carotène des patates douces et du manioc.

On peut aussi avoir recours au génie génétique quand la variation naturelle du nutriment désiré est insuffisante dans une espèce. L'encadré 9 expose le débat que suscite un projet visant à améliorer par génie génétique la teneur en protéines de la pomme de terre. Le riz transgénique Golden, bien connu, contient trois gènes étrangers – deux provenant de la jonquille et un d'une bactérie – qui produisent de la provitamine A (voir l'encadré 13 à la page xx). Les scientifiques ont déjà bien avancé dans l'élaboration d'un riz transgénique

«nutritionnellement enrichi» qui contiendra des gènes produisant de la provitamine A, du fer et davantage de protéines (Potrykus, 2003). D'autres aliments nutritionnellement enrichis sont en cours d'élaboration, notamment des huiles contenant moins d'acides gras indésirables. Par ailleurs, des aliments connus pour leur caractère allergène (les crevettes, les arachides, le soja, le riz, etc.) sont modifiés dans le but d'abaisser leur teneur en composés allergisants.

Le manque actuel de connaissances sur le contrôle moléculaire des caractéristiques les plus intéressantes est un facteur technique important qui limite l'application des modifications génétiques aux essences forestières. L'un des premiers essais publié sur des essences forestières génétiquement modifiées a été réalisé en 1988 sur des peupliers en Belgique. Depuis lors, plus de 100 essais ont été publiés sur 24 espèces d'arbres au moins, essentiellement des espèces cultivées pour le bois d'œuvre. Les caractéristiques que l'on a envisagé de modifier génétiquement chez les essences forestières sont notamment la résistance aux insectes et aux virus, la tolérance aux herbicides et la teneur en lignine. La diminution de la teneur en lignine serait particulièrement utile pour les espèces entrant dans la fabrication de pâte à papier car elle permettrait de réduire le volume

ENCADRÉ 9

La «protato»: aide aux plus démunis ou Cheval de Troie?

Les chercheurs de l'Université Jawaharlal Nehru en Inde ont mis au point une pomme de terre génétiquement modifiée qui produit près de un tiers à la moitié de protéines de plus que la pomme de terre classique, et notamment des quantités considérables de tous les acides aminés essentiels tels que la lysine et la méthionine, d'où son nom de «protato». La carence en protéines est courante en Inde et la pomme de terre est l'aliment de base des plus démunis.

La protato a été élaborée par une coalition d'institutions de bienfaisance indiennes, de chercheurs, d'instituts gouvernementaux et du secteur industriel dans le cadre d'une campagne d'une durée de 15 ans de lutte contre la mortalité infantile. La campagne vise à éliminer la mortalité infantile en fournissant aux enfants de l'eau propre, une alimentation améliorée et des vaccins.

La protato comprend un gène provenant de l'amarante, céréale à teneur élevée en protéines originaire d'Amérique du Sud et couramment vendue dans les magasins diététiques occidentaux. La protato a réussi les premiers essais de terrain et les tests de recherche des allergènes et des toxines. L'approbation finale par le Gouvernement indien sera obtenue dans cinq ans au minimum.

Les partisans de cette pomme de terre tels que Govindarajan Padmanaban, biochimiste à l'Institut indien des sciences, font valoir que cette pomme de terre peut fournir un supplément nutritionnel important aux enfants avec un faible risque d'allergie parce que les pommes de

terre et l'amarante sont déjà couramment consommées. En outre, il n'y a guère de menace pour l'environnement, car ni les pommes de terre ni l'amarante ont de plantes sauvages apparentées en Inde et cette pomme de terre ne nécessite aucune modification des pratiques habituelles de production. De surcroît, étant donné qu'elle a été mise au point par des chercheurs du secteur public en Inde, il n'est pas à craindre que des sociétés étrangères ne contrôlent cette technologie. Étant donné ces avantages, Padmanaban a fait observer: «Je pense qu'il est moralement impossible de s'y opposer.» (Coghlan, 2003).

Les opposants, tels que Charlie Kronick de Greenpeace, font valoir que les pommes de terre sont naturellement très pauvres en protéines (environ 2 pour cent) de sorte que, même si l'on double la teneur en protéines, on n'obtient qu'une contribution négligeable au problème de la malnutrition de l'Inde. Il déclare que l'effort de mise au point de cette pomme de terre visait davantage à obtenir l'acceptation par le public du génie génétique qu'à s'attaquer au problème de la malnutrition: «La cause de la faim n'est pas le manque de nourriture. C'est le manque de liquidités et d'accès à la nourriture. La création de ces cultures génétiquement modifiées sert à susciter l'intérêt du public à leur égard, alors qu'en réalité l'utilité de les consommer est pratiquement nulle. Je vois mal comment cette pomme de terre à elle seule pourrait changer quelque chose à la pauvreté.» (Charles, 2003).

de produits chimiques utilisés pour sa production.

Sélection et reproduction des animaux et des poissons d'élevage

Voilà longtemps que les biotechnologies sont une source d'innovations dans la production et la transformation des produits

d'élevage et d'aquaculture, et elles ont eu un impact considérable sur les deux secteurs. Les percées rapides de la biologie moléculaire et les derniers progrès de la biologie de la reproduction ont permis la mise au point d'outils puissants qui ouvrent la voie à un nombre croissant d'innovations. Des technologies comme la génomique et les marqueurs moléculaires, dont il a été question plus haut, sont particulièrement

ENCADRÉ 10

L'état des ressources zoogénétiques dans le monde

La FAO a été invitée par ses États Membres à élaborer et mettre en œuvre la Stratégie mondiale pour la gestion des ressources génétiques des animaux d'élevage. Dans le cadre de cette stratégie partant des pays, la FAO a invité 188 pays à participer à la préparation du premier rapport sur L'état des ressources génétiques dans le monde, devant être achevé avant 2006. À ce jour, 145 pays ont accepté de présenter des rapports nationaux et 30 de ces derniers ont été reçus et analysés (Cardellino, Hoffmann et Templeman, 2003). Ces rapports montrent bien que l'insémination artificielle est la biotechnologie la plus courante utilisée par les pays en développement dans le secteur de l'élevage. De nombreux pays ont demandé une formation pour utiliser davantage l'insémination artificielle, tout en se déclarant préoccupés par le fait que cette technique avait souvent été adoptée sans planification appropriée et pouvait menacer la conservation des races locales. Bien que le recours à l'ovulation

multiple et au transfert d'embryons (OMTE) soit mentionné et que le souhait de son adoption ou de son expansion ait été exprimé, aucun objectif clair n'est mentionné pour cette technique. Tous les pays ont exprimé le souhait d'adopter et de développer des techniques moléculaires, souvent en complément de la caractérisation phénotypique des races. La cryoconservation a été identifiée comme une priorité par tous les pays et les banques de gènes ont été recommandées, mais le financement reste un obstacle de taille. Lorsque des OGM animaux sont mentionnés, c'est principalement pour exprimer l'absence de réglementations appropriées et de directives pour leur éventuelle production, pour leur utilisation et leur échange. Certains pays se sont déclarés préoccupés par le fait que les biotechnologies dans le secteur de l'élevage devraient être appliquées en tant que partie intégrante d'une stratégie globale d'amélioration génétique, mais que ce n'est pas toujours le cas.

utiles pour comprendre, caractériser et gérer les ressources génétiques dans l'élevage et la pêche, comme dans l'agriculture et la foresterie (encadré 10). Le génie génétique a lui aussi sa place dans l'élevage et la pêche, bien que les techniques soient différentes, et d'autres technologies de la reproduction sont utilisées dans ces secteurs. Dans cette section, on traitera des biotechnologies de la reproduction qui sont spécifiquement employés dans ces deux secteurs.

Le principal objectif des biotechnologies de la reproduction du bétail est d'accroître l'efficacité de la reproduction et le taux d'amélioration génétique des animaux d'élevage. L'amélioration génétique des races adaptées aux conditions locales sera importante pour la mise en œuvre de systèmes de production durable dans les environnements de production très divers que l'on trouve dans les pays en développement et elle obtiendra probablement les meilleurs résultats grâce à l'association stratégique d'interventions

génétiques et non génétiques. Dans le secteur de l'aquaculture, les biotechnologies peuvent augmenter les taux de croissance, améliorer la gestion des espèces d'élevage et limiter le potentiel de reproduction des espèces génétiquement modifiées.

Insémination artificielle et ovulation multiple avec transfert d'embryons

Les progrès en matière d'insémination artificielle et d'ovulation multiple avec transfert d'embryons (OMTE) ont déjà eu un impact considérable sur les programmes d'amélioration du bétail dans les pays développés et nombre de pays en développement car ils permettent d'accélérer le processus d'amélioration génétique, de réduire les risques de transmission des maladies et d'accroître le nombre d'animaux issus d'un parent supérieur, le mâle dans le cas de l'insémination artificielle et la femelle pour l'ovulation multiple avec transfert d'embryons. Ils ont aussi motivé le secteur privé à engager des recherches sur

la sélection animale et largement développé le marché des souches de reproducteurs améliorés.

En 1998, plus de 100 millions d'inséminations artificielles ont été réalisées dans le monde sur du bétail (principalement du bétail laitier et des buffles), 40 millions sur des porcins, 3,3 millions sur des ovins et 0,5 million sur des caprins. Ces chiffres illustrent à la fois la rentabilité économique supérieure des troupeaux laitiers et le fait que la semence de taureau est bien plus facile à congeler que celles des autres animaux. Bien que plus de 60 millions d'inséminations artificielles aient été effectuées sur du bétail en Asie du Sud et en Asie du Sud-Est, l'Afrique en compte moins d'un million.

L'insémination artificielle n'est efficace que lorsque le secteur agricole a accès à des moyens techniques, institutionnels et autres bien plus importants que ceux nécessaires à la reproduction naturelle. Au plan positif, les agriculteurs qui ont recours à l'insémination artificielle n'ont pas à supporter les coûts et les risques liés à l'élevage de reproducteurs et peuvent se procurer des semences de n'importe quelle région de la planète.

Malgré le recours généralisé à l'insémination artificielle dans les pays développés et de nombreux pays en développement – même dans de petites exploitations modernes – elle n'est employée que dans les exploitations vouées à l'élevage intensif de bétail de valeur élevée. Il est clair que cette situation ne tient pas à des difficultés techniques de production ou de stockage des semences car, pour la plupart, les procédures sont désormais complètement normalisées et ont prouvé leur efficacité dans les climats tropicaux des pays en développement. En revanche, elle s'explique par de multiples problèmes d'organisation, de logistique et de formation des agriculteurs qui pèsent sur la qualité et l'efficacité de la technologie.

L'OMTE pousse l'insémination artificielle à une étape supérieure, tant du point de vue des améliorations génétiques possibles que du degré d'organisation et des capacités techniques nécessaires. L'ovulation multiple avec transfert d'embryons est l'une des technologies essentielles pour l'application de biotechnologies de la reproduction plus pointues, comme le clonage et la transgénique. En 2001, 450 000 embryons ont

été transférés dans le monde, principalement sur du bétail laitier, dont 62 pour cent en Amérique du Nord et en Europe, 16 pour cent en Amérique du Sud et 11 pour cent en Asie). Environ 80 pour cent des taureaux utilisés pour l'insémination artificielle sont issus de l'ovulation multiple avec transfert d'embryons. Pour les pays en développement, le principal avantage de cette technologie est de pouvoir importer des embryons congelés plutôt que du bétail vif, par exemple pour constituer un réservoir de géniteurs présentant les caractéristiques génétiques adaptées aux conditions locales, tout en supportant moins de risques sanitaires.

Manipulation du lot chromosomique et inversion sexuelle chez les poissons

La maîtrise du sexe et de la capacité de reproduction des poissons peut jouer un rôle important aux plans commercial et environnemental. En effet, un sexe est généralement plus recherché que l'autre; ainsi, chez les esturgeons, seules les femelles produisent du caviar, tandis que les tilapias de sexe masculin grossissent plus rapidement qu les femelles. La stérilité peut être souhaitable lorsque la reproduction affecte le goût du produit (comme chez les huîtres) ou quand les espèces d'élevage (transgéniques ou non) risquent de se mélanger aux populations naturelles. La manipulation du lot chromosomique et l'inversion sexuelle sont des techniques bien implantées qui permettent de maîtriser ces facteurs. Dans la première technique, les œufs de poissons peuvent être soumis à des chocs thermiques ou chimiques et à des chocs par application de pression afin de produire des individus dotés de trois lots chromosomiques au lieu des deux lots habituels. En règle général, ces organismes triploïdes ne consacrent pas leur énergie à la reproduction et sont donc stériles au plan fonctionnel. L'inversion sexuelle peut être réalisée par plusieurs méthodes, notamment par administration des hormones appropriées. On peut ainsi transformer en femelles des tilapias qui sont génétiquement de sexe masculin en leur faisant subir un traitement à base d'œstrogènes. Quand ils s'accouplent aux mâles ordinaires, ces mâles génétiques ne produisent que des tilapias de sexe masculin.

Le génie génétique appliqué aux animaux et aux poissons d'élevage

Chez les animaux, le génie génétique peut être utilisé pour introduire des gènes étrangers dans le génome de l'animal ou, au contraire, pour inactiver certains gènes par la technique dite du «knock-out». La méthode la plus utilisée à l'heure actuelle repose sur la micro-injection directe d'ADN dans les pronucléus des œufs fécondés, mais de nouvelles techniques se profilent déjà, comme le transfert nucléaire et l'utilisation de lentivirus comme vecteurs de l'ADN. Dans les premiers essais de génie génétique réalisés sur des animaux d'élevage, des gènes responsables de la croissance ont été introduits chez des porcs pour stimuler leur croissance et améliorer la qualité des carcasses. Aujourd'hui, les efforts de recherche portent sur la résistance aux maladies animales, comme la maladie de Marek chez les volailles, la tremblante du mouton et la mastite des vaches, ainsi qu'aux maladies pouvant contaminer les êtres humains comme les *Salmonella* chez les volailles. On peut citer d'autres exemples tels que l'augmentation de la teneur en caséine du lait et l'induction de la production de produits chimiques, pharmaceutiques ou industriels, dans le lait ou la semence des animaux. Bien que de conception simple, les méthodes utilisées pour modifier génétiquement des animaux d'élevage exigent un matériel spécialisé et une immense dextérité et aucune application agricole ne s'est révélée commercialement rentable à ce jour. Dans un avenir proche, les applications seront donc sans doute limitées à la production d'animaux transgéniques destinés à la production de produits industriels ou pharmaceutiques.

Le génie génétique est un secteur très dynamique de la recherche-développement en aquaculture. Les œufs de poissons étant souvent robustes et de grande taille, ils se prêtent bien à la manipulation et le transfert de gènes étrangers peut aisément se faire par injection directe ou par électroporation, technique où le transfert de gène est assisté par un champ électrique. Les gènes transférés chez les poissons ont généralement pour but de produire une hormone de croissance et cette technique a permis d'augmenter considérablement les taux de croissance des carpes, des saumons, des tilapias et d'autres

espèces. Par ailleurs, un gène issu de la plie rouge qui produit une protéine antigèle a été introduit chez des saumons dans l'espoir d'élargir l'aire d'élevage de ces poissons. Il n'a pas produit la protéine recherchée en quantité suffisante pour élever le saumon dans des zones plus froides, mais il a toutefois permis aux saumons de continuer à grossir pendant la période froide où les populations sauvages interrompent leur croissance. Ces applications en sont toujours au stade de la recherche-développement et aucun animal aquatique transgénique n'est encore disponible sur le marché.

Autres biotechnologies

Diagnostic et épidémiologie

Il est difficile de diagnostiquer les maladies des plantes et des animaux dont les signes sont parfois trompeurs, voire totalement absents, jusqu'à ce que des conséquences graves se déclarent. Des tests biotechnologiques pointus permettent d'identifier les agents responsables des maladies et de suivre les retombées des programmes de lutte sanitaire avec un degré de précision jusque-là impossible à atteindre. L'épidémiologie moléculaire caractérise les pathogènes (virus, bactéries, parasites et champignons) par séquençage des nucléotides qui permet d'en retracer l'origine. C'est un aspect particulièrement important pour les maladies épidémiques car l'identification de la source d'infection améliore considérablement la lutte sanitaire. Ainsi, l'analyse moléculaire des virus de la peste bovine a joué un rôle capital pour la détermination des lignées qui circulent dans le monde et la mise en œuvre du Programme mondial d'éradication de la peste bovine (PMEPB) (encadré 11). Dans le monde entier, l'essai d'immuno absorption enzymatique (ELISA) est devenu la méthodologie type pour le diagnostic et la surveillance de nombreuses maladies des animaux et des poissons, tandis que la technique de réaction en chaîne de la polymérase (PCR) est particulièrement utile pour diagnostiquer les maladies des plantes et, de plus en plus, les maladies du bétail et des poissons d'élevage. Les programmes de santé des plantes et des animaux ont aussi grandement gagné en efficacité avec la mise au point de sondes

génétiques qui permettent de distinguer et de déceler des pathogènes spécifiques dans des tissus, des animaux vifs et même dans des échantillons d'eau et de sol.

Élaboration de vaccins

Des vaccins sont mis au point par génie génétique pour protéger les poissons et les animaux d'élevage contre les pathogènes et les parasites. Lors même que les vaccins élaborés par les voies traditionnelles ont joué un rôle majeur dans la lutte contre la fièvre aphteuse, les maladies transmises par la tique, la peste bovine et d'autres maladies du bétail, les vaccins recombinants présentent divers avantages par rapport aux vaccins classiques, notamment du fait de leur sécurité, de leur spécificité et de leur stabilité. Un aspect important de ces vaccins, lorsqu'ils sont associés au test de diagnostic approprié, est de permettre de distinguer les animaux vaccinés de ceux qui ont été naturellement infectés. C'est une fonction particulièrement utile dans les programmes de lutte sanitaire car elle permet de poursuivre les vaccinations même après que l'on envisage de passer de la lutte à l'éradication. Aujourd'hui, on dispose par exemple de vaccins améliorés pour la maladie de Newcastle, la peste porcine classique et la peste bovine. Outre les améliorations techniques, les progrès des biotechnologies réduiront les coûts de production des vaccins, ce qui en facilitera l'accès pour les petits exploitants.

Nutrition animale

Les biotechnologies ont d'ores et déjà apporté des compléments utiles à la nutrition animale comme les enzymes, les probiotiques, les protéines unicellulaires et des additifs alimentaires antibiotiques qui sont largement utilisés dans les systèmes d'élevage intensif du monde entier pour améliorer la teneur en éléments nutritifs des aliments du bétail et accroître la productivité de l'élevage et de l'aquaculture. Les technologies à base de gènes sont de plus en plus employées pour améliorer la nutrition des animaux, soit en modifiant les aliments pour les rendre plus digestes, soit en modifiant les systèmes digestif et métabolique des animaux pour qu'ils tirent davantage profit de leur alimentation. Les progrès sur ce dernier point seront sans

doute assez lents en raison du manque actuel de connaissances sur la génétique, la physiologie et la biochimie sous-jacentes, mais on peut déjà citer un exemple de succès commercial dans les systèmes intensifs à fort volume d'intrants, à savoir la somatotropine recombinante, une hormone qui augmente la production de lait des vaches laitières et accélère la croissance des animaux de boucherie tout en favorisant une viande maigre.

Conclusions

Les biotechnologies viennent compléter nombre des aspects de la recherche agricole classique, sans se substituer à elle. Elles fournissent toute une gamme d'outils qui améliorent notre compréhension des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture et, partant, leur gestion. Ces outils contribuent déjà aux programmes de sélection et de conservation en facilitant le diagnostic, le traitement et la prévention des maladies des plantes et des animaux. Les biotechnologies apportent aux chercheurs de nouvelles connaissances et de nouveaux outils qui accroissent l'efficacité et la rentabilité de leurs travaux. Les programmes de recherche fondés sur les biotechnologies peuvent dès lors être considérés comme un prolongement plus précis des approches classiques (Dreher *et al.*, 2000). Parallèlement, le génie génétique peut être vu comme un changement d'orientation majeur par rapport aux méthodes de sélection classique car il permet aux scientifiques de transférer du matériel génétique entre différents organismes qui ne pourraient être sélectionnés par les méthodes conventionnelles.

Les biotechnologies agricoles sont intersectorielles et interdisciplinaires. Les techniques moléculaires et leurs applications sont en grande partie les mêmes dans tous les secteurs de l'alimentation et de l'agriculture, mais les biotechnologies ne peuvent se suffire à elles-mêmes. Pour les cultures, par exemple, le génie génétique ne peut être appliqué sans les connaissances issues de la génomique, et celle-ci n'a guère d'utilité dans la pratique sans un programme efficace de sélection végétale. Chaque objectif de recherche implique la maîtrise de

ENCADRÉ 11

Biotechnologie: faire disparaître la peste bovine dans le monde

La peste bovine, l'une des maladies du bétail les plus dévastatrices au monde, menace gravement des millions de petits agriculteurs et de pasteurs qui sont tributaires des bovins pour s'alimenter et gagner leur vie. Cette maladie virale qui touche les bovins, y compris les buffles, les yaks et les espèces sauvages apparentées, a détruit près de 90 pour cent des bovins d'Afrique subsaharienne dans les années 80. Une épidémie qui a sévi entre 1979 et 1983 a tué plus de 100 millions de bovins en Afrique, dont plus de 500 000 dans le seul Nigéria, provoquant des pertes estimatives de 1,9 milliard de dollars EU. L'Asie et le Proche-Orient ont également été touchés de plein fouet.

Aujourd'hui, la maladie a presque disparu de la planète: on estime que l'Asie et le Proche-Orient sont exempts du virus et d'énormes efforts sont faits pour veiller à ce qu'il ne se propage pas à partir de son dernier réservoir – qui se trouve, pense-t-on, dans l'écosystème pastoral somalien, qui englobe le nord-est du Kenya et le sud de la Somalie. L'éradication complète de la peste bovine est à notre portée. La peste bovine serait, après la variole, la deuxième maladie à être éradiquée dans le monde.

Les progrès réalisés jusqu'ici témoignent d'un triomphe remarquable des sciences vétérinaires et constituent un exemple tout à fait concluant de ce qui peut être fait lorsque la communauté internationale et les divers pays, leurs services vétérinaires et leurs communautés d'agriculteurs, coopèrent pour élaborer et mettre en œuvre des politiques

fondées sur les résultats et des stratégies permettant de les appliquer. La Campagne panafricaine d'éradication de la peste bovine supervisée par l'Union africaine et le Programme mondial d'éradication de la peste bovine (PMEPB) supervisé par la FAO sont les principales institutions de coordination de la lutte contre la peste bovine.

Les biotechnologies sont au cœur de cet effort. D'abord, elles ont permis la mise au point et la production à grande échelle des vaccins utilisés pour protéger des millions d'animaux grâce à des campagnes nationales de vaccination massive. Le vaccin initial, mis au point par le docteur Walter Plowright et ses collègues au Kenya, avec l'appui du Royaume-Uni, était préparé à partir d'un virus atténué par passages successifs sur culture cellulaire. Le docteur Plowright a reçu le World Food Prize en 1999 pour ses travaux. Bien que très efficace et sans danger, ce vaccin perdait une partie de son activité lorsqu'il était exposé à la chaleur. Des recherches ultérieures ont été effectuées pour mettre au point un vaccin thermostable à utiliser dans les zones isolées. Le docteur Jeffery Mariner y est parvenu grâce à des recherches en Éthiopie appuyées par l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID).

En outre, les biotechnologies ont fourni la plateforme technologique (ELISA, systèmes chromatographiques «pen-side» et test moléculaire) pour détecter et identifier les virus et suivre l'efficacité des campagnes de vaccination.

tout un ensemble d'éléments technologiques. Les biotechnologies doivent trouver leur place dans un programme global et intégré de recherche agricole qui tire profit des travaux réalisés dans d'autres secteurs, d'autres disciplines et d'autres programmes nationaux. Cette situation a de multiples incidences qui devront être envisagées par les pays en développement et les partenaires du développement lors de la conception et de la mise en œuvre des politiques nationales

de recherche, des institutions et des programmes de renforcement des capacités (voir le Chapitre 8).

Les biotechnologies agricoles sont internationales. Bien que la majorité de la recherche fondamentale en biologie moléculaire soit le fait des pays développés (voir le Chapitre 3), ces travaux peuvent aussi profiter aux pays en développement car ils permettent de mieux comprendre la physiologie de l'ensemble des plantes et

Avant l'arrivée de ces techniques et des stratégies nécessaires de prélèvement et de test, qui ont été élaborées par la FAO et par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) avec un appui de l'Agence suédoise de coopération internationale au développement (Asdi), les animaux vaccinés ne pouvaient pas être distingués des animaux infectés, de sorte que les pays ne pouvaient pas démontrer qu'ils étaient exempts de peste bovine. Il leur fallait alors mener des programmes coûteux de vaccination annuelle indéfiniment tout en continuant à souffrir des restrictions aux déplacements d'animaux et au commerce qui étaient imposées pour éviter la propagation de la maladie.

Les effets économiques de ces efforts se font déjà sentir très nettement. Bien que le coût de la vaccination et des prélèvements et analyses de sang ait été élevé à la fois pour les pays en développement et pour les pays développés, l'efficacité des campagnes nationales et la coordination régionale et mondiale sont démontrées par le fait qu'il ne reste plus qu'un petit réservoir de la maladie dans le monde. En revanche, en 1987, par exemple, la maladie était présente dans 14 pays africains ainsi qu'au Pakistan et dans certains pays du Proche-Orient.

Bien que les coûts et avantages soient très variables d'un pays à l'autre, les chiffres pour l'Afrique démontrent la rentabilité de la Campagne panafricaine et du Programme mondial d'éradication de

la peste bovine. Les grandes épidémies de peste bovine durent habituellement cinq ans et provoquent une mortalité totale de 30 pour cent. Avec une population bovine totale de 120 millions de têtes en Afrique subsaharienne, cela représente quelque 8 millions de têtes de bétail par an. Avec une valeur estimative de 120 dollars par animal, le coût de toute nouvelle grande épidémie de peste bovine serait de l'ordre de 960 millions de dollars. Dans le cadre de la Campagne panafricaine, quelque 45 millions de bovins ont été vaccinés chaque année, ce qui a coûté 36 millions de dollars EU, et les coûts du suivi et de la surveillance sérologiques étaient de l'ordre de 2 millions de dollars. Cela donne un ratio annuel coûts-avantages d'environ 22 : 1 et un avantage économique annuel net pour la région d'au moins 920 millions de dollars.

La Campagne panafricaine et le Programme mondial d'éradication de la peste bovine ont également fourni d'autres avantages significatifs. L'un des principaux est que grâce aux politiques, stratégies et arrangements institutionnels mis au place pour lutter contre la peste bovine, et qui ont permis d'établir des liens efficaces entre les agriculteurs, le personnel de terrain et de laboratoire et les autorités nationales, se sont fait jour des possibilités pour les pays d'aller de l'avant et de relever les défis de la lutte contre d'autres maladies ayant une incidence sur l'élevage et la sécurité alimentaire dans le monde ou d'éradiquer celles-ci.

des animaux. Les conclusions des projets sur le génome humain et sur celui de la souris fournissent des informations utiles pour les animaux d'élevage, et vice versa; de même, les études sur le maïs et le riz permettent de tirer des parallèles avec les cultures vivrières comme le sorgho et le teff. Des recherches spécifiques doivent toutefois être menées sur les races et les espèces importantes pour les pays en développement. Ces pays abritent en effet la biodiversité agricole la plus

riche du monde, mais rares sont les travaux entrepris pour caractériser ces espèces végétales et animales au plan moléculaire, évaluer leur potentiel de production et leur capacité à résister aux maladies et aux stress environnementaux, voire même pour assurer leur conservation à long terme.

L'application des nouvelles biotechnologies moléculaires et des nouvelles stratégies de sélection aux races animales et végétales importantes pour les petits exploitants des

pays en développement sera certainement freinée par divers facteurs dans un avenir proche (voir les Chapitres 3 et 7). Signalons notamment la pénurie de crédits de recherche garantis à long terme, l'insuffisance des capacités techniques et opérationnelles, la faible valeur commerciale des plantes et des races concernées, l'absence de programmes classiques de sélection et la nécessité de procéder à la sélection dans les environnements de production concernés. Quoiqu'il en soit, les pays en développement

sont déjà confrontés à la nécessité d'évaluer les cultures génétiquement modifiées (voir les Chapitres 4 à 6) et ils devront aussi un jour ou l'autre évaluer l'utilisation d'arbres, d'animaux et de poissons d'élevage génétiquement modifiés. Ces innovations permettront peut-être d'accroître la production, la productivité, la qualité des produits et leur capacité d'adaptation, mais elles seront sans aucun doute à l'origine d'enjeux nouveaux pour la recherche et les capacités de réglementation des pays en développement.

3. De la Révolution verte à la Révolution génétique

La Révolution verte a apporté à des millions de petits agriculteurs d'Asie et d'Amérique latine d'abord, puis d'Afrique, des variétés semi-naines de riz et de blé à haut rendement élaborées au moyen des méthodes de sélection classiques. Les gains réalisés pendant les premières décennies de la Révolution verte ont été élargis dans les années 80 et 90 à d'autres cultures et régions défavorisées (Evenson et Gollin, 2003). À la différence des travaux qui sont à l'origine de la Révolution verte, la plupart des recherches sur les biotechnologies agricoles et la quasi-totalité des activités de commercialisation associées sont le fait de sociétés privées des pays industrialisés.

C'est là un changement spectaculaire par rapport à la Révolution verte où le secteur public a très largement contribué à diffuser les résultats de recherche et les technologies. Ce changement de paradigme est lourd de conséquences pour le type de travaux qui sont engagés, pour les technologies mises au point et la manière dont elles sont diffusées. La prédominance du secteur privé dans les biotechnologies agricoles suscite de nombreuses craintes car les agriculteurs des pays en développement, notamment les plus pauvres, pourraient être laissés pour compte, soit faute d'innovations adaptées à leurs besoins, soit du fait de leur coût élevé.

C'est grâce aux recherches menées par le secteur public qu'ont pu être élaborées les variétés de blé et de riz à haut rendement à l'origine de la Révolution verte. Les chercheurs du secteur public national et international ont cultivé des gènes nanifiants dans des cultivars d'élite de blé et de riz, ce qui a intensifié la production de grains et de tiges plus petites, et leur a permis de tolérer des apports d'eau et d'engrais plus importants. Ces cultivars semi-nains ont été mis gratuitement à la disposition des sélectionneurs des pays en développement qui les ont adaptés aux conditions locales de production. Dans certains pays, des sociétés privées ont pris part à l'élaboration et à la

commercialisation des variétés localement adaptées, mais le matériel génétique amélioré a été fourni par le secteur public et distribué gratuitement en tant que bien public (Pingali et Raney, 2003).

Les pays qui ont tiré le plein avantage des possibilités offertes par la Révolution verte sont ceux qui disposaient – ou se sont rapidement dotés – de solides capacités nationales de recherche agricole. Dans ces pays, les chercheurs ont pu procéder aux adaptations locales nécessaires pour s'assurer que les variétés améliorées répondaient aux besoins de leurs agriculteurs et de leurs consommateurs. Les capacités nationales de recherche agricole ont été un facteur capital pour l'accès aux technologies agricoles de la Révolution verte et pour leur application et il en va de même aujourd'hui pour les biotechnologies. L'existence de capacités nationales de recherche permet à un pays d'importer et d'adapter des technologies agricoles élaborées ailleurs, de mettre au point des applications répondant aux besoins locaux (par exemple les cultures «orphelines») et d'adopter une réglementation appropriée en la matière.

La révolution biotechnologique est en revanche très largement dirigée par le secteur privé. On doit au secteur public les travaux de recherche fondamentale qui soutiennent les biotechnologies agricoles, mais des sociétés privées sont à l'origine de la plupart des travaux de recherche appliquée et de la quasi-totalité des applications commerciales. Trois forces conjuguées viennent transformer la façon dont les technologies agricoles améliorées sont apportées aux agriculteurs de la planète. Il y a tout d'abord un climat général qui incite de plus en plus à la protection de la propriété intellectuelle des obtentions végétales. Vient ensuite le rythme accéléré des nouvelles découvertes et l'importance croissante de la biologie moléculaire et du génie génétique. Enfin, le commerce des intrants et des produits agricoles est de plus en plus ouvert

dans presque tous les pays, ce qui se traduit par une expansion du marché potentiel des nouvelles technologies et des anciennes technologies apparentées. Cette situation est extrêmement motivante pour la recherche privée et vient modifier la structure des efforts de recherche agricole publics et privés, notamment pour l'amélioration des plantes cultivées (Pingali et Traxler, 2002).

Du fait de l'importance croissante de la recherche transnationale privée, les pays en développement doivent assumer des coûts de transaction de plus en plus élevés pour avoir accès à ces technologies et les mettre en pratique. Les réseaux publics internationaux qui permettent aujourd'hui la mise en commun des technologies entre pays, et donc d'optimiser leurs retombées, sont de plus en plus menacés. Il est désormais urgent de concevoir un système de flux technologiques qui préserve les motivations du secteur privé en faveur de l'innovation, tout en répondant aux besoins des agriculteurs pauvres des pays en développement.

Dans la première section de ce chapitre, on passe en revue l'organisation et les impacts de la recherche agricole et des flux technologiques de 1960 à 1990, période dominée par le paradigme de la Révolution verte fondé sur la recherche publique internationale. La deuxième section traite de la tendance à la privatisation croissante des activités de recherche-développement agricole et de ses conséquences pour l'accès des pays en développement aux nouvelles technologies, telles qu'attestées par les récentes tendances mondiales de la recherche, du développement et de la commercialisation des biotechnologies. Le chapitre se conclut sur diverses questions quant au potentiel de la Révolution génétique à servir les intérêts des pauvres. Ces questions sont discutées dans les chapitres suivants du rapport.

La Révolution verte: recherche, développement, accès et retombées

Au cours des 40 dernières années, la Révolution verte a été à l'origine d'une extraordinaire période de croissance de la productivité des cultures alimentaires dans les pays en développement (Evenson

et Gollin, 2003). Cette avancée est due à la combinaison d'investissements importants dans la recherche agronomique, les infrastructures et le développement des marchés et à un bon soutien politique. Ces aspects de la stratégie de la Révolution verte ont permis d'intensifier la croissance de la productivité en dépit de la raréfaction et de l'enchérissement des terres (Pingali et Heisey, 2001).

Recherche publique et transferts internationaux de technologies

La Révolution verte est venue contredire l'opinion classique selon laquelle les technologies agricoles n'étaient pas transposables, soit parce qu'elles étaient conçues pour des systèmes agroclimatiques spécifiques, comme les biotechnologies, soit parce qu'elles étaient sensibles aux prix relatifs des facteurs, comme les technologies mécaniques (Byerlee et Traxler, 2002). Pour stimuler la productivité des cultures alimentaires, la stratégie de la Révolution verte était explicitement basée sur l'hypothèse selon laquelle ces technologies pouvaient transcender les frontières politiques et agroclimatiques et avoir des retombées positives si les mécanismes institutionnels appropriés étaient en place. Le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) a donc été spécifiquement constitué pour produire des retombées technologiques positives, notamment dans les pays qui n'étaient pas en mesure de tirer le plein profit de leurs investissements dans la recherche. Or, qu'advient-il des effets d'entraînement de la recherche-développement agricole dans une situation caractérisée par une intégration mondiale croissante des systèmes d'offre alimentaire?

Les grandes découvertes qui ont donné le coup d'envoi de la Révolution verte à la fin des années 60 sont dues aux méthodes classiques de sélection qui avaient d'abord comme objectif d'accroître le potentiel de rendement des principales cultures céréalières. Après les premiers succès spectaculaires enregistrés sur le blé et le riz dans les années 60, le rendement potentiel des principales céréales n'a cessé d'augmenter à une cadence régulière. Ainsi, le rendement potentiel du blé irrigué s'est accru au taux de 1 pour cent

l'an durant les trois dernières décennies, soit une amélioration de quelque 100 kg par hectare et par an (Pingali et Rajaram, 1999). Globalement, aucune recherche n'a été effectuée pendant les premières décennies de la Révolution verte sur la plupart des plantes cultivées par les agriculteurs sans ressources des zones agroécologiques peu favorables (comme le sorgho, le millet, l'orge, le manioc ou les légumineuses), pas plus qu'elles n'ont donné lieu à l'élaboration de matériel génétique d'élite; depuis les années 80 toutefois, des variétés modernes de ces plantes ont été mises au point et leur rendement potentiel s'est amélioré (Evenson et Gollin, 2003). Outre les travaux qu'ils mènent pour faire reculer le seuil de rendement des cultures céréalières, les phytogénéticiens enregistrent toujours plus de succès dans des domaines moins brillants mais tout aussi importants de la recherche appliquée. Il est intéressant de noter par exemple l'élaboration de plantes présentant une résistance durable à une large gamme d'insectes et de maladies, de plantes plus tolérantes à divers stress physiques, de plantes dotées d'un cycle de croissance très raccourci et de grains céréaliers au goût et aux qualités nutritionnelles améliorés.

Avant 1960, il n'existait aucun système officiel permettant aux phytogénéticiens de se procurer du matériel génétique hors de leurs frontières. Depuis lors, le secteur public international (par le système du GCRAI) est devenu la principale source d'approvisionnement en matériel génétique amélioré élaboré par les méthodes classiques de sélection, notamment pour les espèces se reproduisant par autopolinisation, comme le riz et le blé, ainsi que pour le maïs à pollinisation libre. Les réseaux du GCRAI se sont développés au cours des années 70 et 80 qui ont été marquées par des investissements croissants dans la recherche agricole publique et l'insuffisance, voire l'absence, de législation sur la propriété intellectuelle. Les phytogénéticiens s'échangeaient le matériel génétique de manière informelle, ouverte et généralement gratuite. Les sélectionneurs pouvaient fournir leur matériel aux pépinières et se flatter de le voir adopté dans d'autres pays; de même, ils pouvaient à leur guise s'en procurer pour leur propre utilisation.

Les flux internationaux de matériel génétique ont eu une forte incidence sur la rapidité et le coût des programmes d'élaboration de plantes cultivées menés par les systèmes nationaux de recherche agricole (SNRA), d'où des gains d'efficacité énormes (Evenson et Gollin, 2003). Traxler et Pingali (1999) font valoir que l'existence même d'un système d'échange gratuit et sans entrave, donnant accès au meilleur matériel génétique disponible dans le monde, permet aux pays de prendre des décisions stratégiques sur l'importance des investissements qu'ils doivent consentir dans les capacités de sélection végétale. Même les SNRA dotés de programmes de recherche pointus sur les plantes cultivées, comme le Brésil, la Chine et l'Inde, font grande utilisation des cultivars issus de ces pépinières qui leur servent de matériel de présélection ou de variétés abouties (Evenson et Gollin, 2003). Les petits pays ont opté pour une conduite rationnelle et profité du système international plutôt que d'investir dans leurs propres infrastructures de sélection végétale (Maredia, Byerlee et Eicher, 1994).

Evenson et Gollin (2003) signalent que même dans les années 90, le système du GCRAI comportait un grand nombre de variétés modernes pour la plupart des cultures alimentaires; 35 pour cent des obtentions provenaient de croisements entre des variétés du GCRAI, et 22 pour cent d'entre elles comptaient un parent issu d'un croisement du GCRAI ou un autre ancêtre provenant de la même source. Ils font valoir que le matériel génétique fourni aux pays en développement par les centres internationaux leur ont permis de bénéficier des effets d'entraînement des investissements réalisés par d'autres pays dans l'amélioration des cultures, et d'enregistrer des gains de productivité qui auraient été moindres, voire inexistantes, s'ils avaient été contraints de s'en tenir aux seules ressources génétiques disponibles au début de cette période.

Impacts des technologies d'amélioration des cultures alimentaires

On ne manque pas de preuves empiriques concernant les retombées de la recherche agricole moderne et des flux internationaux de variétés modernes de plantes alimentaires sur la production, la productivité, les revenus et le bien-être des populations. Evenson et

CONTRIBUTION SPÉCIALE 1

Le défi du XXI^e siècle: Nourrir 10 milliards de personnes

Norman E. Borlaug¹

Depuis 35 ans, la production céréalière a plus que doublé, progressant plus vite que la population mondiale. L'adoption rapide des variétés récentes, le triplement de la consommation d'engrais chimiques et le doublement des superficies irriguées ont été les piliers de cette Révolution verte. En accroissant les rendements sur les meilleures terres agricoles, les agriculteurs du monde ont pu laisser de vastes étendues de terres disponibles pour d'autres usages.

La population mondiale pourrait atteindre 10 milliards d'habitants au milieu du siècle. Pendant les 20 années à venir, la demande mondiale de céréales va augmenter de 50 pour cent, sous l'effet de la croissance rapide de la consommation de fourrages et de viande. À l'exception

des zones à sols acides d'Afrique et d'Amérique du Sud, les possibilités d'expansion des superficies mondiales sont limitées, et c'est surtout sur des terres déjà cultivées qu'il faudra accroître la production vivrière, en maintenant et en améliorant la productivité de ces terres.

Les 842 millions de personnes qui souffrent de la faim dans le monde vivent pour la plupart de l'agriculture pratiquée sur des terres marginales. Les ménages souffrant de l'insécurité alimentaire dans ces zones rurales à risque subissent des sécheresses fréquentes, ont des terres dégradées, souffrent de l'éloignement des marchés et des insuffisances des institutions de commercialisation. Pour nombre d'entre eux, la sécurité alimentaire passe par une augmentation de la production et des revenus agricoles. Des investissements dans la science, les infrastructures et la conservation des ressources sont nécessaires pour accroître la productivité et abaisser les risques sur les terres marginales. Certes, les difficultés qui caractérisent ces environnements ne

¹ *Norman Borlaug est Président de la Sasakawa Africa Association, Professeur honoraire d'agriculture internationale à la Texan A&M University, et Prix Nobel de la paix de 1970. Il est connu comme le père de la Révolution verte pour ses travaux complètement nouveaux en matière de sélection et de production du blé.*

Gollin (2003) fournissent des informations détaillées sur l'adoption généralisée des variétés modernes, pour toutes les grandes cultures alimentaires, et sur leur impact. L'adoption des variétés modernes (taux moyen pour l'ensemble des cultures) s'est rapidement généralisée durant les deux décennies de la Révolution verte, pour s'accélérer encore pendant les décennies suivantes, passant de 9 pour cent en 1970 à 29 pour cent en 1980, et de 46 pour cent en 1990 à 63 pour cent en 1998. En outre, dans bien des régions et pour nombre de plantes, les variétés modernes de première génération ont été remplacées par des variétés de seconde et troisième générations (Evenson et Gollin, 2003).

L'augmentation de la production agricole sur les 40 dernières années est davantage due à une amélioration du rendement à l'hectare qu'à un accroissement des

superficies plantées. Des données de la FAO montrent par exemple que dans tous les pays en développement, les rendements de blé ont grimpé de 208 pour cent de 1960 à 2000; les rendements de riz se sont accrus de 109 pour cent; les rendements de maïs de 157 pour cent; les rendements de pomme de terre de 78 pour cent; et ceux de manioc de 36 pour cent (FAO, 2003). Les tendances de la productivité totale des facteurs sont conformes aux mesures partielles de la productivité, comme le taux de croissance du rendement (Pingali et Heisey, 2001).

Au cours des dernières décennies, la rentabilité des investissements dans le matériel génétique moderne à haut rendement a été précisément mesurée par nombre d'économistes. Plusieurs rapports récents récapitulent et analysent les données issues de centaines d'études menées dans les 30 années passées qui visent à calculer

pourront pas toutes être surmontées, mais des améliorations sensibles devraient être possibles. Les biotechnologies permettront de mettre au point des obtentions plus tolérantes aux stress abiotique et biotique et plus riches en éléments nutritifs. Il faut poursuivre l'amélioration génétique des cultures vivrières – par les outils de recherche classiques et par les biotechnologies – pour faire progresser les rendements et les stabiliser.

Au néolithique, l'homme – ou plutôt la femme – a acclimaté presque toutes nos espèces vivrières et animales sur une période relativement courte, il y a 10 000 à 15 000 ans. Ensuite, des centaines de générations d'agriculteurs ont apporté d'énormes modifications génétiques à toutes nos principales espèces végétales et animales. Grâce aux progrès faits par la science depuis 150 ans, nous avons maintenant, grâce à la phytogénétique et à la sélection, des moyens d'obtenir à volonté ce que jusqu'ici la nature faisait par hasard ou à dessein. La modification génétique des plantes cultivées, loin de relever de la sorcellerie

consiste à utiliser progressivement les forces de la nature et à les mettre au service de l'alimentation. En effet, le génie génétique – sélection végétale à l'échelle moléculaire – n'est qu'une étape du voyage scientifique de l'homme au cœur des génomes du vivant. Il ne saurait remplacer la sélection classique, mais il peut la compléter en permettant d'identifier les caractères souhaitables dans des groupes taxonomiques qui sont des parents éloignés et de les transférer plus vite avec et plus de précision dans des espèces cultivées à haut rendement et de qualité.

Le monde a déjà ou aura bientôt les technologies nécessaires pour nourrir durablement 10 milliards de personnes. Cependant, l'accès à ces technologies n'est pas assuré, en raison de problèmes liés aux droits de propriété intellectuelle, à l'acceptation des technologies par la société civile et les gouvernements, aux obstacles financiers et d'éducation qui tiennent les agriculteurs pauvres à l'écart et les empêchent d'adopter les nouvelles technologies.

le rendement des investissements dans la recherche agricole en termes sociaux. Elles examinent notamment les investissements réalisés par les institutions publiques nationales et internationales en Afrique, en Asie, en Amérique latine et dans les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) ainsi que par le secteur privé (Alston *et al.*, 2000; Evenson et Gollin, 2003). En dépit des différentes méthodes utilisées dans ces études, les résultats sont d'une remarquable cohérence. Au plan social, le rendement moyen des investissements publics dans la recherche agricole annoncé dans ces études est d'environ 40 à 50 pour cent. Les recherches engagées par le secteur privé ont produit des taux de bénéfices sociaux du même ordre.

La réduction des prix alimentaires est une conséquence immédiate de la recherche

agricole pour les pauvres qui ne relèvent pas du secteur agricole, comme sur ceux des zones rurales qui sont acheteurs nets de denrées alimentaires. L'adoption généralisée des technologies à base d'engrais et de semences améliorées a engendré une mutation importante de l'offre alimentaire en intensifiant les rendements et en contribuant à la baisse du prix réel des denrées alimentaires:

Le relèvement du pouvoir d'achat des pauvres – dû tant à l'amélioration de leurs revenus qu'à la baisse du prix des denrées alimentaires de base – est probablement la principale cause des gains nutritionnels engendrés par la recherche agricole. Seuls les pauvres sont victimes de la faim. Étant donné qu'une part relativement importante de leurs revenus est consacrée à l'alimentation, les effets sur les revenus des modifications de l'offre dues à la recherche peuvent avoir des retombées importantes sur la

CONTRIBUTION SPÉCIALE 2 Vers une Révolution toujours verte

M.S. Swaminathan¹

En août 1968, le Gouvernement indien a mis en circulation un timbre intitulé «Révolution verte» afin de sensibiliser l'opinion publique à la voie révolutionnaire que l'Inde avait empruntée pour produire davantage de blé. Tout en mettant l'accent sur les rendements du blé, le gouvernement a aussi lancé un programme massif de mise au point et de diffusion de variétés de riz, de maïs, de sorgho et de mil chandelle à haut rendement. Véritables moteurs de la «Révolution verte» en Inde, ces programmes ont permis d'apporter des améliorations prodigieuses à la production et à la productivité sans expansion des superficies cultivées.

Ces variétés à haut rendement nécessitant des intrants – engrais et eau d'irrigation – les spécialistes des sciences sociales ont accusé les technologies de la Révolution verte de ne pas être neutres au point de vue des ressources. Les écologistes ont attaqué la Révolution verte en raison des atteintes potentielles

à la productivité à long terme dues à l'utilisation excessive de pesticides et d'engrais et à la monoculture. Même si la Révolution verte a réussi à libérer des millions de personnes de la misère, l'incidence de la pauvreté, la faim endémique, les maladies contagieuses, les taux de mortalité infantile et maternelle, le faible poids à la naissance, les retards de croissance et l'illettrisme restent élevés.

Les préoccupations des spécialistes des sciences sociales et des écologistes et les problèmes urgents de la pauvreté et de la faim ont conduit à élaborer le concept d'une «Révolution toujours verte» afin de souligner la nécessité d'améliorer durablement la productivité des cultures sans qu'elle s'accompagne de répercussions négatives pour l'environnement et la société. Une Révolution toujours verte exige que nous soyons attentifs aux voies qui peuvent aider à améliorer la productivité, la qualité et à créer de la valeur ajoutée dans des conditions de diminution des disponibilités de terres arables et d'eau d'irrigation par habitant, d'expansion des stress biotiques et abiotiques et d'évolution rapide des préférences des consommateurs et du marché. Cela nécessitera la mobilisation optimale des connaissances traditionnelles,

¹ L'auteur est le Président de la M.S. Swaminathan Research Foundation. Il travaille depuis 50 ans avec des chercheurs et des décideurs à divers problèmes de génétique végétale fondamentale et appliquée ainsi que de recherche-développement agricole. Il est connu comme étant le père de la Révolution verte en Inde.

nutrition, notamment quand ces modifications résultent de technologies qui s'adressent aux producteurs les plus pauvres.

(Alston, Norton et Pardey, 1995: 85).

Les études réalisées par les économistes soutiennent empiriquement la proposition selon laquelle la croissance du secteur agricole a des retombées sur l'économie toute entière. Hayami *et al.* (1978) a démontré qu'au niveau du village, la croissance rapide de la production de riz stimulait les prix et la demande de terres, de main-d'œuvre ainsi que de biens et de services non agricoles. On trouvera chez Hazell et Haggblade (1993); Delgado,

Hopkins et Kelly (1998); et Fan, Hazell et Thorat (1998) une validation au niveau sectoriel de l'argument selon lequel l'agriculture fait office de moteur pour la croissance économique tout entière.

Une fois les variétés modernes adoptées, les coûts de production baissent encore très sensiblement grâce à toute une série de technologies complémentaires, dont les machines agricoles, les pratiques de gestion des terres (souvent liées aux herbicides), l'apport d'engrais, la gestion intégrée des ravageurs et, plus récemment, les pratiques de gestion améliorée de l'eau. Bien que la Révolution verte ait souvent reposé sur

des technologies et des sciences pionnières qui intéressent la prochaine étape de notre révolution agricole, dont la principale est la biotechnologie.

Les appréhensions que suscitent la génétique moléculaire et le génie génétique sont en gros les suivantes: la science proprement dite, l'accès à celle-ci, sa maîtrise, les préoccupations pour l'environnement et la santé humaine et animale. Une étude approfondie de chacune de ces questions sera importante pour une analyse rigoureuse des risques et des avantages. Le traitement global de ces questions pour toutes les applications du génie génétique aboutira à des conclusions sans nuances, telles que la condamnation générale des OGM par les organisations non gouvernementales (ONG) au Sommet mondial de l'alimentation: cinq ans après, (Rome, 2002).

Les avantages qu'apportent des techniques de sélection moléculaire comme l'utilisation des marqueurs moléculaires et la sélection de précision de caractères spécifiques grâce à la technologie de l'ADN recombinant sont immenses. Les travaux réalisés en Inde ont révélé le potentiel de sélection de nouvelles variétés génétiquement modifiées possédant une tolérance à

la salinité et à la sécheresse, à certains des principaux organismes nuisibles et maladies, ainsi qu'une qualité nutritionnelle améliorée. Une nouvelle ère de sélection mendélienne intégrée et moléculaire a commencé. Une Révolution toujours verte associera ces techniques de pointe à la prudence écologique des communautés traditionnelles pour mettre au point des technologies fondées sur la gestion intégrée des ressources naturelles et adaptées aux conditions locales parce qu'elles sont élaborées et testées avec les familles d'agriculteurs.

C'est la seule façon de relever les défis, en particulier dans le contexte de la rareté croissante de l'eau et de la nécessité urgente de produire davantage dans les zones semi-arides et d'aridoculture. L'accélération du progrès de l'agriculture est la meilleure garantie contre la faim et la pauvreté, parce que dans la plupart des pays en développement, plus de 70 pour cent de la population vivent de l'agriculture. Nous refuser les moyens de la nouvelle génétique serait porter grandement atteinte à la fois aux familles d'agriculteurs disposant de peu de ressources et à la mise en place d'un système national durable d'alimentation et de nutrition

des trains de technologies (les nouvelles variétés végétales étant accompagnées de l'engrais, des pesticides et des herbicides aux doses recommandées, ainsi que des mesures de maîtrise de l'eau), nombre de leurs composantes ont été appliquées de manière fragmentée et progressive (Byerlee et Hesse de Polanco, 1986). L'ordre dans lequel elles étaient mises en application dépendait de la pénurie des facteurs et des économies financières possibles. Herdt (1987) a procédé à une étude détaillée de la manière dont les technologies de gestion de la riziculture ont été progressivement adoptées aux Philippines. Traxler et Byerlee (1992)

présentent des informations analogues sur la mise en place au coup par coup des technologies de gestion du blé à Sonora, dans le nord-ouest du Mexique.

Bien que les environnements favorables, à fort potentiel, aient été les grands gagnants de la Révolution verte du point de vue de la croissance de la productivité, les environnements moins favorables en ont eux aussi bénéficié, par effet d'entraînement, et du fait des migrations de main-d'œuvre vers les milieux plus productifs. Selon David et Otsuka (1994), le rééquilibrage des salaires entre ces deux types d'environnement a été l'un des principaux moyens de redistribution

des gains produits par les mutations technologiques. Renkow (1993) a tiré les mêmes conclusions pour le blé cultivé dans des zones du Pakistan à fort et faible rendement potentiel. Dans une évaluation mondiale de l'adoption des variétés modernes de blé (1993), Byerlee et Moya ont constaté qu'avec le temps, les régions plus défavorisées ont fini par rattraper les zones plus propices, notamment lorsque le matériel génétique initialement élaboré pour ces dernières avait été réadapté aux zones marginales. Pour ce qui est du blé, le taux de croissance du rendement potentiel dans les zones sujettes à la sécheresse était de l'ordre de 2,5 pour cent l'an dans les années 80 et 90 (Lantican et Pingali, 2003). Dans un premier temps, l'augmentation du rendement potentiel sur les terres marginales est venue des retombées technologiques, après que les variétés sélectionnées pour les environnements à fort potentiel ont été adaptées aux zones marginales. Dans les années 90 cependant, les améliorations du rendement potentiel doivent être attribuées aux efforts de sélection spécifiquement axés sur les terres marginales.

La Révolution génétique: un changement de paradigme pour la recherche-développement agricole

Dans les années 60, 70 et 80, le secteur privé n'a guère investi dans la recherche sur la sélection végétale, en particulier dans les pays en développement, en raison de l'absence de mécanismes efficaces de protection exclusive des produits améliorés (encadré 12). La situation a évolué dans les années 90 avec l'apparition d'hybrides de plantes à pollinisation croisée telles que le maïs. La viabilité économique de ces hybrides a permis le démarrage d'une industrie des semences dans les pays en développement, sous l'impulsion de sociétés transnationales de pays développés, puis de sociétés nationales nouvelles (Morris, 1998). Malgré la croissance rapide de l'industrie semencière dans les pays en développement, son action reste encore assez limitée et nombre de marchés sont toujours laissés pour compte.

Le secteur privé a été davantage motivé à investir dans la recherche agricole lorsque les États-Unis et d'autres pays industrialisés

ont autorisé le brevetage des gènes artificiellement élaborés et des plantes génétiquement modifiées. Cette protection nationale a été encore renforcée par l'Accord de 1995 sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ADPIC) de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) qui oblige ses membres à protéger par brevet les inventions biotechnologiques (produits et procédés) et à protéger les obtentions végétales par brevet ou par tout autre régime particulier de protection. Ces formes de protection exclusive ont fourni au secteur privé les incitations nécessaires pour engager des recherches dans les biotechnologies agricoles (encadré 12).

Les grandes sociétés agrochimiques transnationales ont été les premières à investir dans l'élaboration des cultures transgéniques, bien que les recherches fondamentales qui leur ont ouvert la voie aient été en grande partie réalisées par le secteur public et mises à la disposition des sociétés privées en vertu de licences exclusives. L'une des raisons qui a incité les sociétés agrochimiques à se lancer dans la recherche-développement sur les cultures transgéniques est qu'elles avaient prévu le déclin du marché des pesticides et étaient en quête de nouveaux produits (Conway, 2000).

Les sociétés chimiques se sont rapidement implantées dans le secteur de la sélection végétale en rachetant les sociétés semencières, d'abord dans les pays industrialisés, puis dans les pays en développement. Ces fusions entre les sociétés semencières nationales et les multinationales se justifiaient au plan économique, dans la mesure où elles sont spécialisées dans des aspects différents de l'élaboration de variétés de semences et de leur distribution (Pingali et Traxler, 2002). C'est en fait un continuum qui démarre, en amont, par l'accumulation de connaissances sur les gènes utiles (la génomique) et l'élaboration de plantes transgéniques et se poursuit, en aval, par des processus adaptatifs permettant le rétrocroisement des transgènes en lignées commerciales et la distribution des semences aux agriculteurs. Les résultats des activités conduites en amont sont applicables dans le monde entier, pour toute une gamme de cultures et d'environnements agroécologiques. Les variétés et les cultures

ENCADRÉ 12

Biens collectifs et droits de propriété intellectuelle

Les biens collectifs créent des avantages pour la société en sus des avantages privés qui peuvent être tirés par la personne qui les a créés. Les avantages sont parfois appelés retombées. Les biens collectifs se caractérisent par la non-rivalité et la non-exclusivité. La non-rivalité signifie que le bien est également disponible pour tous, c'est-à-dire que sa consommation par une personne ne réduit pas la quantité qui est disponible pour les autres. La non-exclusivité signifie que les personnes qui ne paient pas le produit ne peuvent pas être empêchées de l'utiliser. Ces caractéristiques signifient que les obtenteurs privés ne peuvent pas capter l'ensemble des avantages sociaux de leur création à moins qu'ils ne puissent trouver un moyen d'empêcher l'utilisation non autorisée. Étant donné que les sociétés privées ne peuvent profiter pleinement de la recherche qui produit des biens collectifs, elles n'investiront pas dans un niveau de recherche optimal au point de vue social (Ruttan, 2001).

Une bonne partie des résultats de la recherche agricole, y compris dans le domaine des biotechnologies, ont l'une des caractéristiques d'un bien collectif ou les deux. Par exemple, tout chercheur peut utiliser des connaissances au sujet de la structure du génome du riz sans réduire la quantité de connaissances à la disposition d'autres chercheurs, et une fois que ces connaissances paraissent dans une publication scientifique ou sur le Web, il est difficile d'empêcher d'autres

personnes de les utiliser. Par ailleurs, une variété de plante transgénique peut avoir des caractéristiques de biens collectifs dans une certaine mesure, (par exemple, il est difficile d'exclure complètement les utilisateurs non autorisés), mais il ne s'agit pas d'un bien collectif pur parce que les semences peuvent être utilisées et que l'utilisation non autorisée peut être empêchée, du moins en partie.

Il y a deux façons – biologique et juridique – d'empêcher l'utilisation non autorisée de variétés de plantes. Les semences hybrides peuvent être mises de côté, reproduites et ressemées, mais seulement au prix d'une perte significative de rendement et de qualité, de sorte que l'hybridation assure une protection biologique de l'obtention. Les techniques génétiques restrictives constituent une autre forme de protection de la propriété intellectuelle biologique qui a été proposée pour les plantes transgéniques. Ces technologies produiraient des semences stériles ou des semences qui nécessitent l'application d'un produit chimique spécial pour activer le caractère novateur. L'opposition de l'opinion publique à l'approche des semences stériles a conduit la compagnie privée Monsanto à abandonner sa mise au point. La protection juridique sous forme de brevets, marques déposées et contrats peut également protéger la propriété intellectuelle, mais ces méthodes fournissent généralement une protection incomplète.

génétiqnement modifiées en revanche s'appliquent à des niches agroécologiques spécifiques. En d'autres termes, les retombées positives et les économies d'échelle décroissent à mesure qu'on s'approche de l'extrémité du continuum caractérisée par les processus d'adaptation. De la même manière, le coût des recherches et leur complexité chutent à mesure que l'on s'oriente vers les activités d'aval. Une division marquée des responsabilités s'est donc instaurée dans le processus d'élaboration et de diffusion des

produits biotechnologiques, les sociétés transnationales assumant la recherche biotechnologique en amont tandis que les sociétés locales fournissent les variétés de plantes présentant les caractéristiques agronomiques commercialement recherchées. (Pingali et Traxler, 2002).

Pour les systèmes publics de recherche, il n'est guère évident d'exploiter les retombées des travaux menés par les multinationales. Les programmes publics de recherche sont généralement conçus

TABLEAU 3
Estimation des dépenses pour les recherches en biotechnologie des plantes

	(En millions de \$EU/an)	(Pourcentage)
	Recherche et développement biotechnologiques	Part des biotechnologies dans le secteur de la recherche et du développement
PAYS INDUSTRIALISÉS	1 900-2 500	
Secteur privé ¹	1 000-1 500	40
Secteur public	900-1 000	16
PAYS EN DÉVELOPPEMENT	165-250	
Public (ressources propres)	100-150	5-10
Public (aide étrangère)	40-50	...
Centres du GCRAI	25-50	8
Secteur privé	...	...
TOTAL MONDIAL	2 065-2 730	

¹ Englobe un montant inconnu affecté à la recherche et au développement pour les pays en développement.

Source: Byerlee et Fischer, 2001.

en fonction des frontières politiques nationales ou régionales, et les transferts directs de technologies d'État à État sont restés limités (Pingali et Traxler, 2002). La stricte adhésion aux domaines politiques freine considérablement la transposition des innovations technologiques à des zones agroclimatiques analogues. Le système d'échange de matériel génétique du GCRAI a permis de contourner la difficulté pour plusieurs plantes cultivées importantes, mais il n'est pas sûr que ce système puisse également s'appliquer aux produits biotechnologiques et aux cultures transgéniques, étant donné les droits de propriété exclusive rattachés à ces technologies.

Les investissements dans la recherche biotechnologique

Pour se faire une idée de l'ampleur des investissements actuels du secteur privé dans la recherche agricole, il suffit de comparer son budget annuel de recherche à celui de la recherche publique axée sur l'agriculture des pays en développement (Pray et Naseem, 2003a). Les dépenses cumulées de recherche-développement agricole des 10 plus grandes sociétés transnationales de biosciences s'élèvent à près de 3 milliards de dollars EU. Par comparaison, le GCRAI, qui est

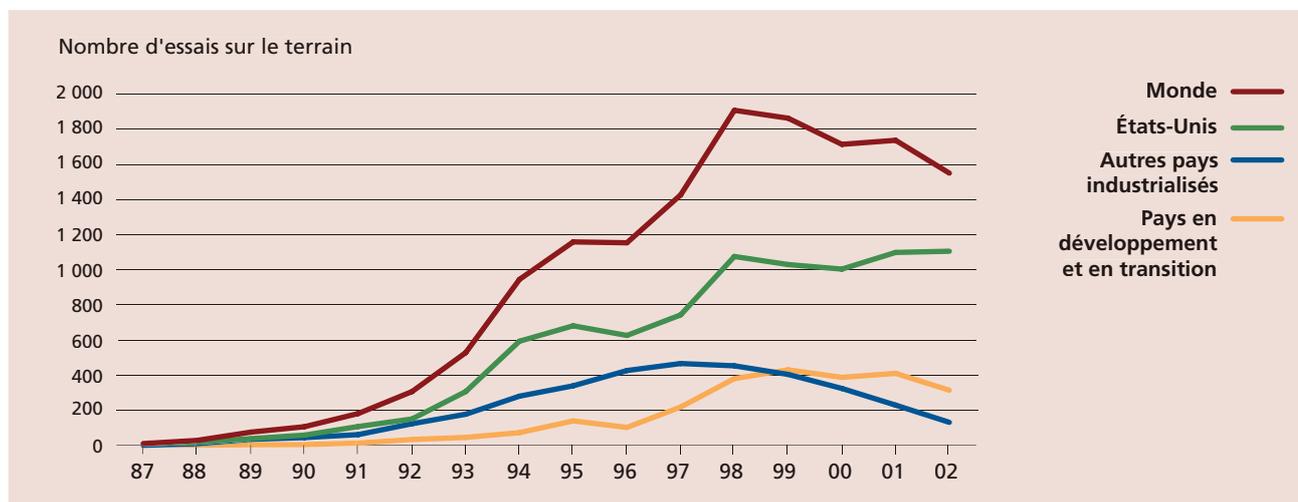
le plus gros fournisseur public international de technologies agricoles, a un budget annuel de recherche-développement en sélection végétale de moins de 300 millions de dollars EU. Les plus grands programmes publics de recherche agricole engagés par des pays en développement, à savoir le Brésil, la Chine et l'Inde, ont tous un budget annuel de moins de 500 millions de dollars chacun (Byerlee et Fischer, 2002).

Les chiffres de la recherche sur les biotechnologies agricoles mettent en évidence une profonde dichotomie entre pays développés et pays en développement (tableau 3). Les pays développés dépensent quatre fois plus que les pays en développement dans la recherche publique sur les biotechnologies et ce, même si l'on cumule toutes les sources de financements publics – État, bailleurs et centres du GCRAI – pour les pays en développement. Rares sont les pays en développement ou les institutions internationales du secteur public qui ont les ressources nécessaires pour créer une source indépendante d'innovations biotechnologiques (Byerlee et Fischer, 2001).

On ne dispose pas de données complètes sur les recherches biotechnologiques conduites par le secteur privé dans les pays en développement, bien qu'elles semblent pour la plupart tourner autour des essais

FIGURE 1

Essais de cultures transgéniques sur le terrain, par groupe de pays



réalisés par les sociétés transnationales sur leurs variétés transgéniques. Les instituts de recherche locaux sont à l'origine de divers travaux (c'est par exemple le cas au Brésil et en Afrique du Sud où des instituts de recherche privés sur la canne à sucre ont lancé des programmes de recherche biotechnologique assez importants), tandis qu'en Inde, plusieurs sociétés semencières nationales (particulièrement la Maharashtra Hybrid Seed Company [Mahyco]) disposent de programmes de recherche en biotechnologie. On ne connaît pas le montant total des investissements réalisés par ces sociétés privées, mais ils sont sans aucun doute moins importants que ceux consentis par le secteur public des pays en développement en faveur de la recherche biotechnologique (Pray et Naseem, 2003a).

Évaluation de l'ampleur des recherches sur les cultures transgéniques en fonction des essais de terrain

Bien que le volume total des dépenses de recherche biotechnologique soit à peu près également réparti entre les secteurs public et privé, la production des nouvelles technologies est presque totalement entre les mains du secteur privé¹. Celui-ci a élaboré

toutes les plantes cultivées génétiquement modifiées qui ont été commercialisées à ce jour dans le monde, à l'exception de celles disponibles en Chine (voir le Chapitre 4). La prédominance du secteur privé dans ce domaine prêche à croire que les cultures et les problèmes de production particulièrement importants pour les pauvres risquent d'être dédaignés dans la mesure où le marché pour ces semences est très étroit.

Depuis 1987 où les premiers essais ont été approuvés, plus de 11 000 essais au champ ont été réalisés pour 81 cultures transgéniques différentes (figure 1 et tableau 4), mais seulement 15 pour cent d'entre eux ont eu lieu dans des pays en développement ou des pays en transition². Ces chiffres sont révélateurs du peu d'intérêt commercial que semblent présenter ces marchés et des difficultés qu'ont eues les gouvernements concernés à réglementer la biosécurité. Les essais conduits dans les pays développés et les pays en transition se sont intensifiés durant les dernières années et, en 2000, au moins 58 pays signalaient avoir réalisé des essais au champ de cultures transgéniques (Pray, Courtmanche et Govindasamy, 2002). Certains pays ont interrompu les essais de terrain pendant

¹ Il n'existe pas de données complètes sur les essais au champ de toutes les biotechnologies agricoles. Cette section ne porte que sur les essais de cultures transgéniques.

² Ces données proviennent d'une source qui comptabilise chaque parcelle d'essai comme un essai distinct; la même plante génétiquement modifiée peut donc donner lieu à de multiples essais dans un pays donné.

TABLEAU 4
Essais sur le terrain par culture et par région

	Maïs	Colza	Pommes de terre	Soja	Coton	Tomate	Betterave	Tabac	Blé	Riz	Autres	Totaux
NOMBRE TOTAL D'ESSAIS	3 881	1 242	1 088	782	723	654	394	308	232	189	1 610	11 105
États-Unis et Canada	2 749	826	770	552	407	494	118	194	190	102	1 087	7 489
Europe/ Nouvelle-Zélande/ Australie/Japon	452	366	227	20	72	89	237	61	23	36	316	1 901
Pays en transition	61	17	27	7	2	2	33	6	1	0	9	1 550
Pays en développement	619	33	64	203	242	69	6	47	18	51	198	1 550
POURCENTAGE DE L'ENSEMBLE DES CULTURES	35	11	10	7	7	6	4	3	2	2	14	100
États-Unis et Canada	37	11	10	7	5	7	2	3	3	1	15	100
Europe/ Nouvelle-Zélande/ Australie/Japon	24	19	12	1	4	5	13	3	1	2	17	100
Pays en transition	37	10	16	4	1	1	20	4	1	0	6	100
Pays en développement	40	2	4	13	16	5	0	3	1	3	13	100

Source: Pray, Courtmanche et Govindasamy, 2002.

FIGURE 2
Caractères des cultures transgéniques testés dans les pays industrialisés, 1987-2000 (pour cent)

Tolérance aux herbicides 29

Autres 6

Résistance aux champignons/bactéries 5

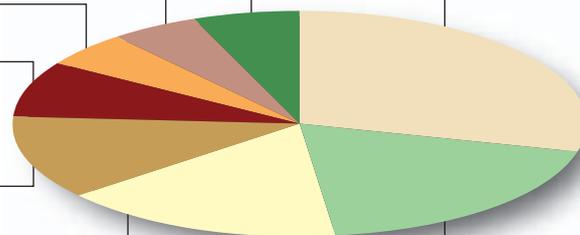
Propriétés agronomiques 5

Résistance aux virus 8

Gènes ajoutés 12

Qualité du produit 16

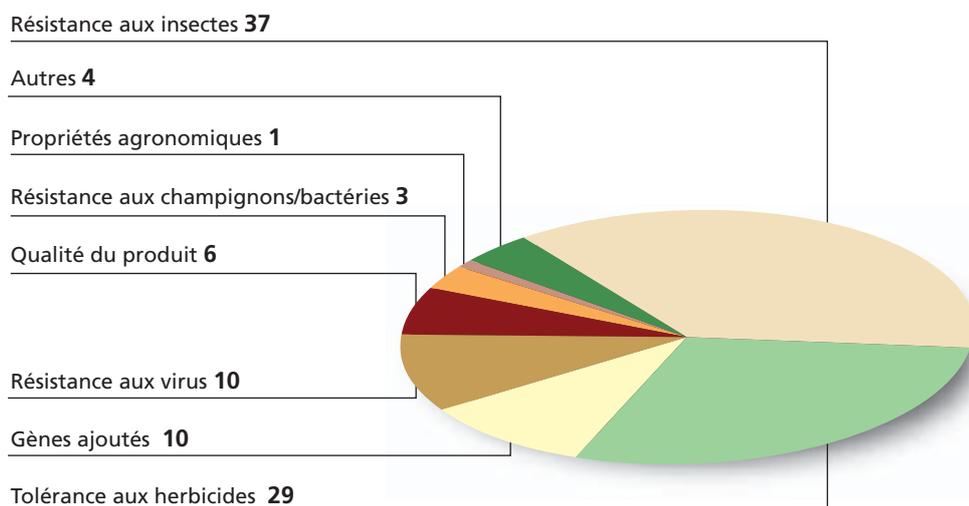
Résistance aux insectes 19



Source: Pray, Courtmanche et Govindasamy, 2002.

FIGURE 3

Caractères des cultures transgéniques testés dans les pays moins avancés, 1987-2000 (pour cent)



Source: Pray, Courtmanche et Govindasamy, 2002.

quelques années afin de réviser leur régime de prévention des risques biotechnologiques.

Les données concernant les essais de terrain justifient les craintes selon lesquelles les cultures et les caractéristiques importantes pour les pays en développement seront délaissées (tableau 4, figures 2 et 3). Les cultures alimentaires de base ont fait l'objet de très rares travaux de recherche biotechnologique appliquée, même si l'on constate sur les dernières années une augmentation des essais au champ de variétés de blé et de riz, les plus importantes cultures alimentaires dans les pays en développement; par ailleurs, une variété de manioc transgénique a été testée pour la première fois en 2000. Dans un ou plusieurs pays, d'autres cultures alimentaires de base comme les bananes, les patates douces, les lentilles et les lupins ont toutes été approuvées pour des essais de terrain.

Près des deux tiers des essais de terrain réalisés dans les pays industrialisés et les trois quarts de ceux effectués dans les pays en développement sont axés sur deux caractéristiques: la tolérance aux herbicides et la résistance aux insectes, ou

sur l'association de ces deux caractéristiques (figures 2 et 3). Si la résistance aux ravageurs est importante pour les pays en développement, c'est moins le cas de la résistance aux herbicides dans les zones où la main-d'œuvre agricole est abondante. En revanche, les caractéristiques agronomiques qui intéresseraient vraiment les pays en développement et les zones de production marginale, comme le rendement potentiel et la tolérance aux stress abiotiques (tels que la sécheresse et la salinité) n'ont donné lieu qu'à de très rares essais de terrain dans les pays industrialisés, et encore moins dans les pays en développement.

Commercialisation des cultures transgéniques

En 2003, 18 pays cultivaient des cultures transgéniques commercialement sur une superficie totale de 67,7 millions d'hectares, contre 2,8 millions d'hectares en 1996 (figure 4). Pour impressionnant que soit ce taux global de diffusion des technologies, il est néanmoins très inégal. En effet, six pays, quatre plantes cultivées et deux caractéristiques représentent à eux seuls 99 pour cent de la production mondiale

FIGURE 4
Superficie mondiale de cultures transgéniques

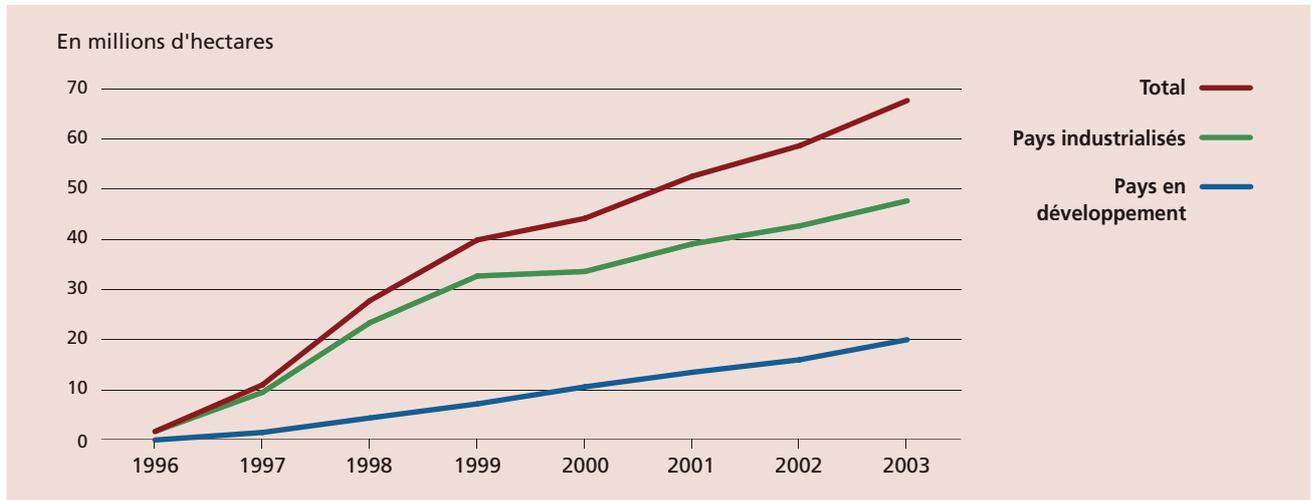
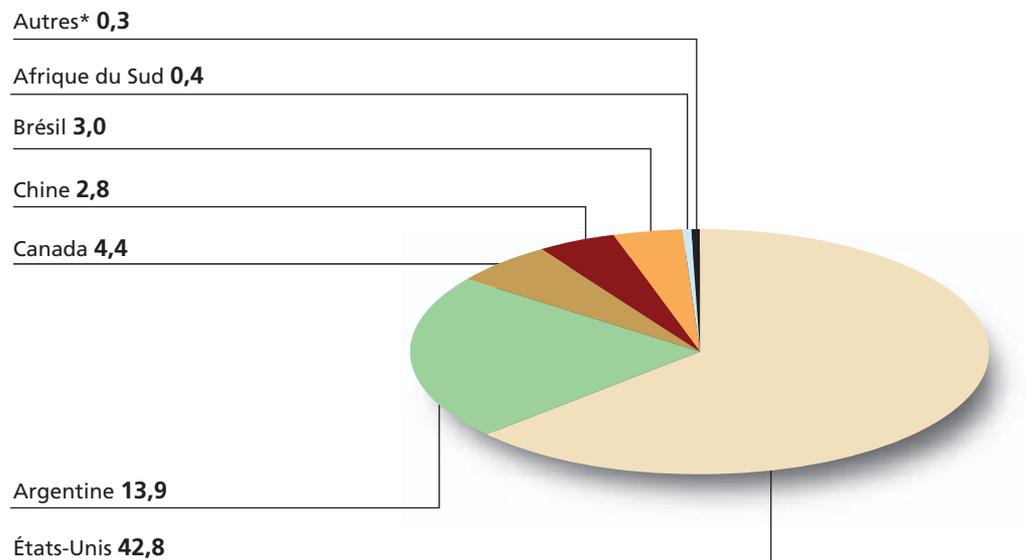


FIGURE 5
Superficie mondiale de cultures transgéniques en 2003, par pays
(en millions d'hectares)



* Allemagne, Australie, Bulgarie, Colombie, Espagne, Honduras, Inde, Indonésie, Mexique, Philippines, Roumanie et Uruguay.

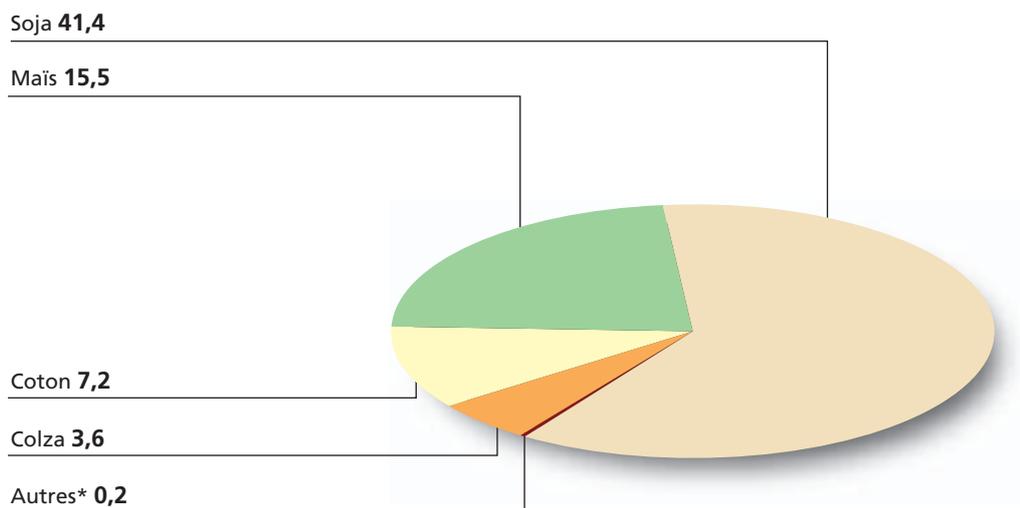
Source: James, 2003.

de cultures transgéniques (figures 5 à 7) (James, 2003).

Les États-Unis cultivent les deux tiers des cultures transgéniques plantées dans le monde. Bien que les superficies qui leur

sont consacrées ne cessent d'augmenter aux États-Unis, leur part de la surface totale vouée à ces cultures dans le monde a chuté rapidement dès lors que l'Afrique du Sud, l'Argentine, le Brésil, le Canada et la Chine

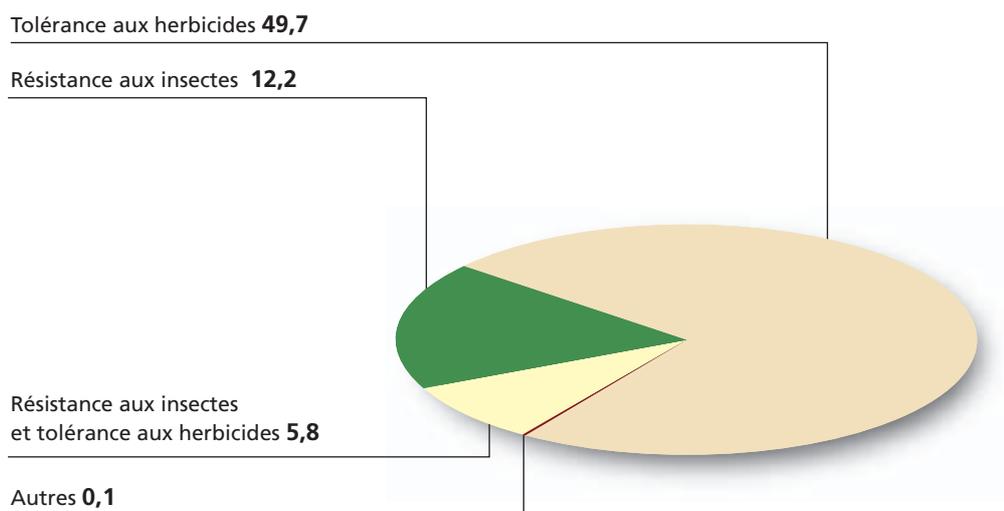
FIGURE 6
Superficie mondiale de cultures transgéniques en 2003, par culture
 (en millions d'hectares)



*Y compris courge et papaye.

Source: James, 2003.

FIGURE 7
Superficie mondiale de cultures transgéniques en 2003, par caractère
 (en millions d'hectares)



Source: James, 2003.

ont développé leurs propres plantations. Les 12 autres pays qui en cultivaient en 2002 représentent à eux tous moins de 1 pour cent du total mondial.

Les cultures transgéniques les plus cultivées sont le soja, le maïs, le coton et le colza. La tolérance aux herbicides et la résistance aux ravageurs sont les caractéristiques les plus fréquentes. Le soja tolérant aux herbicides représente désormais 55 pour cent de la production mondiale, tandis que le colza doté de la même caractéristique compte pour 16 pour cent de la superficie totale ensemencée en colza. Les variétés de coton et de maïs transgéniques qui sont aujourd'hui cultivées commercialement sont résistantes aux ravageurs ou tolérantes aux herbicides, parfois les deux, et elles représentent actuellement 21 pour cent et 11 pour cent respectivement des superficies totales plantées en coton et maïs (James, 2003). D'autres plantes transgéniques sont cultivées commercialement à très petite échelle, notamment des variétés de papaye et de courge résistantes aux virus. Aucune variété transgénique de blé ou de riz, les principales céréales alimentaires, n'est cultivée commercialement où que ce soit dans le monde.

Conclusions

Le déplacement de la recherche agricole du secteur public aux sociétés privées transnationales a eu une forte incidence sur le type de produits désormais élaborés et commercialisés. Les recherches du secteur privé se portent naturellement sur les cultures et les caractéristiques présentant un intérêt commercial pour les agriculteurs des pays à revenu élevé où le marché des intrants agricoles est robuste et rentable. Les biens publics, notamment les plantes alimentaires et les caractéristiques importantes pour les agriculteurs pratiquant l'agriculture vivrière dans des conditions marginales, sont de peu d'intérêt pour les grandes sociétés transnationales. Les agriculteurs des pays en développement pourront-ils tirer profit des retombées économiques des cultures transgéniques élaborées et commercialisées par le secteur privé? Y a-t-il des axes de recherche qui pourraient être plus directement utiles aux pauvres?

La Révolution verte a montré que les technologies agricoles pouvaient être transposées dans le monde entier, en particulier dans les pays dotés de bonnes capacités nationales de recherche agricole, et donc à même d'adapter les cultivars importés à haut rendement à leurs conditions de production locales. Quelles sont les capacités de recherche dont les pays en développement ont besoin pour tirer profit de la Révolution génétique? Face à la contraction des ressources allouées à la recherche publique, comment peut-on mobiliser davantage de moyens en vue de la recherche axée sur les besoins des pauvres? Comment structurer les partenariats public-privé pour exploiter à plein les points forts de chaque secteur?

À la différence des variétés à haut rendement dues à la Révolution verte, les produits de la Révolution génétique suscitent l'inquiétude des populations et se heurtent à de sérieux obstacles réglementaires et commerciaux. Quelle incidence ces questions auront-elles sur le transfert international des nouvelles technologies? Quelles mesures politiques faut-il mettre en place pour faciliter le mouvement international des technologies transgéniques dans de bonnes conditions de sécurité?

Les variétés améliorées à l'origine de la Révolution verte, considérées comme biens collectifs, ont été distribuées gratuitement. À l'inverse, nombre des innovations de la Révolution génétique font l'objet de brevets ou de licences d'exclusivité. Cette protection de la propriété intellectuelle a grandement stimulé la recherche privée, mais elle risque d'entraver l'accès aux outils de recherche pour les autres chercheurs. Quels mécanismes institutionnels faut-il mettre en place pour promouvoir la mise en commun de la propriété intellectuelle des résultats de recherche sur les biens publics?

Ces questions sont abordées dans la section suivante où l'on passe en revue les éléments de preuves existants sur les aspects économiques (Chapitre 4) et scientifiques (Chapitre 5) des cultures transgéniques et les inquiétudes que suscite leur emploi (Chapitre 6). Dans la dernière section, on examine les moyens qui permettront aux biotechnologies de servir les intérêts des pauvres.



Section B: Les éléments de preuve d'ores et déjà disponibles

4. Impacts économiques des cultures transgéniques

Comme toute innovation technologique dans l'agriculture, les cultures transgéniques auront des retombées économiques sur les agriculteurs, les consommateurs et la société dans son ensemble.

Ce chapitre analyse les éléments de preuve économiques dont on dispose aujourd'hui sur l'impact – tant sur les exploitations que sur l'économie tout entière – de la culture transgénique la plus largement adoptée dans les pays en développement: le coton résistant aux insectes. On passe en revue les études économiques sanctionnées par les spécialistes sur l'ampleur et la répartition des retombées économiques de l'adoption du coton résistant aux ravageurs, aux États-Unis ainsi que dans cinq pays en développement qui en ont approuvé la production commerciale (l'Afrique du Sud, l'Argentine, la Chine, l'Inde et le Mexique).

Une autre étude estime l'impact économique potentiel du coton transgénique pour les agriculteurs de cinq pays d'Afrique de l'Ouest où son utilisation n'a pas encore été autorisée (voir l'encadré 16 p. 62). Outre les études de cas sur le coton, on trouvera aussi dans ce chapitre une brève analyse des impacts du soja tolérant aux herbicides sur l'économie de l'Argentine et des États-Unis qui en sont les plus grands cultivateurs.

Enfin, une analyse *ex-ante* des retombées potentielles du «riz doré» (Golden Rice) pour les consommateurs est présentée à l'encadré 13.

Sources des impacts économiques

L'impact économique global des cultures transgéniques sera fonction de facteurs très divers, dont l'incidence des technologies sur les rendements et les pratiques agronomiques, l'achat des denrées alimentaires et autres produits issus des cultures transgéniques par les consommateurs, les obligations réglementaires et les coûts qu'elles entraînent. À long terme, d'autres facteurs, tels que la concentration industrielle de la production et de la commercialisation des technologies transgéniques agricoles, pourraient également influencer sur l'ampleur et la répartition des retombées économiques.

Les agriculteurs qui optent pour les nouvelles technologies, notamment lorsqu'ils le font précocement, peuvent bénéficier d'une baisse des coûts de production et/ou d'une amélioration des rendements. Les autres agriculteurs pourraient alors se trouver désavantagés, selon la façon dont évoluent les préférences des consommateurs et les modes de réglementation (voir le Chapitre 6). Si les consommateurs font dans l'ensemble bon accueil aux cultures transgéniques et que les obligations réglementaires ne sont pas trop coûteuses, les agriculteurs qui ont fait ce choix sortiraient gagnants, et les autres perdants. Toutefois, si l'opposition des consommateurs s'intensifie, les agriculteurs traditionnels verraient la situation tourner à leur avantage

et obtiendraient un meilleur prix pour les produits non génétiquement modifiés.

Les consommateurs tirent généralement profit des innovations technologiques agricoles du fait de la baisse des prix et/ou de la meilleure qualité des produits proposés. Les choses sont cependant plus compliquées dans le cas des cultures transgéniques et ce, pour au moins deux raisons. Tout d'abord, les contraintes réglementaires, telles que l'étiquetage obligatoire et la séparation des marchés, pourraient gonfler les coûts de production et de commercialisation des cultures transgéniques et contrecarrer la baisse des prix à la consommation. Ensuite, certains consommateurs sont farouchement opposés à ces produits. Ils vivraient comme une détérioration de leur qualité de vie le fait d'être contraints de consommer des produits transgéniques ou d'acheter à prix fort des produits d'agriculture biologique pour échapper aux OGM.

Autant dire que l'impact économique net des cultures transgéniques sur la société est un concept hautement complexe et dynamique qu'il n'est pas aisé de mesurer. Dans un premier temps, les agriculteurs ne se tourneront massivement vers ces cultures que dans la mesure où elles sont porteuses de retombées économiques. Dans les pays en développement en particulier, de nombreux facteurs économiques et institutionnels viennent s'ajouter à leurs caractéristiques purement agronomiques et pèsent sur leur rentabilité au niveau des exploitations. La recherche économique commence à montrer que les cultures transgéniques peuvent se révéler très avantageuses à l'échelle des exploitations lorsqu'elles apportent une solution aux problèmes de production graves et que les agriculteurs ont accès aux nouvelles technologies. Jusqu'ici, ces conditions n'ont toutefois été remplies que dans une poignée de pays qui ont su exploiter les innovations élaborées par le secteur privé pour des cultures de climat tempéré du Nord. En outre, ces pays disposent de systèmes nationaux de recherche agricole assez bien établis, de procédures réglementaires pour la prévention des risques biotechnologiques, de régimes de droits de propriété intellectuelle et de marchés d'intrants locaux. Les pays où ces conditions préalables ne sont pas remplies

risquent fort de se retrouver exclus de la révolution génétique.

Les publications relatives à l'impact des cultures transgéniques sur les pays en développement sont très limitées, principalement parce que ces cultures ne sont cultivées que depuis quelques années et dans très peu de pays. On dispose rarement de données pour des périodes de plus de deux ou trois ans, et la plupart des études portent sur un nombre relativement restreint d'agriculteurs. Avec de si petits échantillons, il est extrêmement difficile d'isoler l'impact d'une culture transgénique des nombreuses autres variables ayant une incidence sur la performance des cultures, comme les conditions météorologiques, les semences, la qualité des pesticides, la charge en ravageurs et les compétences des agriculteurs. Par ailleurs, il faut parfois des années d'expérience d'une nouvelle technologie comme le coton résistant aux ravageurs avant que les agriculteurs ne la maîtrisent vraiment. Il faut également se garder de tirer des conclusions décisives de ces premiers éléments de preuve dans la mesure où les technologies agricoles ont souvent des retombées positives plus importantes lorsqu'elles sont adoptées précocement. Cela tient au fait que les premiers venus s'en sortent mieux que les autres agriculteurs du point de vue des coûts et vendent leur innovation à meilleur prix. À mesure qu'un plus grand nombre d'agriculteurs se tournent vers les variétés transgéniques, les économies de coûts finissent par engendrer une baisse du prix des produits, ce qui signifie que les consommateurs continuent à bénéficier de la situation mais que les gains des agriculteurs s'amenuisent. Le troisième danger que présentent les cultures transgéniques est qu'elles sont pour l'essentiel contrôlées par quelques grandes sociétés. En l'absence de concurrence et de réglementation efficace, ces sociétés ne semblent pas tirer de profits monopolistiques de la vente de leurs produits, mais rien ne garantit que ce ne sera pas le cas à l'avenir.

Le coton transgénique étant désormais cultivé dans un nombre assez important de pays, dans des conditions institutionnelles et commerciales différentes et par différents types d'agriculteurs, il devient possible de tirer quelques conclusions provisoires quant aux retombées et aux enjeux potentiels

ENCADRÉ 13

Projection des effets économiques du «riz doré» aux Philippines

Le riz doré, grâce au génie génétique, produit du bêta-carotène, le précurseur de la vitamine A. Il a été mis au point par des chercheurs des universités allemandes et suisses (Ye *et al.*, 2000). Les propriétaires des brevets qui ont participé à la mise au point du riz doré ont renoncé à ces brevets à des fins humanitaires, ce qui signifie que les agriculteurs des pays en développement (dont les ventes sont inférieures à 10 000 dollars EU) seraient en mesure de cultiver et de reproduire le riz doré sans payer les redevances technologiques.

Les carences en vitamine A touchent plus de 200 millions de personnes dans le monde et sont responsables, d'après les estimations, de 2,8 millions de cas de cécité chez les enfants de moins de cinq ans (FAO, 2000a). Le riz doré a été proposé pour des personnes dont le riz constitue l'aliment de base. Ses adversaires font valoir que le riz doré est une solution coûteuse, technologique de pointe à un problème qui devrait être traité par la diversification de l'alimentation et par des compléments alimentaires. Ses partisans reconnaissent que la diversification de l'alimentation serait l'idéal, mais ils font valoir que cet objectif ne peut pas être atteint pour les millions de personnes qui ne peuvent se permettre plus qu'une alimentation de subsistance. Le riz doré est-il un mécanisme économiquement efficace d'administration de vitamine A aux pauvres?

Zimmermann et Qaim (2002) ont réalisé la première étude des effets économiques potentiels du riz doré aux Philippines. Le riz doré est actuellement adapté aux conditions locales de culture à l'Institut international de recherches sur le riz (IRRI) qui a son siège aux Philippines. Les auteurs estiment que les efforts financiers initiaux qui ont été nécessaires pour mettre au point le riz doré étaient de l'ordre de 3 millions de dollars et que 10 millions de dollars supplémentaires seront nécessaires pour mener à bien la

recherche adaptative aux Philippines et mener les essais d'innocuité nécessaires. Par ailleurs, ils estiment que le riz doré pourrait empêcher près de 9 000 nouveaux cas de cécité et 950 décès par an, aux seules Philippines. En utilisant un indice de la Banque mondiale des pertes économiques dues à la mauvaise santé et à la mort prématurée, les auteurs calculent que les avantages économiques potentiels du riz doré aux Philippines sont de l'ordre de 137 millions de dollars. Cela représente un avantage 10-1 des coûts totaux de mise au point du riz doré et un avantage 13-1 des coûts marginaux de l'adaptation et de l'essai du produit spécifiquement pour les Philippines.

Les auteurs reconnaissent que ces estimations dépendent de divers paramètres que l'on ne connaît pas avec certitude, tels que la teneur du riz doré en bêta-carotène, la quantité de bêta-carotène que les consommateurs seront en mesure d'absorber en consommant ce riz, l'efficacité de l'apport supplémentaire en vitamine A pour la prévention des maladies et le nombre de personnes qui pourraient bénéficier du riz doré. Même dans des hypothèses pessimistes pour chacun de ces facteurs, les auteurs estiment que le riz doré produirait encore des avantages plus de deux fois supérieurs aux coûts d'adaptation et d'essai du produit pour le marché philippin. Les auteurs indiquent que le coût d'autres traitements des carences en vitamine A aux Philippines est de l'ordre de 25 millions de dollars par an (pour les suppléments alimentaires et l'enrichissement des aliments en vitamine) alors qu'il n'y a pas de coût renouvelable pour le riz doré. Ils concluent que le riz doré constitue une solution de rechange durable et à faible coût par rapport aux autres traitements.

ENCADRÉ 14

Qu'est-ce que le coton Bt et pourquoi le cultive-t-on?

Des gènes de la bactérie commune du sol *Bacillus thuringiensis* (Bt) ont été insérés dans des cotonniers, leur faisant produire une protéine qui est toxique pour certains insectes. Le coton Bt est très efficace pour lutter contre les chenilles telles que le ver rose du cotonnier (*Pectinophora gossypiella*) et le ver de l'épi de maïs (*Helicoverpa zea*) et est en partie efficace pour lutter contre la noctuelle verdoyante (*Heliothis virescens*) et la légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*). Ces organismes nuisibles constituent un problème phytosanitaire de taille dans de nombreuses zones cotonnières, mais d'autres organismes nuisibles au coton tels que les anthonomes ne sont pas sensibles au Bt et continuent à nécessiter l'utilisation de pesticides chimiques (James, 2002b). C'est pourquoi l'effet de l'introduction du coton Bt sur l'utilisation de pesticides varie d'une région à l'autre selon les populations locales d'organismes nuisibles.

Les premières variétés de coton Bt ont été mises en vente en vertu d'un accord de licence entre le découvreur du gène, Monsanto, et la première Société américaine de matériel génétique de coton, Delta and Pine Land Company (D&PL). Ces variétés contiennent le gène *Cry1Ac* et sont mises sur le marché sous le nom commercial de Bollgard®. Des variétés auxquelles avaient été incorporés des transgènes empilés pour la résistance aux insectes et la tolérance aux herbicides (Bt/HT) ont été introduites aux États-Unis en 1997. Monsanto a récemment reçu l'approbation réglementaire sur certains marchés pour un nouveau produit qui contient deux gènes Bt, *Cry1Ac* et *Cry2Ab2*. Ce produit, connu sous le nom

de Bollgard II®, a été commercialisé en 2003. L'incorporation de deux gènes Bt devrait améliorer l'efficacité du produit et retarder l'apparition de résistances chez les organismes nuisibles.

Plus de 35 variétés différentes de coton Bt et Bt/HT sont sur le marché aux États-Unis (données du Département de l'agriculture des États-Unis [USDA]). Ces variétés et la plupart des variétés Bt dans le monde contiennent des gènes pour lesquels Monsanto a obtenu des licences. Il y a une exception en Chine, où une source indépendante de protection Bt est disponible. L'Académie chinoise des sciences agronomiques a mis au point un gène modifié Bt qui est une fusion des gènes *Cry1Ac* et *Cry1Ab*. En outre, l'Académie a isolé un gène du pois à vache, *CpTi*, qui confère une résistance aux insectes grâce à un mécanisme différent. L'Académie a empilé le gène *CpTi* avec le gène de fusion Bt et les a incorporés dans plus de 22 variétés adaptées aux conditions locales pour être distribuées dans chacune des provinces chinoises. Ces variétés devraient retarder l'apparition de résistance chez les organismes nuisibles. Le gène Monsanto *Cry1Ac* est également disponible en Chine dans au moins cinq variétés mises au point par D&PL (Pray *et al.*, 2002). En Afrique du Sud, Argentine, au Mexique, et ailleurs, les variétés de coton Bt contiennent toutes le gène Monsanto *Cry1Ac*, souvent dans des variétés initialement mises au point pour le marché des États-Unis.

La production classique de coton fait appel à de grandes quantités de pesticides chimiques pour lutter contre les chenilles et autres insectes nuisibles. On estime que la production de coton consomme

de l'utilisation des cultures transgéniques dans les pays en développement. Bien qu'il soit périlleux d'extrapoler les résultats concernant un pays ou une culture à d'autres, les premiers éléments d'information concernant le coton transgénique laissent à penser que les petits exploitants sans

ressources des pays en développement peuvent tirer des avantages non négligeables de l'adoption de ces cultures, notamment une augmentation et une stabilité des rendements effectifs, ainsi qu'une baisse des dépenses en pesticides et des risques sanitaires dus à l'exposition aux pesticides

quelque 25 pour cent des pesticides agricoles utilisés dans le monde, y compris certains des produits chimiques les plus toxiques qui existent. Les hydrocarbures chlorés (tels que le DDT) ont été largement utilisés pour la production cotonnière jusqu'à leur interdiction dans les années 70 et 80 pour des raisons de santé et d'environnement. Les producteurs de coton ont ensuite remplacé le DDT par des organophosphorés, dont bon nombre sont également très toxiques. Dans de nombreuses régions, les organismes nuisibles ont rapidement développé une résistance aux organophosphorés, et les pyréthrinoïdes, qui sont moins toxiques que les organophosphorés, ont été largement utilisés dans les années 80 et 90. La résistance aux pyréthrinoïdes est apparue rapidement et une résistance chimique multiple est devenue un grave problème dans de nombreuses régions productrices. Dans des zones où les vers du cotonnier constituent le principal organisme nuisible et où la résistance aux produits chimiques pose problème, les variétés de coton Bt ont contribué à une réduction spectaculaire de l'utilisation de pesticides.

L'un des avantages importants du Bt par rapport à la lutte chimique, du point de vue de la production, est qu'il est toujours présent dans la plante. Étant donné que les agriculteurs n'appliquent de produits chimiques phytosanitaires qu'après avoir remarqué la présence d'organismes nuisibles dans les plantes, il y a déjà certains dégâts lorsqu'ils interviennent. L'efficacité des applications d'insecticides chimiques, contrairement au Bt transgénique, dépend également du temps, car la pluie peut lessiver le

produit chimique. Le coton Bt offre aux agriculteurs une plus grande certitude en matière de lutte, car il est efficace contre les insectes qui ont développé une résistance aux pesticides chimiques disponibles. De ce fait, les variétés de Bt ont un rendement excellent dans de nombreux types de conditions de végétation (Fernandez-Cornejo et McBride, 2000). La différence estimative des rendements entre le Bt et le coton classique varie considérablement dans le temps et dans l'espace parce que les infestations d'insectes varient elles aussi. La performance relative du coton Bt est la plus élevée dans les conditions où la pression des organismes nuisibles est la plus forte et où la résistance aux pesticides chimiques est chose courante.

La principale préoccupation liée à l'utilisation du coton Bt est la possibilité que les organismes nuisibles développent une résistance au Bt comme ils l'ont fait avec les pesticides chimiques. Ce serait un grave problème pour les producteurs de coton biologique qui luttent contre les organismes nuisibles par des pulvérisations de Bt. Une résistance générale au Bt réduirait l'efficacité de cette option. La gestion de la résistance des organismes nuisibles est une partie importante du processus réglementaire d'approbation pour le coton transgénique. Cette question est examinée plus en détail au Chapitre 5.

chimiques. La confirmation de ces premières constatations exigera des études à plus long terme afin d'évaluer avec soin la charge en ravageurs, la performance des cultures, le comportement des agriculteurs et les rendements économiques. Selon les études de cas présentées ci-après, plusieurs facteurs

importants permettent aux agriculteurs d'avoir accès aux cultures transgéniques dans de bonnes conditions économiques et avec le contrôle réglementaire adéquat:

- des capacités nationales adéquates de recherche permettant d'évaluer et d'adapter les innovations;

- des systèmes efficaces publics et/ou privés de distribution des intrants;
- des procédures fiables et transparentes en matière de prévention des risques biotechnologiques; et
- des politiques équilibrées relatives aux droits de propriété intellectuelle.

Adoption du coton résistant aux ravageurs dans le monde

Le coton transgénique contenant un gène issu de la bactérie *Bacillus thuringiensis* (Bt) qui est résistante à certains ravageurs (encadré 14 p. 48), a d'abord été cultivé en Australie, aux États-Unis et au Mexique en 1996 et a ensuite été introduit commercialement dans six autres pays: l'Afrique du Sud, l'Argentine, la Chine, la Colombie, l'Inde et l'Indonésie (tableau 5). Les superficies totales plantées en coton Bt et en variétés de coton également tolérantes aux herbicides (Bt/HT) sont passées de moins de 1 million d'hectares en 1996 à 4,6 millions d'hectares en 2002 (en outre, 2,2 millions d'hectares ont été plantés en coton tolérant aux herbicides en 2002). Les variétés de coton Bt et cumulant Bt/HT représentaient en 2002 environ 15 pour cent de la superficie totale plantée en coton dans le monde, contre seulement 2 pour cent en 1996.

L'adoption du coton Bt a considérablement varié dans des zones toujours plus vastes des États-Unis, de Chine, du Mexique et d'ailleurs, en fonction de l'association spécifique des problèmes de lutte contre les ravageurs. Les variétés de coton Bt ont rapidement été acceptées par les agriculteurs dans les zones où la chenille du coton est le ravageur le plus néfaste, en particulier dans les cas de forte résistance aux pesticides chimiques. Dans les endroits fortement infestés par les ravageurs, les agriculteurs utilisent des combinaisons de produits chimiques à large spectre qui ont un effet concomitant sur la chenille du coton, mais limitent l'efficacité du Bt.

Impacts économiques du coton transgénique

À l'échelle des exploitations, les retombées économiques des cultures transgéniques

TABLEAU 5
Superficie des cultures de coton Bt et Bt/HT, 2001

Pays	(En milliers ha) Superficie
États-Unis	2 400
Chine	1 500
Australie	165
Mexique	28
Argentine	9
Indonésie	4
Afrique du Sud	30
Total	4 300 ¹

¹ La somme des données nationales diffère du total en raison d'arrondis et d'estimations.
Source: James, 2002a.

actuellement cultivées sont dues aux changements enregistrés dans l'utilisation des intrants et aux dégâts causés par les ravageurs. Quand le recours aux nouvelles semences permet de diminuer les applications de produits chimiques, comme c'est le cas avec les plantes résistantes aux pesticides ou tolérantes aux herbicides, les agriculteurs dépensent moins d'argent en produits chimiques et moins de temps et d'effort pour leur application. Lorsque ces semences offrent une protection accrue contre les adventices et les ravageurs, les rendements effectifs s'améliorent³. Ces économies de coûts, tout comme les augmentations de production, peuvent se traduire par un relèvement du revenu net des exploitants. Les gains économiques au niveau des exploitations dépendent des coûts et du rendement de la nouvelle technologie par comparaison avec les pratiques habituelles.

L'incidence de l'introduction des variétés transgéniques sur l'économie et les schémas de distribution doit aussi être envisagée en fonction du fait que les agriculteurs peuvent intensifier leur production à mesure que le coût des nouvelles technologies diminue. Cette réaction de l'offre peut tirer les prix

³ Dans ce chapitre, toutes les références au rendement se rapportent au rendement réel ou effectif et non au rendement agronomique potentiel. Le rendement réel ou effectif tient compte des pertes imputables aux dégâts causés par les ravageurs.

TABLEAU 6
Utilisation du coton Bt par les agriculteurs des États-Unis, par État, 1998-2001

	(Pourcentage)			
	1998	1999	2000	2001
Alabama	61	76	65	63
Arizona	57	57	56	60
Arkansas	14	21	60	60
Californie	5	9	6	6
Floride	80	73	75	72
Géorgie	47	56	47	43
Louisiane	71	67	81	84
Mississippi	60	66	75	80
Missouri	0	2	5	22
Nouveau-Mexique	38	32	39	32
Caroline du Nord	4	45	41	52
Oklahoma	2	51	54	58
Caroline du Sud	17	85	70	79
Tennessee	7	60	76	85
Texas	7	13	10	13
Virginie	1	17	41	30

Source: United States Department of Agriculture, Agriculture Marketing Service, diverses années.

à la baisse et profiter aux consommateurs dont la demande peut dès lors s'accroître. Les prix des semences et des autres intrants peuvent également varier à raison des achats effectués par les agriculteurs, notamment quand le fournisseur jouit d'une position de monopole sur le marché. Ces forces économiques globales auront une incidence sur le niveau général des retombées économiques et sur la répartition des bénéfices entre les agriculteurs, les consommateurs et le secteur industriel.

Impacts économiques du coton transgénique aux États-Unis

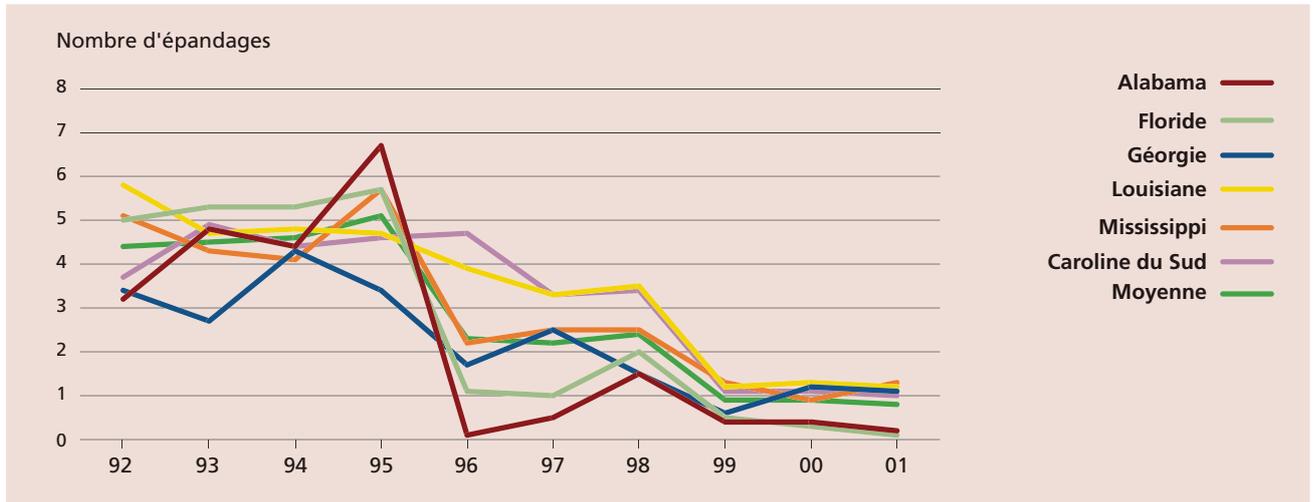
La première année où le coton Bt a été commercialisé sur le marché américain, quelque 850 000 ha, soit 15 pour cent de la superficie totale plantée en coton dans le pays, ont été ensemencés. En 2001, les variétés de coton Bt et celles cumulant le gène Bt à la tolérance aux herbicides (Bt/HT) représentaient 42 pour cent de la superficie totale plantée en coton (USDA-AMS, plusieurs années). Les États-Unis restent le plus gros producteur de coton Bt et Bt/HT,

mais leur part dans les superficies mondiales plantées en coton transgénique est tombée de 95 pour cent en 1996 à environ 55 pour cent en 2001, à mesure que d'autres pays s'y consacraient.

Les agriculteurs américains ont très rapidement adopté le coton Bt, notamment dans les États du sud où les ennemis des cultures et la résistance aux pesticides chimiques sont les plus problématiques (tableau 6). L'adoption de ce coton transgénique a eu un impact sensible sur l'utilisation de pesticides aux États-Unis. Le nombre moyen d'applications de pesticides contre la chenille du coton est passé de 4,6 pendant la période de 1992 à 1995, à 0,8 applications de 1999 à 2001 (figure 8). Carpenter et Gianessi (2001) et Gianessi *et al.* (2002) estiment que la moyenne annuelle de pesticides utilisés sur le coton aux États-Unis a chuté d'environ 1 000 tonnes de matière active.

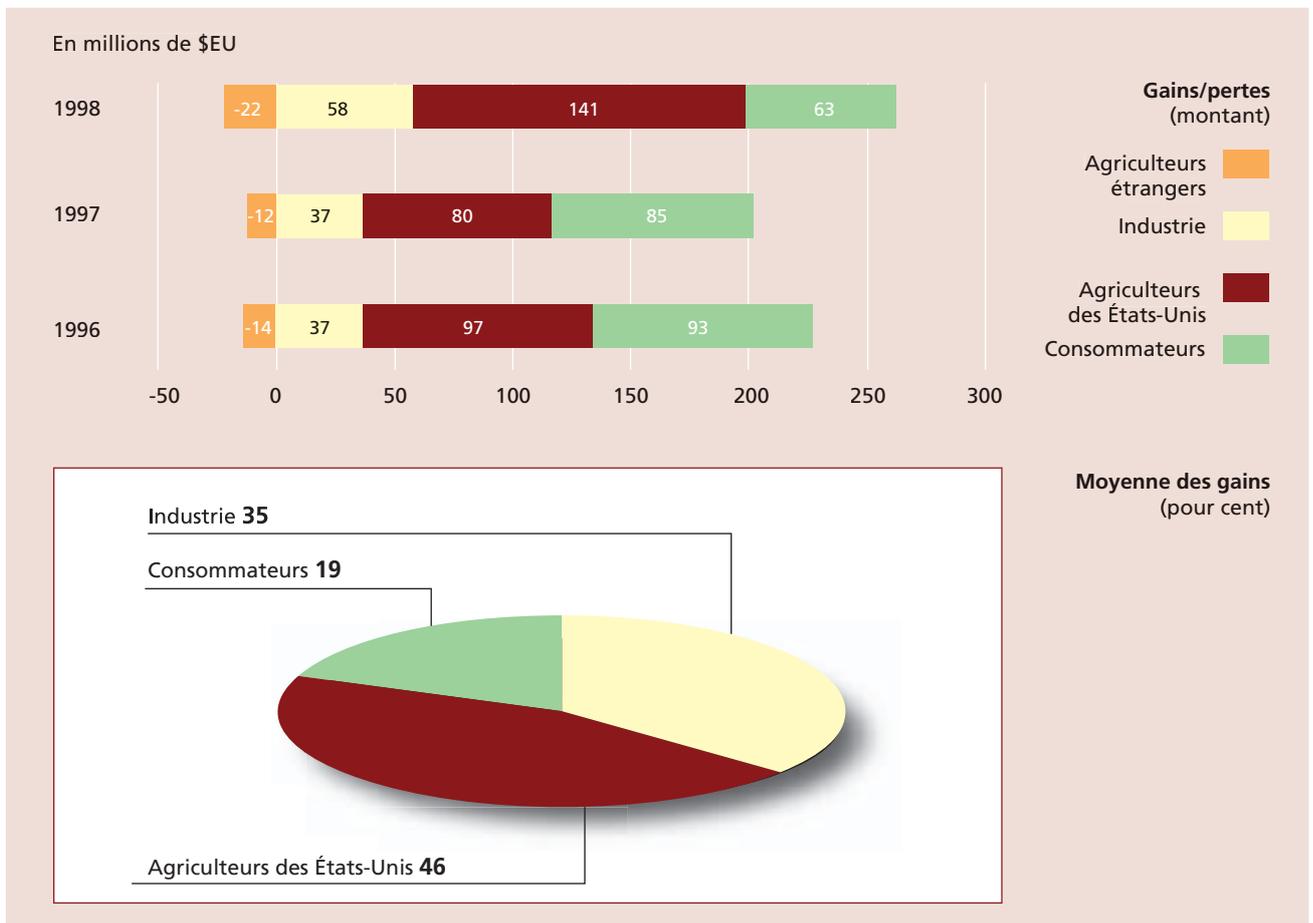
Falck-Zepeda, Traxler et Nelson (1999, 2000a, 2000b) ont calculé les impacts annuels de l'adoption du coton Bt aux États-Unis sur les planteurs de coton américains, les

FIGURE 8
Épandages de pesticides combinés tordeuses-vers des céréales, sélection d'États des États-Unis, 1992-2001



Source: Falck-Zepeda, Traxler et Nelson, 1999.

FIGURE 9
Gains découlant de l'adoption du coton Bt aux États-Unis, 1996-1998



Source: Falck-Zepeda, Traxler et Nelson, 1999, 2000a, 2000b.

consommateurs, les fournisseurs de matériel génétique et les planteurs étrangers pendant la période de 1996 à 1998 en utilisant un modèle type de plus-value économique (Alston, Norton et Pardey, 1995). Les estimations du montant et de la répartition des bénéfices provenant de l'introduction du coton Bt fluctuent d'une année sur l'autre; les moyennes pour la période de 1996 à 1998 sont indiquées à la figure 9. Au total, les planteurs américains de coton ont gagné chaque année quelque 105 millions de dollars EU de plus en revenus nets du fait de l'adoption du coton Bt, ce qui a abaissé leurs coûts de production et amélioré les rendements. Les ventes de la technologie Bt ont rapporté environ 80 millions de dollars EU aux sociétés concernées – principalement Monsanto et D&PL. L'augmentation de la production de coton a fait chuter les prix à la consommation, ce qui se traduit par un gain annuel de quelque 45 millions de dollars EU pour les consommateurs des États-Unis et d'ailleurs. Les exploitants des autres pays ont perdu environ 15 millions de dollars en raison de la baisse des prix à la production du coton. Les bénéfices annuels nets sont en moyenne de l'ordre de 215 millions de dollars EU. La part moyenne des bénéfices est de 46 pour cent pour les agriculteurs américains, 35 pour cent pour l'industrie et 19 pour cent pour les consommateurs de coton. Les pertes subies par les agriculteurs étrangers représentent moins de 1 pour cent du total des bénéfices nets générés par l'adoption du coton Bt aux États-Unis.

Impacts économiques du coton transgénique dans les pays en développement

Des études de terrain sur la performance du coton Bt ont été réalisées dans cinq pays en développement sur des périodes de un à trois ans: en Afrique du Sud (Bennett, Morse et Ismael, 2003), en Argentine (Qaim et de Janvry, 2003), en Chine (Pray et al., 2002), en Inde (Qaim et Zilberman, 2003) et au Mexique (Traxler et al., 2003). Leurs résultats sont résumés au tableau 7 et discutés ci-dessous. Bien que les variétés de coton Bt aient réalisé des rendements moyens plus élevés, permis une réduction de l'utilisation des pesticides et engendré des rendements nets plus élevés que les variétés classiques

dans tous les pays en développement où des études ont été entreprises, les performances du coton Bt, comme des variétés classiques, sont caractérisées dans ces pays par des variations importantes d'une campagne à l'autre et d'un champ à l'autre. Il n'est donc pas possible de tirer de solides conclusions sur la base de deux ou trois ans de données et de quelques centaines d'agriculteurs. Bien que les données disponibles et la persistance de la cadence rapide d'adoption du coton Bt prètent à croire que les agriculteurs y gagnent, il est encore trop tôt pour évaluer de manière concluante l'ampleur et la stabilité des rendements des variétés Bt par rapport aux variétés classiques car ces aspects dépendent, entre autres choses, des infestations de ravageurs et des pratiques agronomiques qui sont extrêmement variables.

Les effets du coton Bt sur la répartition des revenus ont été étudiés pour l'Afrique du Sud (Kirsten et Gouse, 2003), l'Argentine (Qaim et de Janvry, 2003), la Chine (Pray et Huang, 2003) et le Mexique (Traxler et al., 2003). Les éléments d'information disponibles montrent que les variétés de coton transgénique n'entraînent aucune économie d'échelle du point de vue de la vitesse d'adoption et des bénéfices à l'hectare. En d'autres termes, les petits agriculteurs sont également, voire plus susceptibles de tirer avantage du coton Bt que les grands exploitants. Ce n'est pas surprenant si l'on considère la façon dont ces variétés nouvelles simplifient les tâches de gestion des agriculteurs. Qaim et Zilberman (2003) font valoir que les performances relatives les plus élevées seront probablement enregistrées par les petits exploitants des pays en développement durement frappés par les ennemis des cultures et n'ayant guère accès à des moyens efficaces de lutte chimique et où les ravageurs causent d'importants dégâts. Cette opinion est confirmée par les données internationales d'ores et déjà disponibles qui montrent que l'Argentine, la Chine et l'Inde disposent du plus fort avantage en termes de rendement.

Argentine

Qaim et de Janvry (2003) ont étudié le cas du coton Bt en Argentine sur deux périodes de végétation, 1999/2000 et 2000/01. Le

TABLEAU 7
Écart de résultats entre le coton Bt et le coton traditionnel.

	Argentine	Chine	Inde	Mexique	Afrique du Sud
RENDEMENT EN FIBRES					
(kg/ha)	531	523	699	165	237
(Pourcentage)	33	19	80	11	65
PULVÉRISATION DE PRODUITS CHIMIQUES (nbre)	-2,4	...	-3,0	-2,2	...
REVENU BRUT					
(\$EU/ha)	121	262	...	248	59
(Pourcentage)	34	23	...	9	65
LUTTE CONTRE LES RAVAGEURS					
(\$EU/ha)	-18	-230	-30	-106	-26
(Pourcentage)	-47	-67	...	-77	-58
COÛT DES SEMENCES					
(\$EU/ha)	87	32	...	58	14
(Pourcentage)	530	95	...	165	89
COÛTS TOTAUX					
(\$EU/ha)	99	-208	...	-47	2
(Pourcentage)	35	-16	...	-27	3
BÉNÉFICES					
(\$EU/ha)	23	470	...	295	65
(Pourcentage)	31	340	...	12	299

Sources:

Argentine: Qaim et de Janvry, 2003. Les données se fondent sur une étude menée auprès de 299 agriculteurs dans deux grandes provinces productrices et représentent la moyenne de deux campagnes, 1999/2000 et 2000/01.

Chine: Pray *et al.*, 2002. Les données se fondent sur des études menées dans les exploitations de toutes les provinces où l'on cultive le coton et où sont utilisées des variétés Bt. Elles représentent la moyenne de trois campagnes, 1999-2001.

Les parcelles sous coton Bt et les autres se répartissaient de la manière suivante: 337 et 45 en 1999, 494 et 122 en 2000 et 542 et 176 en 2001.

Inde: Qaim et Zilberman, 2003. Les données se fondent sur des essais sur le terrain menés dans sept États indiens au cours de la campagne 2001. Les essais ont porté sur 157 parcelles de coton Bt et autant de variétés conventionnelles.

Mexique: Traxler *et al.*, 2003. Les données se fondent sur des études menées dans les exploitations de la région de Comarca Lagunera et représentent la moyenne de deux campagnes, 1997 et 1998.

Afrique du Sud: Bennett, Morse et Ismael, 2003. Les données se fondent sur des études et des registres d'exploitation dans la région de Makhathini Flats, et représentent la moyenne de trois campagnes, 1998/99-2000/01. Les auteurs ont examiné les registres de 1 283 exploitations (89 pour cent de l'ensemble des agriculteurs de la région) en 1998/99, 441 en 1999/2000 et 499 en 2000/01.

coton Bt a été distribué en Argentine pour la première fois en 1998 par CDM Mandiyú SRL, une coentreprise privée entre Monsanto, Delta and Pine Land Company (D&PL) et Ciagro, une société argentine. Les variétés Bt commercialisées en Argentine avaient à l'origine été élaborées pour le marché des États-Unis. Le coton Bt étant breveté en Argentine, les agriculteurs sont tenus d'acquiescer des redevances. En vertu

de la loi argentine, les agriculteurs sont autorisés à conserver des semences pour la campagne suivante et sont ensuite obligés d'acheter du nouveau matériel végétal certifié. Mandiyú impose cependant aux agriculteurs de signer des contrats d'achat spéciaux qui leur interdisent d'utiliser des semences de coton Bt réservées sur la précédente récolte. À la différence d'autres pays (ou comme dans le cas du soja tolérant

aux herbicides en Argentine), l'adoption du coton Bt a été lente dans ce pays et, en 2001, il ne représentait encore que 5 pour cent seulement des superficies totales plantées en coton.

Les rendements du coton Bt en Argentine sont en moyenne supérieurs d'environ 531 kg/ha (ou 33 pour cent) à ceux des variétés ordinaires. Qaim et de Janvry (2003) signalent que les variétés classiques cultivées en Argentine sont en fait mieux adaptées aux conditions locales et ont un rendement agronomique potentiel supérieur à celui des variétés Bt, de sorte que la différence de rendement attribuable aux dégâts moins importants causés par les ravageurs aux variétés Bt pourrait être encore supérieure à 33 pour cent. Comme le coton Bt et non Bt se vendent sensiblement au même prix sur le marché, les meilleurs rendements fournis par les variétés Bt ont entraîné une augmentation moyenne des revenus bruts de 34 pour cent. Le nombre d'applications de pesticides a chuté et les dépenses en pesticides ont été réduites quasiment de moitié. Les dépenses de semences ont toutefois été plus de six fois plus élevées pour les variétés Bt que pour les variétés classiques et, par conséquent, les coûts variables totaux étaient supérieurs de 35 pour cent. Les revenus nets étaient plus forts pour le coton Bt que pour les autres variétés, mais d'un montant absolu relativement faible et d'une marge sensiblement moins importante que dans les autres pays.

Qaim et de Janvry (2003) concluent que le coût élevé des semences est la principale cause des marges bénéficiaires relativement faibles des agriculteurs ayant opté pour le coton Bt en Argentine, ce qui explique aussi son faible taux d'adoption par rapport à la rapidité avec laquelle le soja HT s'est implanté dans le pays (encadré 15). Grâce à une méthode d'évaluation directe, les auteurs précités ont estimé que le prix que les agriculteurs argentins seraient prêts à payer pour les semences Bt était inférieur de plus de la moitié au prix actuel. Dans ces conditions, les revenus nets des agriculteurs augmenteraient fortement, de même que ceux de la société qui vendrait davantage de semences. Cette constatation soulève une question intéressante, à savoir pourquoi Mandiyú facture des prix plus élevés que son seuil d'optimisation des profits. Les

auteurs sont d'avis que des pressions sont probablement exercées sur cette société afin qu'elle maintienne les prix du coton Bt à des niveaux comparables à ceux des États-Unis. Elle suscite en outre la crainte, à plus long terme, de voir des monopoles privés soutirer des bénéfices indus des agriculteurs en l'absence de toute concurrence ou de mécanismes appropriés de réglementation des monopoles.

Chine

Plus de 4 millions de petits agriculteurs chinois cultivent du coton Bt sur environ 30 pour cent de la superficie totale plantée en coton dans ce pays. La part de la Chine dans la superficie mondiale de plantations de coton Bt a considérablement augmenté depuis sa première mise sur le marché en 1997, et elle est passée à plus de 35 pour cent en 2001. Pray *et al.* (2002) ont suivi de près les planteurs de coton chinois pendant trois campagnes, de 1999 à 2001. Leurs enquêtes ont été réalisées dans les principales provinces de production où l'on trouve à la fois des variétés Bt et des variétés classiques. La première enquête portait sur des agriculteurs des provinces du Hebei et du Shandong. Les nouvelles variétés ont rapidement été adoptées dans ces provinces car la chenille du coton y crée des dégâts importants et une tenace résistance aux pesticides chimiques s'y est généralisée. Le taux d'adoption avoisine les 100 pour cent au Hebei et dépasse les 80 pour cent au Shandong. La province du Hénan a été rajoutée à l'enquête en 2000. Le taux d'adoption du coton Bt s'est stabilisé autour de 30 pour cent dans cette province malgré les graves infestations de chenille du coton, apparemment parce que les agriculteurs n'ont pas accès aux meilleures variétés Bt. Les provinces d'Anhui et du Jiangsu ont été rajoutées à l'étude en 2001. Dans ces provinces, l'adoption des variétés Bt est survenue plus tardivement et à un rythme plus lent partiellement en raison du fait que la tétranique, qui en est le ravageur le plus néfaste, n'est pas sensible à Bt.

Dans le cas de la Chine, l'avantage du coton Bt sur les variétés classiques, en termes de rendement, était en moyenne de 523 kg/ha, ou 19 pour cent, sur la période de trois ans allant de 1999 à 2001. Cela se traduit par un gain moyen de 23 pour cent.

ENCADRÉ 15

Soja tolérant aux herbicides en Argentine et aux États-Unis

Les variétés génétiquement modifiées HT ont un gène issu de la bactérie des sols *Agrobacterium tumefaciens*, qui rend la plante hôte tolérante au glyphosate, herbicide à large spectre. Introduite dans une plante cultivée, cette technologie peut faciliter la lutte contre les adventices dans les champs. Elle peut réduire les coûts de production, en remplaçant par le glyphosate plusieurs herbicides plus coûteux (et plus toxiques). Le calendrier d'application et le choix de l'herbicide sont simplifiés pour les cultures HT parce que le glyphosate est efficace à la fois contre les adventices à feuilles larges et contre les graminées et peut être appliqué pendant une période relativement longue. La tolérance aux herbicides de diverses plantes cultivées a été mise au point par Monsanto sous le nom de RoundupReady® (RR).

Des sojas RR ont été commercialisés en Argentine et aux États-Unis en 1996. La vente et l'utilisation de la technologie RR sont protégées aux États-Unis par des brevets et un contrat de vente avec les agriculteurs, mais aucune de ces deux formes de protection de la propriété intellectuelle n'est appliquée en Argentine. Par conséquent, en

Argentine, des sojas RR sont couramment disponibles à partir de sources autres que Monsanto, et les agriculteurs argentins sont juridiquement autorisés à utiliser des semences prélevées sur la récolte. De ce fait, les agriculteurs argentins versent pour le RR un supplément de prix relativement faible d'environ 30 pour cent, tandis que les agriculteurs des États-Unis paient en moyenne 43 pour cent de plus (données du General Accounting Office [des États-Unis], 2000). L'adoption a progressé rapidement dans les deux pays. On estime qu'en 2002, 99 pour cent des superficies des cultures de soja de l'Argentine et 75 pour cent de celles des États-Unis étaient cultivées en soja RR (James, 2002a).

Les rendements des sojas RR ne sont pas sensiblement différents de ceux des sojas classiques en Argentine comme aux États-Unis, mais l'abaissement des coûts des herbicides et des façons culturales crée des bénéfices à l'échelle de l'exploitation. De nombreux agriculteurs sont passés à des pratiques culturales avec peu ou pas de labours après l'adoption du soja RR, réduisant les coûts des machines agricoles et de la main-d'œuvre et améliorant la conservation des sols. Les coûts de récolte sont également plus faibles du fait de la

Les semences de coton Bt coûtent près du double des semences classiques. Par comparaison avec l'Argentine cependant, ce surcoût est négligeable. Pray *et al.* (2002) attribuent le prix relativement bas des semences Bt à la forte concurrence commerciale entre les variétés CAAS, mises au point par le secteur public, et celles proposées par Monsanto. Compensant la cherté des semences, les dépenses en pesticides étaient 67 pour cent moins importantes, tandis que les coûts d'ensemble étaient 16 pour cent inférieurs à ceux du coton classique. Le bénéfice global à l'hectare des producteurs de coton Bt était en moyenne supérieur de 470 dollars à celui des planteurs de coton non Bt qui ont en fait perdu de l'argent sur chacune de ces trois années.

Selon les estimations de Pray *et al.* (2002), les cultivateurs chinois de coton Bt ont employé en moyenne 43,8 kg/ha de pesticides chimiques de moins que les planteurs traditionnels. Les baisses les plus importantes ont été enregistrées dans les provinces du Hebei et du Shandong particulièrement touchées par la chenille du coton. La moindre consommation de pesticides s'est évidemment traduite par une baisse des dépenses en produits chimiques et en main-d'œuvre pour l'épandage, mais elle a également eu des retombées sanitaires et environnementales. Selon les estimations, l'adoption de coton Bt a conduit la Chine à réduire sa consommation de pesticides de 78 000 tonnes en 2001, soit environ un quart de la quantité totale de pesticides chimiques utilisée dans ce pays au cours d'une année

moins grande fréquence des adventices vertes (Qaim et Traxler, 2004).

En Argentine, le coût variable total de la production est d'environ 8 pour cent (21 dollars/ha) plus faible pour les sojas RR que pour une culture classique. Les résultats concernant les États-Unis sont moins nets. Moschini, Lapan et Sobolevsky (2000) ont calculé une économie de 20 dollars EU/ha pour 2000 pour l'ensemble des États-Unis, et Duffy (2001) a constaté que les économies de coût étaient négligeables en Iowa en 1998 et 2000. Si l'on fait la moyenne de tous ces chiffres, on s'aperçoit que les économies de coût aux États-Unis sont analogues à celles que l'on obtient en Argentine.

Qaim et Traxler (2004) ont estimé que les sojas RR ont créé plus de 1,2 milliard de dollars d'avantages économiques en 2001, soit environ 4 pour cent de la valeur des cultures mondiales de soja. Les consommateurs de soja dans le monde ont économisé 652 millions de dollars (soit 53 pour cent des avantages totaux) à la suite de la baisse des prix. Les sociétés semencières ont reçu 421 millions de dollars (34 pour cent) en tant que recettes technologiques¹ dont la plus grande partie provenait du marché des États-Unis. Les

producteurs de soja d'Argentine et des États-Unis ont reçu des bénéfices de plus de 300 millions de dollars et 145 millions de dollars respectivement, tandis que les producteurs des pays où la technologie RR n'est pas disponible ont eu des pertes de 291 millions de dollars en 2001 à la suite de la baisse induite d'environ 2 pour cent (4,06 dollars la tonne) des cours mondiaux. Collectivement, les agriculteurs ont reçu un bénéfice net de 158 millions de dollars, soit 13 pour cent des gains économiques totaux issus de cette technologie.

¹ Comme dans les études relatives au coton, les recettes brutes issues des technologies sont utilisées pour mesurer la rente de monopole. Aucun coût de recherche, de commercialisation ou d'administration n'est déduit. Si nous supposons, par exemple, que ces coûts représentent 33 pour cent des recettes issues des droits technologiques, la rente de monopole tomberait à quelque 280 millions de dollars (26 pour cent de l'excédent total).

normale. En Chine, les agriculteurs sont souvent exposés à des taux dangereux de pesticides car les applications de produits chimiques se font généralement au moyen de pulvérisateurs à dos et ils utilisent rarement des vêtements de protection. Les cultivateurs de coton Bt ont enregistré une bien moindre incidence d'intoxications aux pesticides que ceux cultivant les variétés classiques (5 à 8 pour cent contre 12 à 29 pour cent).

Pray et Huang (2003) ont également examiné la répartition des retombées économiques par taille d'exploitation et classe de revenus. Ils ont constaté que les exploitations de moins de 1 ha avaient enregistré une augmentation nette de leurs revenus à l'hectare de plus du double de ceux réalisés dans les exploitations de plus

grande taille (tableau 8). De même, les individus et les ménages plus pauvres ont également vu leurs revenus nets à l'hectare s'accroître bien plus que ceux des ménages et personnes mieux lotis. Ces résultats laissent à penser qu'en Chine, le coton Bt a engendré une forte amélioration des revenus nets des pauvres.

Inde

Ce n'est qu'en 2003 que la commercialisation du coton Bt a été approuvée en Inde et on ne dispose donc pas encore d'études de marché. Qaim et Zilberman (2003) ont analysé des données indiennes d'essais au champ datant de 2001 et signalent des modifications des rendements agricoles et de l'utilisation de pesticides entre les zones plantées en variétés classiques et

TABLEAU 8
Répartition des gains découlant de l'utilisation du coton Bt en fonction de la taille des exploitations ou de la catégorie de revenus en Chine, 1999

TAILLE DE L'EXPLOITATION	Part du Bt dans les observations	(kg/ha)	(\$EU/ha)	(\$EU/ha)
		Gains de rendement	Variation du coût total	Variation du revenu net
0,0-0,47 ha	86	410	-162	401
0,47-1 ha	85	-134	-534	466
1 ha ou +	87	-124	-182	185
REVENU DU MÉNAGE (\$EU)				
1-1 200	85	170	-302	380
1 200+	91	65	-54	157
REVENU PAR HABITANT (\$EU)				
1-180	85	456	-215	446
180-360	83	8	-284	303
360+	97	-60	1	-15

Note: Toutes les sommes sont calculées au taux de change officiel entre le yuan renminbi et le dollar des États-Unis, à savoir: 1,00 \$EU = 8,3 RMB ¥.

Source: Pray et Huang, 2003.

les essais de coton Bt. Ces essais ont été réalisés par la société indienne Maharashtra Hybrid Seed Company (Mahyco) dans 395 exploitations réparties sur sept États indiens. Ils étaient supervisés par les autorités de réglementation et gérés par les agriculteurs selon les méthodes traditionnelles. L'étude a comparé les rendements et l'utilisation de produits chimiques dans le cas d'un hybride Bt, du même hybride mais dépourvu du gène Bt, et d'une variété non Bt répandue qui étaient cultivés sur des parcelles adjacentes de 646 m². L'analyse porte sur les résultats de 157 exploitations représentatives où des relevés complets ont été conservés. Le tableau 7 illustre la comparaison entre l'hybride Bt et le même hybride dépourvu du gène Bt.

Les rendements moyens effectifs pour l'hybride Bt étaient supérieurs de 80 pour cent à ceux de l'hybride non Bt, ce qui atteste les fortes infestations de ravageurs pendant la période de végétation et l'absence d'autres moyens de lutte. Cette différence de rendement est bien plus forte que celle constatée en Chine, aux États-Unis et au Mexique. Qaim et Zilberman

(2003) sont d'avis que cette performance supérieure du coton Bt en Inde est due aux graves infestations de ravageurs et au fait que les agriculteurs n'ont pas accès à des pesticides efficaces et bon marché. Par ailleurs, les résultats médiocres de l'hybride non Bt et des variétés classiques indiquent selon eux que le rendement potentiel n'est pas un facteur de la différence de performance entre les hybrides Bt et non Bt. Les auteurs conviennent que les résultats obtenus pour cette seule année ne sont sans doute pas représentatifs et citent des données concernant des essais au champ de plus petite taille, réalisés par Mahyco, qui mettent en évidence une amélioration moyenne du rendement de 60 pour cent sur une période de quatre ans allant de 1998 à 2001. D'autres essais au champ conduits en Inde ont enregistré avec du coton Bt des augmentations de rendement allant de 24 pour cent à 56 pour cent (avec une moyenne de 39 pour cent) pour les années 1998/99 et 2000/01 (James, 1999; Naik, 2001).

Qaim et Zilberman (2003) signalent que la résistance aux insecticides est généralisée en Inde, de sorte que des quantités toujours plus

TABLEAU 9
Utilisation du coton Bt et répartition géographique des problèmes liés aux ravageurs dans les principales régions productrices de coton du Mexique, 1997-98

Ravageur	Efficacité du Bt	Autres plantes hôtes	Gravité du problème ¹					
			Comarca Lagunera	Tamaulipas	Chihuahua du Nord	Chihuahua du Sud	Sonora	Basse Californie
Ver rose du cotonnier	Totale	Aucune	Très élevée	Nulle	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Ver de la capsule	Élevée	Maïs, tomate	Élevée	Élevée	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible
Noctuelle verdoyante	Partielle	Maïs, tomate	Moyenne	Élevée	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible
Noctuelle ponctuée	Partielle	Beaucoup	Faible	Élevée	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible
Charançon de la capsule	Aucune	Aucune	Éradiqué	Très élevée	Faible	Très élevée	Faible	Nulle
Mouche blanche	Aucune	Beaucoup	Faible	Nulle	Nulle	Nulle	Très élevée	Très élevée
Part d'utilisation du Bt en 2000 (pourcentage)			96	37	38	33	6	1

¹ Très élevée: nécessite plusieurs traitements par an, dommages potentiellement élevés aux cultures; élevée: nécessite 2 à 3 traitements la plupart des années, faibles dommages aux cultures; moyenne: nécessite 1 à 2 traitements la plupart des années, faibles dommages aux cultures; faible: pulvérisation inutile la plupart des années, quelques dommages aux cultures.

Source: Traxler *et al.*, 2003.

fortes de pesticides doivent être appliquées chaque année. Leurs résultats d'enquête pour 2001 montrent que le nombre de pulvérisations de produits chimiques contre la chenille du coton a chuté en moyenne de 3,68 à 0,62 par campagne, bien que le nombre de pulvérisations contre les autres insectes ne soit pas sensiblement différent. La quantité globale d'insecticides utilisée a été diminuée de 69 pour cent et il s'agissait pour l'essentiel d'organophosphates, de carbamates et de pyréthroides très toxiques appartenant aux catégories internationales de toxicité I et II.

Mexique

Le volume de coton planté au Mexique varie énormément d'une année sur l'autre en fonction des politiques publiques, des taux de change, des prix mondiaux et, facteur important entre tous, des approvisionnements en eau pour l'irrigation. Les superficies plantées en coton sont tombées d'environ 250 000 ha au milieu des années 90 à quelque 80 000 ha en 2000, tandis que la part des plantations consacrées aux variétés Bt est passée d'environ 5 pour cent à 33 pour cent.

Au Mexique, les schémas d'adoption des variétés Bt reflètent l'évolution des infestations de ravageurs et des pertes économiques qui leurs sont imputables (tableau 9). Le coton Bt a été adopté le plus rapidement dans la Comarca Lagunera, une région qui couvre en partie les États de Coahuila et de Durango, et qui est la plus gravement touchée par la chenille du coton. Les autres régions cotonnières du Mexique sont concernées par l'anthonome du cotonnier et d'autres ravageurs qui ne sont pas sensibles à Bt et exigent donc des moyens de lutte chimiques. En conséquence, les planteurs n'ont guère opté pour les variétés Bt dans ces régions. Elles sont par ailleurs exclues dans les États du Chiapas et du Yucatan où pousse une espèce sauvage indigène, *Gossypium hirsutum*, apparentée au coton (Traxler *et al.*, 2003).

Les variétés de coton Bt cultivées au Mexique ont d'abord été élaborées pour le marché des États-Unis par D&PL, en collaboration avec Monsanto. Monsanto exige des agriculteurs mexicains qu'ils signent un contrat leur interdisant de conserver des semences sur leur récolte et les obligeant à faire égrener leur coton dans

les seules usines habilitées par Monsanto. Ce même contrat leur impose d'adopter une stratégie spécifique de gestion des résistances et d'autoriser les agents de Monsanto à inspecter leurs champs pour s'assurer qu'ils respectent leurs obligations en matière de zones d'isolement et d'utilisation des semences (Traxler *et al.*, 2003).

De manière générale, on classe les producteurs cotonniers de la Comarca Lagunera en trois groupes: les *ejidos*, les petits propriétaires terriens et les producteurs indépendants. Les propriétés des *ejidos* ont une superficie de 2 à 10 ha, les petits producteurs disposent de 30 à 40 ha, tandis que les producteurs indépendants ont des propriétés de plus grande taille, mais généralement inférieures à 100 ha. Les *ejidos* et les petits propriétaires terriens se sont regroupés en associations d'agriculteurs pour avoir accès au crédit et à l'assistance technique. Un consultant technique travaille pour chacune des associations d'agriculteurs. Traxler *et al.* (2003) a étudié les producteurs de coton de la Comarca Lagunera durant les campagnes de 1997 et 1998, en collaboration avec les consultants qui travaillaient pour l'association SEREASA. Il s'agit de l'une des plus grandes associations de la Comarca Lagunera, avec 638 agriculteurs qui possèdent (durant la période de l'enquête) à eux tous près de 5 000 ha. Sur l'ensemble de ces terres, entre 2 000 et 2 500 ha étaient consacrés au coton, soit environ 12 pour cent de la superficie totale plantée en coton dans la Comarca Lagunera. En 1997, les variétés Bt occupaient 52 pour cent des terres cotonnières de la Comarca Lagunera, et sont passées à 72 pour cent en 1998. Selon les auteurs, le groupe échantillonné était assez représentatif des propriétaires de petites et moyennes exploitations, tandis que les grands producteurs y étaient probablement sous-représentés.

En moyenne, la différence effective de rendement entre les variétés Bt et les espèces classiques était de 165 kg/ha ou environ 11 pour cent, soit infiniment moins que dans les autres pays mentionnés au tableau 7. Une différence de rendement très marquée a été enregistrée entre les deux saisons de végétation examinées dans cette étude; elle était presque nulle en 1997 et de 20 pour cent en 1998. Les auteurs signalent que les infestations de ravageurs ont été très rares

dans la Comarca Lagunera en 1997. Les dépenses en pesticides étaient de quelque 77 pour cent inférieures pour le coton Bt que pour les espèces classiques et les applications de produits chimiques ont été moins nombreuses. Les dépenses de semences étaient presque trois fois supérieures pour le coton Bt, attestant un surcoût sensible des nouvelles technologies. En conséquence, la différence de profit moyenne pour les deux années examinées était de 295 dollars EU/ha. La variation s'étend de moins de 8 dollars en 1997 à 582 dollars en 1998.

Traxler *et al.* (2003) ont calculé la manière dont les retombées économiques du coton Bt étaient réparties entre les agriculteurs de la Comarca Lagunera et les sociétés qui distribuent les variétés Bt, Monsanto et D&PL. Pour les deux années comprises dans l'étude, les agriculteurs ont engrangé en moyenne 86 pour cent des bénéfices globaux, contre 14 pour cent pour les distributeurs du matériel génétique (tableau 10). Comme on l'a signalé ci-dessus, les bénéfices à l'hectare réalisés par les agriculteurs ont varié considérablement d'une année sur l'autre. De ce fait, l'excédent total pour les producteurs se situait entre moins de 35 000 dollars EU et près de 5 millions de dollars EU. Selon les estimations, les bénéfices des deux années se chiffraient au total à presque 5,5 millions de dollars dont la plupart ont été réalisés durant la deuxième année et par les agriculteurs. Dans ce calcul, le montant total attribué à Monsanto et D&PL ne peut pas vraiment être considéré comme un bénéfice net pour ces sociétés car il ne tient pas compte des coûts de distribution des semences, d'administration et de commercialisation. Des recettes de 1,5 million de dollars provenant de la vente de semences ne représentent pas grand chose pour une société telle que Monsanto dont les revenus annuels se chiffrent à 5,49 milliards de dollars EU. Les importantes fluctuations annuelles sont en grande partie dues au différent degré d'infestation par les ravageurs; dans les années marquées par de fortes infestations, le coton Bt s'avère bien supérieur aux variétés classiques. Le Mexique ne cultivant qu'une petite partie de la production cotonnière mondiale, sa production n'a pas d'incidence économique sur les prix ou le bien-être des consommateurs.

TABLEAU 10

Estimation de la répartition des avantages économiques, région de Comarca Lagunera au Mexique, 1997 et 1998.

		1997	1998	Moyenne
A	Coût par hectare de production de semences Bt (\$EU)	30,94	30,94	30,94
B	Revenu de Monsanto/D&PL par hectare de Bt (\$EU)	101,03	86,60	93,82
C = B - A	Revenu net de Monsanto/D&PL ¹ par hectare (\$EU)	70,09	55,66	62,88
D	Variation des bénéfices agricoles par hectare (\$EU)	7,74	582,01	294,88
E	Superficie sous Bt à Comarca Lagunera (ha)	4 500	8 000	6 250
F = C × E	Revenu total net de Monsanto/D&PL ¹ (\$EU)	315 405	445 280	380 342
G = D × E	Gains totaux des agriculteurs (\$EU)	34 830	4 656 080	2 345 455
H = F + G	Gains totaux ¹ produits (\$EU)	350 235	5 101 360	2 725 798
I = F/H	Part de Monsanto/D&PL dans le total des gains ¹ (pour cent)	90	9	14
J = G/H	Part des producteurs dans le total des gains (pour cent)	10	91	86

¹ Revenus nets de Monsanto/D&PL calculés avant frais de gestion et de vente et avant toute indemnisation des distributeurs mexicains de semences.

Source: Traxler et al., 2003.

Afrique du Sud

Le coton Bt a été la première culture transgénique déployée commercialement en Afrique subsaharienne suite à l'entrée en vigueur, en 1999, de la Loi de 1997 sur les organismes génétiquement modifiés. En 2002, quelque 30 000 ha de coton Bt étaient cultivés en Afrique du Sud, dont près de 5 700 ha plantés dans les plaines de Makhathini, dans la province du KwaZulu-Natal. Bennett, Morse et Ismael (2003) ont étudié la situation des petits planteurs de coton sans ressources des plaines de Makhathini.

Vunisa Cotton est une société commerciale privée des plaines de Makhathini qui fournit aux agriculteurs les intrants nécessaires à la culture cotonnière (semences, pesticides et crédit) et achète leur récolte. Bennett, Morse et Ismael (2003) ont puisé dans les registres que Vunisa Cotton conserve pour chaque agriculteur les informations sur l'utilisation d'intrants, les rendements, les caractéristiques agricoles et d'autres renseignements pour trois campagnes à compter de 1998/99. En 1998/99 et 1999/2000, ils se sont en outre personnellement entretenus avec de petits exploitants choisis de façon aléatoire et ont également réalisé, en 2000/01, 32 entretiens approfondis destinés à des études de cas.

Les auteurs signalent des rendements plus élevés chez les agriculteurs qui ont

opté pour le coton Bt, (du fait des dégâts moins importants causés par les ravageurs), une baisse dans l'utilisation des pesticides et de la main-d'œuvre nécessaire pour leur application. Pour ces agriculteurs, les rendements étaient en moyenne supérieurs de 264 kg/ha (65 pour cent). La différence de rendement a été particulièrement marquée au cours de la période de végétation 1999/2000 où il a peu plu et où elle a atteint 85 pour cent. Les agriculteurs qui avaient opté pour les variétés Bt ont utilisé moins de semences à l'hectare que les cultivateurs traditionnels mais, du fait du surcoût des semences Bt, leurs dépenses totales de semences étaient supérieures de 89 pour cent. Cet enchérissement a été compensé par des dépenses moins importantes en pesticides et en main-d'œuvre, de sorte que les dépenses totales étaient en moyenne plus élevées de 3 pour cent seulement pour le coton Bt. Du fait de l'amélioration des rendements et des coûts de production quasiment semblables, les cultivateurs de variétés Bt ont réalisé des profits nets de 3 à 4 fois supérieurs à ceux des agriculteurs traditionnels, pour toutes les campagnes examinées, la différence la plus forte étant à signaler en 1999/2000 où les cultivateurs de variétés classiques ont perdu de l'argent.

Les auteurs ont examiné la dynamique d'adoption du coton Bt et la répartition des bénéfices en fonction de la taille des

ENCADRÉ 16

Coûts de la non-adoption du coton Bt en Afrique de l'Ouest

Dans une étude relative à cinq pays d'Afrique de l'Ouest producteurs de coton, Cabanilla, Abdoulaye et Sanders (2003) ont examiné les avantages économiques qui pourraient découler de l'adoption du coton Bt par les agriculteurs de la région. Le coton est une source importante de recettes d'exportation dans ces pays – Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali et Sénégal – et une source de revenus pour des millions d'agriculteurs dotés de peu de ressources. Selon le taux d'adoption et l'avantage réel au point de vue des rendements, les avantages potentiels pour l'ensemble de ces pays pourraient aller de 21 millions à 205 millions de dollars EU.

Cabanilla, Abdoulaye et Sanders (2003) ont fondé leur analyse sur les similitudes entre les populations d'organismes nuisibles et l'utilisation de produits chimiques dans ces pays et celles d'autres pays en développement où le coton Bt a été adopté. Les principaux insectes nuisibles en Afrique de l'Ouest sont les vers du cotonnier, que l'on combat actuellement par sept pulvérisations au maximum par saison d'insecticides à spectre large, en général un mélange d'organophosphorés et de pyréthrianoïdes. Comme dans d'autres régions où ces insecticides sont utilisés, on a observé une résistance des organismes nuisibles. Étant donné les conditions actuelles, les auteurs concluent que le coton Bt serait probablement très efficace pour lutter contre les organismes nuisibles présents dans la région.

Les auteurs ont utilisé les expériences d'autres pays en développement pour avancer une fourchette d'augmentations de rendements et de réductions du coût qui accompagneraient l'adoption du coton Bt. Ces hypothèses ont ensuite été utilisées pour calculer divers impacts économiques potentiels pour les cinq pays selon différents scénarios d'adoption. Dans le scénario le plus optimiste (45 pour cent d'avantages de rendement et 100 pour cent d'adoption), les agriculteurs des cinq pays gagneraient un supplément de revenu net de 205 millions de dollars EU: Mali 67 millions, Burkina Faso 41 millions, Bénin 52 millions, Côte d'Ivoire 38 millions et Sénégal 7 millions. Dans le scénario le plus pessimiste (10 pour cent d'avantages de rendement et 30 pour cent d'adoption), les bénéfices totaux sont réduits à 21 millions de dollars, répartis proportionnellement entre les cinq pays comme dans le premier scénario. Ces résultats correspondent à des gains de revenu à l'exploitation de 50 à 200 pour cent par hectare.

En 2003, le Gouvernement du Burkina Faso a commencé à évaluer le coton Bt en coopération avec Monsanto.

exploitations. En 1997/98, Vunisa Cotton a sciemment ciblé la commercialisation du coton Bt sur un petit nombre d'exploitants de taille relativement importante. En 1998/99, la première saison de végétation examinée dans cette étude, environ 10 pour cent des petits exploitants de Makhathini s'étaient tournés vers le coton Bt; ils étaient 25 pour cent la deuxième année et 50 pour cent la troisième. Lors de la quatrième campagne, 2001/02, qui n'est pas comprise

dans cette analyse du fait de l'insuffisance de données, on estimait que 92 pour cent des petits exploitants qui cultivaient le coton dans la région avaient opté pour la variété Bt. Les auteurs ont constaté qu'au cours de la première campagne, les premiers agriculteurs à se tourner vers la variété Bt étaient des exploitants relativement fortunés, âgés, de sexe masculin, et propriétaires d'exploitations assez importantes mais, dès la deuxième et la troisième campagnes, de

petits exploitants des deux sexes et d'âges divers se sont ralliés aux premiers. L'analyse montre que les petits cultivateurs de coton Bt réalisaient des marges brutes à l'hectare supérieures à celles des grands exploitants cultivant cette même variété.

Conclusions

Dans ce chapitre, on a examiné l'expérience de cultivateurs des pays en développement qui se sont tournés vers les plantes cultivées transgéniques, notamment le coton Bt. Les informations rapportées proviennent d'études d'impact sur la diffusion du coton Bt en Afrique du Sud, en Argentine, en Chine, en Inde, au Mexique, ainsi qu'aux États-Unis. L'impact des variétés de soja tolérantes aux herbicides en Argentine et aux États-Unis a également été examiné. Quelques conclusions d'ordre général se dégagent de l'examen de ces cultures, bien que l'on doive se garder de les extrapoler à d'autres cultures ou pays, du court au long terme, et d'un petit échantillon d'agriculteurs au secteur tout entier.

Premièrement, les cultures transgéniques ont eu des retombées économiques très positives pour les agriculteurs de certaines régions du monde durant les sept dernières années. Dans plusieurs cas, les économies réalisées à l'hectare, notamment grâce au coton Bt, ont été importantes par comparaison à la quasi-totalité des autres innovations technologiques des dernières décennies. Cependant, même dans les pays où les variétés transgéniques étaient disponibles, les taux d'adoption varient considérablement entre les différents environnements de production, en fonction des difficultés spécifiques de production des zones considérées et de la disponibilité de cultivars adaptés. Les cultures transgéniques peuvent être utiles dans certaines circonstances, mais elles ne sont pas une panacée universelle.

Deuxièmement, la disponibilité de cultivars transgéniques adaptés dépend souvent des capacités nationales de recherche, et l'accès des petits exploitants à ces variétés est favorisé par l'existence d'un système efficace de diffusion. Dans certains pays, les agriculteurs ont pu tirer profit des innovations et des variétés élaborées pour le

marché nord américain, mais dans la plupart des régions du monde, il sera essentiel d'élaborer des cultivars écologiquement spécifiques et adaptés aux conditions locales. Dans tous les pays où les petits exploitants ont opté pour le coton transgénique, il existait un mécanisme de distribution des semences et, dans certains cas, les petits exploitants avaient été directement ciblés. Dans la majorité des pays, les sociétés semencières nationales ont assumé ce rôle en collaboration avec une société transnationale et, souvent, avec l'appui du gouvernement national et des associations d'agriculteurs.

Troisièmement, l'impact économique du coton Bt est fonction de la structure réglementaire en vigueur. Dans tous les cas étudiés, les pays avaient mis en place un processus de prévention des risques biotechnologiques et approuvé la culture commerciale du coton Bt. Les pays qui ne disposent pas de tels protocoles ou des capacités nécessaires pour en assurer l'application de manière transparente, prévisible et digne de confiance risquent de ne pas avoir accès aux nouvelles technologies. Dans le même ordre d'idées, il y a un risque, dans certains pays, de voir les agriculteurs cultiver des plantes transgéniques qui n'ont pas été évaluées, ni approuvées conformément aux procédures nationales de prévention des risques biotechnologiques. Ces variétés pourraient avoir été approuvées dans un pays voisin ou être des variétés non autorisées d'une culture approuvée. Or, une variété qui n'a pas fait l'objet d'une évaluation des risques biotechnologiques fondée sur les conditions agroécologiques locales représente un risque plus important du point de vue des conséquences environnementales indésirables (voir le Chapitre 5). Par ailleurs, les variétés non approuvées risquent fort de ne pas offrir aux agriculteurs la maîtrise recherchée des ennemis des cultures, ce qui conduirait à la persistance des pesticides chimiques et à un risque accru de résistance chez les ravageurs (Pemsl, Waibel et Gutierrez, 2003).

Quatrièmement, bien que les cultures transgéniques aient été distribuées par des sociétés privées dans la majorité des cas, les bénéfices ont été largement répartis entre le secteur industriel, les agriculteurs et les consommateurs. Cela laisse à penser

que la situation de monopole créée par les droits de propriété intellectuelle ne conduit pas nécessairement à des profits exagérés pour les sociétés de distribution. Les résultats obtenus avec le coton Bt en Argentine montrent cependant que l'équilibre entre les droits de propriété intellectuelle des distributeurs et les moyens financiers des agriculteurs a une incidence capitale sur l'adoption des nouvelles technologies et donc, sur l'ampleur et la répartition des bénéfices. Le cas de la Chine indique clairement que la participation du secteur public aux activités de recherche-développement et à la distribution du coton transgénique peut aider à garantir l'accès des agriculteurs sans ressources aux nouvelles technologies et à une part raisonnable des retombées économiques.

Cinquièmement, le coton Bt a eu des retombées très positives sur l'environnement. Dans quasiment tous les cas, l'utilisation d'insecticides sur les variétés de coton Bt a été très sensiblement réduite par rapport aux variétés classiques. Par ailleurs, dans le cas du soja tolérant aux herbicides, on utilise désormais du glyphosate à la place d'herbicides plus toxiques et à effet rémanent et, dans bien des cas, le travail du sol est moins important tant pour le soja que

pour le coton tolérant aux herbicides. Bien qu'il convienne de poursuivre la surveillance, aucune conséquence environnementale néfaste n'a encore été signalée dans les endroits où les cultures transgéniques ont été implantées jusqu'ici.

Enfin, les informations concernant la Chine (Pray et Huang, 2003), l'Argentine (Qaim et de Janvry, 2003), le Mexique (Traxler *et al.*, 2003) et l'Afrique du Sud (Bennett, Morse et Ismael, 2003) portent à croire que les petits agriculteurs n'ont pas eu plus de difficultés que les grands exploitants à se tourner vers ces nouvelles technologies. Dans certains cas, les cultures transgéniques paraissent simplifier le processus de gestion de façon très favorable pour les petits agriculteurs.

La question n'est donc pas de savoir si les biotechnologies peuvent profiter aux petits agriculteurs sans ressources, mais plutôt comment ce potentiel scientifique peut être exploité pour remédier aux problèmes agricoles des exploitants des pays en développement. Les biotechnologies constituent un outil extrêmement prometteur pour l'élaboration de nouvelles technologies agricoles appliquées. L'enjeu consiste aujourd'hui à concevoir un système d'innovation qui axe ce potentiel sur les problèmes des pays en développement.

5. L'incidence des cultures transgéniques sur la santé et sur l'environnement

La démonstration scientifique de l'incidence du génie génétique sur l'environnement et sur la santé en est encore à ses débuts. On trouvera, dans ce chapitre, un aperçu de l'état des connaissances scientifiques concernant les risques que pourrait présenter, pour la santé et pour l'environnement (encadré 17), l'application du génie génétique à l'alimentation et à l'agriculture; cet aperçu est suivi d'une analyse du rôle joué par les organismes de normalisation à l'échelle internationale dans l'harmonisation des procédures d'analyse du risque présenté par ces produits (encadré 18). Les démonstrations scientifiques figurant dans ce chapitre s'appuient en grande partie sur un rapport récent du Conseil international pour la science (CIUS, 2003 – dénommé ci-après le CIUS)⁴. Le rapport du CIUS tire sa matière d'une cinquantaine d'évaluations scientifiques indépendantes effectuées par des équipes dont la fiabilité est établie et opérant dans différentes parties du monde, notamment la Commission du Codex Alimentarius de la FAO/OMS, la Commission européenne, l'OCDE et les académies nationales des sciences de nombreux pays, parmi lesquels l'Australie, le Brésil, la Chine, les États-Unis, la France, l'Inde et le Royaume-Uni. Par ailleurs, ce chapitre s'inspire des évaluations scientifiques récentes publiées par le Nuffield Council on Bioethics (2003 – dénommé ci-après le Conseil de Nuffield)⁵,

le United Kingdom Science Review Panel (2003 – dénommé ci-après le GM-SRP)⁶ et la Royal Society (2003 – dénommée ci-après Royal Society)⁷, évaluations qui n'étaient pas disponibles au moment de l'établissement du rapport du CIUS. S'il existe indéniablement, au sein de la communauté scientifique, une entente assez généralisée sur les principaux chapitres touchant à la sécurité sanitaire des aliments transgéniques, le désaccord entre scientifiques sur certaines questions demeure, ainsi que des lacunes en matière de connaissances.

Les conséquences pour la sécurité sanitaire des aliments

Les espèces transgéniques actuellement cultivées et les aliments qui en sont issus sont jugés propres à la consommation, et les méthodes utilisées pour en tester la sécurité sanitaire sont considérées comme adéquates. Tel est le consensus que reflètent les observations scientifiques passées en revue par le CIUS (2003), consensus conforme en cela au point de vue exprimé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (2002). Les aliments en question ont été analysés, en vue de déceler un éventuel accroissement du risque pour la santé humaine, par plusieurs autorités réglementaires nationales, dont celles de l'Argentine, du Brésil, du Canada, de la Chine, des États-Unis et du Royaume-Uni, qui ont employé pour cela leurs propres procédures nationales applicables à la

⁴ Le Conseil international pour la science (CIUS) est une organisation non gouvernementale représentant la communauté scientifique internationale. Il compte, parmi ses membres, des représentants des académies scientifiques nationales (101 membres) et d'associations scientifiques internationales (27 membres). Étant donné que le CIUS est en contact avec des centaines de milliers de scientifiques dans le monde entier, il est souvent appelé à représenter la communauté scientifique mondiale.

⁵ Le Conseil de Nuffield sur la bioéthique est une organisation britannique à but non lucratif financée par le Medical Research Council, la Nuffield Foundation et le Wellcome Trust.

⁶ Le GM Science Review Panel est un groupe établi par le gouvernement du Royaume-Uni avec mandat de conduire un examen exhaustif et impartial des éléments de preuves scientifiques concernant les cultures génétiquement modifiées.

⁷ La Royal Society est l'académie scientifique indépendante du Royaume-Uni. Elle se consacre à la promotion de l'excellence dans le domaine scientifique.

ENCADRÉ 17

La nature et l'analyse des risques

Les risques font partie de la vie de tous les jours. Aucune activité n'en est dénuée. Dans certains cas, l'inaction entraîne aussi des risques. L'agriculture, sous quelque forme que ce soit, comporte des risques pour les agriculteurs, les consommateurs et l'environnement. L'analyse des risques s'effectue en trois étapes: évaluation, gestion et communication des risques. L'évaluation quantifie et compare les preuves scientifiques concernant les risques associés à d'autres activités. La gestion - qui comporte l'élaboration de stratégies visant à éviter et maîtriser les risques dans des limites acceptables - est fondée sur l'évaluation des risques et tient compte de divers facteurs tels que les valeurs sociales et l'économie. La communication suppose un dialogue constant entre les organismes réglementaires et le public au sujet des risques et des options visant à les maîtriser de façon que des décisions appropriées puissent être prises.

Le risque est souvent défini comme «la probabilité d'un dommage». Un danger, en revanche, est tout ce qui peut tourner mal. Un danger ne constitue pas en soi un risque. Par conséquent, l'évaluation du risque suppose que l'on réponde aux trois questions suivantes: Qu'est-ce qui pourrait tourner mal? Quelle est la probabilité que cela se produise? Quelles en sont les conséquences? Le risque associé à toute action dépend des trois éléments de l'équation:

$$\text{Risque} = \text{danger} \times \text{probabilité} \times \text{conséquences.}$$

Le concept apparemment simple de l'évaluation du risque est en réalité extrêmement complexe et repose à la fois sur le jugement et sur la science. Le risque peut être sous-estimé si certains dangers ne sont pas identifiés et correctement caractérisés, si la probabilité que le danger se concrétise est plus grande que prévu ou si ses conséquences sont plus graves que l'on ne pensait. La probabilité associée à un danger dépend aussi en partie de la stratégie de gestion utilisée pour le maîtriser.

Dans la vie de tous les jours, le risque a des sens différents, selon le contexte social, culturel et économique. Les personnes qui luttent pour survivre peuvent être disposées à accepter davantage de risques que les personnes qui sont aisées, si elles estiment qu'elles ont une chance de vivre mieux. Par ailleurs, nombre d'agriculteurs pauvres ne choisissent que des technologies à faible risque car ils sont si pauvres qu'ils ne peuvent pas se permettre de prendre de risques. Le risque a également des sens différents pour la même personne à diverses périodes, selon la question dont il s'agit et la situation. Il y a de plus grandes probabilités d'accepter des risques associés à des activités familières et librement choisies, même si les risques sont importants. Dans l'analyse du risque, il faudrait garder à l'esprit les questions suivantes: Qui court le risque et qui en profite? Qui évalue le danger? Qui décide quels risques sont acceptables?

sécurité sanitaire des aliments (CIUS). À ce jour, selon les informations réunies par le GM Science Review Panel à l'échelle mondiale, aucun laboratoire n'a signalé d'effets toxiques ou délétères, au plan nutritionnel, découlant de la consommation d'aliments ayant pour origine des cultures génétiquement modifiées. Des millions de personnes ont consommé des aliments dérivant de cultures GM - principalement du maïs, de la graine de soja et du colza - sans

que l'on ait enregistré d'effets contraires (CIUS).

Cependant, l'absence d'effets négatifs démontrés ne signifie pas que les nouveaux aliments transgéniques ne présentent aucun risque (CIUS, GM Science Review Panel), et les scientifiques reconnaissent que l'on n'en sait pas suffisamment à propos des effets à long terme des aliments transgéniques - comme, au demeurant, de la plupart des aliments traditionnels. La détection de tels

ENCADRÉ 18**Normes internationales pour faciliter les échanges**

Les possibilités d'échanges agricoles ont considérablement augmenté ces dernières années du fait des réformes du commerce international dans le cadre de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). Dans une large mesure, ces réformes étaient axées sur la réduction des tarifs et des subventions dans divers secteurs. L'Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (Accord SPS) a également été adopté par l'OMC en 1994 et il est entré en vigueur en 1995. L'Accord SPS stipule que les pays conservent leur droit à veiller à ce que les produits alimentaires d'origine animale et végétale qu'ils importent soient sans danger et, en même temps, ils indiquent que les pays ne doivent pas utiliser de mesures indûment restrictives qui soient une restriction déguisée au commerce international.

L'Accord SPS concerne en particulier: la protection de la santé et de la vie des personnes et des animaux ou la préservation des végétaux contre l'entrée, l'établissement ou la propagation d'organismes nuisibles, de maladies, d'organismes vecteurs de maladies ou d'organismes pathogènes; la protection de la santé ou de la vie des personnes ou des animaux contre les risques découlant d'additifs, de contaminants, de toxines ou d'organismes pathogènes présents dans les aliments, les boissons ou les fourrages; la protection de la vie ou de la santé humaine contre les risques découlant de maladies transmises par

des animaux, des plantes ou des produits issus de ces derniers, ou contre l'entrée, l'établissement ou la propagation d'organismes nuisibles; et la prévention ou la limitation d'autres atteintes découlant de l'entrée, de l'établissement ou de la propagation d'organismes nuisibles.

L'Accord SPS indique que les pays devraient appliquer des normes convenues au plan international pour établir leurs prescriptions en matière de mesures sanitaires et phytosanitaires. Pour atteindre cet objectif, trois organismes établissant des normes internationales sont identifiés: la Commission du Codex Alimentarius pour la sécurité sanitaire des aliments, l'Office international des épizooties (OIE)¹ pour la santé animale et la CIPV pour la santé végétale. En utilisant ces normes, les pays peuvent atteindre le niveau de protection nécessaire pour assurer la protection de la vie des personnes, des animaux ou des végétaux. Les pays peuvent également adopter des mesures qui sont différentes des normes, mais dans ces cas, les mesures doivent être techniquement justifiées ou fondées sur l'évaluation du risque.

¹ Depuis lors, la dénomination de cette organisation a été modifiée en Organisation mondiale de la santé animale, mais le sigle OIE a été conservé.

effets ne sera pas une tâche facile, en raison des nombreux facteurs de confusion tels que la variabilité génétique sous-jacente aux denrées alimentaires et les difficultés liées à l'évaluation de l'incidence des aliments complets. De plus, les nouvelles générations d'aliments génétiquement transformés, plus complexes, pourraient se révéler plus difficiles à analyser avec, comme conséquence possible, l'accroissement des effets non souhaités. De ce fait, l'apparition

de nouveaux instruments d'établissement de profil ou de «caractérisation» pourrait contribuer de façon utile à tester les aliments complets afin de déceler les modifications involontaires de composition (CIUS).

Les principales préoccupations liées aux produits transgéniques et aux aliments qui en dérivent tiennent à la crainte de voir augmenter les matières allergènes, les toxines et autres composés nocifs, mais aussi les transferts génétiques horizontaux,

notamment ceux impliquant les germes résistant aux antibiotiques, ainsi que d'autres effets non souhaités (FAO/OMS, 2000). Ces préoccupations s'appliquent également à des variétés mises au point par des méthodes conventionnelles de sélection et auxquelles ont été appliquées des méthodes culturelles traditionnelles (CIUS). Vient en outre s'y conjuguer le souci d'évaluer plus pleinement les avantages directs et indirects, pour la santé, attribuables aux aliments transgéniques.

Matières allergènes et toxines

La technologie génétique, tout comme la sélection traditionnelle, est en mesure d'augmenter ou de réduire le niveau des protéines, des toxines ou autres composés nocifs naturellement présents dans les aliments. Lorsque ces derniers sont élaborés par des méthodes traditionnelles, ils ne sont généralement pas testés en vue de détecter ces substances, même si elles apparaissent souvent de façon naturelle et peuvent être affectées par la sélection traditionnelle. Lors des expériences de transformation, l'utilisation de gènes provenant de sources allergènes connues est découragée; en outre, s'il est établi qu'un produit transformé présente un risque accru d'allergénicité, sa production doit être interrompue. Les aliments génétiquement modifiés actuellement diffusés sur le marché ont été testés sous l'angle de niveaux accrus d'allergènes et de toxines, et aucune de ces substances n'y a été détectée (CIUS). Les scientifiques s'entendent pour dire qu'il y a lieu d'évaluer et d'améliorer de façon constante ces tests normalisés, et qu'il convient d'être prudent lors de l'évaluation de toutes les nouvelles denrées alimentaires, y compris celles dérivant de cultures transgéniques (CIUS, GM Science Review Panel).

La résistance aux antibiotiques

Le transfert génétique horizontal ainsi que la résistance aux antibiotiques constituent une préoccupation en matière de sécurité sanitaire des aliments; en effet, nombre de cultures génétiquement modifiées de la première génération ont été créées au moyen de gènes marqueurs résistants aux antibiotiques. Si ces gènes devaient être transférés d'un produit alimentaire

aux cellules du corps humain ou dans des bactéries occupant le tube digestif, cela pourrait conduire au développement de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques, avec des conséquences néfastes pour la santé. Bien que, selon les scientifiques, la probabilité d'un tel transfert soit extrêmement faible (GM Science Review Panel), l'utilisation de gènes résistants aux antibiotiques a été déconseillée par un Groupe d'experts de la FAO et de l'OMS (2000) et par d'autres organismes. Par ailleurs, les chercheurs ont mis au point des méthodes visant à éliminer les marqueurs résistants aux antibiotiques des plantes produites par génie génétique (encadré 20).

Autres modifications involontaires

D'autres modifications involontaires de la composition des aliments peuvent se produire au cours de l'amélioration génétique effectuée au moyen de la sélection traditionnelle et/ou du génie génétique. L'analyse chimique permet de tester les produits génétiquement modifiés pour déceler, de manière ciblée, les changements intervenus dans les nutriments et substances toxiques connus. Les scientifiques reconnaissent que des modifications génétiques plus étendues, faisant appel à des transgènes multiples, pourraient bien augmenter la probabilité d'autres effets non souhaités et nécessiter des tests supplémentaires (CIUS, GM Science Review Panel).

Les avantages potentiels des aliments transgéniques pour la santé

Les scientifiques conviennent, de manière générale, que le génie génétique peut offrir des avantages directs et indirects pour la santé des consommateurs (CIUS). Au chapitre des avantages directs figurent l'amélioration de la qualité nutritionnelle des aliments (par exemple, le riz doré), la réduction de la présence de composés toxiques (par exemple, du manioc contenant moins de cyanure) et la réduction des substances allergènes dans certains aliments (par exemple, les arachides et le blé). Toutefois, il reste à démontrer que les nouveaux aliments contiennent dans leur composition génétique des niveaux significatifs de vitamines et autres nutriments et ne produisent pas d'effets non souhaités (CIUS). Par ailleurs, l'utilisation réduite de

ENCADRÉ 19

Considérations relatives à la santé et à l'environnement dans la sélection végétale classique

Avant l'apparition du génie génétique, la sélection végétale n'était que peu réglementée. Les normes de certification des semences assurent la pureté et la qualité de celles-ci, mais on ne s'est guère préoccupé des éventuelles répercussions des nouvelles obtentions issues de la sélection classique sur la sécurité sanitaire des aliments et l'environnement.

La sélection végétale classique est très différente de la sélection naturelle. La sélection naturelle crée des systèmes biologiques qui s'adaptent; elle assure le développement d'un organisme qui contient des propriétés qui l'adaptent à toutes sortes de conditions du milieu et assurent la survie de l'espèce. La sélection artificielle et la sélection végétale classique bouleversent précisément ces systèmes d'adaptation, créant des combinaisons de gènes qui ne survivraient guère dans le milieu naturel.

La sélection classique a été responsable de quelques cas d'effets négatifs sur la santé humaine. Dans un cas, un cultivar de pomme de terre contenait des teneurs excessives en toxines naturelles et, dans un autre cas, un cultivar de céleri obtenu par sélection classique et doté d'une forte résistance aux insectes provoquait une éruption cutanée s'il était récolté à la main sans protection.

De même, les effets potentiels des plantes cultivées obtenues par sélection classique sur l'environnement ou sur les variétés traditionnelles des agriculteurs n'ont en général pas donné lieu à des contrôles réglementaires, bien que

certaines des préoccupations associées aux plantes cultivées transformées génétiquement soient également applicables aux plantes cultivées classiques. La plupart des principales plantes vivrières cultivées du monde ne sont pas originaires des grandes zones de production; elles proviennent plutôt de quelques «centres d'origine» distincts et ont été transférées dans les nouvelles zones de production au gré des migrations et du commerce. Des plantes fortement acclimatées sont cultivées dans le monde entier et la migration hors des zones cultivées n'a qu'à de rares occasions provoqué des problèmes graves. Même lorsqu'ils sont cultivés dans leurs centres d'origine, comme les pommes de terre en Amérique du Sud ou le maïs au Mexique, les hybrides entre les espèces cultivées et les espèces sauvages ne sont pas implantés de façon permanente. On signale plusieurs cas de flux de gènes entre des plantes cultivées et des espèces sauvages apparentées, mais en général, cela n'a pas été considéré comme un problème.

Source: DANIDA, 2002.

pesticides produit des effets bénéfiques indirects pour la santé, du fait de la moindre présence de mycotoxines liées aux insectes ou aux maladies, tout en augmentant le volume des denrées alimentaires disponibles à un prix abordable et en favorisant l'élimination des composés toxiques présents dans le sol. Il conviendra de mieux documenter ces avantages directs et indirects (CIUS, GM Science Review Panel).

Les normes internationales applicables à l'analyse de la sécurité sanitaire des aliments

À la vingt-sixième session de la Commission du Codex Alimentarius, qui s'est tenue du 30 juin au 7 juillet 2003, des décisions d'une grande importance ont été prises concernant les principes régissant l'évaluation des

ENCADRÉ 20

Transformation de «gène propre» au CIMMYT

Alessandro Pellegrineschi et David Hoisington¹

Depuis l'apparition des plantes cultivées génétiquement modifiées, une partie de la société civile a fait part de ses préoccupations au sujet des gènes de résistance aux antibiotiques et aux herbicides utilisés comme gènes marqueurs de sélection spécifique pour la mise au point de plantes transgéniques. On évoque à cet égard des dangers possibles pour l'environnement et la santé, et en particulier l'apparition de «superadventices» issues de la résistance aux herbicides et d'une résistance aux antibiotiques chez les agents pathogènes pour l'homme. Bien que la plupart des chercheurs estiment que ces préoccupations sont en grande partie dénuées de fondement, et que ces dangers ne se sont effectivement matérialisés ni l'un, ni l'autre, la mise au point de plantes transgéniques exemptes de gènes marqueurs aiderait à rassurer et contribuerait à l'acceptation des plantes

¹ Les auteurs sont, respectivement, Biologiste cellulaire et Directeur du Centre de biotechnologie appliquée du CIMMYT au Mexique.

cultivées transgéniques par l'opinion publique (Zuo *et al.*, 2002).

On a signalé plusieurs méthodes qui permettent de créer des plantes transformées qui ne sont pas porteuses de gènes marqueurs, par exemple la cotransformation (Stahl *et al.*, 2002), les éléments transposables (Rommens *et al.*, 1992), la recombinaison spécifique de site (Corneille *et al.*, 2001) et la recombinaison intrachromosomique (De Vetten *et al.*, 2003). Le Centre international d'amélioration du maïs et du blé (connu sous son abréviation espagnole CIMMYT) s'attache à fournir aux agriculteurs disposant de peu de ressources des pays en développement les meilleures options pour mettre en œuvre des systèmes durables de culture du maïs et du blé. Le CIMMYT estime que même si les plantes cultivées génétiquement modifiées ne peuvent résoudre tous les problèmes des agriculteurs, cette technologie a un grand potentiel et devrait être évaluée.

Les chercheurs du CIMMYT ont élaboré et adapté une technique de transformation pour le blé et le maïs afin de produire des plantes génétiquement

aliments dérivés de la biotechnologie moderne (FAO/OMS, 2003a), de même que les lignes directrices pour la conduite de l'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments dérivés de plantes à ADN recombinant (FAO/OMS, 2003b) et d'aliments produits au moyen de micro-organismes à ADN recombinant (FAO/OMS, 2003c). Un quatrième document concernant l'étiquetage est toujours en discussion.

Les lignes directrices du Codex stipulent que l'évaluation de la sécurité sanitaire d'un aliment transgénique doit être conduite par le biais d'une comparaison avec son homologue traditionnel – lequel est généralement considéré comme sûr en raison de son long passé d'utilisation – en mettant l'accent sur la détermination des analogies et des différences. En cas

d'apparition d'un doute relatif à la sécurité sanitaire, le risque auquel il est associé devra être caractérisé de manière à déterminer son incidence éventuelle sur la santé humaine. On commence par la description des organismes hôtes ou donateurs, et par la caractérisation de la modification génétique. L'évaluation sanitaire qui s'ensuit doit prendre en compte des facteurs tels que la toxicité, la propension à provoquer des réactions allergiques (allergénicité), les effets d'une modification de la composition des nutriments clés (facteurs antinutritionnels) et des métabolites, la stabilité du gène inséré et la modification nutritionnelle découlant de l'altération génétique. Si l'évaluation exhaustive de ces facteurs porte à conclure que l'aliment génétiquement modifié en question est aussi sûr que son homologue

modifiées qui ne sont pas porteuses des gènes marqueurs de sélection spécifique. Dans le cadre de cette technique, deux fragments d'ADN, l'un contenant le gène marqueur de sélection spécifique et l'autre contenant le gène d'intérêt, sont reproduits et intégrés séparément dans le génome. Pendant le processus de sélection, ces gènes se séparent l'un de l'autre, permettant la sélection de plantes contenant uniquement le gène d'intérêt. Les chercheurs du CIMMYT ont testé cette technique simple en utilisant le gène de sélection spécifique *bar* et les gènes Bt, *Cry1Ab* et *Cry1Ba*, et ils ont obtenu avec succès des plantes sans le gène marqueur de sélection spécifique, mais avec le gène Bt et qui exprimaient des teneurs élevées en toxine Bt. Les plantes transgéniques étaient impossibles à distinguer au point de vue morphologique des plantes non transformées et les caractères introduits étaient hérités de façon stable par les générations suivantes.

Des efforts sont en cours à l'Institut agricole international du Kenya et à la Fondation Syngenta pour l'agriculture durable afin de transformer ces

«caractéristiques propres» aux variétés locales de maïs au Kenya et de fournir aux agriculteurs disposant de peu de ressources une option supplémentaire pour la lutte contre les insectes sous la forme qu'ils connaissent le mieux, les semences. Une approche analogue est actuellement utilisée pour renforcer les autres caractéristiques importantes telles que la tolérance au stress abiotique et la teneur en micronutriments. Une tolérance accrue aux stress tels que la sécheresse profiterait directement aux agriculteurs et les plantes enrichies par ces procédés auraient une incidence significative sur la santé des enfants dans les pays en développement.

conventionnel, il est alors considéré comme propre à la consommation.

Les détracteurs de cette approche comparative soutiennent que, si l'on veut évaluer aussi bien les effets voulus que les effets non souhaités, il faut recourir aux méthodes non ciblées qui analysent le contenu d'aliments complets (CIUS). De manière générale, les scientifiques conviennent que les aliments transgéniques doivent être évalués au cas par cas, en mettant l'accent sur le produit spécifique plutôt que sur le processus ayant conduit à sa création. Il convient également que la sécurité sanitaire des aliments génétiquement modifiés soit évaluée avant leur mise en marché, étant donné que la surveillance post-commercialisation a de fortes chances de se révéler difficile et

coûteuse, sans pour autant produire de données véritablement utiles, du fait de la composition complexe des régimes et de la variabilité génétique des populations (CIUS).

Principes régissant l'analyse du risque présenté par les aliments dérivés de la biotechnologie moderne

Ces *Principes*, qui reprennent la définition de la biotechnologie moderne contenue dans le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques, incorporent des critères régissant l'évaluation, la gestion et la communication du risque. Les Principes reconnaissent que les approches utilisées dans le domaine de l'analyse du risque pour évaluer les dangers chimiques présentés par des substances telles que les résidus de pesticides, les contaminants, les additifs

ENCADRÉ 21

Cultures fourragères génétiquement modifiées

Des espèces cultivées génétiquement modifiées, des produits issus de ces plantes et des enzymes obtenues à partir de micro-organismes modifiés sont couramment utilisés en alimentation animale. Le marché mondial des aliments pour animaux représente, d'après les estimations, quelque 600 millions de tonnes. Les aliments composés sont principalement utilisés pour les volailles, les porcs et les vaches laitières et sont formulés à partir de diverses matières premières telles que le maïs et d'autres céréales et des oléagineux tels que le soja et le colza «canola». On estime actuellement que 51 pour cent de la superficie totale des cultures de soja, ainsi que 12 pour cent des cultures de colza «canola» et 9 pour cent des cultures de maïs (utilisé comme maïs entier et comme sous-produit tel le gluten de maïs) sont consacrés à des plantes génétiquement modifiées (James, 2002a).

Les évaluations de l'innocuité des nouveaux aliments pour animaux au Canada, aux États-Unis et ailleurs portent sur des caractéristiques moléculaires, de composition, toxicologiques et nutritionnelles des nouveaux aliments pour animaux par rapport à leur équivalent classique. On étudie notamment les effets sur l'animal qui s'en nourrit, sur les consommateurs du produit d'origine animale ainsi obtenu, la sécurité des travailleurs et autres aspects environnementaux de l'utilisation de l'aliment pour animaux. En outre, de nombreuses études ont été réalisées sur des comparaisons de la composition nutritionnelle et l'innocuité des aliments pour animaux contenant des

éléments transgéniques et des éléments classiques.

Les principales préoccupations liées à l'utilisation de produits génétiquement modifiés dans les aliments pour animaux concernent la question de savoir si de l'ADN modifié issu de la plante peut entrer dans la chaîne alimentaire avec des conséquences nocives et si les gènes marqueurs de la résistance aux antibiotiques utilisés dans le processus de transformation peuvent être transférés à des bactéries de l'animal et donc potentiellement à des bactéries pathogènes pour l'homme. Étant donné que le processus de production d'enzymes utilisées dans les aliments pour animaux se déroule dans des conditions contrôlées, dans des installations à cuves de fermentation fermées et élimine l'ADN modifié des produits obtenus, ces produits ne comportent aucun risque pour les animaux ni pour l'environnement. L'enzyme phytase présente des avantages particuliers pour l'alimentation des porcins et des volailles, notamment une réduction sensible de la quantité de phosphore libérée dans l'environnement.

Les chercheurs ont examiné les effets de la transformation des aliments pour animaux sur l'ADN pour établir si l'ADN modifié reste intact et pénètre dans la chaîne alimentaire. On a constaté que l'ADN n'est pas fragmenté de façon importante dans le matériel végétal et dans les ensilages, mais qu'il reste partiellement ou complètement intact. Cela signifie que si des plantes cultivées génétiquement modifiées sont données aux animaux, ceux-ci ont toute probabilité de consommer de l'ADN modifié.

alimentaires et les agents technologiques sont difficiles à appliquer aux aliments complets. Ils précisent que l'évaluation du risque comprend un volet sur la sécurité sanitaire visant à déterminer s'il y a ou non présence d'un danger, d'une préoccupation d'ordre nutritionnel ou autre relativement à la sécurité sanitaire et, dans l'affirmative,

à recueillir des informations sur sa nature et sur sa gravité. Les Principes traduisent la notion d'équivalence substantielle, en vertu de laquelle l'évaluation de la sécurité sanitaire devrait incorporer, sans toutefois la substituer, une comparaison entre l'aliment dérivé de la biotechnologie moderne et son homologue conventionnel. La comparaison

Afin d'établir si l'ADN modifié ou des protéines dérivées consommés par des animaux peuvent avoir des effets sur la santé animale ou pénétrer dans la chaîne alimentaire, il est nécessaire de considérer le devenir de ces molécules dans l'organisme de l'animal. La digestion des acides nucléiques (ADN et acides ribonucléiques, ARN) se produit par l'action de nucléases présentes dans la bouche, le pancréas et les sécrétions intestinales. Chez les ruminants, une dégradation microbienne et physique supplémentaire des aliments se produit. Les indices dont on dispose laissent penser que plus de 95 pour cent de l'ADN et de l'ARN sont complètement décomposés dans le tube digestif. En outre, les recherches effectuées sur la digestion des protéines transgéniques en culture *in vitro* ont montré que la digestion est presque complète dans un délai de cinq minutes en présence de l'enzyme digestive pepsine.

On se préoccupe en outre de savoir si il peut y avoir un transfert de la résistance aux antibiotiques à partir des gènes marqueurs utilisés pour la production de végétaux génétiquement modifiés à des micro-organismes des animaux et, par conséquent, à des bactéries pathogènes pour l'homme. Un examen demandé par la FAO a conclu qu'il est extrêmement improbable que cela se produise. Néanmoins, ce document conclut que les marqueurs qui codent pour la résistance à des antibiotiques cliniquement significatifs, essentiels pour traiter les infections humaines, ne devraient pas être utilisés dans la production de plantes transgéniques.

MacKenzie et MacLean (2002) ont examiné 15 études d'aliments des bovins laitiers, bovins de boucherie, porcins et volailles publiées entre 1995 et 2001. Les aliments étudiés étaient du maïs et du soja résistants aux insectes et/ou aux herbicides. Les animaux ont été nourris avec un produit transgénique ou classique pendant des périodes allant de 35 jours pour les volailles à deux ans pour les bovins de boucherie. Aucune de ces études n'a mis en évidence d'effet négatif chez les animaux auxquels on a donné des produits transgéniques pour aucun des paramètres mesurés, qui étaient notamment la composition en nutriments, le poids de l'animal, l'apport en aliments pour animaux, la conversion des aliments, la production de lait, la composition du lait, la fermentation dans le rumen, la croissance ou les caractéristiques de la carcasse. Deux des études ont mis en évidence de légères améliorations des taux de conversion des aliments pour les animaux qui ont reçu du maïs résistant aux insectes, peut-être en raison de plus faibles concentrations d'aflatoxines, éléments antinutritionnels qui découlent des dégâts provoqués par les insectes.

En résumé, on peut conclure que les risques pour la santé humaine et animale issus de l'utilisation de plantes cultivées GM et d'enzymes obtenues à partir de micro-organismes GM comme aliments pour animaux sont négligeables. Néanmoins, certains pays demandent un étiquetage pour indiquer la présence de matériel génétiquement modifié dans les importations et les produits issus de celles-ci.

devra déterminer les similitudes et les différences entre les deux produits. En outre, une évaluation de la sécurité sanitaire doit: (a) rendre compte des effets voulus et des effets non souhaités, (b) identifier les dangers nouveaux ou sujets à évolution et (c) identifier les changements pertinents à la santé humaine dans les nutriments clés.

Enfin, l'évaluation de la sécurité sanitaire doit se faire au cas par cas.

Il convient que les mesures de gestion du risque soient proportionnelles à ce dernier. Elles devront prendre en compte, le cas échéant, «d'autres mesures légitimes» conformes aux décisions générales de la Commission du Codex, ainsi que les *Lignes*

directrices du Codex en matière d'analyse du risque (FAO/OMS, 2003d). Ajoutons que le même objectif peut être atteint par des approches différentes. Les gestionnaires du risque doivent ainsi tenir compte des incertitudes identifiées lors de l'évaluation du risque et les gérer par des mesures qui peuvent comprendre l'étiquetage des aliments, les conditions mises à l'approbation de la commercialisation, la surveillance post-commercialisation et l'élaboration de méthodes visant à détecter ou à identifier des aliments dérivés de la biotechnologie moderne. Remonter la filière du produit peut également s'avérer utile pour un déroulement sans heurt du processus de gestion du risque.

Les principes régissant la communication du risque sont basés, eux, sur un concept idéal, à savoir qu'une communication efficace est essentielle à tous les stades de l'évaluation et de la gestion du risque. Il doit s'agir d'un processus interactif favorisant la fourniture de conseils et la participation des intéressés. Les processus devront être transparents, intégralement documentés et ouverts à l'examen du public, tout en respectant le souci légitime de protection des informations commerciales confidentielles. Les rapports d'évaluation de la sécurité sanitaire, de même que les autres aspects du processus décisionnel, devront être mis à la disposition du public, et des processus interactifs de consultation devront être instaurés.

Directive pour la conduite de l'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments dérivés de plantes à ADN recombinant.

La *Directive pour la conduite de l'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments dérivés de plantes à ADN recombinant* a également été adoptée à la vingt-sixième session (juillet 2003). L'objet de la *Directive* est de sous-tendre les *Principes régissant l'analyse du risque des aliments issus de la biotechnologie moderne*. Le document décrit la démarche recommandée pour effectuer une évaluation de la sécurité sanitaire d'aliments dérivés de plantes à ADN recombinant lorsqu'il existe un homologue conventionnel – lequel se définit comme «une variété végétale connexe, ses composantes et/ou dérivés pour lesquels on dispose d'une expérience de

détermination de la sécurité sanitaire, par suite d'une utilisation commune à des fins alimentaires». Les techniques décrites dans la *Directive* peuvent s'appliquer aux aliments dérivés de plantes qui ont été modifiées par des techniques autres que la biotechnologie moderne.

La *Directive* contient une introduction, assortie d'une justification, à l'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments issus de plantes à ADN recombinant. Elle établit en outre des distinctions entre ce type d'évaluation et l'évaluation conventionnelle du risque toxicologique de composés spécifiques basée sur des études animales. «L'objectif de l'évaluation est de déterminer si le nouvel aliment est aussi sûr et a la même valeur nutritive que l'homologue conventionnel de référence.» La *Directive* indique que l'équivalence substantielle ne constitue pas une évaluation de la sécurité sanitaire en tant que telle, mais représente plutôt un point de départ visant à structurer les évaluations de la sécurité sanitaire par rapport à un homologue conventionnel. L'équivalence substantielle est utilisée pour identifier les similitudes et les différences entre le nouvel aliment et cet homologue. L'évaluation détermine ensuite la sécurité sanitaire des traits différentiels identifiés, en prenant en considération les effets non souhaités découlant des modifications génétiques. À un stade ultérieur, les gestionnaires du risque apprécient la situation et élaborent les mesures appropriées de gestion du risque.

Directive pour la conduite d'évaluations de la sécurité sanitaire des aliments produits au moyen de micro-organismes à ADN recombinant.

Cette *Directive* vise à encadrer les procédures d'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments produits au moyen de micro-organismes à ADN recombinant, en se basant sur le cadre d'évaluation du risque tracé par les *Principes* susmentionnés. L'aspect à relever, s'agissant de ces micro-organismes, tient au fait que l'on recommande d'effectuer une comparaison non seulement entre les micro-organismes à ADN recombinant et leurs homologues conventionnels (micro-organismes), mais également entre les aliments qui en sont dérivés ainsi que les aliments originaux.

Texte du Codex en discussion concernant l'étiquetage des aliments génétiquement modifiés

Outre les Principes et Directives ci-dessus, mentionnons le projet, encore au stade préliminaire de la discussion, de la *Directive concernant l'étiquetage des aliments obtenus au moyen de certaines techniques de modification génétique/génie génétique* (FAO/OMS, 2003e); de nombreux passages de ce texte se trouvent encore entre crochets, en attendant l'adoption du libellé définitif. La Directive proposée s'appliquerait à l'étiquetage des aliments et de leurs ingrédients dans trois situations, à savoir lorsque ces aliments: (1) diffèrent significativement de leurs homologues conventionnels; (2) contiennent des organismes GM (génétiquement modifiés)/GG (issus du génie génétique) ou en sont composés, ou contiennent des protéines ou de l'ADN résultant de l'application de la technologie génétique; (3) lorsqu'ils sont produits, sans en contenir, à partir d'organismes GM/GG, de protéines ou d'ADN provenant de la technologie génétique.

On voit, d'après le rapport du CIUS, que les scientifiques ne sont pas unanimes quant au rôle qu'il convient d'assigner à l'étiquetage. Parallèlement à l'étiquetage obligatoire, traditionnellement utilisé pour aider les consommateurs à identifier les aliments pouvant contenir des allergènes ou d'autres substances potentiellement nocives, les étiquettes sont utilisées pour venir en aide aux consommateurs souhaitant sélectionner certains aliments en fonction de leur mode de production, ou sur la base de critères environnementaux (par exemple, produits biologiques), éthiques (commerce équitable, entre autres) ou religieux (par exemple, nourriture kasher). Les caractéristiques des informations obligatoires ou autorisées sur l'étiquetage varient d'un pays à l'autre. Selon le CIUS, «l'étiquetage des aliments en tant que génétiquement modifiés ou non génétiquement modifiés peut permettre au consommateur d'exercer son choix quant au processus de production de l'aliment [mais] cet étiquetage ne communique pas d'informations quant au contenu des aliments, ni sur les éventuels risques et/ou avantages associés à des aliments particuliers». Le CIUS considère qu'en adoptant un étiquetage alimentaire qui

expliquerait le type de transformation ainsi que toute modification de la composition qui en résulterait, on pourrait permettre aux consommateurs d'évaluer les risques et les avantages d'aliments spécifiques (on trouvera, au Chapitre 6, une analyse plus approfondie des aspects relatifs à l'étiquetage).

Les conséquences environnementales

L'agriculture, quelle que soit sa forme – de subsistance, biologique ou intensive – affecte l'environnement. Il est donc normal de s'attendre à ce que l'utilisation de nouvelles techniques génétiques en agriculture ait des répercussions sur l'environnement. Le CIUS, le GM-SRP et le Conseil de Nuffield, et d'autres encore, reconnaissent que l'impact environnemental des cultures génétiquement modifiées peut être positif ou négatif, selon la manière et l'endroit où elles sont appliquées. Ainsi, le génie génétique peut accélérer les effets néfastes de l'agriculture, ou au contraire, contribuer à des pratiques culturelles plus durables et à la conservation des ressources naturelles, y compris à la biodiversité. On trouvera, ci-après, un sommaire des préoccupations environnementales liées aux cultures transgéniques, de même qu'un point des connaissances scientifiques qui les entourent.

La diffusion de cultures transgéniques dans l'environnement peut avoir des effets directs, parmi lesquels: le transfert génétique à des plantes sauvages apparentées ou à des cultures conventionnelles, la prolifération des adventices, la transmission de traits caractéristiques à des espèces non ciblées, ainsi que d'autres effets non souhaités. Ces risques sont analogues, qu'il s'agisse des cultures transgéniques ou des cultures conventionnelles (CIUS). Les scientifiques, qui sont loin de s'entendre sur l'appréciation de ces risques, conviennent toutefois que les impacts environnementaux doivent être évalués au cas par cas, et ils recommandent une surveillance écologique après leur diffusion afin de déceler toute manifestation imprévue (CIUS, Conseil de Nuffield, GM-SRP). En outre, les cultures transgéniques peuvent produire des effets environnementaux indirects, positifs ou

ENCADRÉ 22

Considérations relatives à l'environnement concernant les animaux génétiquement modifiés

Aucun animal génétiquement modifié n'est actuellement utilisé en agriculture commerciale dans le monde (Chapitre 2), mais plusieurs espèces d'élevage et espèces aquatiques font l'objet de recherches de divers caractères transgéniques. Des études des éventuels problèmes pour l'environnement liés aux animaux génétiquement modifiés ont été menées récemment par le Conseil national de la recherche des États-Unis (NRC, 2002), la Commission des biotechnologies pour l'agriculture et l'environnement du Royaume-Uni (AEBC, 2002) et la Pew Initiative sur les aliments et les biotechnologies (Pew Initiative, 2003). Ces études concluent que les animaux génétiquement modifiés peuvent avoir des effets négatifs ou positifs sur l'environnement selon l'animal concerné, le caractère et l'environnement de production dans lequel il est introduit. Les principales préoccupations environnementales liées aux animaux sont notamment: (a) la possibilité que des animaux transgéniques s'échappent, avec les effets négatifs qui en découlent sur les animaux sauvages apparentés ou les écosystèmes et (b) les changements potentiels de pratiques de production qui pourraient aboutir à des degrés divers de pression sur l'environnement. Ces rapports recommandent que les animaux génétiquement modifiés soient évalués par comparaison avec leur équivalent classique.

Les trois études concordent sur le fait que les animaux transgéniques devraient être évalués au point de vue de leur aptitude à s'échapper et à s'implanter dans des environnements différents. Le NRC et l'AEBC s'accordent à dire que les répercussions négatives sur l'environnement sont moins probables pour les animaux d'élevage que pour les poissons, car la plupart des animaux d'élevage n'ont plus d'animaux sauvages apparentés et la reproduction des animaux d'élevage est limitée à des troupeaux encadrés. Le danger de devenir féral est faible chez les bovins, les ovins et les volailles domestiques, qui sont moins mobiles et très domestiqués, mais il est plus élevé chez les chevaux, chameaux, lièvres, chiens et animaux de laboratoire (rats et souris). On sait que les chèvres, porcins et chats domestiques non transgéniques peuvent retourner à l'état sauvage, infligeant des dégâts considérables aux communautés écologiques (NRC, 2002). Les animaux domestiques transgéniques seraient particulièrement précieux et seraient donc élevés dans des environnements soigneusement surveillés. Les poissons d'aquaculture, en revanche, sont naturellement mobiles et se reproduisent facilement avec des espèces sauvages. Le rapport de l'AEBC recommande que les poissons transgéniques ne soient pas élevés dans des cages flottantes en haute mer, étant donné la forte probabilité

négatifs, en entraînant la modification des pratiques culturelles telles que l'utilisation de pesticides et d'herbicides et des pratiques agricoles.

Les préoccupations environnementales liées aux espèces arboricoles transgéniques sont du même ordre, quoique accentuées du fait de leur longévité. Quant aux micro-organismes transgéniques utilisés dans la transformation des aliments, ils sont normalement employés dans un milieu confiné et ne sont généralement

pas considérés comme un risque pour l'environnement. Certains micro-organismes peuvent être diffusés dans l'environnement comme agents de régulation biologique ou pour la réparation de dégâts environnementaux tels que les déversements de pétrole, et il y a lieu d'évaluer leurs répercussions sur l'environnement avant de les employer. Les préoccupations environnementales touchant les espèces piscicoles transgéniques sont principalement axées sur leur potentiel de reproduction et

qu'ils s'échappent. L'étude de la Pew Initiative met en évidence le fait que les répercussions de poissons d'aquaculture échappés, qu'ils soient transgéniques ou issus de la sélection classique, dépendent de leur « aptitude nette » par rapport aux espèces sauvages. L'étude fait remarquer que les caractères transgéniques pourraient accroître ou réduire l'aptitude nette des espèces d'élevage et recommande que le poisson transgénique soit soigneusement évalué et réglementé de façon intégrée et transparente.

Les animaux transgéniques pourraient également avoir des répercussions sur l'environnement par des modifications des animaux mêmes ou des pratiques d'élevage qui leur sont associées. Les modifications transgéniques pourraient réduire la quantité de fumier et d'émission de méthane produite par les animaux d'élevage et les espèces d'aquaculture (AEBC, 2002; Pew Initiative, 2003) ou accroître leur résistance aux maladies (favorisant une baisse de l'utilisation d'antibiotiques). Par ailleurs, certaines modifications génétiques pourraient aboutir à une intensification de la production animale qui s'accompagnerait d'augmentations des émissions de polluants dans l'environnement. La question de la nocivité pour l'environnement est donc moins une question de technologie proprement dite qu'une question de capacité de gestion de cette technologie. L'un des

facteurs supplémentaires à prendre en compte pour les biotechnologies concernant le bétail est l'effet possible sur le bien-être des animaux. Ces effets sur le bien-être pourraient être positifs ou négatifs et devraient être évalués en tenant compte des pratiques d'élevage des animaux classiques (AEBC, 2002). À l'heure actuelle, la production d'animaux transgéniques et clonés est extrêmement inefficace et caractérisée par une mortalité élevée au premier stade du développement embryonnaire et elle n'a un taux de réussite que de 1 à 3 pour cent. Chez les animaux transgéniques nés, les gènes insérés peuvent ne pas fonctionner comme prévu, aboutissant souvent à des anomalies anatomiques, physiologiques et de comportement (NRC, 2002). Les bovins produits par clonage tendent à avoir des périodes de gestation plus longues et un poids plus élevé à la naissance, ce qui aboutit à des césariennes plus fréquentes (NRC, 2002; AEBC, 2002). Ces problèmes peuvent aussi se produire avec des animaux issus de l'insémination artificielle ou de l'OMTE et devraient être évalués dans le contexte des autres technologies de reproduction utilisées en production animale (AEBC, 2002). Le rapport de l'AEBC recommande en outre que les effets sur le bien-être de toutes les technologies utilisées en production animale soient pesés compte tenu de considérations économiques et environnementales.

d'éviction de leurs homologues sauvages apparentés (CIUS). Enfin, on peut penser que les animaux de ferme transgéniques seront probablement utilisés dans un contexte de confinement extrême et ne présenteront qu'un risque minime pour l'environnement (NRC, 2002) (encadré 22).

Le flux génétique

Les scientifiques conviennent généralement que les cultures GM peuvent être à l'origine d'un flux génétique par la transmission de

gènes provenant de variétés à pollinisation libre par des cultures locales ou des plantes sauvages apparentées. Étant donné que le flux génétique se produit depuis des millénaires entre les espèces terrestres et les cultures conventionnelles, on peut raisonnablement supposer qu'il intéresse également les cultures transgéniques. La propension et l'aptitude aux croisements extérieurs varie en fonction de la présence de plantes sauvages ou de cultures apparentées sexuellement compatibles, qui varie selon les

ENCADRÉ 23

Le flux de gènes provenant de plantes cultivées transgéniques vu par une écologue*Allison A. Snow¹*

La plupart des scientifiques en matière d'écologie reconnaissent que le flux de gènes n'est pas un problème environnemental tant qu'il n'a pas de conséquences indésirables. À court terme, la propagation de la résistance transgénique aux herbicides par le flux de gènes peut créer des problèmes logistiques et/ou économiques pour les agriculteurs. À long terme, les transgènes qui confèrent la résistance aux organismes nuisibles et au stress de l'environnement et/ou aboutissent à une plus grande production de semences ont la plus grande probabilité de favoriser les adventices ou de porter atteinte à des espèces non visées. Cependant, ces résultats semblent improbables pour la plupart des plantes transgéniques actuellement cultivées. De nombreux caractères transgéniques vont probablement être inoffensifs d'un point de vue environnemental et certains pourraient aboutir à des

¹ Le docteur Snow est professeur au Département de l'évolution, de l'écologie et de la biologie des organismes à l'Université de l'État de l'Ohio, Columbus (Ohio, États-Unis).

pratiques agricoles plus durables. Pour approfondir les divers risques et avantages, il est absolument nécessaire que les chercheurs universitaires et autres s'attachent davantage à étudier les cultures transgéniques. De même, il est crucial que les biologistes moléculaires, les obtenteurs et le secteur améliorent leurs connaissances des questions d'écologie et d'évolution au sujet de l'innocuité des nouvelles générations de cultures transgéniques.

La présence d'espèces apparentées sauvages et adventices varie selon les pays et les régions. Le schéma montre des exemples de plantes cultivées importantes groupées par aptitude à disperser du pollen et la présence d'espèces adventices apparentées à des espèces cultivées dans la partie continentale des États-Unis. Cette matrice 2 par 2 simple peut être utile pour identifier les cas dans lesquels le flux de gènes d'une plante cultivée transgénique à une plante sauvage apparentée est probable. Pour les cultures pour lesquelles il n'y a pas de plantes sauvages ou adventices apparentées à

sites (encadré 23) (CIUS, GM Science Review Panel).

Il n'y a pas d'unanimité parmi les scientifiques sur l'importance intrinsèque du flux génétique entre cultures transgéniques et plantes sauvages apparentées (CIUS, GM Science Review Panel). S'il devait en résulter une plante transgénique/sauvage présentant un quelconque avantage concurrentiel sur la population sauvage, cet hybride pourrait persister dans l'environnement, risquant de perturber l'écosystème. Selon le GM-SRP, l'hybridation entre des cultures transgéniques et des plantes sauvages apparentées «entraînerait, selon toute probabilité, le transfert de gènes bénéfiques à l'environnement agricole, sans pour autant que ces derniers prospèrent à l'état sauvage... De plus, ce genre d'invasion du

milieu sauvage par un hybride résultant d'une espèce cultivée et d'une plante sauvage apparentée est inconnue au Royaume-Uni.» (GM Science Review Panel, 2003: 19).

La question de savoir si le flux, par ailleurs bénin, de transgènes dans les populations naturelles ou autres variétés conventionnelles pourrait, en soi, constituer un problème environnemental, n'est toujours pas résolu; en effet, les cultures conventionnelles entretiennent depuis longtemps une interaction de cet ordre avec les populations naturelles (CIUS). Des recherches s'imposent afin de mieux apprécier les conséquences environnementales du flux génétique, notamment à longue échéance, et pour mieux appréhender le déroulement du flux

proximité – par exemple pour le soja, le coton et le maïs figurant ici en vert – il n’y aurait pas de flux de gènes vers les plantes sauvages. Le riz, le sorgho et le blé ont des plantes apparentées sauvages aux États-Unis et une tendance relativement faible à la fécondation croisée, qui pourrait permettre à des transgènes de se disperser dans des populations sauvages. Les plantes cultivées qui ont une forte tendance à la

fécondation croisée et ont des espèces sauvages apparentées aux États-Unis sont en rouge. Il y a un fort potentiel de flux de gènes entre ces plantes cultivées et les plantes sauvages qui leur sont apparentées, de sorte qu’il faudrait être prudent lorsqu’on cultive des variétés transgéniques qui pourraient conférer un avantage concurrentiel à leurs hybrides.

		PLANTES SAUVAGES ADVENTICES APPARENTÉES COMPATIBLES À PROXIMITÉ	
		NON	OUI
POTENTIEL DE FÉCONDATION CROISÉE	FAIBLE	SOJA	RIZ SORGHO BLÉ
	FORTE	COTON MAÏS	TOURNESOL BRASSICA CAROTTE COURGE RADIS PEUPLIER

génétique entre les principales cultures alimentaires et les populations naturelles dans les centres de diversité (CIUS, GM Science Review Panel).

On entend par enherbement l'établissement d'une espèce cultivée ou de son hybride comme adventice dans d'autres champs, ou comme espèce envahissante dans d'autres habitats. Les scientifiques conviennent que le risque est très faible de voir des cultures domestiques se transformer en adventices, car les traits qui les rendent désirables en tant que cultures affaiblissent souvent leur capacité de survie et de reproduction à l'état sauvage (CIUS, GM Science Review Panel). Les adventices qui se croisent avec des cultures présentant une résistance aux herbicides peuvent, en théorie, acquérir

une telle résistance; toutefois, ce trait additionnel ne constituerait un avantage qu'en présence d'herbicides. Citons, à ce propos, le GM Science Review Panel: «Des expériences de terrain approfondies portant sur plusieurs cultures GM dans une large gamme de contextes ont démontré que les traits transgéniques étudiés – comme la tolérance aux herbicides et la résistance aux insectes – n'augmente pas de façon significative l'adaptabilité des plantes aux habitats semi-naturels» (GM-SRP, 2003: 19). Certains traits transgéniques, comme la résistance aux ravageurs ou aux maladies, pourraient constituer un avantage adaptatif; toutefois, il n'est guère démontré jusqu'ici qu'un tel phénomène se produise ou qu'il ait la moindre conséquence environnementale négative (CIUS, GM-SRP). Il convient de

recueillir davantage d'indices confirmant l'influence, sur le phénomène d'infestation, des traits renforçant l'adaptabilité (GM Science Review Panel).

On s'attache à mettre au point des méthodes de gestion et de génie génétique visant à réduire les possibilités de flux génétique. L'isolation complète de cultures pratiquées à l'échelle commerciale, qu'elles soient GM ou non, n'est pas actuellement réalisable – même s'il reste possible d'atténuer le flux génétique, comme cela se fait aujourd'hui entre les variétés de colza cultivées pour l'alimentation humaine ou animale, ou encore la fabrication d'huiles industrielles (GM Science Review Panel). Les stratégies de gestion employées tendent à éviter de planter des cultures transgéniques dans leurs centres de biodiversité ou dans des lieux où se trouvent des plantes sauvages apparentées, voire à instaurer des zones-tampons afin d'isoler les variétés transgéniques de leurs homologues conventionnels ou biologiques. On peut également recourir au génie génétique pour modifier les périodes de floraison afin d'empêcher la pollinisation croisée ou pour garantir que les transgènes ne viennent pas se mêler aux pollens et ne développent pas des variétés transgéniques stériles (CIUS et Conseil de Nuffield). Le GM Science Review Panel ainsi que d'autres organismes experts recommandent que les cultures GM à l'origine de substances médicales ou industrielles soient mises au point et cultivées en faisant en sorte d'éviter le flux génétique vers les cultures d'alimentation humaine et animale (GM Science Review Panel).

Les effets de traits caractéristiques sur des espèces non ciblées

Certains traits transgéniques, tels que les toxines de pesticides sous forme de gènes Bt risquent d'affecter des espèces non ciblées en même temps que les ravageurs qu'ils sont censés attaquer (CIUS). Les scientifiques, sans exclure cette éventualité, divergent quant à l'appréciation d'une telle probabilité (CIUS, GM Science Review Panel). Ainsi, la controverse à propos du papillon monarque *Danaus Plexippus* (encadré 24) a illustré la difficulté à extrapoler, à partir d'études en laboratoire, les conditions prévalant sur le terrain. Des études sur site ont fait apparaître certaines différences dans la

structure de la communauté microbienne des sols entre des espèces Bt et des espèces non Bt; toutefois, ces différences restent dans la fourchette normale des variations observées entre cultivars de la même espèce et ne démontrent pas de façon convaincante que les cultures Bt pourraient être, à long terme, néfastes à la santé du sol (GM Science Review Panel). Bien que l'on n'ait pas à ce jour observé, sur le terrain, d'effets négatifs marqués sur les espèces sauvages non ciblées ou sur la santé du sol, les scientifiques divergent sur la quantité d'indices nécessaires pour démontrer que la culture d'espèces Bt peut se faire de façon durable (GM Science Review Panel). Ils conviennent toutefois de la nécessité de surveiller les impacts éventuels sur les espèces non ciblées et d'effectuer une comparaison avec les effets des autres pratiques culturales, comme l'utilisation de pesticides chimiques (GM Science Review Panel). Ils reconnaissent en outre qu'il est nécessaire de mettre au point de meilleures méthodes pour les études écologiques de terrain, et notamment d'obtenir de meilleures données de référence avec lesquelles comparer les nouvelles cultures (CIUS).

Les effets environnementaux indirects

Les cultures transgéniques pourraient produire des conséquences environnementales indirectes découlant des pratiques culturales ou environnementales associées aux nouvelles variétés. De tels effets indirects pourraient être bénéfiques ou néfastes, selon la nature des modifications en cause (CIUS, GM Science Review Panel). Les scientifiques s'entendent pour dire que l'utilisation de pesticides et d'herbicides agricoles conventionnels a endommagé les habitats des oiseaux des champs, des plantes sauvages et des insectes, dont elle aurait décimé les effectifs (CIUS, GM Science Review Panel, Royal Society). Ainsi, les cultures transgéniques modifient les modes d'utilisation des produits chimiques, l'utilisation des sols et les pratiques culturales; toutefois, il subsiste des divergences entre les scientifiques quant au caractère positif ou négatif du bilan de ces changements pour l'environnement (CIUS), même si tous reconnaissent qu'il convient de multiplier les analyses comparatives des nouvelles technologies et des pratiques culturales existantes.

ENCADRÉ 24

Le maïs Bt tue-t-il le papillon monarque?

John Losey, entomologiste à l'Université Cornell, a publié dans la revue scientifique *Nature* une recherche qui semblait démontrer que le pollen du maïs Bt tuait le papillon monarque (Losey, Rayor et Carter, 1999). Losey et ses collègues ont constaté que lorsqu'ils étalaient du pollen d'une variété commerciale de maïs Bt sur des feuilles d'asclépiade en laboratoire et les donnaient aux chenilles de papillon monarque, les chenilles mouraient.

Six équipes indépendantes de chercheurs ont mené des études de suivi sur les effets du pollen du maïs Bt sur les chenilles de papillon monarque, publiées en 2001 dans *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Bien que ces études reconnaissent que le pollen utilisé dans l'étude initiale était toxique à dose élevée, elles ont constaté que le pollen de maïs Bt n'entraînait que des risques négligeables pour les larves de papillon monarque dans les conditions naturelles. Elles ont fondé leurs conclusions sur quatre faits: (a) la toxine Bt est exprimée à des doses relativement faibles dans le pollen de la plupart des variétés commerciales de maïs Bt, (b) le maïs et l'asclépiade (dont se nourrissent habituellement les chenilles de papillon monarque) ne se trouvent généralement pas ensemble dans un champ, (c) il y a un chevauchement limité des périodes pendant lesquelles le pollen de maïs se répand dans un champ et les

larves de papillon monarque sont actives et d) la quantité de pollen qui a des probabilités d'être consommée dans les conditions naturelles n'est pas toxique. Ces études ont conclu que le risque est très faible, en particulier si on le compare à d'autres menaces telles que les pesticides classiques et la sécheresse (Conner, Glare et Nap, 2003).

De nombreux chercheurs sont agacés par la façon dont la controverse concernant le papillon monarque et d'autres questions liées aux biotechnologies ont été traitées dans la presse. En effet, si la première étude sur le papillon monarque a suscité l'attention des médias du monde entier, les études ultérieures qui la réfutaient n'ont pas reçu la même couverture. De ce fait, de nombreuses personnes ignorent que le maïs Bt n'est que peu dangereux pour les papillons monarques (Pew Initiative, 2002a).

Utilisation des pesticides

La communauté scientifique s'accorde pour dire que l'utilisation de cultures transgéniques Bt résistantes aux insectes contribue à réduire le volume et la fréquence de l'utilisation d'insecticides sur les cultures de maïs, de coton et de soja (CIUS). Ce résultat a été particulièrement significatif pour la culture du coton en Afrique du Sud, en Australie, en Chine, aux États-Unis et au Mexique (Chapitre 4). Au plan environnemental, l'introduction de ces variétés a réduit la contamination des approvisionnements hydriques et

les dommages infligés aux populations d'insectes non ciblés (CIUS). La réduction de l'emploi des pesticides donne à penser que les cultures Bt seraient, de manière générale, bénéfiques à la biodiversité intrinsèque d'une culture, relativement aux espèces conventionnelles qui reçoivent régulièrement des applications de pesticides à large spectre; toutefois, ces avantages se trouveraient réduits s'il devait être nécessaire d'appliquer des doses supplémentaires d'insecticides (GM Science Review Panel). En Chine (Pray *et al.*, 2002) et en Afrique du Sud, la réduction des pulvérisations de pesticides sur le coton a

entraîné une amélioration démontrable de la santé des travailleurs agricoles (Bennett, Morse et Ismael, 2003).

Utilisation des herbicides

Alors que l'utilisation des herbicides évolue par suite de l'adoption rapide des cultures résistantes aux herbicides (RH) (CIUS), on observe une désaffection marquée à l'égard des herbicides plus toxiques en faveur de formes moins toxiques; le volume total d'herbicides employé a néanmoins augmenté (Traxler, 2004). Le monde scientifique s'entend pour dire que les espèces résistantes aux herbicides encouragent l'adoption de cultures à faible labour, ce qui favorise la conservation des sols (CIUS). La biodiversité pourrait y gagner, dans l'hypothèse où l'évolution de l'utilisation des herbicides permettrait un enherbement adventice plus durable des champs qui offrirait des habitats aux oiseaux des champs et à d'autres espèces; on en reste toutefois, sur ce plan, aux conjectures non confirmées par des essais sur le terrain (GM Science Review Panel). Au demeurant, il est à craindre qu'un usage accru des herbicides – même de catégories moins toxiques – ne vienne amenuiser encore les habitats des oiseaux des champs et d'autres espèces (CIUS). La Royal Society a publié les résultats d'évaluations approfondies, à l'échelle des exploitations, de l'incidence des cultures transgéniques de maïs, de canola de printemps et de betterave sucrière RH sur la biodiversité au Royaume-Uni. Selon ces études, la conséquence principale de telles cultures, relativement aux pratiques conventionnelles, concerne la végétation des adventices, avec des effets corrélatifs sur les herbivores, les insectes pollinisateurs et les autres populations qui en consomment. Ces catégories ont été affectées de façon négative dans le cas de la betterave sucrière transgénique RH, de façon positive dans le cas du maïs, et n'ont manifesté aucune altération dans le cas du canola de printemps. Les études ont conclu que la commercialisation de ces cultures pourrait avoir toute une gamme d'effets sur la biodiversité des terres agricoles, en fonction de l'efficacité relative des régimes herbicides transgéniques et conventionnels ainsi que de l'effet tampon fourni par les champs environnants (Royal Society, 2003: p. 1912). Les scientifiques admettent

que l'on ne dispose pas de suffisamment d'éléments probants pour prédire quelles seront les conséquences à long terme des cultures transgéniques RH sur les populations adventices et sur la biodiversité correspondante à l'intérieur des familles de plantes cultivées (GM-SRP).

La résistance des ravageurs et des adventices

Les scientifiques s'entendent pour dire que l'utilisation généralisée et prolongée de cultures Bt ainsi que de glyphosate et de glufosinate – les herbicides associés aux cultures RH – peut encourager le développement d'insectes ravageurs et d'adventices résistants (CIUS, GM Science Review Panel). Des problèmes similaires ont été fréquemment observés avec les cultures et les pesticides conventionnels; en outre, même si la protection conférée par les gènes Bt semble particulièrement robuste, rien ne permet de supposer que l'on ne verra pas se développer des organismes nuisibles résistants (GM-SRP). À l'échelle mondiale, plus de 120 espèces adventices ont développé une résistance aux principaux herbicides utilisés avec les cultures RH, bien que cette résistance ne soit pas nécessairement associée aux variétés transgéniques (CIUS, GM Science Review Panel). Étant donné que l'on peut escompter l'apparition d'organismes nuisibles et d'adventice résistants en cas d'utilisation excessive de glyphosate et de glufosinate, les scientifiques préconisent l'adoption d'une stratégie de gestion de la résistance dans les champs ensemencés en cultures transgéniques (CIUS). Cependant, ils ne s'entendent pas sur le degré d'efficacité des stratégies de gestion de la résistance, notamment dans les pays en développement (CIUS), ni sur l'étendue et la gravité éventuelle de l'impact, sur l'environnement, de ravageurs ou d'adventices résistants (GM Science Review Panel).

La tolérance au stress abiotique

Comme nous l'avons vu au Chapitre 2, de nouvelles cultures transgéniques présentant une tolérance aux divers stress abiotiques (sel, sécheresse, aluminium, entre autres) sont en cours de développement, et elles pourraient permettre aux agriculteurs d'exploiter des sols jusqu'ici non arables. Selon les scientifiques, ces cultures,

considérées individuellement, pourraient être aussi bien bénéfiques que néfastes pour l'environnement, en fonction de leurs traits spécifiques et du contexte (CIUS).

L'évaluation de l'impact sur l'environnement

Il est généralement reconnu que l'impact environnemental des cultures transgéniques et des autres organismes vivants modifiés (OVM), tels que les semences transgéniques, devrait être évalué au cas par cas et au moyen de procédures d'évaluation du risque à base scientifique, en tenant compte des espèces particulières, de leur traits et de la nature de l'agroécosystème. Les scientifiques conviennent également que la diffusion d'organismes transgéniques dans l'environnement doit être mise en comparaison avec d'autres pratiques culturales et options technologiques (CIUS et Conseil de Nuffield).

Comme nous l'avons vu plus haut, les procédures d'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments se sont bien développées et la Commission du Codex Alimentarius de la FAO/OMS constitue une enceinte internationale pour l'élaboration de lignes directrices applicables à la sécurité sanitaire des aliments transgéniques. En revanche, il n'existe pas de lignes directrices ni de normes reconnues au plan international pour l'évaluation de l'impact environnemental des organismes transgéniques (CIUS). Les scientifiques tombent d'accord pour dire qu'il convient d'adopter des méthodologies et des normes, harmonisées à l'échelle internationale et régionale, afin d'évaluer les impacts environnementaux dans différents écosystèmes (CIUS; FAO, 2004). Nous décrivons, ci-après, le rôle qui pourrait être dévolu à des organismes internationaux de normalisation en matière de directives encadrant l'analyse du risque.

Selon le CIUS, les autorités réglementaires des différents pays réclament généralement des données analogues en vue de l'évaluation de l'impact environnemental; toutefois, elles diffèrent dans leur interprétation de ces données, comme de ce qui constitue un risque ou un dégât pour l'environnement. Les scientifiques divergent

également quant à ce qui devrait constituer une base appropriée de comparaison: les systèmes agricoles actuels et/ou les données écologiques de référence (CIUS). Une consultation d'experts de la FAO (2004) a conclu que les impacts de l'agriculture sur l'environnement étaient beaucoup plus marqués que l'incidence mesurable du passage des cultures conventionnelles aux cultures transgéniques: ce qui dit bien l'importance de la base de comparaison.

En outre, les scientifiques se divisent quant à la valeur respective des essais sur petite échelle en laboratoire ou sur le terrain et de leur extrapolation sur grande échelle. En outre, il reste à déterminer si les approches de modélisation qui incorporent des données provenant de systèmes d'information géographique pourraient être utiles à la prédiction des effets produits par les organismes vivants modifiés (OVM) dans différents écosystèmes (CIUS). La communauté scientifique préconise un complément de recherche sur les effets post-diffusion des cultures transgéniques. En outre, la nécessité se fait sentir d'un suivi mieux ciblé après diffusion, et associé à de meilleures méthodologies de surveillance (CIUS; FAO, 2004).

Les institutions et les accords internationaux en matière d'environnement

Plusieurs institutions et accords internationaux sont directement concernés par les aspects environnementaux de certains produits transgéniques, parmi lesquels la Convention sur la diversité biologique, le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques et la Convention internationale pour la protection des végétaux. Nous en décrivons, ci-dessous, les rôles respectifs et les mesures qui en découlent.

La Convention sur la diversité biologique et le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques

La plupart des mesures prises dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique (CDB) (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 1992) sont axées sur la

conservation des écosystèmes. Cependant, deux aspects touchant la conservation de la diversité biologique sont pertinents à la bio-sécurité: il s'agit de la gestion des risques liés aux OVM résultant de la biotechnologie et de la gestion des risques associés aux espèces exotiques.

Dans le cadre des mesures de conservation *in situ*, la Convention stipule que les parties contractantes devront «... réglementer, gérer ou maîtriser les risques associés à l'utilisation et à la dissémination d'organismes vivants modifiés résultant de la biotechnologie d'organismes vivants modifiés résultant de la biotechnologie et présentant une probabilité d'impacts néfastes pour l'environnement pouvant affecter la conservation la conservation et l'utilisation durables de la diversité biologique...» Cette disposition dépasse le cadre général de la Convention, dans la mesure où elle exige également que soient pris en compte les risques pour la santé humaine.

La Convention stipule en outre qu'il incombe aux parties contractantes d'empêcher l'introduction d'espèces exotiques et d'endiguer, voire d'éradiquer les espèces exotiques qui menacent les écosystèmes, les habitats ou les autres espèces. Les espèces exotiques envahissantes sont, aux termes de la Convention, les espèces diffusées de façon délibérée ou involontaire en dehors de leur habitat naturel, là où elles ont la capacité de s'établir, d'envahir, de remplacer les espèces locales et d'occuper le nouvel environnement.

Le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2000) a été adopté par la CDB en septembre 2000, avec entrée en vigueur en septembre 2003. L'objectif du Protocole consiste à protéger la diversité biologique contre les risques potentiels que posent le transfert, la manutention et l'utilisation des OVM issus de la biotechnologie moderne. Les risques pour la santé humaine sont également pris en considération. Le Protocole est applicable à tous les OVM, à l'exception des produits pharmaceutiques de consommation humaine, traités dans le cadre d'autres organisations et accords internationaux.

Le Protocole prévoit une Procédure d'accord préalable donné en connaissance

de cause pour les OVM destinés à être introduits de façon intentionnelle dans l'environnement et qui pourraient avoir des effets contraires sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité. La procédure prévoit, préalablement à la première introduction intentionnelle dans l'environnement d'une partie importatrice:

- la notification, assortie de certaines informations, émanant de la partie exportatrice;
- l'accusé de réception;
- le consentement écrit de la partie importatrice.

Quatre catégories d'OVM sont exemptées d'accord préalable donné en connaissance de cause: les OVM en transit, les OVM à usage restreint, les OVM désignés dans une décision de la Conférence/Réunion des parties comme présentant une faible probabilité d'effets contraires sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité, et les OVM destinés à un usage direct pour l'alimentation humaine ou animale, ou encore à la transformation.

S'agissant des OVM pouvant être assujettis à des mouvements transfrontières en vue d'un usage direct comme aliments pour humains ou animaux ou en vue d'une transformation, l'Article 11 dispose qu'une partie prenant une décision définitive d'utilisation interne, y compris la mise en marché, doit en notifier le Centre d'échange d'informations établi en vertu du Protocole. La notification doit contenir le minimum d'informations requises à l'Annexe II. Une partie contractante peut prendre une décision d'importation en vertu de son cadre réglementaire interne, sous réserve qu'elle soit compatible avec le Protocole. Lorsqu'un pays en développement ayant qualité de partie contractante ou une partie dont l'économie est en transition, ne possède pas de cadre réglementaire interne, cette partie peut déclarer, par le truchement du Centre d'échange d'informations, que sa décision concernant la première importation d'un OVM pour utilisation directe dans l'alimentation humaine ou animale, ou pour transformation, se fera en conformité d'une évaluation des risques. Dans les deux cas, l'absence d'une certitude scientifique résultant d'une carence d'informations scientifiques pertinentes et de lacunes dans les connaissances touchant l'étendue des

effets contraires potentiels, n'empêchera pas la partie contractante importatrice de prendre une décision appropriée aux circonstances, afin d'éviter ou d'atténuer les effets contraires potentiels.

L'évaluation et la gestion des risques sont des conditions nécessaires pour les cas relevant des accords préalables donnés en connaissance de cause comme pour ceux relevant de l'Article 11. L'évaluation des risques doit être conforme aux critères énumérés dans une annexe. En principe, l'évaluation du risque doit être conduite par des autorités nationales compétentes ayant pouvoir décisionnel. On pourra exiger de l'exportateur qu'il entreprenne l'évaluation. En outre, la partie importatrice pourra exiger du notificateur qu'il assume les frais de l'évaluation du risque.

Le Protocole énonce des mesures et des critères généraux applicables à la gestion des risques. Toute mesure basée sur l'évaluation des risques devra être proportionnelle aux risques identifiés. Les parties devront prendre des mesures visant à atténuer la probabilité de mouvements transfrontières non intentionnels d'OVM, et les États à risque devront se voir notifier les situations pouvant conduire à un mouvement transfrontière non intentionnel.

Le Protocole contient également des dispositions concernant la manutention, l'emballage et le transport des OVM. En particulier, chaque partie contractante devra prendre des mesures afin d'obtenir une documentation qui:

- (a) s'agissant des OVM destinés à être utilisés directement pour l'alimentation humaine ou animale, ou à être transformés, indique clairement qu'ils «pourraient contenir» des OVM et «ne sont pas destinés à être introduits de façon intentionnelle dans l'environnement», et désigne un point de contact pour tout complément d'information;
- (b) s'agissant des OVM destinés à être utilisés en milieu confiné, les identifie clairement en tant qu'OVM et donne toutes les prescriptions voulues pour assurer la sécurité de la manutention, de l'entreposage, du transport et de l'utilisation, et désigne un point de contact et destinataire;
- (c) s'agissant des OVM destinés à être introduits intentionnellement dans l'environnement de la partie importatrice, les identifie clairement en tant qu'OVM et spécifie l'identité ainsi que les traits/caractéristiques, énonce les prescriptions garantissant la sécurité de la manutention, de l'entreposage, du transport et de l'utilisation, désigne un point de contact, précise le nom et l'adresse de l'importateur/exportateur et émette une déclaration attestant que le mouvement est conforme aux dispositions du Protocole applicables à l'exportateur.

Le Protocole envisage la communication de renseignements par le biais d'un Centre d'échange d'informations destiné à promouvoir le partage d'expérience concernant les OVM et à assister les parties dans l'application du Protocole. Conformément à l'Article 20, paragraphe 2, le Centre d'échange d'informations donnera également accès à d'autres systèmes internationaux d'échange d'informations sur la biosécurité. Les parties s'engagent à communiquer au Centre d'échange d'informations des données concernant notamment la législation, la réglementation et les lignes directrices en vigueur touchant l'application du Protocole, les informations nécessaires à l'établissement des accords préalables donnés en connaissance de cause, tout accord bilatéral, régional et multilatéral pris dans le contexte du Protocole, ainsi que les synthèses des évaluations du risque et les décisions finales.

La question de la participation du public est traitée de façon spécifique à l'Article 23. Les parties:

- (a) encouragent et facilitent la sensibilisation, l'éducation et la participation du public concernant le transfert, la manipulation et l'utilisation sans danger d'organismes vivants modifiés;
- (b) s'efforcent de veiller à ce que la sensibilisation et l'éducation du public comprennent l'accès à l'information sur les organismes vivants modifiés, au sens du Protocole, qui peuvent être importés;
- (c) consultent le public lors de la prise des décisions relatives aux organismes vivants modifiés et mettent à la

disposition du public l'issue des ces décisions, tout en respectant le caractère confidentiel de l'information.

Les décisions prises par les parties contractantes peuvent également s'appuyer sur des considérations socioéconomiques, découlant notamment de l'impact des OVM sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité, notamment en ce qui a trait à la valeur de la biodiversité pour les communautés indigènes et locales. Les parties sont encouragées à coopérer à la recherche et à l'échange d'informations sur toute incidence socioéconomique des OVM. Il est prévu qu'un processus visant à mettre en cause les responsabilités et à réparer les torts causés par les mouvements transfrontières des OVM sera mis en place avant la première réunion des parties au protocole.

La CIPV et les organismes vivants modifiés

La Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) vise à obtenir une action commune et efficace en vue de prévenir la propagation et l'introduction de ravageurs des plantes et de leurs dérivés, et de promouvoir les mesures de lutte contre ces organismes nuisibles. Bien que la CIPV contienne des dispositions applicables au commerce des plantes et de leurs dérivés, elle n'est pas limitée à ce cadre. De façon spécifique, la portée de la CIPV s'étend, outre à la conservation de la flore cultivée, à la protection de la flore sauvage, et elle couvre les dégâts directs et indirects causés par les ravageurs, y compris les adventices. La CIPV joue un rôle important dans la conservation de la biodiversité des espèces végétales et dans la protection des ressources naturelles. De ce fait, les normes élaborées dans le cadre de la CIPV sont également applicables à des éléments clés de la CDB, y compris la prévention et l'atténuation de l'impact d'espèces envahissantes exotiques, ainsi que le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques. En conséquence, la CDB, la FAO et la CIPV ont entrepris de collaborer étroitement, en allant notamment jusqu'à incorporer les préoccupations à l'origine de la CDB à l'élaboration de nouvelles normes internationales pour les mesures phytosanitaires (NIMP).

Les NIMP mises au point sous les auspices de la CIPV fournissent aux pays des lignes directrices internationalement reconnues pour l'adoption de mesures visant à protéger la vie ou la santé des plantes contre l'introduction et la propagation de ravageurs ou de maladies. Au premier plan des normes conceptuelles élaborées sous l'égide de la CIPV figure la Norme NIMP n° 11, Analyse du risque phytosanitaire pour les organismes de quarantaine (FAO, 2001b), adoptée par la Commission intérimaire des mesures phytosanitaires (CIPV) à sa troisième session, en 2001. En outre, à sa cinquième session, en 2003, la CIMP a adopté un supplément à la NIMP n° 11 afin de traiter les risques pour l'environnement de manière à prendre en compte les préoccupations liées à la CDB, notamment en ce qui a trait aux espèces envahissantes exotiques. Plus récemment, la CIPV a rédigé un autre supplément à la NIMP n° 11 afin de traiter l'analyse des risques phytosanitaires (PRA) associés aux OVM⁸.

Ce projet de normes a donné lieu, tout au long de son élaboration, à des discussions et à des consultations techniques approfondies. À la demande de la CIMP, un groupe d'experts à composition non limitée a vu le jour en septembre 2001, avec la participation de spécialistes nommés par les gouvernements des pays développés et en développement, ainsi que d'experts représentant la protection des végétaux ainsi que de l'environnement. La réunion avait pour objet de discuter de l'élaboration de la norme, mais aussi de la nécessité de fournir des lignes directrices détaillées sur la conduite des analyses des risques, afin de répondre aux effets que pourraient avoir les OVM sur la santé des espèces végétales, en axant l'attention sur les besoins des pays en développement.

Le groupe de travail est parvenu à la conclusion qu'il y aurait lieu de prendre en compte, dans le cadre d'une analyse des risques posés par les organismes nuisibles, les risques phytosanitaires suivants liés aux OVM (FAO, 2002b):

⁸ Le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques définit en ces termes un organisme vivant modifié (OVM): «... tout organisme vivant possédant une combinaison de matériel génétique inédite obtenue par recours à la biotechnologie moderne (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2000: 4)

- L'évolution des caractéristiques adaptatives pouvant accroître le potentiel d'invasion, y compris: la tolérance des plantes à la sécheresse et aux herbicides; les altérations de la biologie reproductive; la capacité de diffusion des ravageurs; la résistance des ravageurs; et la résistance aux pesticides.
- Le flux génétique, y compris: le transfert de gènes de résistance aux herbicides à des espèces compatibles; et la capacité de surmonter les barrières existantes à la reproduction et à la recombinaison.
- La capacité d'affecter des organismes non ciblés, y compris: la modification de l'éventail des hôtes des agents ou organismes de lutte biologique déclarés utiles; et les effets sur les autres organismes tels que les agents de lutte biologique, les organismes déclarés utiles et la microflore des sols, conduisant à une incidence phytosanitaire (effets indirects).
- Les éventuelles propriétés phytopathogènes, y compris: les risques phytosanitaires présentés par les caractéristiques nouvelles d'organismes ne constituant pas, en temps normal, un risque phytosanitaire; la recombinaison virale renforcée, la transcapsidation et les manifestations synergiques liées à des séquences virales; enfin, les risques phytosanitaires associés aux séquences d'acides nucléiques (marqueur, promoteur, terminateur, etc.) présents dans l'insert.

Un petit groupe de travail s'est réuni ultérieurement, en présence d'experts de la CDB/du Protocole de Cartagena et de la protection des espèces végétales, afin d'élaborer un projet de norme fournissant des lignes directrices générales sur la conduite de l'analyse des risques posés par les ravageurs, dans l'optique des risques phytosanitaires potentiels identifiés ci-dessus. Lors de la rédaction de la norme, le groupe de travail a mis au jour plusieurs problèmes importants quant à la portée de la CIPV et aux risques phytosanitaires potentiels liés aux OVM. Le groupe de travail a observé, en particulier, que si certains types de OVM nécessitent une analyse des risques liés aux ravageurs du fait qu'ils pourraient comporter des risques phytosanitaires, de nombreuses autres catégories de OVM, par exemple

ceux avec des caractéristiques telles que le temps de maturation ou la durée utile d'entreposage ne présentent pas de tels risques. Dans le même ordre d'idées, il a été observé que l'analyse des risques liés aux ravageurs ne traiterait que les risques phytosanitaires liés aux OVM, mais qu'il faudrait peut-être prendre en compte d'autres risques potentiels, tels que ceux d'origine alimentaire pour la santé humaine. On a également observé que les risques phytosanitaires potentiels identifiés ci-dessus pourraient également être associés à des non-OVM ou à des cultures traditionnelles. Il a été admis que les procédures d'analyse des risques de la CIPV se préoccupent généralement davantage des caractéristiques du phénotype que de celles du génotype, et il a été souligné qu'il conviendrait peut-être de prendre ce dernier en compte lors de l'évaluation des risques phytosanitaires liés aux OVM.

Au moment de la publication de ce document, le projet de normes avait été examiné par le Comité des normes et distribué à tous les membres, pour examen et commentaires. Les observations émanant des pays ont été passées en revue par le Comité des normes le 30 novembre 2003. Le projet sera modifié en fonction des commentaires reçus, et il devrait être soumis à la CIMP à sa sixième session, qui se tiendra en avril 2004, pour approbation.

Conclusions

À ce jour, dans les pays où ont été cultivées des espèces transgéniques, il n'y a eu aucune indication probante que leur présence ait causé des dommages significatifs à la santé ou à l'environnement. Les papillons monarques n'ont pas été exterminés. Les ravageurs n'ont pas développé de résistance aux gènes Bt. Certains signes de présence d'adventices résistant aux herbicides ont été observés, mais il n'y a pas eu invasion des terres agricoles ni des écosystèmes naturels par de super-adventices. En revanche, on voit apparaître certains avantages importants aux plans environnemental et social. Ainsi, les agriculteurs utilisent moins de pesticides et remplacent les produits chimiques toxiques par des produits moins nocifs. De ce fait, les risques d'empoisonnement sont moindres

pour les travailleurs agricoles comme pour les approvisionnements hydriques, et l'on voit retourner dans les champs des insectes et des oiseaux à la présence bénéfique.

Parallèlement, la science progresse à grands pas. Certaines des préoccupations engendrées par la première génération de cultures transgéniques ont trouvé des solutions d'ordre technique, et les nouvelles méthodes de transformation génétique éliminent les gènes marqueurs des antibiotiques ainsi que les gènes promoteurs, source d'inquiétude pour certains. Les variétés qui incorporent deux gènes Bt différents réduisent la probabilité de voir se développer une résistance au niveau des ravageurs. Enfin, les stratégies de gestion et les techniques génétiques visant à faire obstacle au flux génétique ne cessent d'évoluer.

Il reste que l'absence d'effets négatifs dûment observés ne signifie pas que ces derniers ne surviendront pas dans l'avenir. Au demeurant, les scientifiques conviennent que notre compréhension des processus écologiques et des mécanismes entourant la sécurité sanitaire des aliments reste très lacunaire. Il est illusoire de viser à la sécurité sanitaire totale; en outre, les systèmes réglementaires et les personnes qui les administrent ne sont pas infaillibles. Comment, alors, devons-nous procéder, compte tenu de l'incertitude au plan scientifique? Citons l'avis du GM Science Review Panel (page 25):

Il est indéniable que la communauté scientifique doit entreprendre davantage de recherches dans plusieurs domaines, que les entreprises spécialisées doivent opérer de bons choix en ce qui a trait à la conception des transgènes et à la sélection des espèces hôtes, et qu'il convient de mettre au point des produits répondant de façon plus large aux attentes du corps social. Enfin, le dispositif réglementaire... devra rester sensible au degré de risque et d'incertitude, tout en prenant acte des caractéristiques distinctes des OGM, des perspectives scientifiques divergentes et des lacunes correspondantes dans les connaissances, sans négliger le contexte et les critères de référence de la sélection conventionnelle.»

Le Conseil de Nuffield (page 44) recommande que «des normes identiques soient appliquées à l'évaluation des risques provenant des plantes et des

aliments génétiquement modifiés et non génétiquement modifiés, et que les risques inhérents à l'inaction soient analysés avec le même soin que les risques découlant de l'action...» Le Conseil de Nuffield conclut en outre (page 45):

Nous ne considérons pas que l'on dispose, au stade actuel, d'une quantité suffisante de constats probants de dommages réels ou potentiels pour justifier un moratoire qui toucherait la recherche, les essais sur le terrain ou la diffusion contrôlée de cultures génétiquement modifiées dans l'environnement. C'est pourquoi nous recommandons que la recherche portant sur les cultures génétiquement modifiées se poursuive, tout en étant régie par l'application raisonnable du principe de précaution.

La Déclaration de la FAO sur la biotechnologie (FAO, 2000b) se rallie en ces termes à cette position:

La FAO soutient un système d'évaluation à base scientifique qui déterminerait de manière objective les avantages et les risques de chaque OGM considéré individuellement. Il faut, pour cela, une approche prudente et au cas par cas afin de prendre en compte les préoccupations légitimes touchant la biosécurité de chaque produit ou processus avant sa diffusion. Il convient d'évaluer les effets possibles sur la diversité biologique, l'environnement et la sécurité sanitaire des aliments, et dans quelle mesure les avantages du produit ou du processus l'emportent sur les risques constatés qu'il présente. Le processus d'évaluation doit également prendre en considération l'expérience acquise par les autorités réglementaires nationales dans l'agrément de tels produits. Il est en outre essentiel de surveiller avec attention les effets de ces produits et processus après leur diffusion, afin de garantir qu'ils restent sans danger pour les êtres humains, les animaux et l'environnement.

La science ne peut pas déclarer une technologie, quelle qu'elle soit, totalement exempte de risques. Les cultures issues du génie génétique peuvent réduire certains risques pour l'environnement liés à l'agriculture conventionnelle; toutefois, elles introduiront aussi de nouveaux défis, qu'il faudra affronter. C'est à la société qu'il appartiendra de déterminer dans quelles circonstances le génie génétique présente la sécurité voulue.»

6. L'opinion publique et la biotechnologie agricole

Les attitudes du public à l'égard de la biotechnologie influenceront de façon déterminante sur l'application des techniques du génie génétique à l'alimentation et à l'agriculture. Ces attitudes ont fait l'objet d'observations détaillées en Europe et en Amérique du Nord, mais moins approfondies que dans d'autres pays, si bien que les données comparables d'envergure internationale sont très limitées. Le présent chapitre passe en revue les principales études d'opinion publique internationale conduites à ce jour sur la biotechnologie agricole (Hoban, 2004) et conclut par une analyse du rôle possible de l'étiquetage dans la médiation des divergences de vues observées à l'égard des aliments transgéniques. Les attitudes à l'égard de la biotechnologie agricole varient considérablement d'un pays à l'autre, les Européens s'exprimant généralement de façon plus négative que les répondants des Amériques, de l'Asie et de l'Océanie. En règle générale, il existe une corrélation entre la position adoptée et le niveau de revenu: les répondants des pays plus pauvres se montrent plus positifs que ceux des pays nantis, avec toutefois des exceptions. En dépit du manque de précision des sondages qui, par exemple, utilisent souvent de façon interchangeable les termes de «biotechnologie» et de «génie génétique» (voir encadré 25 p. 90), ils révèlent que les points de vue sont assez nuancés. Une fois admis que, pour certains, toute application du génie génétique est répréhensible, la plupart des répondants établissent des distinctions subtiles, qui prennent en compte les types de modifications et les risques et avantages potentiels.

Les avantages et les risques de la biotechnologie

L'étude internationale la plus ambitieuse relative aux perceptions du public à l'égard de la biotechnologie a porté sur environ

35 000 personnes dans 34 pays d'Afrique, d'Asie, des Amériques et d'Europe: elle a été conduite par Environics International⁹ (2000). Dans chacun des pays concernés, on a demandé à un millier de personnes dans quelle mesure elles acceptaient ou rejetaient l'énoncé suivant:

«Les avantages présentés par l'utilisation de la biotechnologie afin de créer des cultures vivrières génétiquement modifiées ne nécessitant pas l'emploi de pesticides et d'herbicides chimiques l'emportent sur les risques d'une telle utilisation.»

Les réponses à cet énoncé révèlent d'importantes différences interrégionales (figure 10). Ainsi, les habitants des Amériques et de l'Asie conviennent beaucoup plus volontiers que les Africains ou les Européens que les avantages d'une telle utilisation de la biotechnologie l'emportent sur les risques. Alors que près des trois cinquièmes des personnes interrogées dans les Amériques et en Asie ont répondu de façon positive, à peine plus d'un tiers des Européens et un peu moins de la moitié des Africains ont fait de même. De plus, les Africains et les Européens se sont montrés plus partagés dans leurs réponses, avec un cinquième et un tiers respectivement des répondants exprimant de l'incertitude, contre à peine un huitième dans les Amériques, en Asie et en Océanie.

En règle générale, les habitants de pays à revenu plus élevé tendent à se montrer plus sceptiques quant aux avantages de la biotechnologie, et plus préoccupés par les risques potentiels. En Asie, par exemple, on note un plus haut degré de scepticisme à l'égard des avantages associés à la biotechnologie, et plus d'inquiétude à l'égard des risques potentiels, dans les pays mieux nantis tels que le Japon et la République de Corée que dans les pays moins riches, comme les Philippines et l'Indonésie. Parallèlement, en Amérique latine, les

⁹ En novembre 2003, Environics International a pris l'appellation de GlobeScan Inc.

ENCADRÉ 25 Poser les bonnes questions

Les réponses aux sondages de l'opinion publique dépendent, notamment, du libellé des questions. Les recherches ont montré que lorsqu'on pose des questions sur les «biotechnologies», on a plus de chances de susciter une réponse positive que lorsque l'on interroge les personnes au sujet du «génie génétique». Bien que ces subtilités puissent aboutir à une variation de 10 à 20 pour cent du total des réponses, de nombreuses études utilisent

ces termes avec peu de rigueur. D'autres facteurs peuvent avoir une influence sur les réponses, notamment la façon dont les personnes interrogées sont choisies et le type et la quantité de matériel d'information qui leur est remis. C'est pourquoi les comparaisons de différentes études réalisées dans des endroits et à des moments différents exigent la plus grande prudence.

classes aisées de l'Argentine et du Chili sont plus méfiantes que les populations de pays à revenu inférieur, tels que la République dominicaine et Cuba. On observe toutefois des exceptions. Ainsi, en Europe, les habitants d'un pays à revenu plus élevé, les Pays-Bas, acceptent mieux la biotechnologie, en moyenne, que ceux de la Grèce, pays moins riche. En outre, d'autres facteurs que le niveau de revenu jouent, à l'évidence, un rôle déterminant dans l'attitude à l'égard de la biotechnologie.

S'agissant de l'Asie et de l'Océanie, l'éventail des opinions varie considérablement, allant de 81 pour cent d'assentiments en Indonésie à tout juste 33 pour cent au Japon. Quant aux pays les plus riches de l'Asie et l'Océanie – à savoir l'Australie, le Japon et la République de Corée – leurs répondants sont généralement moins enclins à convenir, relativement aux autres pays de la région, que les avantages de la biotechnologie pour réduire l'emploi de pesticides et d'herbicides chimiques l'emportent sur les risques. Sur les continents américains, la gamme des opinions s'est révélée plus restreinte, allant de 79 pour cent d'opinions favorables à Cuba à 44 pour cent en Argentine. En Amérique latine et dans les Caraïbes, les répondants de pays à revenu plus élevé – Argentine, Chili, Uruguay – se sont montrés sensiblement plus négatifs que les autres. Pour ce qui est de l'Amérique du Nord, l'énoncé a obtenu une adhésion aussi élevée qu'homogène. Enfin, les répondants européens sont généralement moins favorables que ceux d'autres régions, allant de 55 pour cent d'approbations aux Pays-Bas

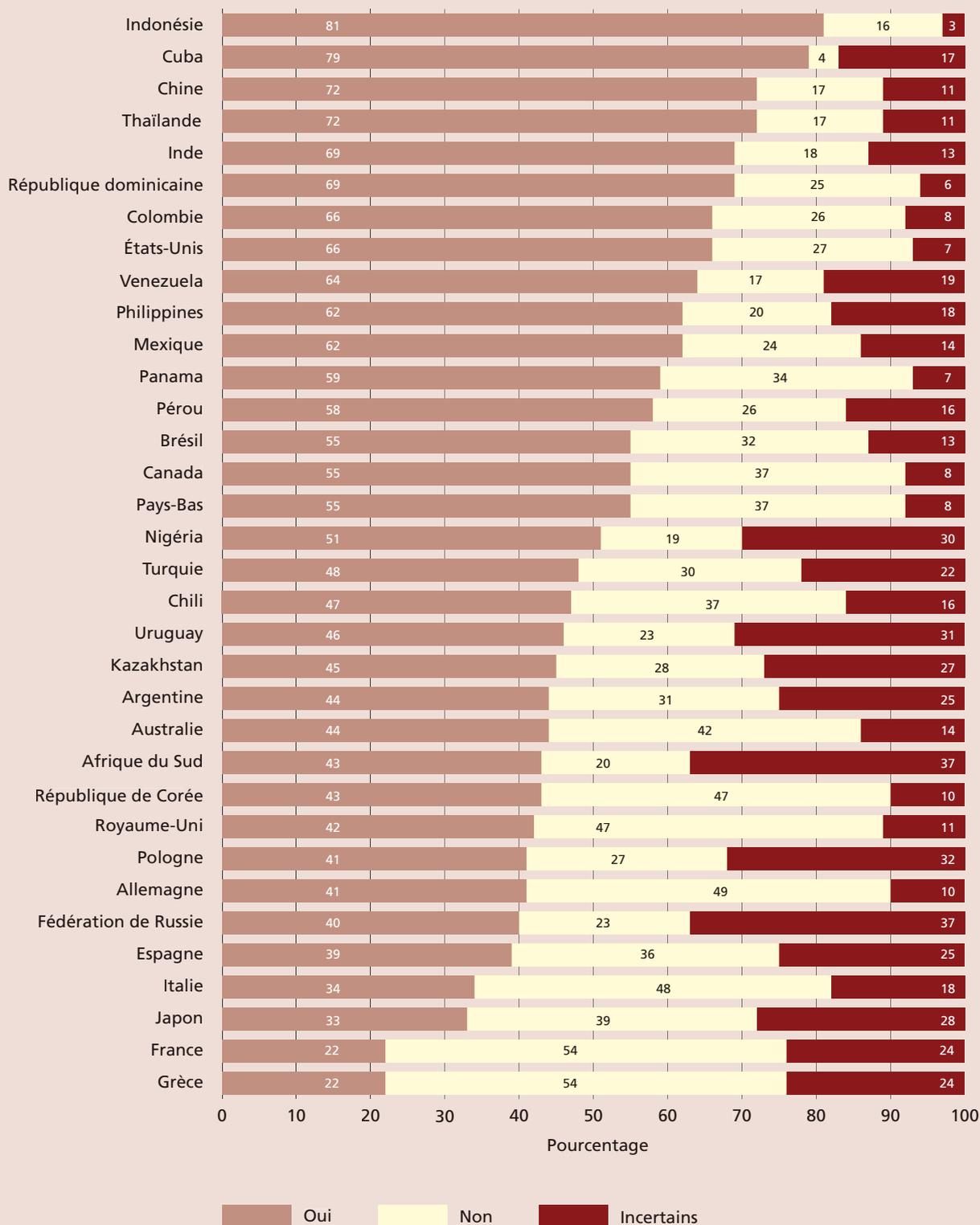
à 22 pour cent en France et en Grèce.

En règle générale, les habitants des pays en développement sont plus disposés à appuyer l'application du génie génétique afin de réduire l'emploi de pesticides et d'herbicides chimiques. En moyenne, les trois cinquièmes des répondants des pays non membres de l'OCDE sont d'accord avec l'énoncé, contre deux cinquièmes dans les pays membres de l'OCDE. Cette observation permet d'avancer que, pour les habitants des pays plus pauvres, les avantages potentiels de la biotechnologie prédominent sur les risques, tandis que le contraire est vrai pour les pays plus riches. Les pays de l'OCDE où l'on observe le taux le plus élevé d'approbation – le Canada, les États-Unis et le Mexique – sont en général ceux où se pratique déjà l'agriculture biogénétique.

Le soutien aux différentes applications de la biotechnologie

Dans leur deuxième question, les enquêteurs de Environics International (2000) ont demandé à leurs répondants s'ils appuieraient ou non l'utilisation de la biotechnologie afin de développer huit applications différentes (figure 11). On a ainsi pu observer que l'appui du public varie considérablement en fonction de l'application spécifique de la biotechnologie envisagée. Les applications portant sur la santé humaine ou la protection de l'environnement, par exemple, sont mieux acceptées que celles visant à augmenter la productivité agricole. La quasi-totalité des répondants (13 pour cent d'opposants) appuierait l'utilisation de

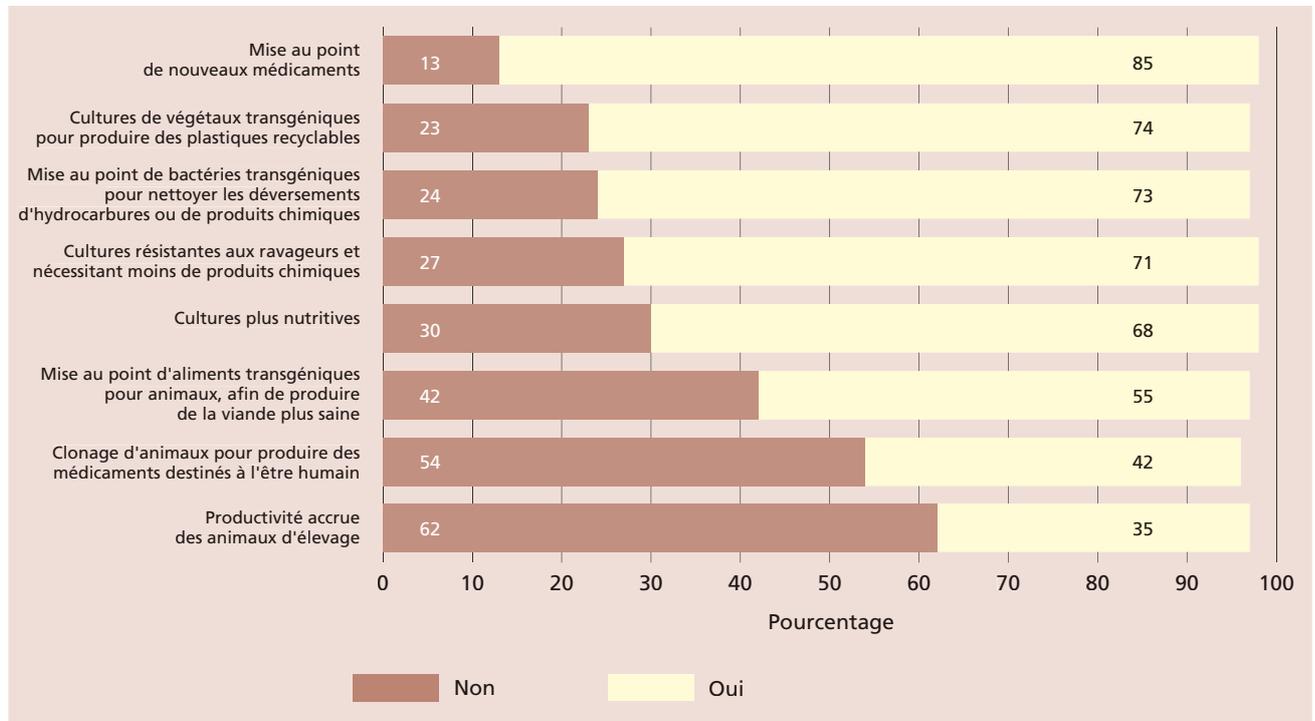
FIGURE 10
Les avantages des biotechnologies sont-ils plus importants que les risques?



Source: Environics International, 2000.

FIGURE 11

Soutenez-vous les applications biotechnologiques suivantes?



Source: Environics International, 2000.

la biotechnologie afin de mettre au point de nouveaux médicaments à usage humain. Plus de 70 pour cent se rallient à l'utilisation de la biotechnologie en vue de protéger ou de remettre en état l'environnement, par exemple pour mettre au point des cultures produisant des matières plastiques, des bactéries capables de nettoyer les dégâts environnementaux, ou des cultures nécessitant moins d'apport chimique. En outre, les répondants soutiennent en grande majorité (68 pour cent) la mise au point de cultures plus nutritives.

S'agissant des applications de la biotechnologie aux animaux, elles sont considérées d'un œil beaucoup moins favorable que les manipulations de végétaux ou de bactéries. Ainsi, plus de la moitié des répondants (55 pour cent) sont défavorables aux aliments génétiquement modifiés pour animaux, même lorsqu'ils permettent d'obtenir une viande plus saine. L'utilisation de la biotechnologie pour cloner des animaux destinés à la recherche médicale a essuyé un refus de la part de 54 pour cent des répondants, et 62 pour cent

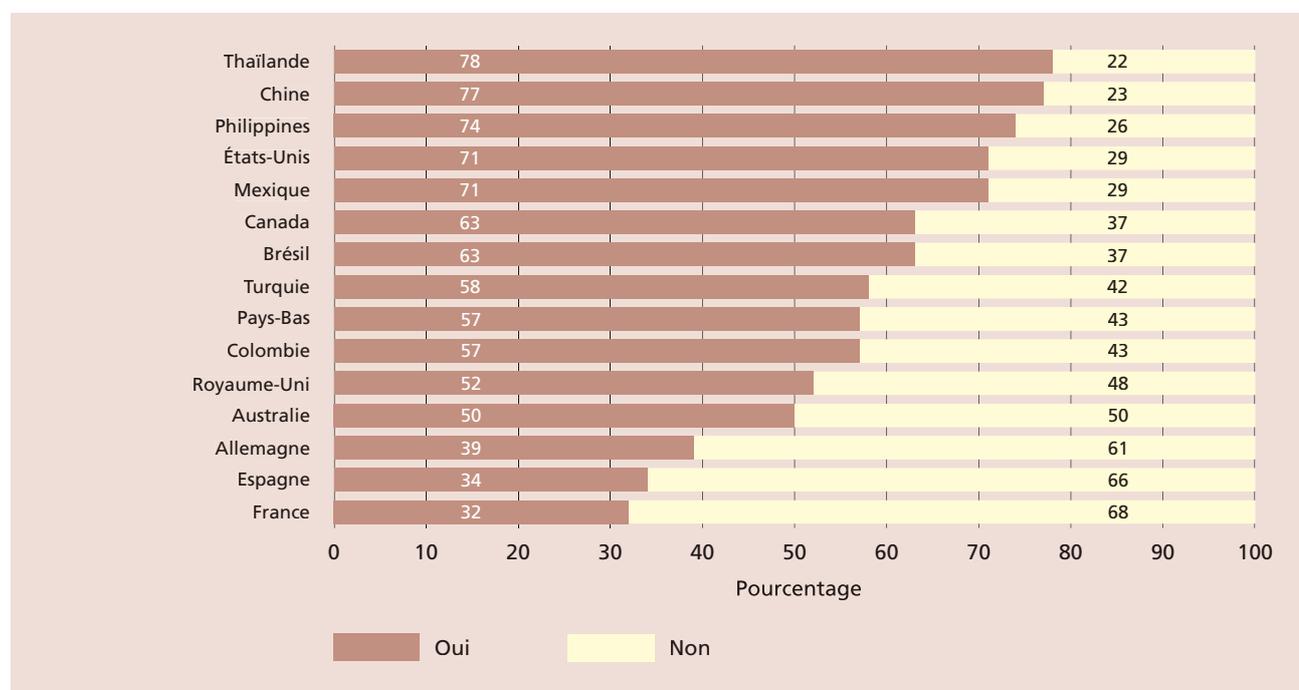
d'entre eux se sont opposés à la modification génétique des animaux en vue d'accroître la productivité. De tels résultats donnent à penser que les populations sont plus inquiètes face à la biotechnologie animale, peut-être parce qu'elle s'accompagne de questions plus complexes au plan éthique. Ainsi, les répondants semblent plus enclins à accepter les applications de la biotechnologie animale qui comportent des avantages tangibles, notamment pour la santé humaine, que lorsqu'il s'agit d'en tirer des avantages économiques, comme l'intensification de la productivité.

Les attentes personnelles à l'égard de la biotechnologie

Dans un ensemble de questions de suivi, Environics International (2000) s'est efforcé d'éclairer certaines des attitudes et préoccupations à l'origine du soutien ou de l'opposition du public à la biotechnologie. Dans 15 des pays étudiés, on a demandé aux répondants qui avaient indiqué avoir

FIGURE 12

Les biotechnologies profiteront à des personnes comme moi



Source: Environics International, 2000.

entendu parler de la biotechnologie s'ils étaient d'accord ou non avec l'énoncé suivant:

La biotechnologie profitera à des gens comme moi au cours des cinq prochaines années.

Près de 60 pour cent des répondants à cette question ont accepté l'idée que la biotechnologie leur serait bénéfique (figure 12). Les habitants des Amériques, d'Asie et d'Océanie se sont montrés beaucoup plus optimistes que les Européens quant aux avantages escomptés de la biotechnologie (précisons que ces questions n'ont été posées dans aucun pays d'Afrique). Les deux tiers des répondants des Amériques, d'Asie et d'Océanie étaient donc favorables, contre moins de la moitié de leurs homologues européens. On observe une démarcation analogue en fonction du niveau de revenu: à peine plus de la moitié des répondants appartenant aux pays membres de l'OCDE se disaient convaincus que la biotechnologie leur serait bénéfique, alors que près des trois quarts des personnes provenant de pays non membres de l'OCDE acceptaient cet énoncé. En outre, dans les pays où les répondants n'escomptaient

guère d'avantages de la biotechnologie, les personnes prêtes à convenir que les avantages des cultures génétiquement modifiées l'emportaient sur les risques étaient souvent moins nombreuses. Cette observation correspond au niveau plus élevé d'acceptation de la biotechnologie dans les Amériques, en Asie et en Océanie (figure 10). On peut en déduire que les personnes convaincues de tirer personnellement parti de la biotechnologie sont plus enclines à appuyer l'utilisation.

Les préoccupations d'ordre moral et éthique

Dans le cadre d'une deuxième question de suivi, les répondants se sont vus demander s'ils étaient d'accord ou non avec l'énoncé suivant:

La modification de gènes des espèces végétales ou animale est répréhensible aux plans éthique et moral.

Plus de 60 pour cent des répondants se sont dits d'accord avec cet énoncé, et on a obtenu des réponses plus homogènes que

pour les autres questions dans l'ensemble des pays étudiés (figure 13). Plus de la moitié des personnes consultées, dans tous les pays à l'exception de la Chine, sont convenues que les modifications génétiques apportées aux plantes ou aux animaux étaient moralement et éthiquement répréhensibles. Un tel résultat semble contredire le niveau d'acceptation généralement élevé de la biotechnologie végétale illustré aux figures 10 et 11, et pourrait refléter le fait que l'énoncé englobait les modifications génétiques apportées aux animaux comme aux végétaux. En effet, comme l'indique la figure 11, les répondants sont moins enclins à accepter une quelconque forme de biotechnologie applicable aux animaux.

Les répondants appelés à porter un jugement éthique et moral sur la modification génétique se sont trouvés divisés en fonction des régions et de leur situation socioéconomique; les Européens étaient plus enclins à considérer la modification génétique comme répréhensible au plan éthico-moral que leurs homologues des Amériques, d'Asie et d'Océanie. Par ailleurs, les résidents des pays de l'OCDE étaient plus portés que leurs homologues de pays non membres de l'OCDE à manifester des réserves d'ordre éthique ou moral. Bien que les lignes de division régionales et socioéconomiques soient moins marquées que pour les autres énoncés, la tendance générale est analogue. Ainsi, les pays dont les répondants considèrent la modification génétique comme répréhensible sont moins enclins à convenir que les avantages de la biotechnologie l'emportent sur les risques, ou à déclarer que la technologie leur sera bénéfique ou utile.

Les applications tournées vers les consommateurs

Dans le cadre d'une deuxième étude, Environics International (2001) a analysé la question de savoir si les produits plus utiles aux consommateurs susciteraient un taux d'acceptation plus élevé. Ils ont donc demandé à 10 000 consommateurs situés dans 10 pays s'ils achèteraient des aliments contenant des ingrédients génétiquement modifiés dans l'hypothèse où ils devaient s'avérer plus nutritifs (figure 14). Les

répondants avaient le choix entre continuer d'acheter le produit ou en interrompre l'achat s'ils apprenaient que le produit était génétiquement modifié à cet effet.

Près de 60 pour cent de l'échantillonnage complet des répondants ont indiqué qu'ils achèteraient les aliments rendus plus nutritifs, les consommateurs européens se montrant moins attirés que ceux des autres régions. Toutefois, il semble que, dans ce cas, les différences géographiques soient moins nettes que pour les autres questions. En outre, le niveau de revenu présente une corrélation plus marquée avec la propension à acheter des aliments renforcés au plan nutritionnel. Ajoutons que plus de 75 pour cent des consommateurs chinois et indiens, et 66 pour cent de leurs homologues brésiliens se sont déclarés prêts à acheter des aliments génétiquement modifiés renforcés au plan nutritionnel. À peine plus de la moitié des consommateurs des pays de l'OCDE se sont dits prêts à acheter ces aliments, tandis qu'une majorité de consommateurs australiens, allemands et britanniques répondaient par la négative. De tels résultats donnent à penser que, même si les nouvelles cultures offrant des avantages démontrables pour les consommateurs seraient bien accueillies dans de nombreux pays, elles ne surmonteraient pas l'opposition des consommateurs à l'échelle universelle.

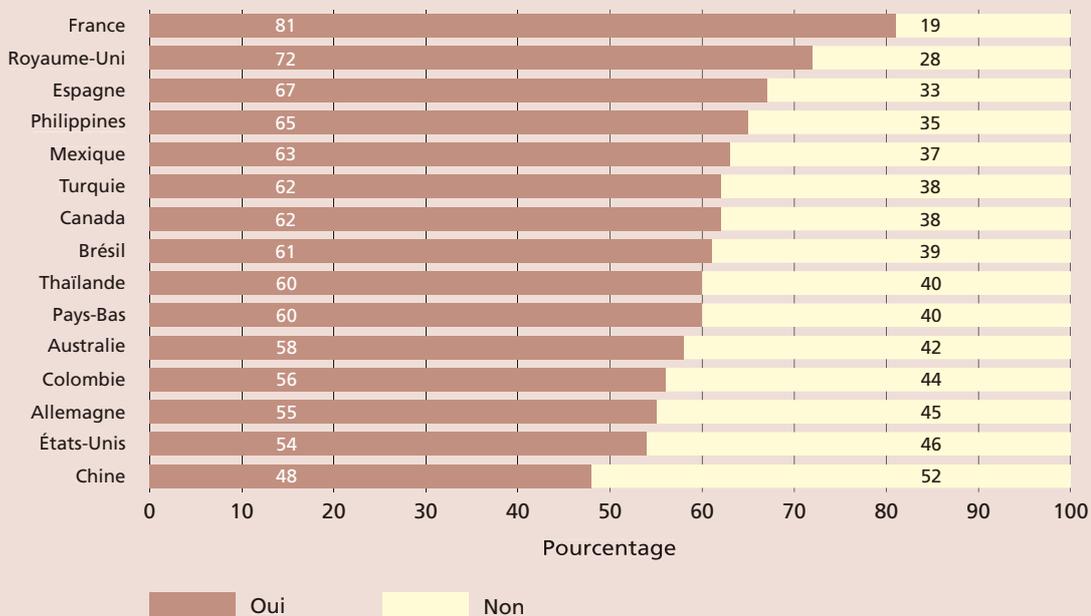
Étiquetage des aliments et biotechnologie

L'absence de consensus au niveau du corps social et du monde scientifique à l'égard de la biotechnologie agricole moderne a conduit certains à proposer, afin de trouver un compromis qui permette de progresser, l'étiquetage des produits de cette technologie.

Les tenants de l'étiquetage soutiennent que, munis des informations mentionnées sur les emballages, les consommateurs seraient en mesure, en achetant ou non certains produits, d'accepter ou de rejeter l'application du génie génétique. Pour leurs détracteurs, en revanche, de tels étiquetages ne feraient que prévenir les consommateurs contre des aliments ayant été déclarés propres à la consommation par les autorités réglementaires nationales. On voit donc que,

FIGURE 13

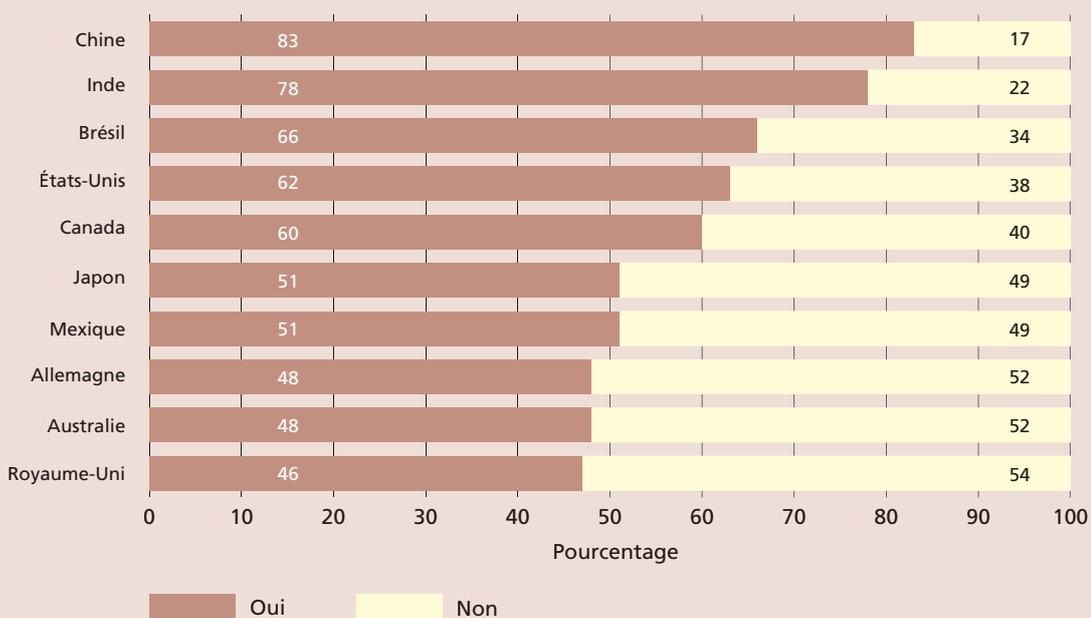
La modification des gènes des plantes ou des animaux est-elle une mauvaise chose?



Source: Environics International, 2000.

FIGURE 14

Achèteriez-vous des aliments dont les caractéristiques nutritionnelles ont été renforcées?



Source: Environics International, 2001.

même si l'étiquetage fait figure de solution simple, il n'a pas manqué de susciter des débats complexes à l'échelon national mais aussi de portée internationale (Chapitre 5).

L'opposition produit/processus

Il est généralement entendu que les produits génétiquement modifiés peuvent être étiquetés lorsqu'ils diffèrent de leurs homologues conventionnels aux plans nutritionnel et organoleptique (goût, apparence, texture) et sous l'angle des propriétés fonctionnelles. L'on s'entend également sur le fait que les aliments qui risquent de causer des réactions allergiques par suite de modifications génétiques doivent, avant toute commercialisation, porter une mention d'avertissement (FAO/OMS, 2001, section 4.2.2). Dans ce genre de cas, l'accent est mis sur le produit final, et l'étiquetage a pour objet d'éviter l'erreur sur la marque tout en avertissant le consommateur des risques éventuels; on rejoint ainsi les raisons traditionnelles de l'étiquetage. Il convient toutefois de noter que les textes du Codex sur l'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments OGM découragent le transfert de gènes codés comme allergènes (FAO/OMS, 2003e); c'est pourquoi il est peu probable que de tels produits soient acceptés par les autorités réglementaires nationales.

On a également suggéré d'étiqueter un produit lorsqu'il a été fabriqué au moyen de processus biotechnologiques. Le débat se poursuit sur les critères permettant de déterminer si un produit devrait être étiqueté en l'absence de différences discernables avec le produit conventionnel, ou de traces détectables d'ADN, etc. (FAO/OMS, 2003b).

L'étiquetage basé sur le processus répond souvent à des objectifs d'ordre social, tels qu'offrir aux consommateurs la possibilité de choix, ou encore protéger l'environnement. L'étiquetage contenant des informations relatives au processus est une démarche relativement récente, qui reste controversée.

L'opposition droit de savoir/besoin de savoir

Les partisans de l'étiquetage des aliments produits par génie génétique partent du principe que les citoyens ont le droit d'être informés des processus utilisés pour produire

un aliment. Il est difficile de contrebattre un tel argument. Cependant, les adversaires de l'étiquetage soutiennent que les informations qui ne sont pas essentielles à la protection de la santé et à la prévention des fraudes sont une source de confusion préjudiciable pour le consommateur.

Bien que les réactions des consommateurs à l'étiquetage des aliments produits par génie génétique demeurent mal connues, les représentants de l'industrie alimentaire craignent que l'étiquetage n'incite les consommateurs à conclure que ces produits sont inférieurs à leurs homologues conventionnels.

Les recherches dans ce domaine indiquent que les consommateurs sont influencés, dans leurs décisions d'achat, par différentes sources d'informations (Frewer et Shepherd, 1994; Einsiedel, 1998; Knoppers et Mathios, 1998; Pew Initiative, 2002b; Tegene et al., 2003); ainsi, l'influence exercée par l'étiquetage alimentaire dépend des autres messages reçus par le public. Or, le type d'informations diffusées à propos de la biotechnologie varie d'un pays à l'autre, et la façon dont elles sont perçues diffère selon les segments de la population: il est donc difficile de se livrer à des généralisations à propos de l'impact de l'étiquetage.

L'opposition étiquetage obligatoire/étiquetage volontaire

Un certain nombre de pays ont envisagé de prescrire aux fabricants d'indiquer qu'un aliment donné est issu de la biotechnologie. Certains gouvernements ont promulgué des lois rendant l'étiquetage obligatoire (Union européenne, Australie, Chine, Japon, Mexique, Nouvelle-Zélande et Fédération de Russie).

D'autres pays rejettent cette approche (l'Argentine, le Brésil, le Canada, l'Afrique du Sud et les Etats-Unis). Certains d'entre eux envisagent cependant d'opter pour l'étiquetage volontaire de la part des fabricants désireux d'informer les consommateurs.

Étiquetage négatif – ce produit ne contient pas d'ingrédients issus du génie génétique

Certains sont d'avis que les étiquettes déclarant qu'un aliment ne contient pas d'ingrédients issus de la biotechnologie

(«étiquetage négatif») donneraient aux consommateurs la possibilité d'éviter les aliments génétiquement modifiés, avec pour effet d'encourager le développement de marchés spécialisés, notamment celui de l'agriculture biologique.

Les adversaires de cette approche considèrent que de telles étiquettes induiraient les consommateurs en erreur, les poussant à conclure que les aliments issus de la biogénétique sont inférieurs. D'autres soutiennent qu'exiger d'un producteur qu'il démontre l'absence de modifications génétiques représente un fardeau injuste pour les petites entreprises.

Les considérations d'ordre technique, économique et politique

Pour être efficace, il faut que les politiques en matière d'étiquetage soient sous-tendues par des normes, des tests, des processus de certification et des services garantissant leur application (Golan, Kuchler et Mitchell, 2000). L'étiquetage présente un certain nombre de difficultés, dont plusieurs restent à résoudre. Il faut, entre autres, établir les définitions et la terminologie les plus appropriées à l'étiquetage, mettre au point des techniques et des dispositifs scientifiques permettant de retracer la présence d'ingrédients génétiquement modifiés dans les aliments et appliquer les règlements pertinents à l'appui de la politique d'étiquetage.

Toutes les options qui s'offrent en matière d'étiquetage entraînent des coûts initiaux qui doivent être supportés par les fabricants d'aliments et par les pouvoirs publics, et pourraient se répercuter sous forme d'augmentation des prix et des impôts pour la population. Les tenants de la théorie éthique soutiennent qu'il ne serait pas justifié d'imposer ces coûts à tous les consommateurs, étant donné qu'une partie d'entre eux est défavorable à la biotechnologie (Thompson, 1997; Nuffield Council on Bioethics, 1999). D'autres soutiennent, à l'opposé, que l'étiquetage est justifié si une proportion importante de la population souhaite disposer de l'information. Rappelons que certains consommateurs pourraient se trouver entravés, dans leur liberté de choix, par la faiblesse de leurs revenus ou par l'absence d'autres options, et que certains pourraient

être incapables de déchiffrer les étiquettes. C'est pourquoi l'étiquetage, en tant que tel, risque de ne pas refléter pleinement les préférences des consommateurs.

L'étiquetage soulève par ailleurs la question de l'iniquité des conditions concurrentielles entre fabricants de produits alimentaires. Outre l'impact économique à l'intérieur des pays, l'étiquetage pourrait avoir des répercussions sur le commerce international. C'est pourquoi les exportateurs de produits alimentaires issus de la biogénétique se sont opposés aux politiques d'étiquetage obligatoire des pays importateurs, au motif qu'ils constituent une barrière injustifiée au commerce.

Le Codex et la recherche d'une solution

Ces questions font, depuis des années, l'objet de délibérations au sein du Comité du Codex sur l'étiquetage des denrées alimentaires de la Commission du Codex Alimentarius. Lors de la réunion tenue par le Comité en mai 2003, un groupe de travail a été constitué afin de se pencher sur elles.

Conclusions

Le sentiment public à l'égard de la biotechnologie, et en particulier à l'égard du génie génétique, est à la fois complexe et nuancé. On ne dispose à ce jour sur le sujet que d'un fonds relativement limité de recherches d'envergure internationale se prêtant aux comparaisons; toutefois, les résultats dont on dispose révèlent des différences marquées entre les régions et au sein même de ces dernières. En règle générale, les habitants de pays moins favorisés sont plus enclins à convenir que les avantages de la biotechnologie agricole l'emportent sur les risques, qu'elle leur sera donc profitable et qu'elle est moralement acceptable. Les habitants des continents américain et asiatique sont beaucoup plus optimistes, quant à l'avenir de la biotechnologie, que les Africains et les Européens. Il s'agit là de grandes lignes qui souffrent bien des exceptions, et, à l'évidence, les attitudes à l'égard de la biotechnologie sont influencées par de nombreux facteurs.

Rares sont les répondants qui expriment à l'égard de la biotechnologie soit un soutien

sans réserve, soit un rejet total. La plupart des personnes interrogées cherchent à établir des distinctions nuancées entre les techniques et les applications, en s'appuyant sur un ensemble complexe de considérations. Ces dernières comprennent notamment la perception de l'utilité de l'innovation, son potentiel nocif ou bienfaisant pour les êtres humains, les animaux et l'environnement, ainsi que son acceptabilité aux plans moral et éthique. Partout dans le monde, les populations acceptent plus volontiers les applications médicales que les applications agricoles, et tolèrent mieux ces dernières lorsqu'elles concernent les végétaux plutôt que les animaux. Les répondants sont mieux disposés à l'égard des innovations porteuses d'avantages tangibles pour les consommateurs ou l'environnement, relativement à celles qui visent à améliorer la productivité agricole. Ces distinctions subtiles donnent à penser que les attitudes du public à l'égard de la biotechnologie agricole évolueront à mesure que seront mises au point de nouvelles applications et que l'on obtiendra davantage d'informations fiables sur l'impact socioéconomique et environnemental et sur la sécurité sanitaire des aliments. Il convient en outre de recueillir davantage de données comparables à l'échelle internationale afin de cerner l'ensemble multidimensionnel de facteurs qui influencent l'opinion et de comprendre la manière dont elle évolue.

Le recours à l'étiquetage est envisagé comme moyen de rallier les différents points de vue sur la biotechnologie, et plus particulièrement sur le génie génétique. En dépit de sa simplicité apparente, cette solution masque un débat complexe centré sur les avantages et sur la faisabilité de l'étiquetage. Ce qui est en cause, c'est la justification fondamentale de l'étiquetage des aliments, avec des conséquences pour l'équité dans la distribution, les droits des consommateurs et le commerce international. Certains affirment que les gens ont le droit de savoir si un produit a été fabriqué au moyen du génie génétique, même lorsqu'il ne présente aucune différence perceptible avec son homologue conventionnel. D'autres soutiennent en revanche que ces étiquettes induiraient en erreur les consommateurs, en faisant percevoir une différence là où il n'y en a pas. À cela s'ajoutent les désaccords

à propos de l'application technique d'une prescription d'étiquetage, et à propos de qui doit en supporter le coût. Il n'existe pas, aujourd'hui, de consensus à l'échelle internationale sur ce point. Cependant, la Commission du Codex Alimentarius poursuit son travail d'élaboration de lignes directrices communes en matière d'étiquetage des aliments.



Section C: La biotechnologie au service des pauvres

7. Les activités et politiques de recherche pour les plus démunis

La biotechnologie agricole ouvre, sur le plan technique, des perspectives très prometteuses pour les petits agriculteurs des pays pauvres (Chapitre 2). La Révolution verte nous a appris que la recherche agricole peut favoriser une croissance économique durable dans les pays en développement, mais le paradigme qui sous-tendait ce mouvement a perdu sa validité (Chapitre 3).

Les plans de développement et de transfert technologique visant à accroître la productivité agricole des pays pauvres ont à l'origine été conçus à titre de service public gratuit. Toutefois, dans le contexte de la mondialisation, la recherche biotechnologique est maintenant dominée par le secteur privé, qui donne la priorité aux cultures et aux traits génétiques d'intérêt pour les agriculteurs commerciaux sur les marchés importants et lucratifs.

Comme on l'a vu dans le cas du coton Bt cultivé en Afrique du Sud, en Argentine et au Mexique, le secteur privé fournit des cultures transgéniques aux petits exploitants lorsqu'ils ont les moyens d'exploiter des produits commerciaux créés pour d'autres marchés, ou encore lorsque leurs gouvernements jouent un rôle de premier plan, comme en Chine (Chapitre 4). Mais qui fera progresser les biotechnologies au bénéfice de la majorité des petits pays en développement, qui n'ont ni un potentiel de marché suffisant pour attirer les gros investissements privés, ni les capacités scientifiques nécessaires pour se lancer eux-mêmes dans la recherche? Et comment peut-on réduire les obstacles au

transfert technologique de façon à mettre à la disposition d'un plus grand nombre de pays les produits innovants élaborés hors de leurs frontières? À l'heure actuelle, il n'existe pas d'infrastructure institutionnelle ayant à la fois le motif et la capacité d'assurer la transmission des technologies nouvelles aux petits cultivateurs de ces pays.

Ce chapitre examine quelques stratégies visant à faire une place, dans la recherche publique et privée, aux problèmes des agriculteurs pauvres et à augmenter leurs chances de jouir des retombées d'innovations venant de l'étranger. Bon nombre des recommandations visent à la fois l'accroissement de la recherche axée sur la situation des pauvres et l'amélioration de l'accès aux produits découlant de cette recherche. Dans un monde où l'effort scientifique requis pour faire progresser la technologie est de plus en plus poussé et coûte de plus en plus cher, il importe à cette fin de resserrer les liens de collaboration entre les institutions publiques aussi bien qu'entre les secteurs public et privé (Pray et Naseem, 2003b).

Promouvoir l'accès aux applications biotechnologiques

Par quels moyens pourrait-on donner à plus d'agriculteurs sur la planète l'accès aux technologies agricoles issues de la Révolution génétique? Beaucoup de facteurs font obstacle à la diffusion internationale

de ces technologies et empêchent le petit cultivateur de tirer profit des travaux menés déjà un peu partout dans le monde. Les gouvernements et la communauté internationale doivent prendre des mesures, dont les principales sont énoncées plus bas, pour faciliter le transfert sans danger de la technologie. En abaissant les coûts de la recherche et en élargissant le marché potentiel des produits innovants, ces mesures stimuleront par ailleurs l'investissement public et privé dans la recherche bénéficiant aux populations pauvres. Il convient donc :

- d'instituer des cadres réglementaires transparents, stables et scientifiquement validés et, s'il y a lieu, de les harmoniser à l'échelle régionale ou mondiale;
- d'établir un régime de protection des droits de propriété intellectuelle (DPI) assurant aux sociétés innovatrices un taux de rendement raisonnable;
- de renforcer les programmes nationaux de sélection végétale et les systèmes de semences;
- de promouvoir le développement de bons marchés pour les intrants et les produits agricoles, et d'abaisser les barrières commerciales aux nouvelles technologies.

Les structures réglementaires

L'absence d'une réglementation transparente et scientifiquement rigoureuse en matière de biosécurité constitue un obstacle majeur à l'élaboration et à la diffusion des cultures transgéniques par les compagnies, tant privées que publiques. Aucune entreprise privée ne voudra investir dans une recherche transgénique pointue pour le compte d'un seul pays, ni y commercialiser un produit existant, sans être assurée de la qualité de la réglementation en place.

Les exigences réglementaires augmentent considérablement le coût de la recherche-développement en ce domaine. Dans les pays industrialisés, les firmes de biotechnologie prévoient pour chaque innovation un budget d'environ 10 millions de dollars pour préparer la documentation exigée par les instances réglementaires en matière de santé, d'environnement et de biosécurité agricole. Ces dépenses sont évidemment justifiées s'il en découle des décisions judicieuses sur le plan scientifique, qui inspireront confiance au public et aux

entreprises. En revanche, s'il en coûte des millions pour refaire inutilement une enquête de biosécurité déjà réalisée ailleurs, ou pour s'adapter à des exigences nationales qui changent sans arrêt, les compagnies seront peu portées à investir.

Parce que les institutions publiques ont beaucoup moins de ressources que les compagnies privées à consacrer aux études liées aux exigences réglementaires, elles sont encore moins bien placées pour satisfaire des conditions de réglementation coûteuses, changeantes ou obscures. Finalement, les grandes multinationales sont parfois les seules qui aient les reins assez solides pour commercialiser une culture transgénique.

Les gouvernements doivent trouver le moyen de mettre de l'ordre dans leur réglementation et de financer eux-mêmes les essais dans les domaines de l'environnement et de la santé humaine s'ils veulent attirer les technologies du secteur privé ou encourager la recherche publique au bénéfice des pauvres. L'harmonisation bien pensée des règles de biosécurité pourrait réduire les dédoublements inutiles et les obstacles au transfert international de nouvelles variétés végétales, qu'elles soient conventionnelles et transgéniques. En cela, elle contribuerait à élargir le marché des produits de la recherche, tant privée que publique. Si les normes de biosécurité étaient harmonisées à l'échelle régionale, les pays dont les programmes de recherche-développement biotechnologique sont avancés pourraient en faire profiter des pays voisins où les conditions agroécologiques sont comparables. Le nombre de pays dotés de comités de biosécurité actifs augmente, il est vrai mais, en l'absence de réglementations communes et de partage de l'information au sein des régions, les coûts rattachés aux accords réglementaires bloqueront l'accès d'un grand nombre de pays à la biotechnologie agricole.

Les droits de propriété intellectuelle

La difficulté de protéger les droits de propriété intellectuelle (DPI) entrave également le transfert biotechnologique international. À l'échelle mondiale, le bilan à ce chapitre est mitigé en ce qui concerne le soja, le maïs et le coton transgéniques: la réglementation reçoit une application rigoureuse dans quelques pays, lâche dans

d'autres, aléatoire dans la grande majorité. Beaucoup de gens craignent que les mesures de protection des DPI en matière de biotechnologie et de sélection végétale ne viennent limiter l'accès des agriculteurs aux semences en accordant aux sociétés privées un monopole sur des ressources génétiques et des techniques de recherche essentielles. Le problème ne se pose pas encore sur une grande échelle (Chapitre 4); il incombe néanmoins aux gouvernements de s'assurer que les compagnies n'abusent pas de leur situation privilégiée en fixant des prix trop élevés. Cela dit, la protection des DPI est un élément déterminant du succès de la recherche-développement dans le domaine des nouvelles technologies. Les compagnies doivent pouvoir obtenir des rendements financiers suffisants pour justifier leurs investissements (Chapitre 3), mais c'est aux administrations nationales qu'il revient de trouver un juste équilibre entre les intérêts respectifs des sociétés privées et des cultivateurs.

Les grandes multinationales n'ignorent pas que les petits agriculteurs de subsistance dans les pays pauvres ont peu de chances de se transformer en acheteurs «sérieux», et la protection des DPI n'y changera pas grand-chose. Mais dans certains pays en développement de plus grande taille, l'attention portée aux DPI pourrait effectivement encourager les sociétés privées (transnationales et locales) à augmenter la recherche sur la problématique des pays pauvres et à adapter et mettre en marché à leur intention des produits déjà brevetés. On a vu de grandes compagnies collaborer avec le secteur privé local à cette fin: le gène Bt élaboré par Monsanto a été inséré dans le coton pour des petits exploitants d'Afrique et d'Asie et, récemment, incorporé au maïs blanc en Afrique du Sud. On a déjà vu aussi le secteur privé accepter de transférer gratuitement et/ou de commercialiser des technologies pouvant être utiles aux cultivateurs pauvres; il le ferait sans doute plus souvent, d'ailleurs, si ce n'était des problèmes de réglementation.

Programmes nationaux de sélection végétale

Les pays qui ont le plus à gagner des produits transgéniques importés sont ceux qui sont dotés de bons programmes de sélection

végétale. Cette ressource, avec ou sans volet biotechnologique, est nécessaire pour incorporer les produits transgéniques dans des cultivars adaptés aux conditions locales. Les manipulations génétiques s'effectuent dans le cadre de programmes de sélection combinant deux ou plusieurs plantes-mères. Un processus de choix et d'évaluation permet d'identifier les variétés individuelles qui s'adapteront le mieux aux conditions agroécologiques locales. Les nouvelles semences sont ensuite mises en production pour en augmenter la disponibilité, puis diffusées commercialement. Le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture insiste, avec raison, sur les programmes de sélection et les systèmes de production de semences, maillons importants dans la transmission des bénéfices de la recherche vers les classes pauvres. Ces deux éléments doivent être en place, sans quoi les investissements en biotechnologie ont une haute probabilité d'échec.

Des marchés efficaces pour les technologies agricoles

Un autre obstacle au transfert de l'innovation transgénique agricole, et peut-être le pire, est l'absence dans presque tous les pays et pour la plupart des cultures, de marchés de semences bien organisés. Sauf pour le maïs, le coton et les légumes dans quelques pays, ces marchés n'existent pratiquement pas, situation qui complique la fourniture aux agriculteurs de variétés de semences modernes, y compris les transgéniques. La libéralisation des marchés d'intrants et l'élimination des monopoles d'État peuvent accroître le potentiel commercial des nouveaux produits biotechnologiques; ces facteurs ont joué dans l'accélération de la recherche privée en Asie (Pray et Fuglie, 2000) et pourraient encore avoir de l'importance dans certains pays, les marchés de semences étant souvent les derniers à être libéralisés (Gisselquist, Nash et Pray, 2002). Dans bien des cas, une intervention gouvernementale s'impose pour mettre sur pied l'infrastructure matérielle (transports et communications) et l'infrastructure institutionnelle (ordre public, droit des contrats exécutoire) indispensables au bon fonctionnement des marchés.

Promouvoir la recherche publique et privée au bénéfice des pauvres

Les économistes sont largement d'accord sur le type de recherche à privilégier pour que la biotechnologie contribue à réduire la pauvreté, et sur la nature des institutions qui devraient s'en charger (Lipton, 2001; Byerlee et Fisher, 2002; Naylor *et al.*, 2002; Pingali et Traxler, 2002). Cependant, dans le climat actuel de scepticisme à l'égard de la biotechnologie, et un contexte de faibles prix agricoles où l'intérêt des donateurs pour la recherche agricole décline, le débat s'anime sur la question de savoir comment stimuler la recherche publique (biotechnologique ou traditionnelle) visant les cultures de subsistance pratiquées dans les pays en développement. Les moyens d'encourager la recherche dans le secteur privé sont mieux connus mais prêtent davantage à controverse. Les mesures proposées plus haut pour faciliter le transfert international des innovations biotechnologiques encourageront dans bien des cas la recherche en faveur des populations pauvres, au public comme au privé, mais cela ne suffira pas. Le reste du présent chapitre trace les grandes lignes d'un programme de recherche destiné à combler ce manque, et examine les moyens de le mettre en œuvre, notamment par des partenariats public/privé assurant aux chercheurs des pays en développement un accès aux outils et matériaux de recherche, dont les gènes.

Les priorités de la recherche transgénique en faveur des pauvres

Les cultures auxquelles le programme proposé doit donner la priorité sont les cultures de base des populations pauvres: riz, blé, maïs blanc, manioc et millet (Naylor *et al.*, 2002). Les nouveaux traits recherchés pour ces denrées de base sont, notamment, la hausse du potentiel de rendement, une production plus stable grâce à une résistance accrue au stress biotique ou abiotique, et le renforcement de la capacité à pratiquer, dans des conditions difficiles (sécheresse, salinité), des cultures vivrières présentant une meilleure valeur nutritive (Lipton, 2001). La résistance des plantes aux insectes peut éventuellement figurer parmi les caractères génétiques souhaités pour venir en aide

aux agriculteurs pauvres, particulièrement dans les endroits où il n'existe pas d'autres méthodes de lutte contre les infestations, ou encore là où les nouvelles technologies permettraient de diminuer ou d'éliminer le recours aux produits chimiques dangereux (Chapitre 4). La tolérance aux herbicides, en revanche, ne serait pas prioritaire dans les pays à surfaces agricoles limitées où le désherbage est une source d'emplois pour une main-d'œuvre abondante. Enfin, l'effort de recherche devrait viser les petits exploitants qui ont difficilement accès aux terres cultivables, au machinisme ou aux intrants chimiques.

L'une des manières les plus efficaces de réduire les carences en oligo-éléments chez les populations pauvres est d'en augmenter la teneur dans les céréales de base (Graham, Welch et Bouis, 2001). Dans certains cas, on peut arriver à ce résultat par les techniques de sélection conventionnelles. En fait, les premiers produits élaborés dans ce but, des variétés de riz à haute teneur en fer, le seront sans doute selon les méthodes ordinaires. Cependant, lorsqu'il s'agit d'ajouter de la vitamine A ou d'autres oligo-éléments au riz, par exemple, les techniques transgéniques peuvent s'avérer précieuses (encadré 26).

Consommateurs et gouvernements des pays en développement réclament non seulement des produits qui satisferont les besoins alimentaires des classes démunies mais, de plus en plus, des études sur l'impact environnemental et sanitaire des cultures transgéniques. Nombreux sont les États qui manquent de spécialistes locaux en mesure de guider les décideurs dans l'épineux dossier de l'agriculture transgénique. Comme les préoccupations environnementales, en particulier, doivent être étudiées dans différents contextes agroécologiques, on a besoin de compétences locales (Chapitre 5), sans quoi l'opposition combinée des consommateurs et des environnementalistes pourrait bloquer les autorisations de mise en marché.

En vue d'établir une échelle des priorités, il conviendrait de dresser un inventaire complet, par culture et par milieu agroécologique, de tous les produits biotechnologiques déjà ciblés par les chercheurs, puis d'évaluer de manière préliminaire l'impact potentiel de chacun sur le rendement agricole et le niveau

de vie des agriculteurs. Cet exercice permettrait d'identifier rapidement des ensembles de produits déjà insérés dans la filière de recherche et présentant un fort potentiel d'amélioration de la situation des populations pauvres, et qui pourraient éventuellement faire l'objet de partenariats public/privé.

Stimuler la recherche agricole publique pour les plus démunis

La recherche publique axée sur les problèmes des agriculteurs pauvres se heurte à la difficulté d'obtenir un financement stable et à long terme. Les budgets de recherche agricole de nombreux pays en développement, comme ceux des Centres internationaux de recherche agronomique (CIRA), diminuent. En outre, dans la course aux ressources financières, les pauvres passent souvent en dernier. Il va presque de soi qu'ils n'ont pas de porte-parole professionnels pour défendre leurs intérêts auprès des gouvernements distributeurs de fonds. Il existe pourtant des ONG, des œuvres charitables, des fondations et des donateurs dont la mission première est de combattre la pauvreté. Il convient de mobiliser ces groupes en faveur de la recherche agricole, conventionnelle et biotechnologique, bénéficiant aux pauvres. Les programmes de sélection participative (encadré 26) associant les citoyens à la prise de décisions en matière technologique peuvent, par exemple, contribuer à orienter la recherche publique vers les problèmes des populations démunies.

Il faudra étudier plus à fond les répercussions économiques, environnementales et sanitaires des nouvelles technologies, en particulier sur les classes pauvres. De tels travaux devraient apporter des réponses à certaines des questions que la science continue de se poser sur la sécurité et l'efficacité des cultures transgéniques, et permettront de les comparer aux méthodes de production alternatives qui existent déjà. Les programmes de formation portant sur les avantages et les risques potentiels associés à la biotechnologie aident tant les agriculteurs que les consommateurs à faire des choix éclairés. De plus, les réglementations transparentes favorisent les décisions judicieuses en cette matière et contribuent à convaincre le public qu'il ne court pas de risques inacceptables.

Pour être en mesure d'évaluer les innovations biotechnologiques et de les adapter à leurs besoins, les pays en développement ont intérêt à se doter de capacités de recherche agricole, mais il n'est pas nécessaire, ni économiquement justifiable, que chacun se rende compétent dans les méthodes de recherche les plus avancées. Savoir utiliser la technologie n'est pas synonyme de pouvoir la générer. Il y aurait lieu pour les pays d'évaluer stratégiquement leurs ressources en matière de recherche et de chercher à acquérir, au minimum, la capacité d'apprécier correctement les biotechnologies existantes et de les adapter au contexte national. Or, un très grand nombre de petits pays ne disposent pas même de cette capacité minimale de recherche.

Il pourrait être intéressant pour les plus grands des pays en développement – Afrique du Sud, Brésil, Chine et Inde – de se faire les pourvoyeurs régionaux de la recherche agricole pour les pays de moins grande taille. Les avantages qu'il y aurait à regrouper ainsi les activités en fonction des conditions agroclimatiques sont évidents. Chacun de ces quatre pays possède une bonne infrastructure de recherche fondamentale et de recherche agricole. Par contre, seule la Chine a effectivement diffusé un produit transgénique par le biais de ses institutions publiques. Le Brésil et l'Inde n'ont approuvé que récemment l'usage commercial des OMG. En outre, rien n'annonce l'arrivée prochaine d'un autre acteur public parmi les joueurs importants et aucun pays n'a encore bénéficié des découvertes biotechnologiques faites en Chine.

L'absence de structure formelle de partage de la propriété intellectuelle constitue un gros obstacle au transfert de technologie entre institutions publiques de différents pays. Alors que les échanges de ce type se pratiquent couramment dans le secteur privé, on serait en peine de trouver, dans le secteur public, même un petit nombre d'institutions avec la souplesse ou la motivation nécessaires pour en faire autant. Cela signifie qu'une transformation radicale des mentalités et des façons de faire s'impose. Pour que les petits pays aient un jour accès aux produits innovants par l'intermédiaire de leurs plus grands voisins, le partage de la propriété intellectuelle entre instituts

ENCADRÉ 26

**Les biotechnologies peuvent-elles répondre aux besoins des agriculteurs pauvres?
Le rôle des recherches agricoles participatives**

Les biotechnologies, et en particulier le génie génétique, offrent d'énormes possibilités de satisfaire les besoins des agriculteurs disposant de peu de ressources. Le problème, tel qu'il est présenté par Lipton (2001), est que ce potentiel est «enfermé dans un système dans lequel il n'est pas utilisé à ces fins et dans lequel un petit nombre de grandes sociétés en concurrence les unes avec les autres sont appelées à protéger leur investissement par des moyens qui, à l'heure actuelle, menacent la recherche publique». Pour que les secteurs public et privé collaborent efficacement pour résoudre les problèmes des pauvres, il est souhaitable que les besoins des agriculteurs soient pris en compte comme il convient grâce à la recherche participative. Dans la recherche agricole participative, les agriculteurs sont considérés comme des participants actifs qui peuvent diriger le processus de recherche et dont les idées et les opinions ont une influence sur les résultats de la recherche et non pas comme des spectateurs passifs ou des objets de recherche (Thro et Spillane, 2000). Cela est important parce que la façon dont les agriculteurs perçoivent les choses et leurs préférences pour des technologies particulières auront une influence en fin de compte sur l'adoption. La recherche

agricole participative est considérée comme faisant partie intégrante de la stratégie générale de recherche et de l'établissement des priorités et non pas quelque chose qui peut les remplacer.

Thro et Spillane (2000) avancent plusieurs raisons pour lesquelles la recherche participative dans le domaine de la transgénétique est nécessaire. Premièrement, la prise de décisions collégiale et dirigée par les agriculteurs sur la question de savoir s'il faut ou non utiliser le génie génétique nécessite que les agriculteurs et les chercheurs comprennent le vocabulaire et les typologies les uns des autres et aient au moins une connaissance élémentaire des compétences spécialisées des uns et des autres. Deuxièmement, étant donné les préoccupations relatives à la prévention des risques biotechnologiques et à la protection de l'environnement que suscitent les produits transgéniques, il est important que les agriculteurs aient conscience de ces problèmes, faute de quoi les chercheurs peuvent implicitement supposer qu'ils n'ont pas de préférence pour telle ou telle approche technologique. Troisièmement, l'aptitude du génie génétique à permettre la mise au point de caractères et de types de plantes complètement nouveaux exige que les chercheurs comprennent et identifient

publics de recherche de différents pays doit se généraliser. Pour l'instant, il est très rare (sauf en ce qui touche le matériel génétique échangé au sein des réseaux du GCRAI), sans doute parce que les directions concernées ne sont guère motivées en ce sens et sans doute aussi en raison de la concurrence implicite que se livrent les pays sur les marchés internationaux de denrées.

Stimuler la recherche dans le secteur privé pour les plus démunis

Les données issues des essais sur le terrain le montrent, la recherche biotechnologique conduite par le secteur privé sur les produits

transgéniques de première génération n'a pas été axée sur les pays, les cultures ou les caractères génétiques qui auraient pu faire une différence pour les populations pauvres. Néanmoins, une grande partie de ces travaux génèrent des connaissances, des outils de recherche, des gènes et des variétés d'OGM dont les classes démunies des pays en développement pourraient tirer bénéfice. C'est le cas, notamment, de la recherche sur le génome du riz financée par Monsanto et Syngenta, et des travaux de génomique fonctionnelle visant à cerner la fonction des gènes et des groupes de gènes dans certaines céréales, dont le riz. Si elle doit effectivement

de nouvelles options, dont certaines ne peuvent être identifiées que par une recherche participative à laquelle les agriculteurs soient associés.

À ce jour, rares sont les opérations d'établissement de priorités effectuées en collaboration avec des agriculteurs disposant de peu de ressources qui ont abouti à la mise en œuvre d'une recherche assistée par les biotechnologies. L'un des domaines dans lesquels les outils biotechnologiques pourraient être particulièrement utiles est la sélection végétale. Des outils tels que la sélection assistée par marqueurs, les promoteurs inductibles, la stérilité mâle contrôlable, l'apomixie inductible et les marqueurs visuels confèrent une plus grande souplesse à la sélection locale et accroissent la gamme des options de variétés dans laquelle les agriculteurs peuvent choisir. Pingali, Rozelle et Gerpacio (2001) ont élaboré une méthodologie permettant de recueillir les préférences des agriculteurs à l'aide d'une méthode de vote expérimentale. Cette méthodologie permet d'opérer des estimations quantitatives des préférences et des facteurs socioéconomiques déterminant l'adoption. Ils constatent que les agriculteurs ont des préférences marquées pour certaines technologies, en particulier celles qui conservent

des facteurs de production limités ou maximisent les revenus agricoles, mais que d'autres technologies leur sont indifférentes.

Pour que la recherche biotechnologique participative réussisse, il faut que certaines conditions soient réunies. La principale de celles-ci est peut-être que les informations relatives aux technologies proposées soient communiquées clairement et qu'il y ait une communication durable entre les spécialistes des biotechnologies, les obtenteurs et les agriculteurs. Bien que la recherche participative soit axée sur l'amélioration des moyens de subsistance locaux, il ne faut pas perdre de vue que la recherche fondamentale et appliquée est encore utile et nécessaire. La recherche fondamentale doit scrupuleusement traiter les problèmes soulevés par les agriculteurs, mais elle peut appeler une plus grande collaboration entre les spécialistes des sciences sociales et les spécialistes en biologie afin de transformer les besoins des agriculteurs en priorités pour la recherche fondamentale.

déboucher sur la création de variétés propres à aider les petits cultivateurs pauvres, ce type de recherche devra vraisemblablement s'appuyer sur des programmes publics de sélection végétale auxquels, moyennant certains changements en matière de droits d'exclusivité, le secteur privé pourrait participer. Dans les paragraphes qui suivent, nous explorons des moyens possibles d'accroître l'intérêt des entreprises privées de biotechnologie et de sélection végétale pour la recherche et le développement de produits conçus pour les pays pauvres.

On peut envisager, par exemple, un scénario où les grands pays du monde en

développement, Afrique du Sud, Brésil, Chine et Inde «accueilleraient plus résolument les OGM». Si ces pays se dotaient de cadres réglementaires et de régimes de DPI stables, et que leurs consommateurs faisaient bon accueil aux produits génétiquement modifiés, les compagnies privées seraient très probablement incitées à investir gros en recherche-développement de produits offrant des remèdes aux sérieux problèmes agricoles de leurs clients. Les quatre pays nommés ci-dessus représentent un marché de semences combiné d'environ 5 milliards de dollars. Les produits élaborés à leur intention pourraient être diffusés dans les pays voisins,

pour autant que ceux-ci aient mis en place les réglementations requises en matière de biosécurité et de protection des DPI. Ces produits créés pour des zones tropicales et semi-tropicales seraient ensuite introduits dans d'autres pays à profil agroéconomique semblable.

Outre la promotion de l'accès aux innovations technologiques, les pouvoirs publics ont d'autres moyens à leur disposition pour encourager les investissements privés dans la recherche bénéficiant aux pauvres – des moyens qui permettraient de réduire le coût de la recherche, d'élargir le marché potentiel des innovations biotechnologiques et de stimuler par des incitatifs directs l'intérêt pour les problèmes des populations démunies.

Ainsi, les gouvernements des pays en développement peuvent faire appel aux programmes de recherche d'universités publiques formant des scientifiques de premier plan. Leurs universités pourraient mettre sur pied, en collaboration avec celles de pays développés, des programmes de recherche conjoints leur permettant d'accéder aux connaissances, aux outils de recherche et au germoplasme dont elles ont besoin.

Le relâchement des restrictions frappant les investissements étrangers directs contribuerait à accroître les possibilités de transfert de recherche et technologie. De même, l'assouplissement des règles commerciales concernant les intrants utilisés par les chercheurs (produits chimiques) ferait baisser les coûts. Il y aurait peut-être lieu aussi d'accorder une aide publique aux petites entreprises locales pour leur faciliter l'accès à la technologie brevetée.

En outre, les pays concernés auraient intérêt à manifester concrètement leur soutien aux entreprises privées qui mettent au point et diffusent des technologies venant en aide aux classes pauvres; la création de prix serait un moyen, parmi d'autres, de saluer publiquement leurs efforts. L'établissement d'incitatifs fiscaux et l'amélioration des conditions d'investissement sont à envisager également. C'est en partie grâce à des régimes fiscaux avantageux que sont apparus, aux États-Unis et ailleurs dans le monde, des fondations privées et des organismes de bienfaisance tels que la Fondation Rockefeller.

Enfin, on devrait songer à mettre sur pied un concours de technologie agricole récompensant généreusement les découvertes axées sur la réduction de la pauvreté ou de l'insécurité alimentaire (Lipton, 2001). Ce concours, ouvert aux entreprises publiques aussi bien que privées, porterait sur les cultures de subsistance des pays pauvres, et serait doté – par des fondations publiques et privées – d'un montant assez élevé pour susciter l'intérêt. Le programme de recherche de la Fondation Bill and Melinda Gates – récemment annoncé – financé à hauteur de 200 millions de dollars, et qui vise l'éradication de maladies faisant des millions de victimes dans les pays en développement, pourrait servir ici de modèle¹⁰.

Partenariats public/privé

Les possibilités de collaboration plus étroite entre les secteurs public et privé, où les partenaires se concentrent sur leurs activités propres tout en s'appuyant sur l'apport de l'autre, sont nombreuses. La question est de savoir si l'on peut créer des incitatifs, là où il n'en existe pas, pour opérer des rapprochements permettant aux institutions publiques d'utiliser et d'adapter au bénéfice des populations pauvres des technologies mises au point par l'entreprise privée. Des contrats de licence qui rendraient de tels échanges possibles sont-ils envisageables? Selon Pingali et Traxler (2002), les organismes publics qui souhaitent obtenir les droits d'utilisation de ces technologies n'auront peut-être pas d'autre choix que de les acheter.

Une étude récente sur le sujet met en lumière les possibilités de partenariat entre les systèmes nationaux de recherche agricole (SNRA), les compagnies locales de semences, les multinationales et le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) (Byerlee et Fischer, 2002). Nous passerons en revue les points saillants de cette étude pour ensuite examiner de plus près les cas, rares, où le transfert de biotechnologie et le développement de nouvelles technologies en faveur des agriculteurs ont effectivement réussi.

¹⁰ Voir le site de la Fondation:
<http://www.gatesfoundation.org>.

L'accès des institutions publiques aux gènes et outils biotechnologiques brevetés

Il existe au moins cinq façons pour les instituts publics de recherche et les entreprises locales de se procurer des gènes ou des outils biotechnologiques brevetés. Premièrement, ils peuvent tout simplement les utiliser sans solliciter l'autorisation des propriétaires. Dans le cas des technologies faciles à copier ou dont l'origine est entièrement divulguée dans les demandes de brevets, le procédé est souvent efficace et légal, à condition que les inventions n'aient pas fait l'objet d'une demande de brevet dans le pays ou aient été exclues de son champ d'application. Il se trouve, cependant, que beaucoup d'outils biotechnologiques sont protégés par des brevets de grande portée, en particulier dans les pays où les SNRA sont bien développés; en outre, les produits fabriqués à l'aide de ces outils ne seraient pas exportables vers les marchés où de tels brevets sont en vigueur. En revanche, cette option pourrait être retenue dans les territoires non visés par les brevets et pour des biens qui ne seront pas commercialisés soumis à des échanges internationaux.

Deuxièmement, les établissements publics peuvent acquérir de la technologie, notamment auprès des universités ou de petites compagnies privées. On a vu, par exemple, un consortium asiatique d'instituts de recherche publics, dirigé par l'Institut international de recherche sur le riz (IIRI), acheter d'une petite entreprise japonaise les droits sur un gène Bt (Byerlee et Fischer, 2002). Il faut savoir toutefois que bien peu de technologies essentielles sont mises en vente.

Troisième possibilité: les accords de transfert de matériel (ATM) et les contrats de licence. Les ATM fixent les conditions relatives à la recherche seulement, les modalités de mise en marché étant déterminées à une date ultérieure. Cette façon de procéder est moins onéreuse au départ, mais rien ne garantit à la société effectuant la recherche qu'elle sera autorisée à commercialiser la technologie développée ultérieurement. Les contrats de licence, en revanche, fixent l'ensemble des modalités de mise en marché, de paiement et de partage des bénéfices. Les ATM et les contrats de licence sont les véhicules les plus souvent utilisés pour le transfert de technologie et de connaissances (sauf dans certains pays où l'on

préfère la première option, l'utilisation sans autorisation).

Les alliances et les entreprises en coparticipation constituent un quatrième choix. Dans le cas des entreprises en coparticipation, qui en général comportent des ATM et des contrats de licence, les deux parties s'entendent sur la nature de leur apport sous forme d'actifs et sur le partage des bénéfices. La nécessité de partenariats public-privé dans le contexte de l'assistance aux cultivateurs pauvres des pays en développement suscite d'ailleurs un consensus de plus en plus large (Byerlee et Fischer, 2002; Pingali et Traxler, 2002).

Cinquièmement, les technologies brevetées utiles aux pauvres pourraient être cédées à titre humanitaire. Une difficulté subsiste cependant: les marchés sont trop restreints pour permettre aux grandes sociétés privées d'y trouver leur compte. Si ces dernières acceptaient de faire don de leurs technologies, elles exigeraient en échange de conserver leurs droits de brevet afin de pouvoir les rentabiliser ailleurs. Pour bien asseoir les partenariats public-privé destinés à aider les agriculteurs pauvres, il faudrait donc, d'une part, segmenter les marchés de manière à assurer aux institutions publiques des droits d'utilisation sur tout produit innovant fourni par leur partenaire privé ou mis au point conjointement et, d'autre part, autoriser les compagnies privées à vendre les produits aux agriculteurs commerciaux. Bon nombre d'accords de ce type – avec segmentation par culture, région, revenu national et statut commercial – ont été négociés, notamment pour le riz doré, mais leur efficacité n'a pas encore été démontrée. Les expériences tentées avec le coton Bt et le soja HT donnent toutefois à penser que ce système serait très difficile à instaurer.

Les éléments d'un bon partenariat

Pour assurer le succès d'un partenariat, les parties doivent définir clairement leurs objectifs, évaluer correctement leurs atouts, identifier leurs champs de complémentarité et déterminer les possibilités de se partager les marchés (Byerlee et Fischer, 2002). Elles doivent aussi reconnaître qu'elles cultivent des valeurs et des objectifs différents: la recherche du bien de la société d'un côté, la recherche du profit de l'autre. Les accords de partenariat sont affaire de négociation.

TABEAU 11
Valeurs et actifs des secteurs public et privé dans la recherche
en biotechnologie agricole

	Secteur public	Secteur privé
Mesure des résultats	Avantages sociaux, y compris la part accordée aux producteurs et aux consommateurs démunis	Bénéfices
Organisations nationales	SNRA publics	Sociétés semencières locales
Actifs principaux	Matériel génétique local diversifié	Connaissances locales
	Connaissances locales	Programmes et infrastructures de sélection
	Programmes de sélection et d'évaluation et infrastructure s'y rapportant	Système de fourniture de semences
	Accès au système de fourniture, y compris la vulgarisation	Réseau de commercialisation
	Capacité en amont dans les SNRA de type I	
	Image positive auprès de la population	
Organisations régionales et mondiales	Centres internationaux du GCRAI	Multinationales du secteur des sciences de la vie
Actifs principaux	Matériel génétique diversifié	Outils biotechnologiques, gènes, connaissances
	Programmes de sélection et infrastructure s'y rapportant	Accès aux marchés des capitaux
	Réseaux mondiaux d'échange et d'évaluation de matériel génétique	Économies en rapport avec les marchés
	Économies en rapport avec les marchés	Compétences dans les rapports avec les organismes de réglementation
	Capacité en amont dans certains centres peu nombreux	Image qui risque d'être négative auprès de la population
	Image généralement positive auprès de la population	

Source: Byerlee et Fischer, 2002.

Sur le tableau 11 figurent les actifs de recherche des différents groupes susceptibles de s'engager dans des partenariats. En général, les institutions publiques sont avantagées par la disponibilité du germoplasme, une bonne infrastructure d'évaluation des variétés végétales et (dans les SNRA solidement implantés) la capacité de conduire de la recherche en amont. La plupart jouissent aussi d'une bonne réputation, ce qui n'est pas négligeable. Les compagnies privées locales ont à leur disposition des savoir-faire particuliers, des programmes de sélection, de même que des systèmes de mise en marché et de distribution des semences. L'apport des sociétés transnationales consiste dans

la biotechnologie, l'accès aux marchés financiers, les économies d'échelle et l'expérience en matière de réglementation. Quant aux instituts affiliés au GCRAI, leurs atouts sont le germoplasme, les programmes de sélection, les échanges internationaux de germoplasme, etc. Germoplasme et gènes sont manifestement des avantages complémentaires. Embrapa (Société brésilienne de recherche agricole) s'est servi de son germoplasme de soja, par exemple, pour mettre sur pied un partenariat avec Monsanto, ce qui lui a valu d'obtenir les gènes et la technologie de transformation végétale Roundup Ready®. Ensemble, ils ont produit plusieurs variétés de soja RR conçues expressément pour le marché brésilien.

Le partenariat public-privé à l'œuvre

Les instituts de recherche, publics et privés, mettent actuellement à l'essai divers types de partenariat et de modalités de transfert de technologie. À ce jour, peu ont réussi à mettre au point des produits innovants utiles, et encore moins à les diffuser dans les milieux agricoles pauvres. Les obstacles juridiques et réglementaires ont retardé les opérations de commercialisation. Mais certaines entreprises en coparticipation ont réussi. Nous les décrivons ci-dessous dans leurs grandes lignes, avant d'en souligner les caractères communs.

Les plus grands succès à ce chapitre ont été obtenus par les compagnies chinoises de semences Ji Dai et An Dai. Ji Dai est une entreprise en coparticipation associant deux sociétés américaines (Monsanto et D&PL) et la Compagnie de semences de la province du Hebei. An Dai regroupe les deux mêmes sociétés américaines et la Compagnie de semences de la province de l'Anhui. En vertu des accords, Monsanto fournit le gène Bt, et D&PL les variétés de coton, tandis que les compagnies chinoises se chargent de l'évaluation des variétés, de même que de la multiplication des semences et de leur distribution dans les réseaux provinciaux et au-delà. Les ventes enregistrées à ce jour par Ji Dai et An Dai totalisent quelque 2 000 tonnes de semences de coton et les surfaces agricoles plantées en variétés Bt dépassent le million d'hectares (compte tenu des semences conservées à la ferme et de celles vendues sans autorisation par d'autres compagnies). Toutes les semences de Ji Dai et An Dai sont vendues aux petits agriculteurs (moins de 2 ha). Ceux-là cependant ne se classent pas tous parmi les pauvres; les deux tiers environ des ménages ayant adopté le coton Bt gagnaient un revenu annuel équivalant à moins de 360 dollars EU après conversion au taux officiel (voir, au Chapitre 4, l'analyse de l'impact économique du coton Bt en Chine).

Pour les entreprises partenaires, ce type d'entente présentait un attrait financier tout en leur procurant une bonne visibilité. En s'associant à des compagnies publiques, les sociétés américaines espéraient gagner assez de poids politique pour pouvoir faire approuver par les comités provinciaux de biosécurité les variétés de coton génétiquement modifiées et, par la suite, les

mettre en production à grande échelle. Elles espéraient aussi obtenir par le biais de leurs partenaires un certain contrôle du marché leur permettant de hausser les prix jusqu'au niveau de la rentabilité. Dans le premier cas, leurs attentes ont été satisfaites: certaines provinces ont accordé les approbations sollicitées. En ce qui concerne le contrôle du marché, en revanche, les résultats ont été moins probants, les compagnies chinoises étant elles-mêmes à l'affût de bonnes occasions d'affaires. Jusque-là, la semence de coton n'avait pas présenté d'intérêt commercial. Avec l'introduction du gène Bt, elle prenait beaucoup de valeur, il devenait avantageux d'en faire commerce, et les provinces renouaient avec une culture de rapport importante (que plusieurs infestations d'insectes nuisibles avaient précédemment endommagée).

L'adoption du coton Bt par les petits agriculteurs des plaines de Makhathini, en Afrique du Sud, offre un autre exemple de transfert de technologie ayant bénéficié aux milieux agricoles pauvres. Ce territoire est situé dans une zone de projet gouvernemental visant exclusivement les petits cultivateurs africains, dont bon nombre n'ont pas accès à l'eau d'irrigation. Dans ce cas, Monsanto, D&PL et Clark¹¹ (première entreprise d'achat et d'égrenage de coton du pays) a investi dans du personnel technique et d'autres ressources spéciales pour former les agriculteurs à l'utilisation du coton Bt. La compagnie a également collaboré avec la station de recherche et le service de vulgarisation publics locaux, et avancé du crédit pour financer l'achat d'intrants et les coûts de main-d'œuvre. Les premières années, ces fonds de crédit, assortis de taux d'intérêt fixés par le gouvernement, provenaient de la banque d'État, la Land Bank. Presque tous les producteurs de coton de Makhathini se sont convertis au coton Bt et la plupart semblent en avoir tiré une augmentation sensible de leur revenu (l'impact économique du coton Bt en Chine est analysé au Chapitre 4).

Les entreprises privées d'Afrique du Sud qui participent à ce programme semblent motivées par des considérations à la fois

¹¹ Clark, propriété de la coopérative agricole OTK, est propriétaire à son tour de Vunisa, qui traite directement avec les cultivateurs des plaines de Makhathini.

politiques et sociales. Les autorités pressent l'ensemble du secteur privé de lancer plus de projets d'affaires à incidence sociale. Le succès du coton Bt dans les plaines de Makhathini a été une excellente source de publicité pour les compagnies. Les revenus supplémentaires qu'elles tirent de la vente des nouvelles variétés ne compenseront pas toutes les dépenses liées à la recherche et à la vulgarisation, mais elles gagnent en revanche une précieuse expérience, apprenant à monter des stratégies d'affaires adaptées aux pays pauvres d'Afrique.

Exemples de réussites en matière de recherche appliquée

Les accords de recherche-développement de type collaboratif sont nombreux au Brésil, et d'autres pays à solides capacités de recherche publique et privée auraient intérêt à s'inspirer de cet exemple. Prenons l'entreprise en coparticipation Embrapa-Monsanto ciblant le soja transgénique, mentionnée plus haut. Embrapa fournit les variétés et une petite part de la technologie de transformation végétale, tandis que les gènes et l'essentiel de la technologie de transformation sont à la charge de Monsanto. Cette dernière écoulera le soja génétiquement modifié par l'entremise de son groupe de vente, et Embrapa récoltera des redevances. Une partie des profits retournera dans un fonds de recherche créé pour appuyer la production durable de soja.

La collaboration peut aussi prendre la forme d'accords entre, d'une part, des firmes privées ou des coopératives de pays en développement et, d'autre part, des scientifiques (qu'elles embauchent directement) ou des laboratoires d'universités ou d'institutions publiques dont elles louent les services. Ainsi, la Coopérative de producteurs de canne à sucre, sucre et alcool (COPERSUCAR) a élaboré des variétés de canne à sucre transgéniques et résistant aux virus en confiant à des spécialistes de l'Université de São Paulo à Campinas, de l'Université du Minnesota et de Texas A&M des mandats de recherche spécifiques pour lesquels elle n'avait pas les capacités internes requises. Résultat, COPERSUCAR possède aujourd'hui un nouveau produit conforme à la réglementation de la biosécurité et prêt à être mis en production quand seront délivrées les autorisations officielles (Pray, 2001).

Par ailleurs, plusieurs SNRA de moindre envergure mais plus avancés se sont alliés à de grandes entreprises pour créer de nouvelles technologies. On trouve en Égypte un bon exemple de ce type d'association (Byerlee et Fischer, 2002): ici, l'Institut de recherche agricole en génie génétique (AGERI) (un organisme public de recherche) et la société Pioneer Hi-Bred ont créé ensemble un nouveau gène Bt. Ce faisant, le partenaire égyptien a obtenu un accès aux compétences scientifiques nécessaires pour élaborer une souche Bt locale (l'innovation) et pour former son personnel. Le partenaire privé, qui de son côté a payé les coûts afférents aux demandes de brevet, a désormais à sa disposition un nouveau produit qu'il pourra commercialiser hors de l'Égypte.

Considérons enfin un arrangement qui lie depuis une décennie Monsanto et l'Institut de recherche agricole du Kenya. Cette collaboration, où Monsanto a fourni le gène et formé un scientifique kenyan aux méthodes biotechnologiques, a débouché sur la mise au point de variétés de patates douces résistantes aux virus. Actuellement au stade des essais sur site, ces nouveaux produits devraient pouvoir être mis en marché d'ici quelques années.

Exemples de collaborations prometteuses

Les petits pays où les SNRA sont moins bien implantés peuvent n'avoir d'autre choix pour se procurer la technologie transgénique que de faire appel aux centres de recherche internationaux du GCRAI ou aux compagnies régionales titulaires de brevets. Les centres internationaux ont lancé à ce jour quelques entreprises en coparticipation en vue d'assurer aux agriculteurs pauvres l'accès à certaines innovations. Par exemple le projet multipartite associant le Kenya, CIMMYT et Syngenta et visant à l'élaboration de maïs Bt pour l'Afrique de l'Est; le partenariat entre l'IRRI, des laboratoires d'État européens et Syngenta visant le riz doré; et le projet international mixte de génomique du riz dirigé par l'IRRI (Byerlee and Fischer, 2002).

Récemment, plusieurs nouveaux programmes multinationaux destinés à améliorer l'accès des populations pauvres aux innovations technologiques ont été mis sur pied. La Fondation africaine de technologie agricole (AATF) est une société sans but lucratif financée à l'origine par la Fondation

Rockefeller. Elle a pour mandat d'obtenir et d'exploiter des licences appartenant à de grandes firmes de biotechnologie pour une utilisation à titre humanitaire, et de les mettre gratuitement à la disposition des scientifiques œuvrant dans les pays pauvres d'Afrique¹². Le Centre pour l'application de la biologie moléculaire à l'agriculture internationale, en Australie (CAMBIA), s'emploie de son côté à faciliter l'accès à l'information concernant les biotechnologies brevetées et à créer d'autres produits innovants, non brevetés, à l'intention des chercheurs dans les pays pauvres¹³. Enfin, le nouveau programme américain IP Clearing House, créé en vue de faciliter l'accès à la propriété intellectuelle détenue par les universités et les instituts publics de recherche, vise à préparer une trousse biotechnologique à coût modéré pour les chercheurs du secteur public des pays industrialisés ou en développement.

Ce qui distingue les partenariats réussis

Les entreprises en coopération qui ont effectivement conduit à un transfert ou à la création de nouvelles technologies avaient des points communs. Premièrement, les deux parties avaient beaucoup à tirer du succès de leur collaboration. Les profits sont sans doute le premier incitatif dans les associations de longue durée, mais les gains souhaités ne sont pas toujours d'ordre financier. Deuxièmement, les gouvernements avaient la volonté et la capacité de négocier avec l'entreprise privée (dans nombre de pays, la méfiance à l'égard du secteur privé et l'inexpérience rendent la chose très difficile). Troisièmement, les deux partenaires se sont engagés à investir beaucoup de temps et d'argent sur une longue période; la recherche-développement de nouveaux produits est toujours plus longue qu'on ne le croit. Quatrièmement, les entreprises en coopération bénéficiaient d'apports financiers du partenaire public (dans le cas de l'Égypte et du Kenya, les fonds provenaient de donateurs étrangers). Cinquièmement, pour les systèmes nationaux plus fragiles, la présence d'un intermédiaire, tel le Service international d'acquisition d'applications

agrobiotechnologiques, ou un institut GCRAI, est parfois nécessaire pour s'assurer que la technologie est en rapport avec les besoins du pays. Les partenariats ne cessent d'augmenter, en nombre et en diversité. Un examen systématique de leurs conditions de succès serait de la plus grande utilité.

Conclusions

La domination du secteur privé dans la recherche et la commercialisation des produits agricoles issus de la biotechnologie soulève bien des inquiétudes. L'état actuel des connaissances sur l'impact de la recherche transgénique dans les pays en développement montre que les nouvelles technologies bénéficient aux agriculteurs pauvres dans la mesure où ils y ont accès et où elles répondent à leurs besoins. Le présent chapitre fait état de trois catégories de mesures qui faciliteraient l'accès des pauvres à ces technologies.

En premier lieu, il convient d'adopter des mesures pour encourager l'investissement privé dans la recherche et la commercialisation d'applications biotechnologiques utiles aux populations pauvres. Il pourrait s'agir d'incitatifs commerciaux tels que des réglementations de biosécurité plus efficaces, de meilleures protections de la propriété intellectuelle, d'incitatifs à la recherche, et de récompenses en argent soulignant les innovations destinées aux agriculteurs de subsistance.

En deuxième lieu, il faut stimuler la recherche publique. Pour se maintenir à long terme, la recherche publique en faveur des pauvres a besoin de groupes de défense de ses intérêts. Un appui local efficace ne peut venir que de groupes et de donateurs locaux déterminés à agir pour réduire la pauvreté. L'appui de la communauté internationale aux travaux de recherche biotechnologique des Centres de recherche internationaux en agronomie (IARC) est également essentiel, et nous espérons qu'il se consolidera quand l'arrivée sur le marché de produits innovants pour les pauvres aura démontré leur utilité.

Les partenariats public-privé permettant d'exploiter efficacement la technologie brevetée par les secteurs public et privé des pays développés sont à encourager aussi. Les

¹² Voir le site <http://www2.merid.org/AATF>.

¹³ Voir le site [at http://www.cambia.org](http://www.cambia.org).

gouvernements peuvent jouer un rôle actif à ce chapitre.

Quatrièmement, il convient d'accélérer les investissements en vue de renforcer la capacité à élaborer des variétés végétales (par la sélection) et à mettre en place des systèmes de semences. Les investissements biotechnologiques ne produiront les résultats escomptés pour les agriculteurs pauvres qu'à cette condition.

Aussi utiles qu'elles soient, cependant, ces mesures ne garantissent aucunement que les technologies innovantes atteindront leur cible. Lorsque l'on songe que, chez

les plus démunis des cultivateurs, les techniques conventionnelles ne sont même pas encore en usage, le doute est permis. Les politiques publiques offrent-elles une solution? Les acteurs du développement se doivent de continuer à travailler pour identifier les facteurs qui bloquent l'accès des petits agriculteurs à la technologie et à ses avantages. Il ne vaudra la peine pour le secteur public d'investir dans la recherche biotechnologique que si les obstacles au transfert des techniques conventionnelles vers les agriculteurs de subsistance sont enfin surmontés.

8. Le renforcement des capacités de la biotechnologie applicable à l'alimentation et à l'agriculture

Les études de cas examinés au Chapitre 4 font apparaître que les petits agriculteurs des pays en développement peuvent tirer profit des cultures transgéniques, tout comme ils ont bénéficié, par le passé, d'autres innovations technologiques renforçant la productivité. Cependant, l'obtention de tels avantages n'est pas automatique: encore faut-il, en effet, que les pays adoptent des politiques adéquates et se dotent de capacités institutionnelles et techniques permettant de diffuser les innovations pertinentes parmi les agriculteurs à un coût accessible. Contrairement à la révolution verte, qui était, rappelons-le, basée sur une stratégie explicite de transfert international de technologies améliorées sous forme de biens publics gratuits, la quasi-totalité des variétés de cultures transgéniques, ainsi que la plupart des autres innovations de la biotechnologie agricole, sont élaborées et diffusées par le secteur privé. Dans le Chapitre 7, certaines des stratégies visant à améliorer la recherche publique et privée et à renforcer les partenariats de développement de technologies orientées vers les problèmes touchant les populations pauvres ont été traitées.

Cependant, la diffusion de la biotechnologie aux agriculteurs manquant de ressources, en particulier dans les pays pauvres qui pourraient tirer un avantage substantiel de telles innovations, se heurte à plusieurs barrières. L'utilisation sans danger et bien informée de la biotechnologie nécessite que l'on dispose d'une capacité suffisante en matière de formulation des politiques, de recherche agricole, de ressources financières et de filières de commercialisation; elle exige, en outre, un cadre assurant la protection des droits de

propriété intellectuelle et la capacité de gérer les questions d'ordre réglementaire touchant à la sécurité sanitaire des aliments, à la santé des êtres humains et du bétail, et enfin à la sécurité de l'environnement. En dépit de l'évolution très rapide de la biotechnologie et du rôle fondamental qu'elle est vouée à jouer bientôt dans la poursuite du développement agricole et économique, on observe encore un important déficit dans la plupart des pays en développement – notamment parmi les moins développés – pour ce qui est de l'aptitude à dresser un bilan de leur situation spécifique, à honorer leurs engagements et à tirer parti des perspectives que pourrait offrir la biotechnologie. Bien souvent, l'absence de cadre directeur se conjugue à une difficulté à se conformer aux instruments internationaux régissant la biotechnologie.

À noter, parmi les problèmes les plus fréquents auxquels se heurtent les pays en développement et les pays en transition:

- une carence de capacité, au sein des ministères et de leurs rouages, en ce qui a trait à l'analyse des options, la fixation de priorités en matière d'investissement et la formulation de politiques orientées vers la diffusion de la biotechnologie dans l'alimentation et l'agriculture, à l'appui des objectifs nationaux de développement;
- l'exiguïté des moyens techniques, juridiques et administratifs servant à l'adoption et à l'application de procédures réglementaires régissant notamment la biosécurité, l'évaluation des risques et les droits de propriété intellectuelle, mais aussi à la protection des connaissances et des ressources locales, et enfin aux campagnes de communication visant à faire mieux

accepter les nouvelles technologies par le public;

- l'insuffisance des ressources et des capacités servant à concevoir, mettre sur pied et exploiter les infrastructures nécessaires à la création, à l'adaptation, au transfert et à la réglementation des applications de la biotechnologie à l'alimentation et à l'agriculture, y compris sous forme de contexte propice à une collaboration plus intense entre les secteurs public et privé.

Les capacités nationales en matière de biotechnologie agricole

Pour que la biotechnologie soit applicable avec succès et de façon durable à l'alimentation et à l'agriculture, il convient avant tout de disposer d'une capacité à la fois solide et dynamique aux niveaux techniques et institutionnels, tout comme en matière de gestion. Or, le potentiel de gestion efficace de la biotechnologie agricole varie considérablement dans les différents pays en développement ou à économie en transition, notamment en ce qui touche au potentiel applicable à la recherche et à la gestion réglementaire de la biotechnologie agricole – notamment sous l'angle des droits de propriété intellectuelle.

On a observé, ces dernières années, un renforcement régulier de la capacité biotechnologique agricole dans plusieurs grands pays, en particulier au Brésil, en Chine et en Inde, où des ressources humaines et financières importantes ont été consacrées à la recherche et au développement dans ce domaine, tandis que se renforce parallèlement leur expérience en matière de commercialisation des produits issus de la biotechnologie. On voit en outre apparaître plusieurs thèmes d'intérêt commun dans les pays du monde en développement dont les gouvernements ont consacré des investissements publics substantiels à la recherche portant sur la biotechnologie agricole. Dans ces pays, les instituts nationaux de recherche sont encouragés à s'impliquer activement dans des programmes de recherche coopératifs, bilatéraux ou internationaux, intéressant différentes branches de la biotechnologie agricole. En second lieu, la science et la technologie,

et la biotechnologie en particulier, ont été spécifiquement signalées, dans le cadre des politiques nationales, comme constituant un moteur important de croissance économique du secteur agricole comme du secteur de la santé. En troisième lieu, les programmes publics de recherche agricole ont contribué de façon marquante au développement rapide de l'agriculture, induisant à son tour une véritable explosion de la technologie de l'information et de ses contributions à leurs économies, parallèlement aux espoirs d'une croissance analogue par le biais de la biotechnologie médicale et agricole.

C'est vers le milieu de cette échelle que se situent les pays en développement qui, telles l'Indonésie et l'Égypte, commencent à incorporer progressivement la biotechnologie à leurs programmes de recherche agricole. En règle générale, ces pays disposent d'une capacité de recherche agricole conventionnelle relativement forte, et ils s'attachent à développer une capacité biotechnologique vigoureuse dans différents domaines.

Enfin, vers le bas de l'échelle, on trouve les pays qui n'ont pas beaucoup avancé dans l'application directe des outils et des techniques, hormis dans l'application de techniques relativement simples comme la micropropagation et la culture des tissus. Là encore, on retrouve plusieurs convergences thématiques entre les pays. Ainsi, les efforts en matière de recherche sont restés plus modestes et, bien souvent, plusieurs programmes voisins se retrouvent dispersés sur un grand nombre de produits et d'instituts. Souvent, ces mêmes programmes sont étroitement tributaires des financements des donateurs, et toute interruption pourrait en sonner le glas. De plus, la commercialisation et la gestion des produits biotechnologiques sont virtuellement absentes; manque également la masse critique nécessaire pour en promouvoir l'acceptation par la population. Bien souvent, les pouvoirs publics n'accordent pas une priorité suffisante à la recherche agricole, et, lorsqu'elles existent, les politiques de soutien à la recherche agricole en général et à la biotechnologie agricole en particulier ne sont pas appliquées. Ainsi, les lourdes entraves qui pèsent sur les progrès de la biotechnologie agricole dans ces pays limitent considérablement les avantages

qu'ils pourraient tirer de la recherche et du développement applicables à ce domaine.

La base de données FAO-BioDeC¹⁴ fournit des informations de référence parfaitement à jour sur les produits et techniques de la biotechnologie utilisés ou en voie de l'être dans les pays en développement et dans les pays aux économies en transition. Cette base de données, qui contient actuellement près de 2 000 entrées provenant de 70 pays, est axée sur la recherche, les essais et la commercialisation de technologies et de produits agricoles spécifiques dans des pays en développement. Bien que d'une ampleur limitée, cet ensemble de données donne un aperçu des différents stades d'adoption et de développement de ces technologies dans divers pays et régions, tout en offrant la possibilité d'identifier les carences, mais aussi les partenaires potentiels pour des initiatives conjointes dans des domaines d'intérêt commun.

Outre les variations de capacités en matière de recherche, on observe d'un pays à l'autre d'importantes disparités quant à la capacité de réglementer la biotechnologie. L'éventail, en la matière, va de ceux qui disposent de régimes DPI et de cadres réglementaires solides en matière de sécurité sanitaire des aliments et d'environnement, aux pays dont la capacité de gestion de tels problèmes est minime, voire inexistante.

Les activités d'envergure internationale visant à renforcer les capacités en matière de biotechnologie agricole

Un certain nombre d'organismes privés, gouvernementaux, non gouvernementaux et interétatiques participent, parfois de façon multidimensionnelle, aux programmes de renforcement des capacités dans le domaine de la biotechnologie. Les axes directeurs de ces activités sont l'aide à l'élaboration des politiques, la recherche, le transfert de technologies, les mesures de biosécurité et la surveillance réglementaire qui l'accompagne, l'élaboration de textes législatifs pertinents et la sensibilisation du public. Le

renforcement du niveau de compétence en matière décisionnelle, institutionnelle et technique donne lieu à une vaste gamme d'activités déployées par des organismes tels que le Service international pour la recherche agricole nationale (ISNAR), le Service de biotechnologie (IBS), le Centre international de génie génétique et de biotechnologie (CIGGB), le Service international d'acquisition d'applications agrobiotechnologiques, le Fonds pour l'environnement mondial (FEM), l'Organisation des Nations unies pour le développement industriel (ONUDI), l'Agence des États-Unis pour le développement agricole (USAID) et d'autres encore. Bien que les services offerts par ces organisations donnent lieu à certains chevauchements, chacune d'entre elles remplit une fonction distincte, ou en tout cas privilégie davantage certains domaines. On ne dispose pas d'informations d'envergure mondiale sur l'éventail complet des activités qui occupent le champ de la biotechnologie agricole; toutefois, la base de données spécialisée dans le renforcement des capacités en matière de biosécurité, qui relève du Centre des échanges d'informations sur la prévention des risques biotechnologiques¹⁵ fournit un bon aperçu général des différentes initiatives déployées dans ce domaine à l'échelle mondiale.

Le rôle de la FAO et l'aide aux pays membres

La FAO, qui offre une enceinte où peuvent dialoguer tous les pays du monde, est en outre dépositaire d'informations à caractère statistique. Elle est ainsi en mesure de jouer un rôle pivot dans la fourniture, aux États Membres, d'orientations à fondement scientifique touchant la biotechnologie agricole, ainsi que dans la fixation de normes. On trouvera, ci-dessous, quelques-unes des principales activités axées sur la biotechnologie:

- La promotion d'organismes internationaux de normalisation. La FAO appuie plusieurs accords qui influent directement sur les applications agricoles de la biotechnologie, en particulier l'Accord SPS de l'OMC et les accords sur

¹⁴ Disponible à http://www.fao.org/biotech/inventory_admin/dep/default.asp.

¹⁵ Disponible à <http://bch.biodiv.org/Pilot/CapacityBuilding/SearchOpportunities.aspx>.

ENCADRÉ 27

La FAO et le renforcement des capacités concernant les biotechnologies agricoles au Bangladesh

En 2002, la FAO et le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) ont procédé à une évaluation de l'état de l'application des biotechnologies au Bangladesh. Sur la base de cette évaluation, le Gouvernement du Bangladesh a récemment formulé un Programme national pour les biotechnologies qui vise à utiliser celles-ci comme une méthode complémentaire importante de lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté, deux problèmes qu'il est urgent de résoudre dans le pays. Le Programme favorisera la prise de conscience à tous les niveaux, mettra en place et en œuvre les politiques, stratégies et partenariats appropriés, renforcera l'investissement, l'appui institutionnel et commercial, et entreprendra des recherches-développement biotechnologiques clairement définies. Les principaux volets du Programme sont les suivants:

- **Politique nationale pour les biotechnologies, mise en œuvre et gouvernance de celle-ci.** Ce volet est consacré aux aspects technologiques et d'autoassistance de l'application des biotechnologies. Une équipe spéciale nationale pour le développement durable des biotechnologies, placée sous la

présidence du Secrétaire principal du cabinet du Premier Ministre, veillera à ce que cette politique soit efficacement mise en œuvre. L'équipe spéciale assurera la gouvernance transparente et efficace et suscitera la confiance requise de toutes les parties prenantes.

- **Mesures réglementaires propices.** Des cadres législatifs et réglementaires pour les droits de propriété intellectuelle, les ADPIC, la prévention des risques biotechnologiques et l'accès aux nouvelles technologies et aux nouveaux produits, ainsi que la négociation de ceux-ci, conformément aux besoins nationaux et aux aspirations et aux droits des agriculteurs, seront mis en place et renforcés. Les installations efficaces de confinement, les capacités d'analyse du risque et autres capacités liées à la prévention des risques biotechnologiques et les ressources humaines nécessaires pour gérer les aspects réglementaires sont prioritaires. L'introduction, l'évaluation et la commercialisation du «riz doré BR29» (variété d'élite de riz du Bangladesh transformée à l'IRRI pour une teneur élevée en bêta-carotène) feront l'objet d'opérations

les obstacles techniques au commerce (OTC), et notamment la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) et la Commission du Codex Alimentarius, ainsi que le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et à l'agriculture, qui porte sur la consommation et l'utilisation durables des ressources génétiques végétales pour l'alimentation et l'agriculture, ainsi que sur le partage équitable des avantages qui en découlent.

- Le renforcement des capacités par le biais de l'assistance et de la formation technique. La FAO aide les pays

membres dans plusieurs domaines: renforcement de leur cadre juridique et réglementaire en conformité des obligations internationales; formation, amélioration des installations et des institutions en vue d'une utilisation sans danger de la biotechnologie dans les domaines de l'alimentation et de l'agriculture; élaboration d'un cadre législatif pertinent; et renforcement des capacités de participation aux négociations internationales concernant la biotechnologie, afin d'optimiser les avantages obtenus à l'échelon national. Voir encadré 27 concernant le Bangladesh.

de prestige pour renforcer la capacité nationale d'institution et d'application de mesures réglementaires.

- **Renforcement institutionnel.**

Les institutions de recherche-développement biotechnologique du pays seront renforcées par une dotation en matériel et infrastructures les plus récents, en installations centralisées, en ressources humaines ayant la formation requise, en moyens d'information et de communication et par un renforcement des partenariats entre les secteurs public et privé. La capacité de l'équipe spéciale sera renforcée pour l'établissement de priorités, la prise de décisions fondée sur les systèmes, le traitement détaillé des questions, le renforcement des liens entre la recherche, la vulgarisation, les agriculteurs et le marché et pour la création et la répartition de ressources.

- **Programmes biotechnologiques.**

Le Programme national, après le suivi et l'évaluation requis, sera axé sur les écotecnologies en vue d'une révolution verte permanente, visant en particulier à répondre aux besoins des petits agriculteurs. Les domaines suivants ont été retenus en priorité: production et distribution

de ramets issus de cultures *in vitro*, caractérisation moléculaire des ressources génétiques, diagnostic et production de vaccin recombinant, lutte biologique contre les organismes nuisibles et les maladies, production et commercialisation d'alevins d'un an de qualité, développement de la transgénétique pour la résistance au stress biotique et abiotique, caractères nutritionnels et autres caractères de qualité et sélection assistée par des marqueurs moléculaires.

- **Trois faits nouveaux pour aider**

le Bangladesh à atteindre son

objectif. (a) Pour la première fois,

le Bangladesh a créé une ligne budgétaire pour les biotechnologies dans son budget national; (b) afin d'assurer une efficacité optimale et une coopération interministérielle et d'éviter les gaspillages dus au chevauchement des efforts, l'équipe spéciale est présidée par le Premier Secrétaire du cabinet du Premier Ministre; et (c) le PNUD et d'autres donateurs et organisations internationales ont indiqué qu'ils étaient très intéressés par le financement de cette nouvelle initiative.

- La diffusion des informations. La FAO fournit des informations objectives et à base scientifique sur la biotechnologie agricole; elle recueille, analyse et diffuse des informations en cinq langues, notamment à travers le site Internet de l'Organisation¹⁶ et au moyen de publications. Ce faisant, elle prend en compte le fait que les pays membres et leurs citoyens ont besoin d'informations équilibrées et impartiales concernant les avantages et les risques potentiels de la biotechnologie

Les défis posés par le renforcement des capacités dans le domaine de la biotechnologie agricole

En dépit du large éventail d'activités déployées pour renforcer les capacités, il reste encore beaucoup à faire. Les défis posés sont d'une ampleur inédite par rapport à ceux d'autres révolutions technologiques, y compris la Révolution verte des années 60 et 70. Ainsi, toute application de la biotechnologie nécessite un cadre sécuritaire qui englobe l'environnement, la santé humaine et la santé animale. On se trouve, par ailleurs, face à la revendication

¹⁶ <http://www.fao.org/biotech/index.asp?lang=fr>.

d'une répartition équitable des avantages découlant des ressources génétiques utilisées par la biotechnologie. En outre, il importe d'établir, au sein de la société, un consensus quant à l'utilisation des produits d'origine biotechnologique, par le biais d'une participation entière et pleinement transparente de toutes les parties prenantes à la décision. L'adoption de la biotechnologie pose, entre autres, les grands défis suivants:

- dégager les moyens nécessaires à la couverture des coûts élevés des intrants et du développement;
- créer un contexte porteur pour la promotion de la biotechnologie;
- intégrer la biotechnologie aux programmes de recherche conventionnelle;
- traiter les questions soulevées par le contrôle du secteur privé, le jeu des forces du marché et les répercussions au niveau de la distribution;
- assurer la protection du consommateur et son adhésion;
- renforcer la durabilité des programmes de biotechnologie.

Que ce soit de manière directe ou indirecte, tous ces facteurs affectent le renforcement des capacités, la rétention du personnel et l'équilibre entre les potentiels respectifs des secteurs public et privé. Les coûts initiaux de développement de ces technologies, quoique ne concernant pas exclusivement la biotechnologie, pourraient augmenter encore les difficultés. Il faudra que les pays en développement évitent le piège que représentent la dépendance ou le caractère trop éphémère de leurs programmes de biotechnologie. Quant aux politiques gouvernementales, elles devront créer des mécanismes propres à encourager les investissements du secteur public comme du secteur privé, ainsi que la participation dans la biotechnologie agricole. La recherche entreprise par les secteurs public et privé, quant à elle, devra veiller scrupuleusement à rester complémentaire, et non pas concurrentielle. Enfin, les grandes orientations fixées par les pouvoirs publics devront non seulement promouvoir l'utilisation sans danger de la biotechnologie, mais aussi garantir qu'elle ne dissuade pas les investissements du secteur privé et la collaboration avec les partenaires extérieurs. Il faut rappeler que, dans nombre de pays

en développement, les réformes à vocation progressiste touchant les institutions et les modes d'organisation sont entravées par l'absence de politiques appropriées, voire par une application inadéquate.

Quelles mesures pour l'avenir?

Compte tenu des contraintes évoquées, il importe d'adopter de manière consciente et délibérée une approche holistique orientée vers la durée, vers la multiplicité des parties prenantes et vers la participation, afin de transformer en réalité les avantages potentiels que recèle la biotechnologie agricole. Dans les pays en développement, le besoin se fait davantage sentir d'aller au-delà de la création de nouvelles capacités, pour en garantir la rétention et le renforcement. Les activités déployées à cette fin devront donc viser tous les niveaux: sensibilisation des concepteurs et des décideurs en matière de grandes orientations, mise en place des cadre juridiques et réglementaires nécessaires, renforcement des capacités techniques et réglementaires et, au besoin, remodelage institutionnel. Plus important encore, il faut que soient continuellement déterminées et déployées des ressources humaines compétentes et des capacités institutionnelles adaptées afin que, en concomitance avec les progrès de la biotechnologie, soient constamment évalués, améliorés et appliqués les outils garantissant son utilisation sans danger. Cette mission, qui peut sembler par trop ambitieuse, peut être accomplie si l'on sait faire preuve de fermeté dans l'engagement et dans le partenariat.

9. Conclusions: Répondre aux besoins des plus démunis

L'une des grandes conclusions qui se dégagent de *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture* tient en quelques mots: la biotechnologie peut être utile aux petits agriculteurs dénués de ressources. Ce qu'il faut se demander, c'est par quelles voies elle peut alléger les problèmes des producteurs dans les pays en développement. Dans la panoplie scientifique de création des technologies agricoles appliquées, la biotechnologie tient une place très prometteuse, mais ce n'est pas une panacée.

Les données actuelles indiquent que la biotechnologie touche l'ensemble de l'agriculture, mais la recherche et les applications agricoles – sauf exceptions, essentiellement dans le secteur végétal – se limitent aux pays développés. Le défi consiste maintenant à mettre en place une structure de gérance des innovations qui exploite ce potentiel en faveur des pays en développement.

Les systèmes de production agricole dans le monde en développement sont complexes et variés. Beaucoup de producteurs sont pauvres, pratiquent l'agriculture sur une petite échelle et ne tireraient pas nécessairement profit de toutes les innovations biotechnologiques. Les techniques de reproduction animale, telles que l'insémination artificielle ou le transfert d'embryon, par exemple, très communes en Amérique du Nord et en Europe, exigent des ressources financières hors de proportion et de portée. En revanche, les cultures transgéniques sont d'adoption plus facile du fait que l'innovation est tout entière contenue dans la semence, ce qui en fait la technologie agricole la plus facilement transférable et la moins dépendante de l'échelle des opérations. La biotechnologie moderne ne doit pas être introduite à la pièce mais plutôt être incorporée dans des programmes de recherche et de développement agricoles axés d'abord sur la sélection et l'amélioration des pratiques de gestion.

Le rapport de cette année sur la *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture* fait état d'une deuxième réalité importante: certaines cultures transgéniques, en particulier le coton résistant aux insectes, procurent des gains financiers considérables aux petits cultivateurs; de plus, en reconfigurant l'usage des produits chimiques agricoles, elles présentent également de grands avantages sociaux et environnementaux. À ce jour, tout indique que les exploitants, petits ou grands, peuvent tirer profit des cultures transgéniques résistantes aux insectes.

Les produits transgéniques proviennent en général du secteur privé mais n'en ont pas moins profité largement aussi aux cultivateurs et aux consommateurs. L'on peut en conclure que les monopoles issus des régimes de protection des droits de propriété intellectuelle ne conduisent pas automatiquement à des prises de profits excessifs. Les résultats enregistrés pour le coton Bt en Argentine indiquent plutôt que le degré d'utilisation des produits innovants et, partant, le niveau et la répartition des bénéfices, sont en grande partie déterminés par l'équilibre qui existe entre les droits de propriété intellectuelle des fournisseurs de technologies et les moyens financiers des agriculteurs. Le cas de la Chine montre clairement que la participation du secteur public à la recherche-développement et à la diffusion des semences de coton transgénique facilite l'accès des agriculteurs de subsistance aux nouvelles technologies et leur assure une part raisonnable des profits.

En définitive, ce sont les producteurs et les consommateurs qui tirent les plus gros avantages économiques des cultures transgéniques, et non les compagnies qui les mettent au point et les commercialisent. Selon les données recueillies en Afrique du Sud, en Argentine, en Chine et au Mexique, les petits agriculteurs s'adaptent aussi facilement que les producteurs commerciaux aux nouvelles technologies. Dans certains

cas, ces dernières semblent, même au plan de la gestion, profiter davantage aux petits exploitants. On devra étudier les moyens (structures, mesures d'incitation) de préserver ces avantages à mesure que les innovations agricoles se répandront. Quant à l'importance et à la répartition des bénéfices liés aux cultures transgéniques, il faudra du temps et des études plus précises pour les déterminer.

Selon le rapport, il apparaît également que le déplacement du principal foyer de la recherche agricole, du secteur public vers les transnationales, a d'importantes incidences sur la nature des produits ciblés par les chercheurs, les modes de commercialisation et la répartition des bénéfices entre les acteurs. Naturellement, le secteur privé concentre ses activités sur les cultures et les caractères génétiques intéressant les agriculteurs des pays à revenu élevé dotés de marchés d'intrants agricoles bien développés et lucratifs.

Les dépenses du secteur privé au titre de la recherche agricole peuvent sembler quasi démesurées mais elles sont canalisées, en fait, vers un très petit nombre de variétés végétales issues de la biotechnologie. L'essentiel du budget de recherche des multinationales ne concerne que quatre cultures: le coton, le maïs, le canola et le soja. Les deux plus grandes cultures alimentaires du monde, le riz et le blé, ne récoltent que des miettes par comparaison.

En outre, tout l'investissement privé est orienté vers le secteur commercial des pays développés, avec quelques retombées favorables en direction du secteur commercial des pays en développement. Résultat, les institutions publiques, dont les budgets ne cessent de décroître, sont seules à s'occuper des agriculteurs de subsistance. Elles doivent répondre à tous leurs besoins en matière de recherche et de technologie, mais sont également leurs seuls fournisseurs de semences conventionnelles et de technologies de gestion des cultures et des ressources.

Les grandes sociétés transnationales s'intéressent peu à la promotion du patrimoine agricole public, notamment aux cultures et aux caractères génétiques qui comptent pour les agriculteurs pauvres dans les milieux de production marginaux. L'information dont on dispose

sur la recherche transgénique révèle que les petits exploitants aux ressources limitées sont laissés pour compte, et les données concernant la mise en marché sont plus désolantes encore. Or, la Révolution verte a montré que le transfert international de la technologie agricole est bel et bien possible, en particulier vers les pays dont les capacités de recherche sont suffisantes pour leur permettre d'adapter à leur territoire les cultivars à haut rendement élaborés par les institutions publiques à l'échelle internationale.

Par quels moyens, finalement, les cultivateurs des pays en développement réussiront-ils à profiter des retombées économiques liées aux cultures transgéniques créées et mises en marché par l'entreprise privée? La recherche privée en génomique et en génie génétique pourrait éventuellement rendre des services aux agriculteurs pauvres, en particulier dans les zones marginales. Ainsi, les connaissances issues de la génomique pourraient donner un élan formidable à la recherche sur les cultures tropicales résistantes à la sécheresse.

Ce qu'il faut se demander, c'est s'il existe ou si l'on peut trouver des incitations pour stimuler le partenariat public/privé de façon à permettre au secteur public d'adapter et d'utiliser au bénéfice des pauvres des technologies créées par le privé. Sur quelle base peut-on établir des contrats de licence répondant à cet objectif? Les travaux dont le présent rapport rend compte indiquent que les institutions publiques risquent d'être obligées d'acheter les droits d'utilisation des produits innovants.

Quatrièmement, comme le souligne ce rapport, la biotechnologie n'est pas une panacée, mais une ressource utile à condition d'être conjuguée à des capacités de recherche adaptatives. Les systèmes de réglementation sont d'une grande importance, comme le sont les protocoles de biosécurité. Les pays qui n'en ont pas implanté ou qui ne peuvent le faire de manière transparente, cohérente et fiable, seront peut-être privés d'accès aux nouvelles technologies. Les risques de répercussions néfastes sur l'environnement augmentent là où les cultures ne sont pas l'objet d'évaluations de la biosécurité prenant en compte les conditions agroécologiques locales. De plus, les variétés non autorisées

ne fournissent pas nécessairement le niveau escompté de protection contre les ravageurs, ce qui empêche les cultivateurs de se libérer du recours aux pesticides chimiques ou de la menace d'une résistance accrue.

Enfin, le rapport conclut que, du côté environnemental, les cultures transgéniques ont ceci d'avantageux qu'elles permettent de réduire l'utilisation des pesticides. Les résultats sur ce plan sont excellents en ce qui concerne le coton Bt; presque partout, il requiert beaucoup moins d'insecticide que les variétés de coton conventionnelles. Dans le cas des variétés de soja qui tolèrent les herbicides, le glyphosate a pris la place de produits plus toxiques et plus persistants et, dans bien des cas (pour le coton aussi bien que le soja), le temps de labourage a diminué. Bien qu'il y ait lieu de poursuivre la surveillance, nulle part à ce jour on n'a documenté de dommages environnementaux reliés au déploiement des cultures transgéniques.

Cela dit, comment mettre la Révolution génétique au service des laissés pour compte? Premièrement, la biotechnologie permet, en venant à bout des problèmes de production que la sélection conventionnelle laissait sans solution, d'accélérer les programmes de sélection et de mettre entre les mains des agriculteurs des semences saines. En deuxième lieu, elle donne des cultures résistantes aux insectes nuisibles et aux maladies, éliminant la nécessité d'utiliser des produits chimiques toxiques dommageables pour les milieux naturels et la santé humaine. Troisième avantage, elle fournit des outils diagnostiques et des vaccins utiles pour maîtriser les épizooties dévastatrices. Enfin, elle améliore la qualité nutritive d'aliments de base comme le riz et le manioc, et permet d'élaborer de nouveaux produits pour le secteur de la santé et pour l'industrie.

Ce que la biotechnologie ne saurait faire, en revanche, c'est combler les manques concernant les infrastructures, la réglementation, les marchés, les systèmes de semences et les services de vulgarisation, qui tous nuisent à l'implantation des nouvelles technologies chez les agriculteurs pauvres habitant des régions éloignées. Elle ne peut rien non plus contre les échecs institutionnels, les déboires des marchés ou les insuccès des pouvoirs publics qui, dans un grand nombre de pays, contrecarrent

tous les efforts de développement rural et agricole. Beaucoup reste encore à faire pour mettre les producteurs pauvres sur la voie de l'autonomie afin qu'ils puissent prendre leurs propres décisions en matière d'innovations technologiques.

Beaucoup de technologies agricoles issues de la recherche conventionnelle ont été reléguées aux oubliettes avant même d'atteindre les agriculteurs les plus pauvres, et rien ne permet d'affirmer qu'il en ira autrement de la biotechnologie. Les acteurs du développement doivent poursuivre leurs efforts en vue d'identifier les facteurs qui bloquent l'accès des petits agriculteurs à la technologie et à ses avantages. Le secteur public n'aura intérêt à investir dans la recherche biotechnologique que si les obstacles au transfert des techniques conventionnelles vers les agriculteurs de subsistance sont aplanis.

Les six leçons à retenir pour faire en sorte que les bénéfiques potentiels de la biotechnologie agricole atteindront les zones pauvres sont les suivantes:

- La biotechnologie, y compris le génie génétique, peut rendre service aux agriculteurs de subsistance des pays pauvres à condition que les innovations soient adaptées à leurs besoins et rentables pour eux. À ce jour, un très petit nombre de pays en développement répondent à ces exigences.
- La biotechnologie doit être intégrée à un programme complet de recherche-développement agricole qui donne la priorité aux problèmes des pauvres. Elle ne saurait remplacer la recherche relevant d'autres disciplines, telles que la sélection végétale, la gestion intégrée des ravageurs et des nutriments, ou les systèmes de sélection, d'alimentation et de gestion animales.
- Il convient que les institutions publiques des pays en développement et des pays développés, les donateurs et les centres internationaux de recherche consacrent davantage de ressources à la recherche agricole, y compris à la biotechnologie. La recherche publique est nécessaire pour compenser le peu d'intérêt du secteur privé pour le bien agricole public.
- Les gouvernements auraient intérêt à créer des mesures incitatives et à procurer à l'entreprise privée un

environnement favorable à la recherche, au développement et au déploiement de la biotechnologie agricole. Ils devraient notamment encourager les partenariats public/privé et d'autres stratégies novatrices en vue de mobiliser l'effort de recherche en faveur des pauvres.

- Il y a lieu de renforcer et d'harmoniser les structures de réglementation de manière à les rendre transparentes, cohérentes et scientifiquement sûres, et à mieux protéger l'environnement et la santé publique. Autant une bonne réglementation est essentielle pour gagner la confiance des producteurs

et des consommateurs, autant une réglementation gaspilleuse et tatillonne, qui coûte cher, doit être évitée.

- Le développement des capacités des pays pauvres en matière de recherche agricole et de réglementation relative à la biotechnologie devrait être une priorité pour la communauté internationale. La FAO s'est faite la promotrice d'un programme nouveau et de grande envergure pour assurer aux pays en développement les connaissances et les moyens leur permettant de prendre leurs propres décisions en matière de biotechnologie.

Deuxième partie

APERÇU MONDIAL ET RÉGIONAL

Faits et chiffres



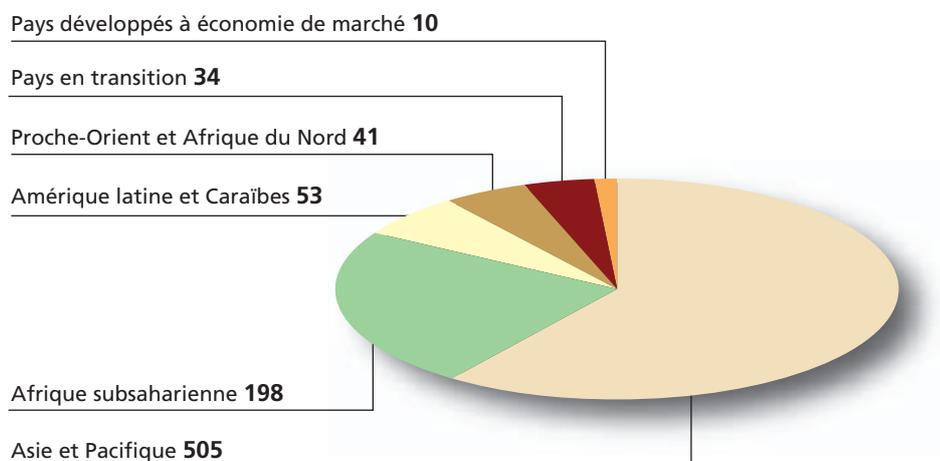
Deuxième partie



1. TENDANCES CONCERNANT LA SOUS-ALIMENTATION

- Selon les estimations de la FAO, 842 millions de personnes souffrent de sous-alimentation dans le monde, dont 798 millions dans les pays en développement, 34 millions dans les pays en transition et 10 millions dans les pays développés.
- Plus de la moitié des personnes sous-alimentées (60 pour cent) vivent dans la région Asie et Pacifique, laquelle est suivie de l'Afrique subsaharienne qui représente 24 pour cent du total (figure 15).
- Le tableau diffère en ce qui concerne la proportion de personnes sous-alimentées dans les différentes régions en développement (figure 16). L'incidence de la sous-alimentation est, de loin, la plus forte en Afrique subsaharienne où, selon la FAO, elle touche 33 pour cent de la population. Ce chiffre est bien supérieur aux 16 pour cent estimés pour la région Asie et Pacifique et aux 10 pour cent estimés pour l'Amérique latine et les Caraïbes et pour le Proche-Orient et l'Afrique du Nord.
- Des progrès ont été accomplis ces 20 dernières années en matière de lutte contre la sous-alimentation dans les pays en développement. Ainsi, l'incidence de la sous-alimentation est passée de 28 pour cent, voilà 20 ans, à 17 pour cent selon les données disponibles pour 1999-2001. Toutefois, la croissance de la population signifie que le recul en chiffres absolus est plus lent. Du reste, la baisse était nettement plus prononcée dans le courant des années 80 et semble s'être atténuée dans les années 90.
- C'est avant tout dans la région Asie et Pacifique que la situation s'est redressée, puisque l'incidence de la sous-alimentation y a diminué de moitié au cours des 20 dernières années (figure 17). En Afrique subsaharienne et en Amérique latine, la croissance

FIGURE 15
Population sous-alimentée par région, 1999-2001 (en millions)



Note: La somme des chiffres de ce graphique ne correspond pas au total de 842 millions car elle a été arrondie.

Source: FAO.

démographique a plus que compensé la baisse très limitée de l'incidence de la sous-alimentation, ce qui a entraîné une hausse du nombre de personnes sous-alimentées. En revanche, l'incidence de

la sous-alimentation en 1999-2001 est globalement équivalente à ce qu'elle était 20 ans plus tôt au Proche-Orient et en Afrique du Nord.

FIGURE 16
Nombre de personnes sous-alimentées dans les pays en développement, par région

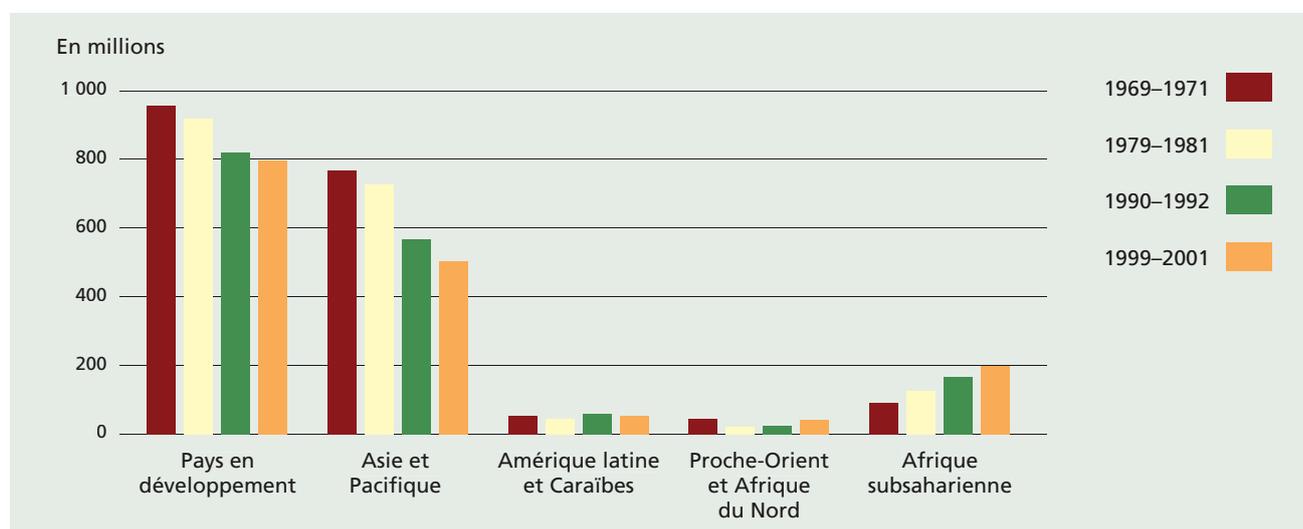
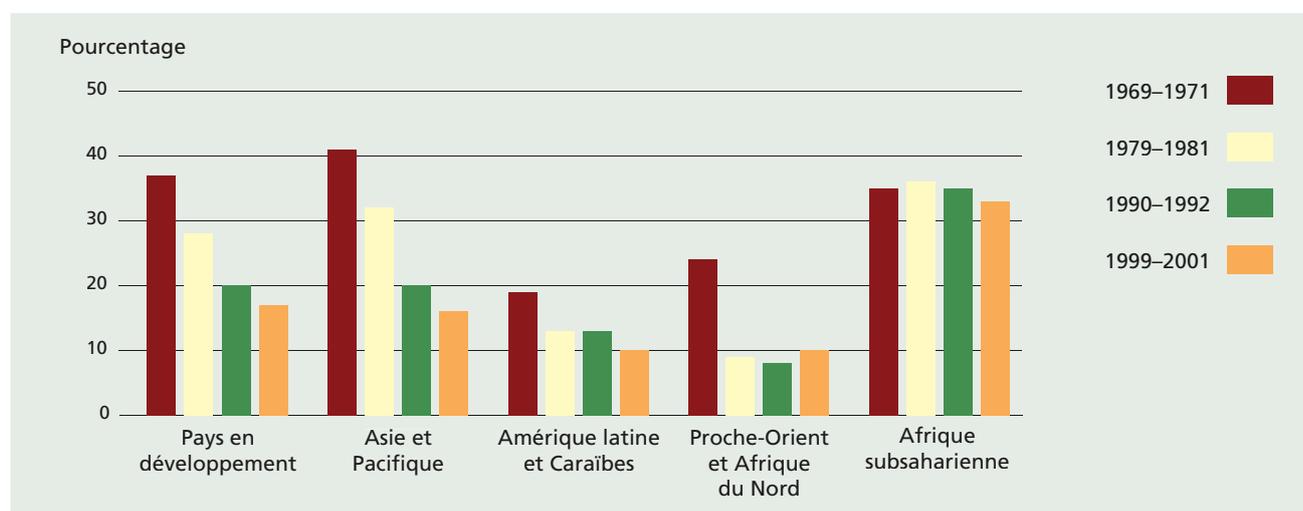


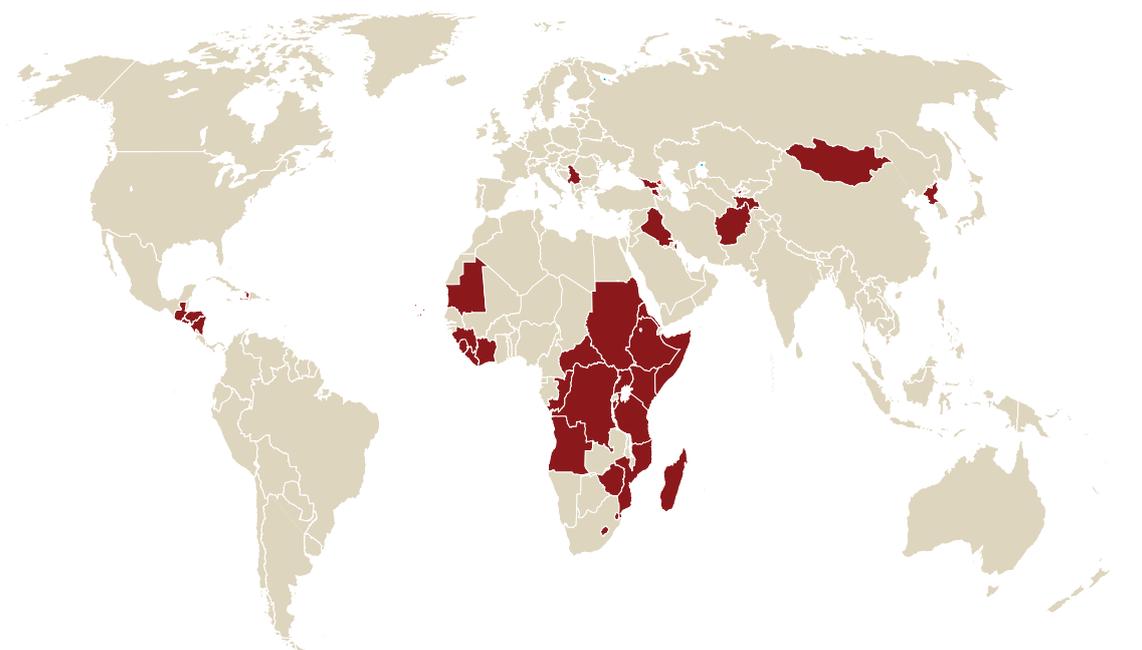
FIGURE 17
Pourcentage de la population sous-alimentée dans les pays en développement, par région



2. CRISES ALIMENTAIRES ET AIDE ALIMENTAIRE

- Les crises alimentaires touchent encore un grand nombre de pays et de personnes. En août 2003, 38 pays étaient confrontés à de graves pénuries alimentaires nécessitant une aide internationale (carte 1). Vingt-trois d'entre eux se trouvaient en Afrique, huit en Asie, cinq en Amérique latine et deux en Europe. Dans beaucoup de ces pays, les répercussions de la pandémie du VIH-SIDA sur la production, la commercialisation, le transport et l'utilisation des denrées alimentaires viennent aggraver les pénuries alimentaires.
- Bien que des conditions météorologiques défavorables soient souvent à l'origine de ces situations d'urgence, les catastrophes dues à l'homme jouent, elles aussi, un rôle important. Les troubles civils, la présence de personnes déplacées à l'intérieur de leur propre pays ou de réfugiés comptent parmi les principales causes de plus de la moitié des crises alimentaires signalées en Afrique et expliquent les deux cas relevés en Europe. Les conflits et les problèmes économiques sont apparus comme la cause principale de plus de 35 pour cent des situations d'urgence alimentaire entre 1992 et 2003.

CARTE 1
Pays confrontés à des urgences alimentaires



TABEAU 12
Expéditions d'aide alimentaire en céréales par habitant (en équivalent grains)

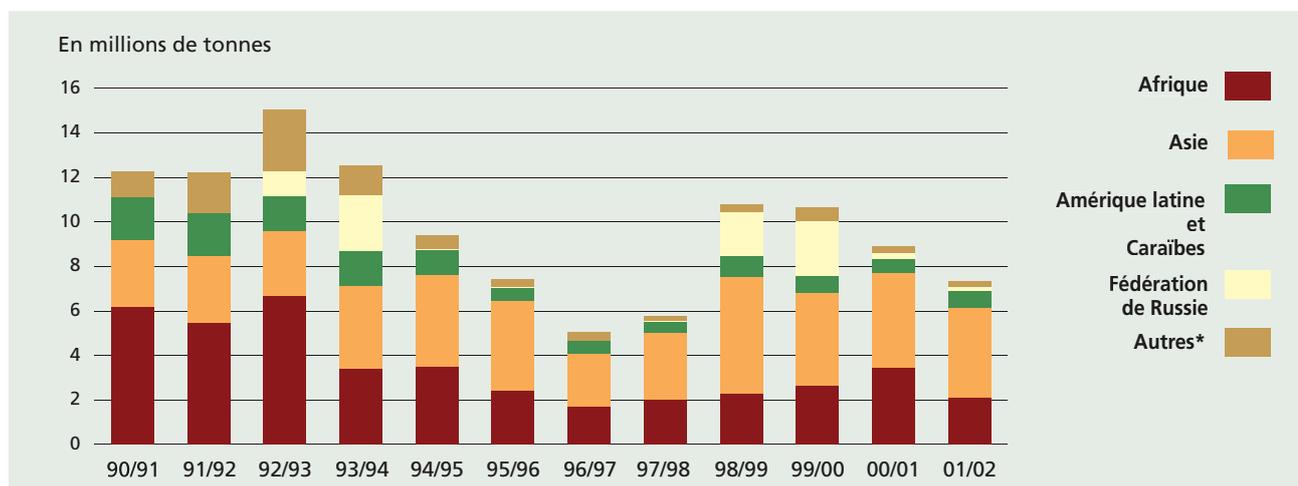
	(Kg par habitant)											
	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02
Afrique	10,0	8,6	10,2	5,0	5,0	3,4	2,3	2,7	3,0	3,4	4,3	2,6
Asie	1,0	1,0	0,9	1,1	1,2	1,2	0,7	0,9	1,5	1,2	1,2	1,1
Amérique latine et Caraïbes	4,4	4,3	3,4	3,4	2,4	1,2	1,2	1,0	1,9	1,5	1,2	1,4
Fédération de Russie			7,6	16,7	0,1	0,5	0,1	0,3	13,6	16,8	2,1	1,1
Autres	1,1	1,6	3,1	1,5	0,7	0,4	0,4	0,2	0,4	0,6	0,3	0,3

Note: les années se rapportent à la période de 12 mois juillet/juin.

Source: PAM.

- La crise internationale qui a frappé les cours du café pendant trois ans a été la première cause de progression de l'insécurité alimentaire en Amérique centrale, où l'on signale que quatre pays sont confrontés à des situations d'urgence alimentaire.
- L'aide alimentaire en céréales est tombée à 7,4 millions de tonnes en 2001/02 (juin à juillet), soit 2,3 millions de tonnes de moins qu'en 2000/01 et le volume le plus faible enregistré depuis 1997/98. Le déclin concerne presque toutes les régions bénéficiaires. En 2001/02, les cinq principaux bénéficiaires de l'aide alimentaire en céréales ont été l'Afghanistan, le Bangladesh, l'Éthiopie, les Philippines et la République populaire démocratique de Corée. Les trois premiers étaient aussi en tête de liste l'année précédente (figures 18 et 19).
- L'aide alimentaire en céréales a enregistré des fluctuations relativement importantes mais son niveau global a baissé par rapport à la fin des années 80 et au début des années 90. Les livraisons ont été plus importantes en 1998/99 et en 1999/2000, du fait surtout des volumes considérables fournis à la Fédération de Russie.
- Les livraisons par habitant ont nettement décliné par rapport au début des années 90 (tableau 12). Abstraction faite des livraisons exceptionnelles à la Fédération de Russie certaines années, l'Afrique demeure le plus gros bénéficiaire par habitant, même si les volumes sont très inférieurs à ceux qu'elle a connus voilà 10 ans.

FIGURE 18
Bénéficiaires d'une aide alimentaire en céréales
 (En équivalent céréales)

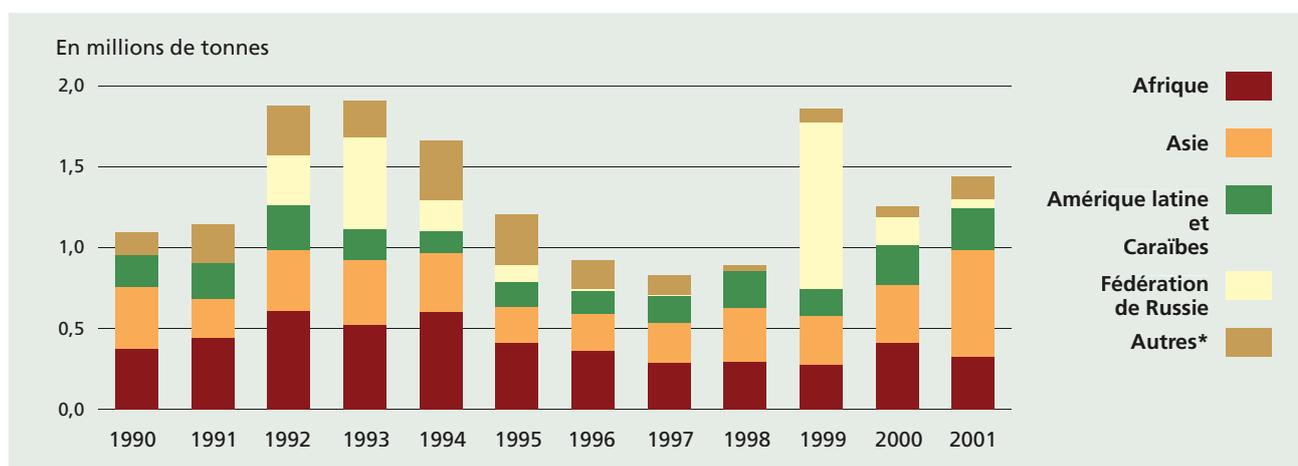


* Y compris les pays en transition

Note: Les années concernent la période de 12 mois allant de juillet à juin.

Source: PAM.

FIGURE 19
Bénéficiaires d'une aide alimentaire autre qu'en céréales
 (En équivalent céréales)



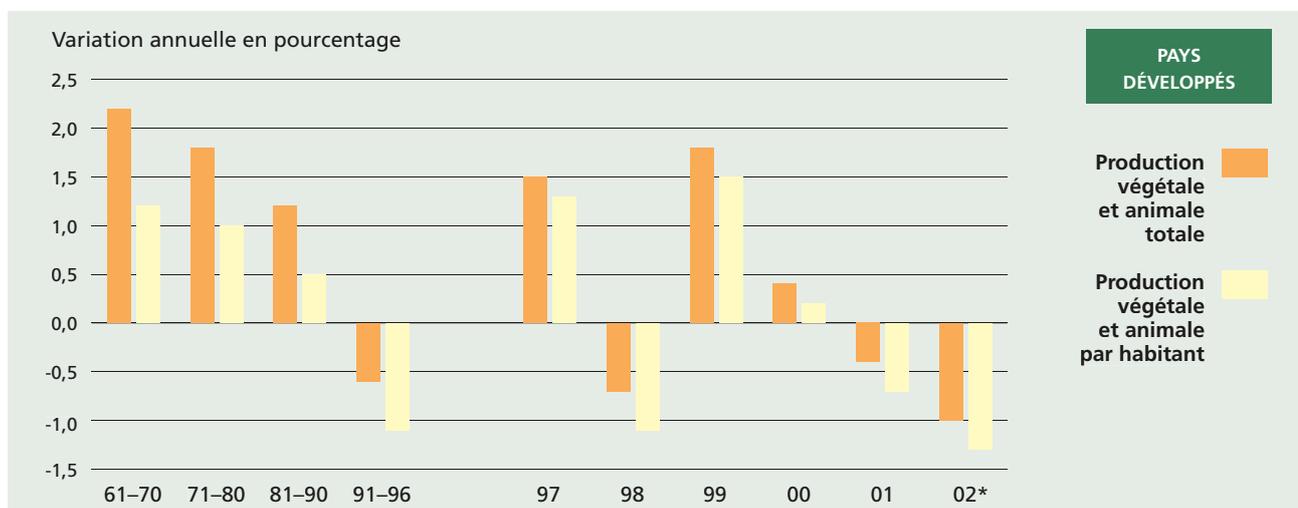
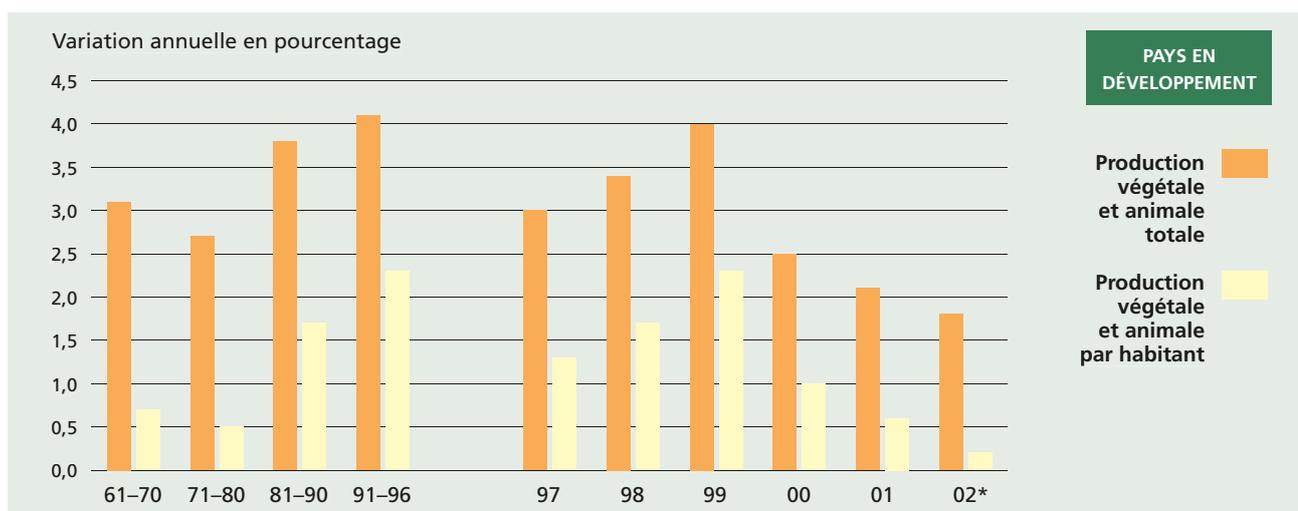
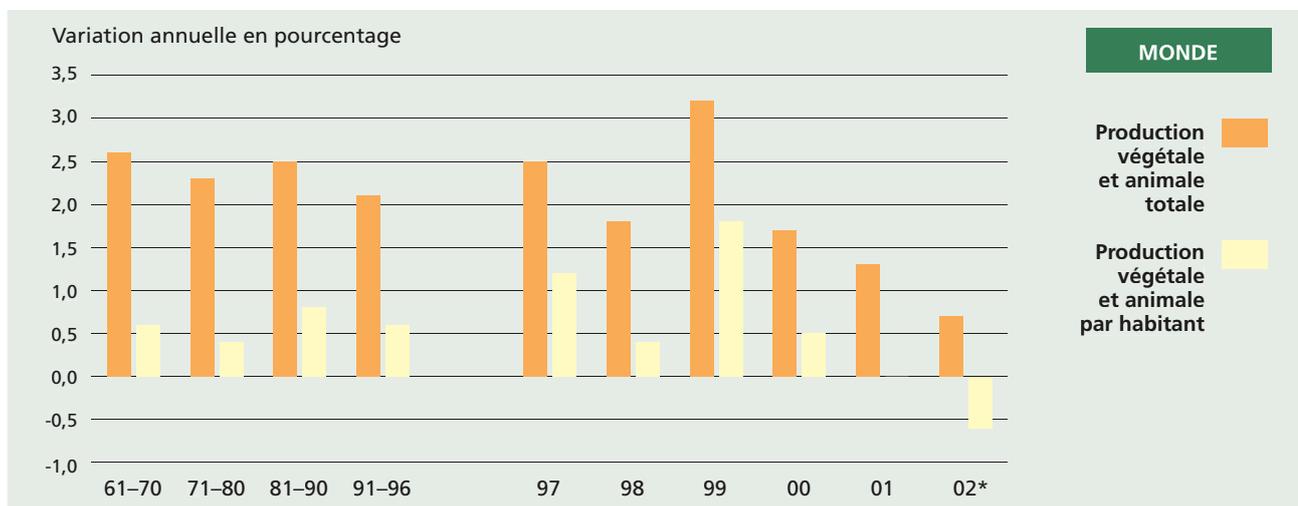
* Y compris les pays en transition

Source: PAM.

3. PRODUCTION AGRICOLE ET ANIMALE

- La croissance de la production agricole et animale dans le monde a ralenti au cours de chacune des trois dernières années, après la forte croissance enregistrée en 1999 (figure 20). Le faible taux de croissance en 2002, moins de 1 pour cent au niveau mondial, implique une réduction de la production par habitant.
- La croissance mondiale de la production pour la période 2000-2002 a été inférieure à la moyenne de chacune des trois décennies antérieures. Ce schéma s'applique tant au groupe des pays développés qu'à celui des pays en développement, chacun ayant enregistré un ralentissement de la croissance de la production au cours des trois années écoulées. Toutefois, la tendance au ralentissement de la croissance de la production agricole de ces dernières années, tant en valeur absolue que par habitant, est particulièrement perceptible pour le groupe des pays en développement (figure 21).
- La tendance au ralentissement de la croissance de la production agricole dans les pays en développement est imputable pour l'essentiel à l'Asie et au Pacifique (plus particulièrement à la Chine), où les taux élevés enregistrés depuis le début du processus de réforme économique, à la fin des années 70, se sont amenuisés régulièrement ces dernières années. La Chine a atteint des niveaux très élevés de consommation alimentaire par habitant ce qui, à l'avenir, devrait également ralentir la croissance de la demande pour les produits alimentaires.
- En Afrique subsaharienne, la croissance de la production agricole a ralenti ces trois dernières années, après avoir enregistré des taux relativement meilleurs pendant la majeure partie des années 90. En 2002, les données provisoires indiquent une stagnation de la production.
- En Amérique latine et dans les Caraïbes, les taux de croissance de la production sont relativement encourageants depuis cinq à six ans, avec une moyenne d'environ 3 pour cent par an, soit un niveau équivalent aux taux enregistrés au début des années 90 et supérieur à ceux des années 80.
- Au Proche-Orient et en Afrique du Nord, le secteur agricole continue de subir d'importantes fluctuations de la production en raison des conditions climatiques qui ont affecté de nombreux pays de la région. Après trois années de déclin successif de la production au niveau de la région, les estimations provisoires laissent entrevoir un certain redressement en 2002.
- Les tendances à long terme de la production vivrière par habitant fournissent une indication de la contribution du secteur aux approvisionnements alimentaires dans les régions (figure 22). Au cours de ces trois dernières décennies, la croissance de la production vivrière par habitant a été soutenue en Amérique latine et dans les Caraïbes et, plus encore, en Asie et Pacifique. Au Proche-Orient et en Afrique du Nord, la hausse a été beaucoup plus limitée et a enregistré des fluctuations prononcées. L'Afrique subsaharienne est la seule région où la production vivrière par habitant n'a pas augmenté au cours des 30 dernières années. Après un déclin marqué dans les années 70 et au début des années 80, celle-ci a stagné et se trouve encore aux niveaux enregistrés voilà 20 ans.

FIGURE 20
Variation de la production végétale et animale, totale et par habitant



* Données préliminaires

Source: FAO.

FIGURE 21

Variation de la production végétale et animale, par région en développement



* Données préliminaires

(suite)

FIGURE 21 (fin)

Variation de la production végétale et animale, par région en développement

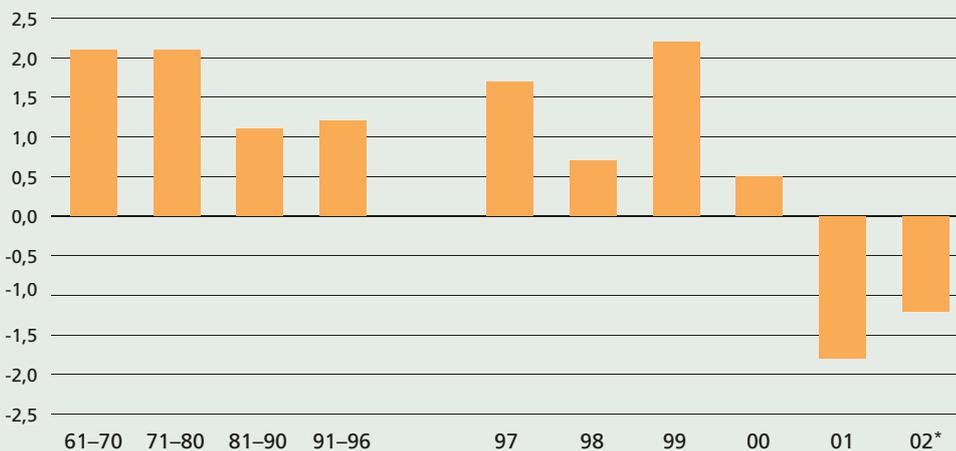
Variation annuelle en pourcentage



Variation annuelle en pourcentage



Variation annuelle en pourcentage

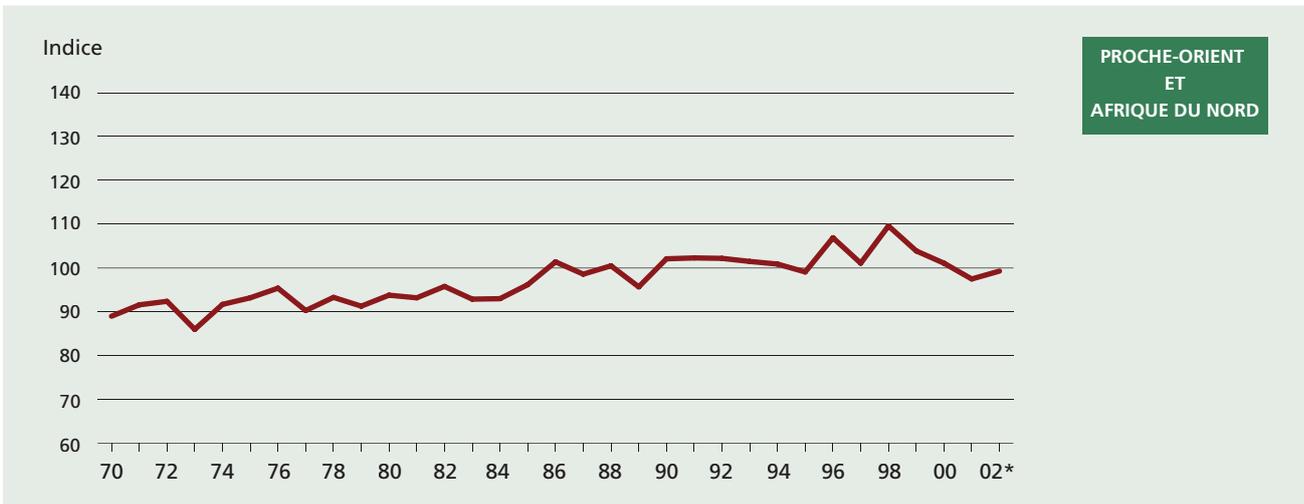
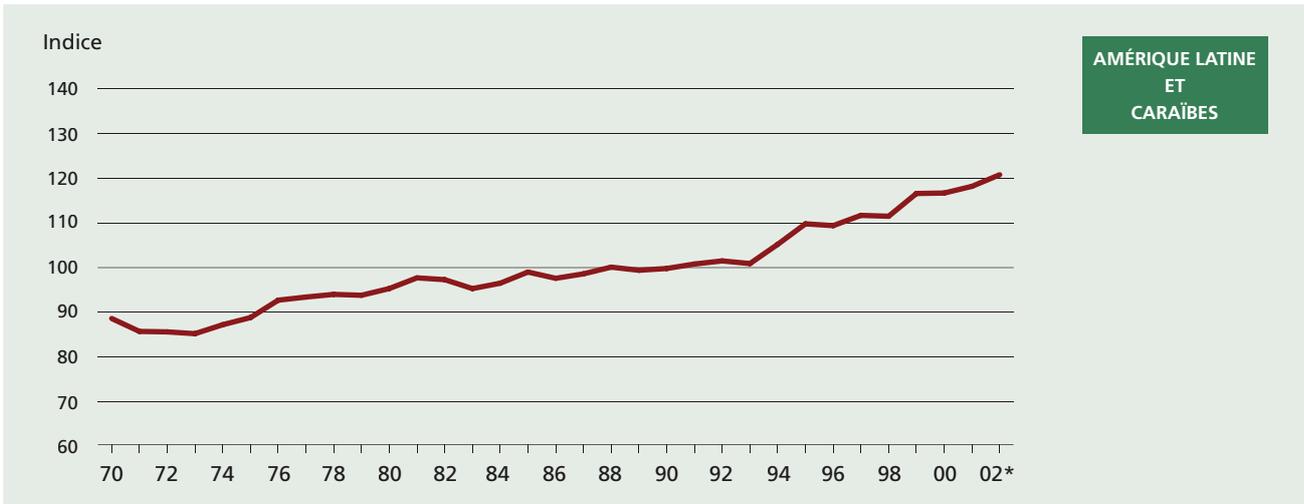
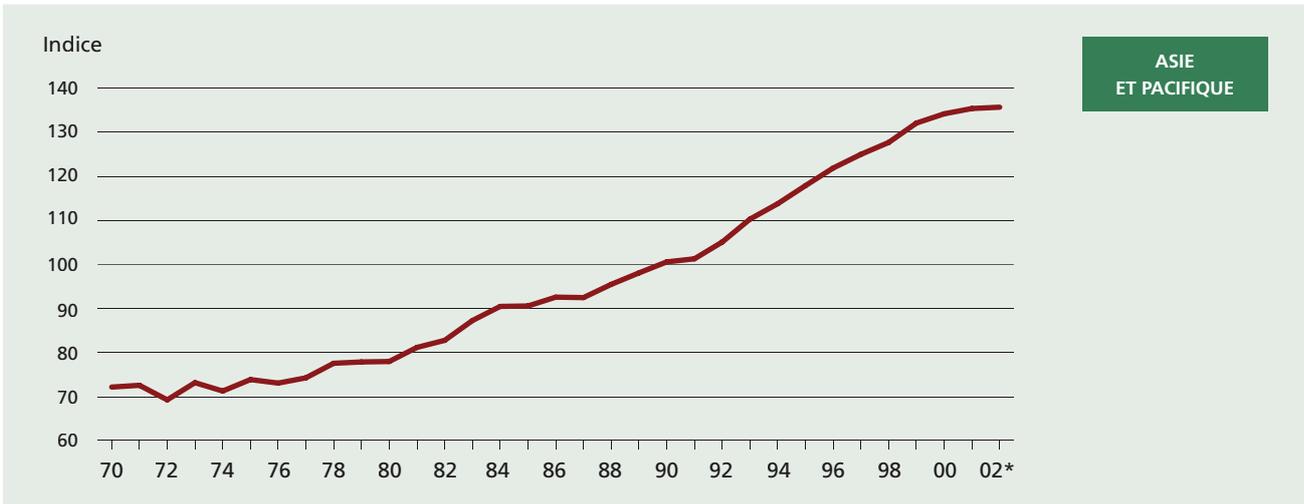


* Données préliminaires

** Y compris Afrique du Sud

Source: FAO.

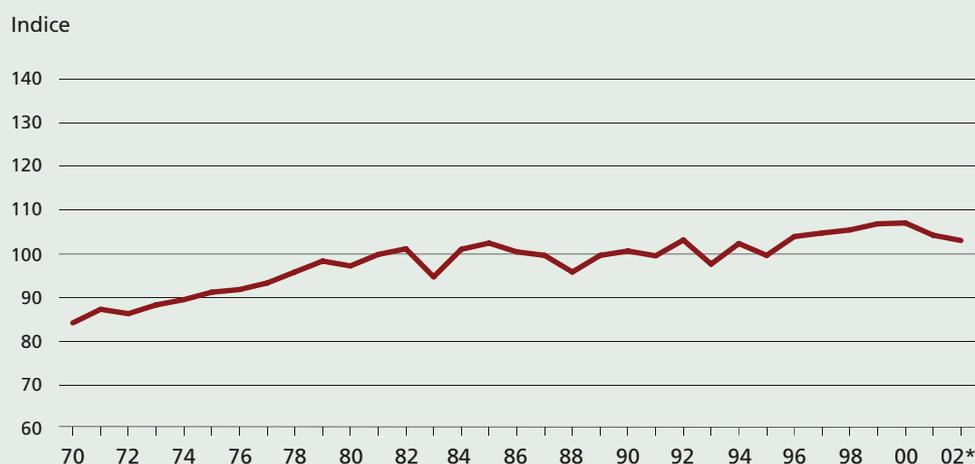
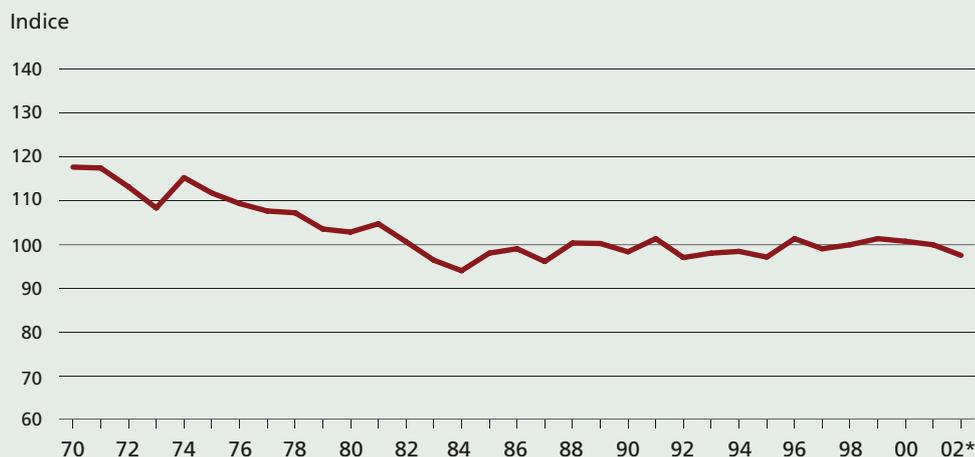
FIGURE 22
Tendances à long terme de la production alimentaire par habitant
 (Indice 1989-1991 = 100)



* Données préliminaires

(suite)

FIGURE 22 (fin)
Tendances à long terme de la production alimentaire par habitant
(Indice 1989-1991 = 100)



* Données préliminaires

Source: FAO.

4. SITUATION DES APPROVISIONNEMENTS CÉRÉALIERS À L'ÉCHELLE MONDIALE

- Depuis la forte hausse de 1996, la production céréalière mondiale a été stagnante. En revanche, la consommation mondiale a continué d'augmenter et excède la production de manière très marquée depuis la campagne de commercialisation 2000/01 (figures 23 et 24).
- Selon les dernières estimations de la FAO relatives à la production céréalière mondiale en 2003 et les premières indications pour la consommation en 2003/04, la production restera inférieure au niveau attendu de consommation et il faudra prélever sur les réserves en 2004, pour la quatrième année consécutive.
- Comme pour les campagnes précédentes, la réduction des réserves mondiales est due pour l'essentiel à la baisse enregistrée en Chine. Le déclin des réserves céréalières depuis 1999 est imputable à hauteur de près de 70 pour cent à la Chine, compte tenu de sa décision de réduire ses stocks céréaliers par l'exportation.

FIGURE 23
Production et utilisation mondiales de céréales

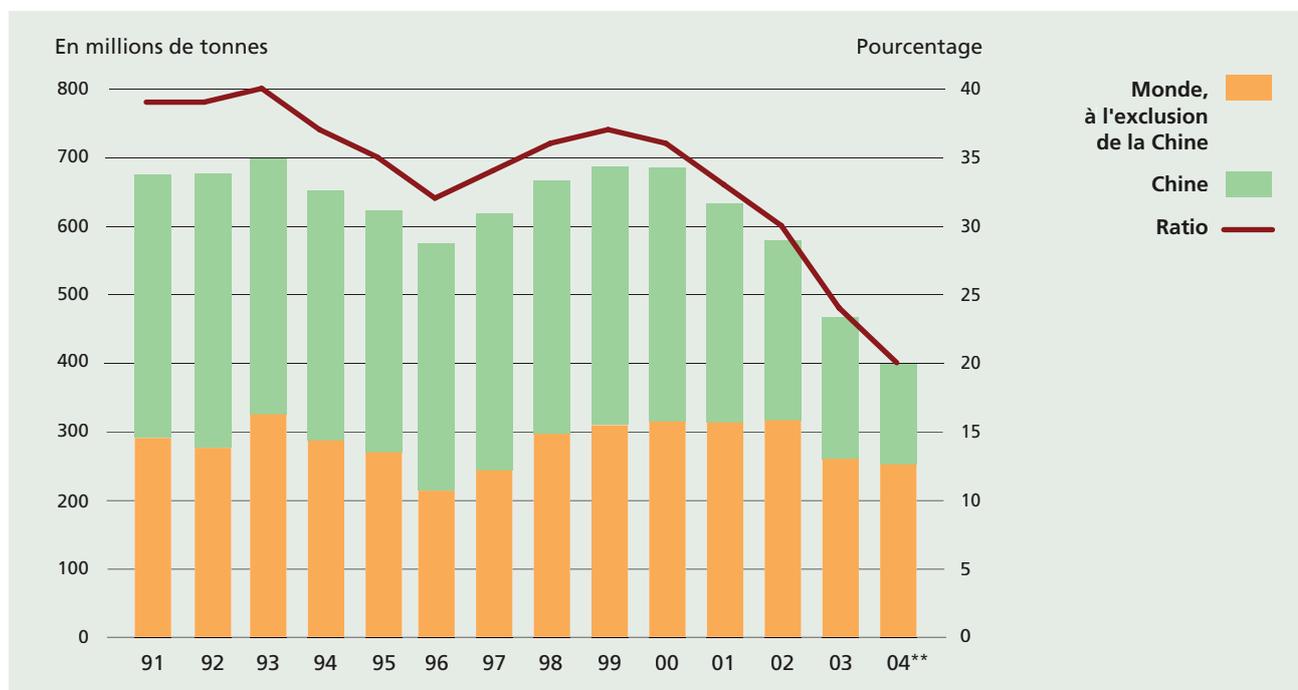


* Les données concernent la première année mentionnée

** Prévisions

Source: FAO.

FIGURE 24
Stocks céréaliers mondiaux et ratio stocks/utilisation*



* Les données relatives aux stocks se fondent sur l'ensemble des stocks de report à la fin des campagnes nationales et ne représentent pas le stock mondial à un moment donné.

Source: FAO.

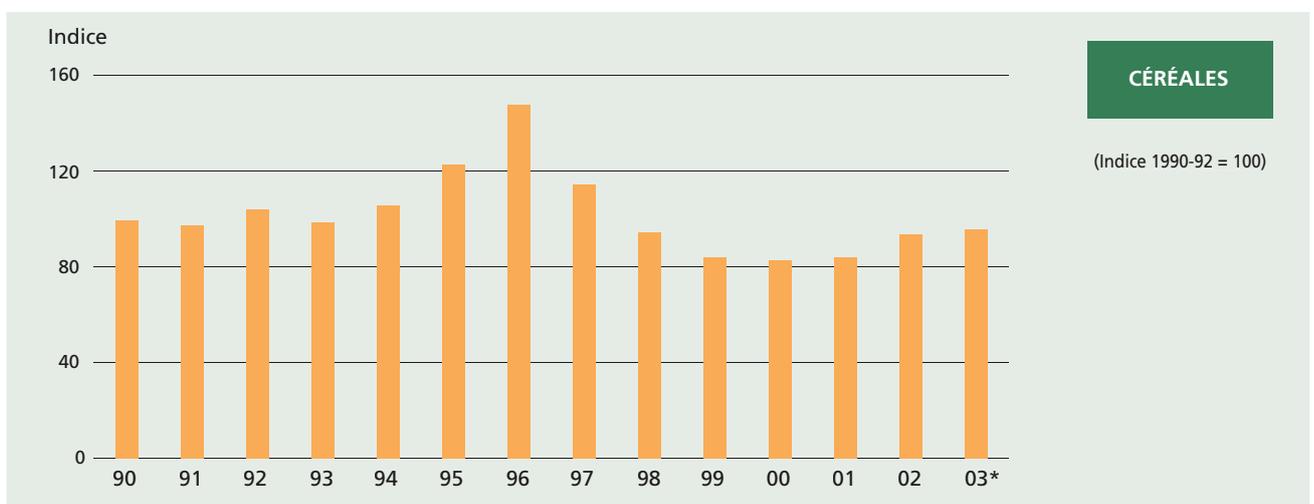
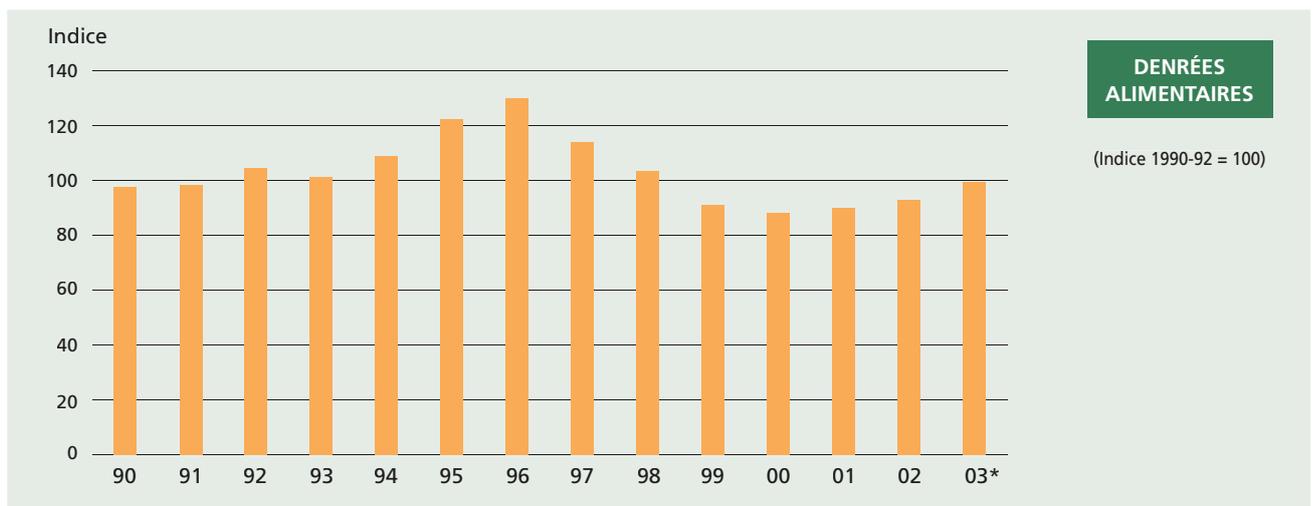
** Prévisions

5. ÉVOLUTION DES COURS INTERNATIONAUX DES DENRÉES

- Dans l'ensemble, les prix des produits agricoles ont atteint leur niveau le plus élevé au milieu des années 90, avant de décliner au cours des cinq années suivantes, avec un début de reprise pour certaines denrées en 2001 et 2002 (figure 25).
- En général, les prix des produits agricoles durant la seconde moitié des années 90 ont été influencés surtout par la réaction de l'offre devant la fermeté antérieure des prix et des prix de substituts proches, la crise financière en Asie, qui a miné les perspectives de croissance économique et réduit la demande dans de nombreux pays, et le soutien que de nombreux pays continuent d'apporter à la production et aux exportations.
- Le déclin le plus marqué est celui enregistré par les cours du café. Les excédents considérables de l'offre sur les marchés mondiaux, du fait notamment de l'expansion des surfaces cultivées au Viet Nam et de la dévaluation du real brésilien, ont entraîné à nouveau une forte baisse des cours en 2001, et les prix moyens pour l'année représentaient le tiers du niveau enregistré en 1997. Cette longue période de fléchissement des cours a entraîné un recul de l'offre qui, depuis lors, a favorisé un redressement des prix, qui n'en restent pas moins affaiblis.

- La baisse des cours internationaux a réduit les factures d'importations alimentaires des pays en développement qui, en tant que groupe, sont désormais importateurs nets. Toutefois, même si la baisse des cours internationaux des denrées de base sur les marchés internationaux entraîne des avantages à court terme pour les pays en développement importateurs nets de produits alimentaires, des cours internationaux peu élevés peuvent également avoir une incidence négative sur la production nationale des pays en développement, et donc, des effets prolongés sur leur sécurité alimentaire.
- Bien que de nombreux pays aient pu profiter d'une baisse des cours, d'autres en ont subi les conséquences négatives, puisque cette situation a entravé leur capacité à générer des recettes d'exportation. Les plus touchés ont ainsi été les pays en développement exportateurs de matières premières agricoles, de boissons et d'autres produits tropicaux, dont beaucoup tirent une part importante de leurs recettes d'exportation de la vente d'un ou de quelques produits agricoles.

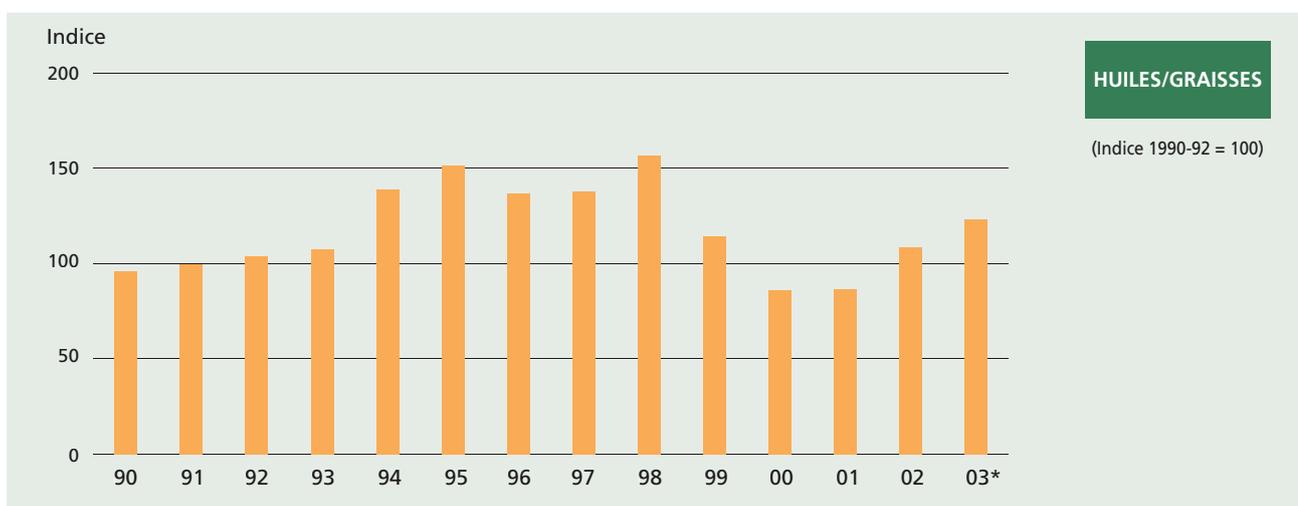
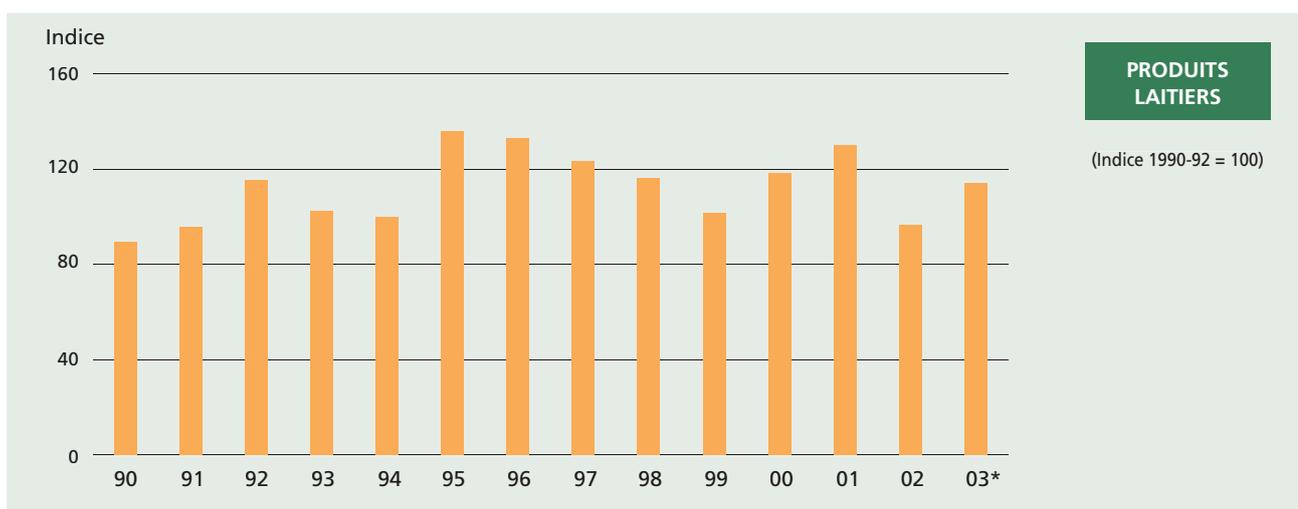
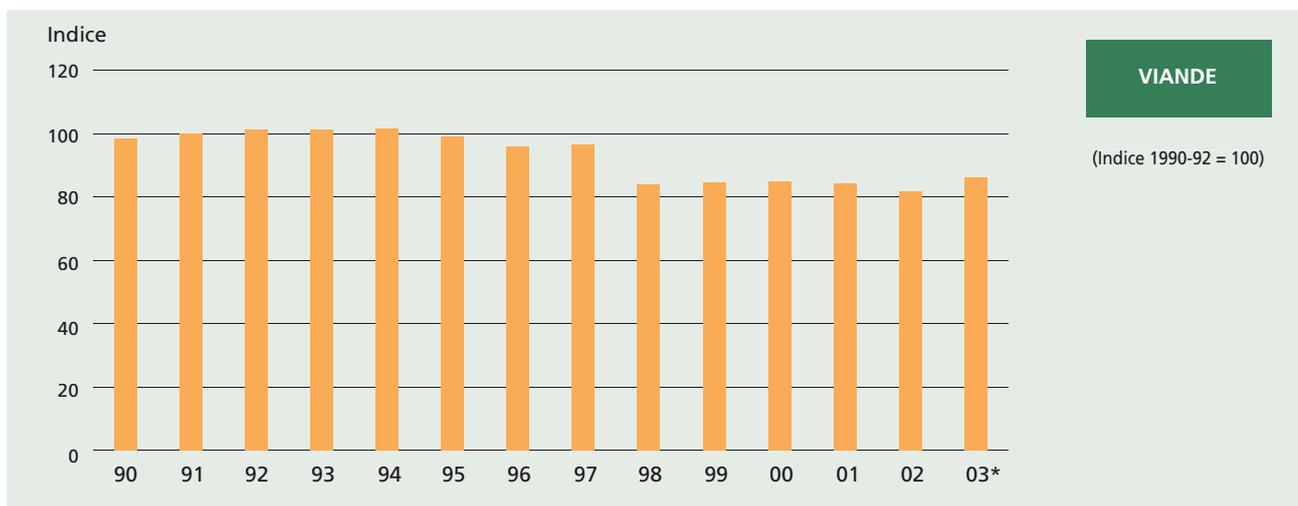
FIGURE 25
Tendances des prix des produits de base



* Moyenne sur huit mois, janvier-août

(suite)

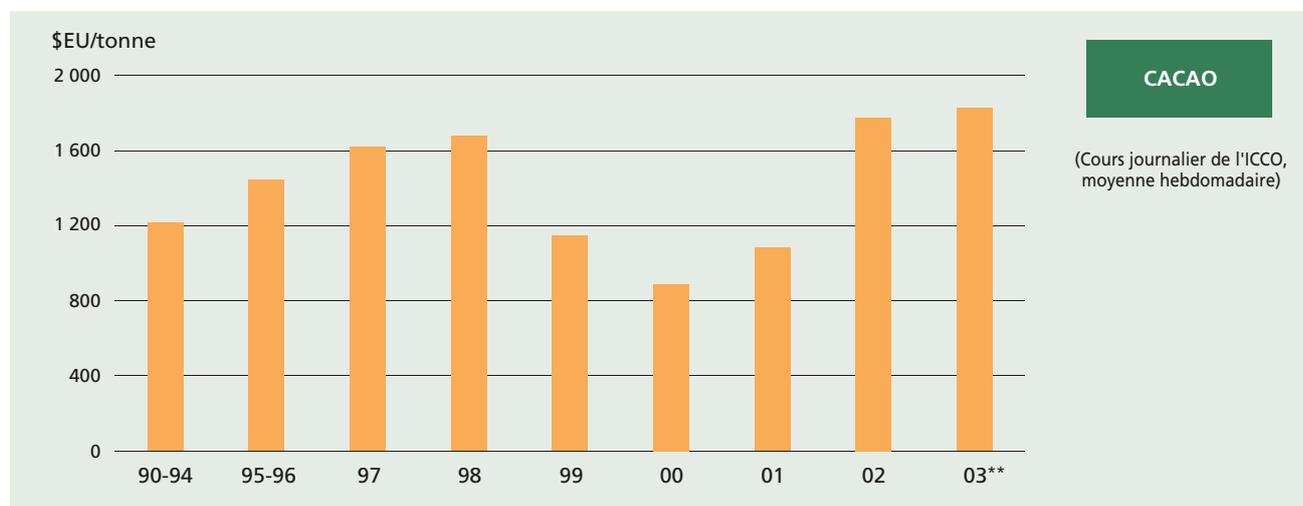
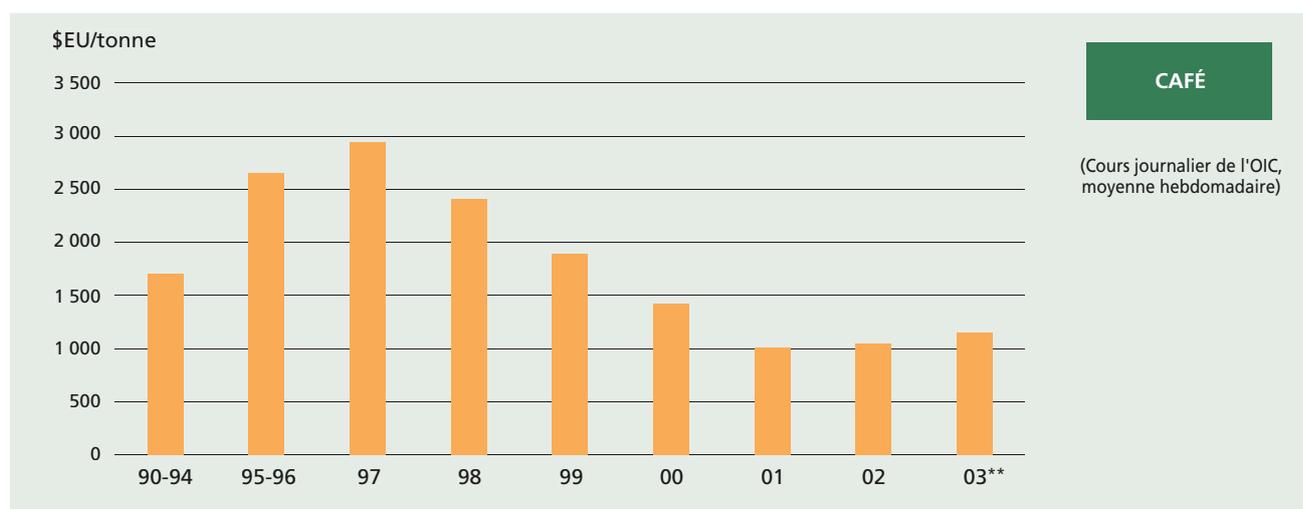
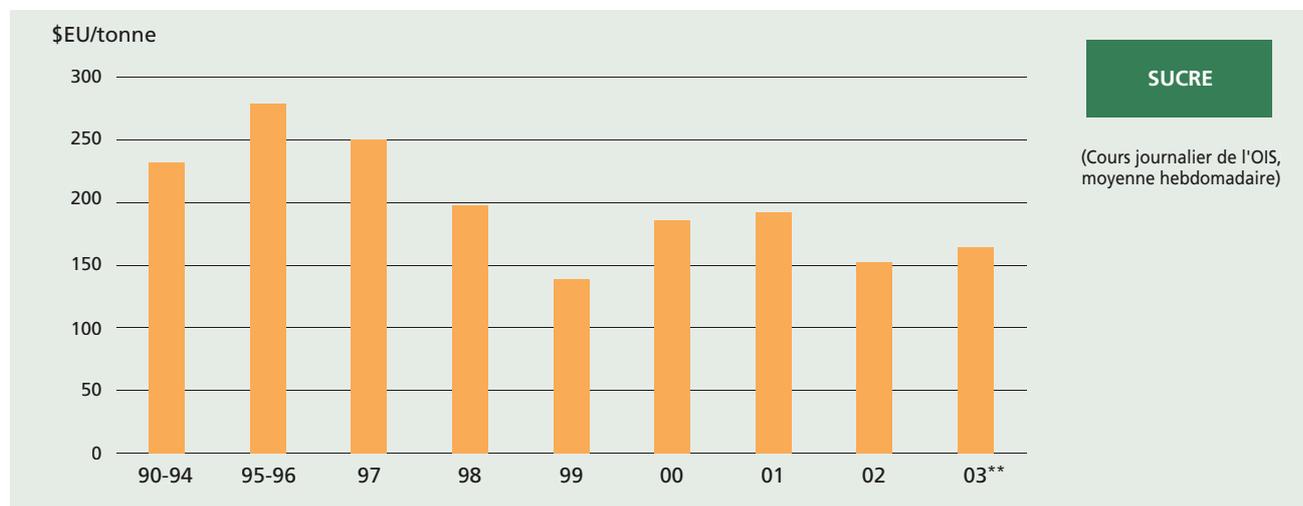
FIGURE 25 (suite)
Tendances des prix des produits de base



* Moyenne sur huit mois, janvier-août.

(suite)

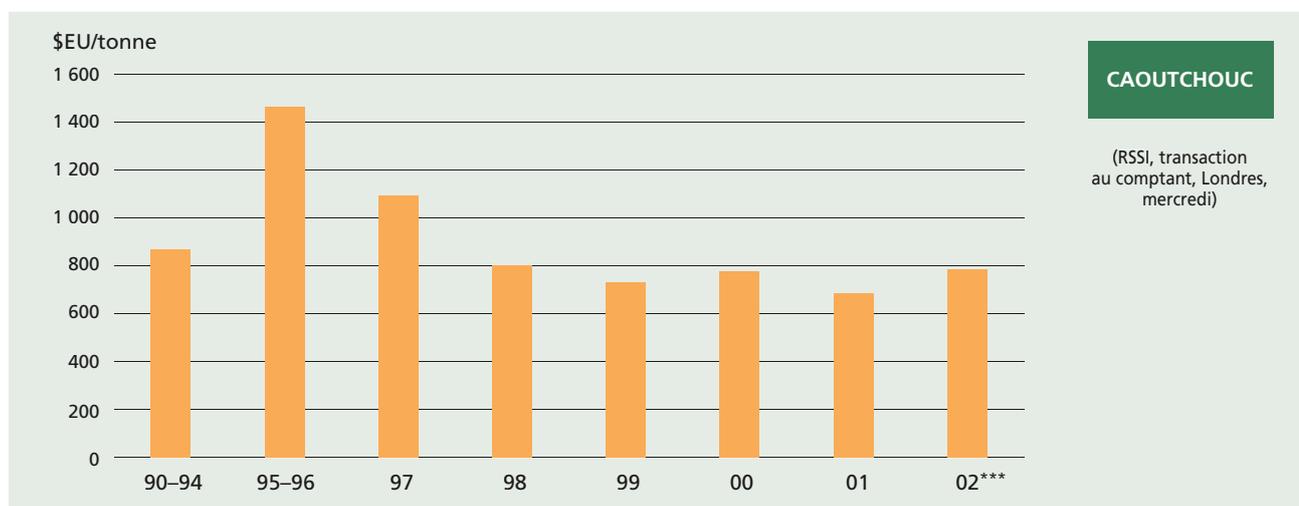
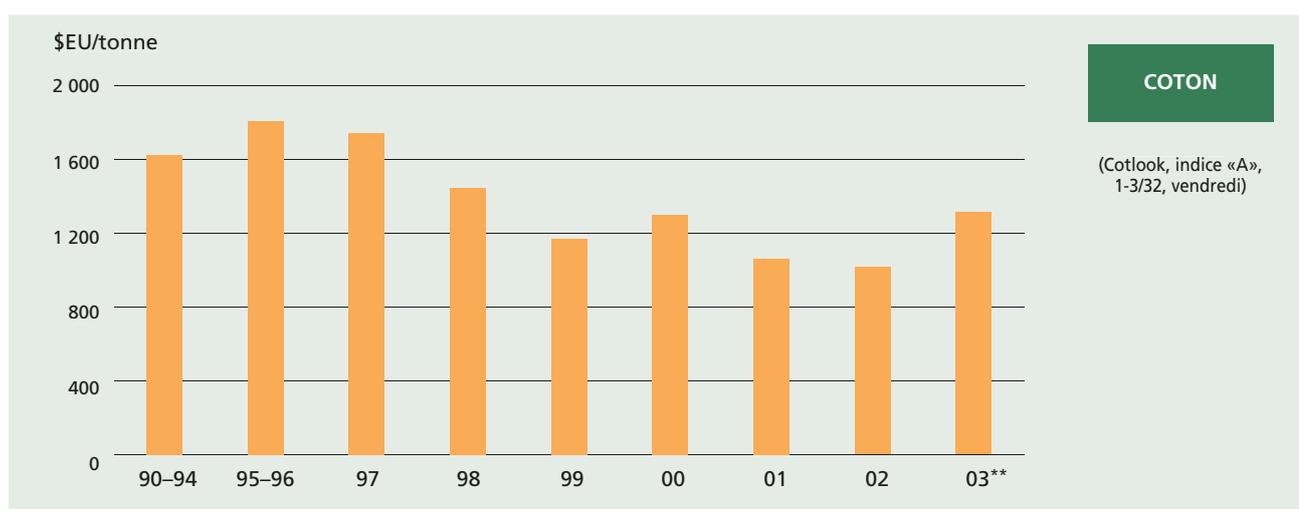
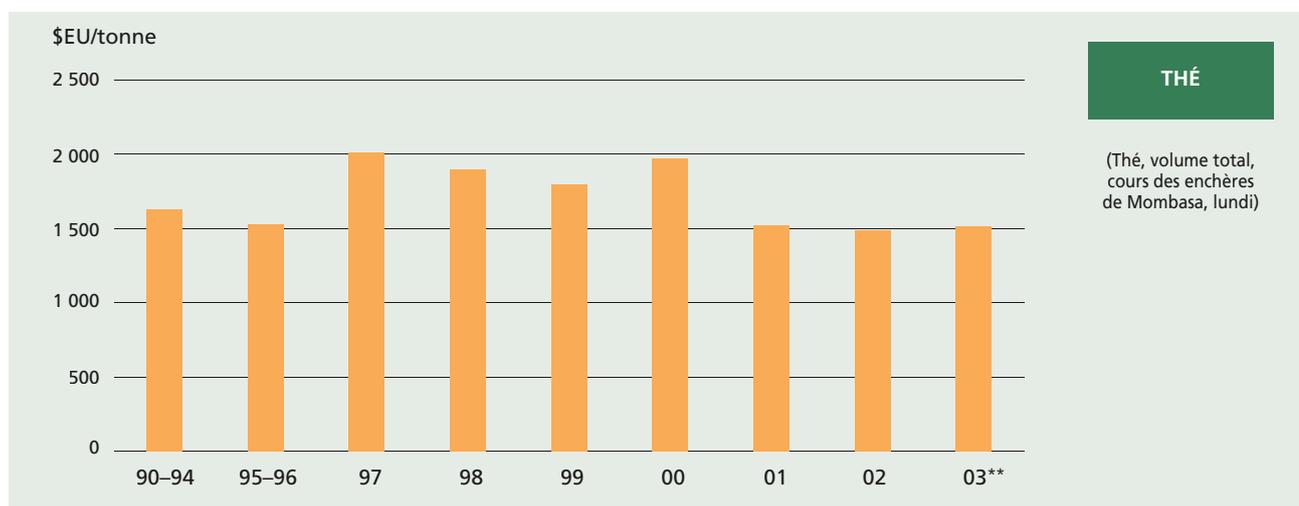
FIGURE 25 (suite)
Tendances des prix des produits de base



** Moyenne sur neuf mois, janvier-septembre

(suite)

FIGURE 25 (fin)
Tendances des prix des produits de base



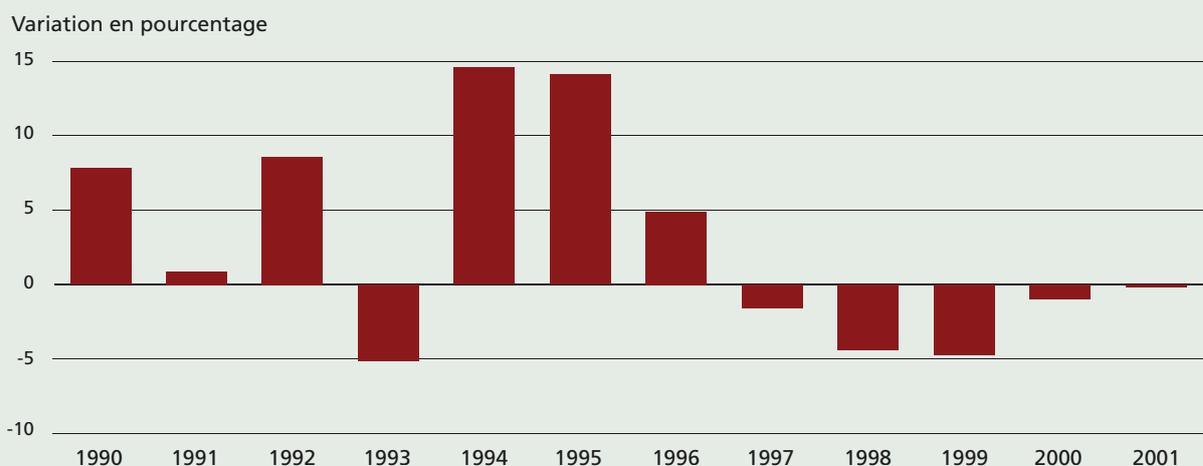
** Moyenne sur neuf mois, janvier-septembre
*** Moyenne sur six mois, janvier-juin

Source: FAO.

6. COMMERCE AGRICOLE

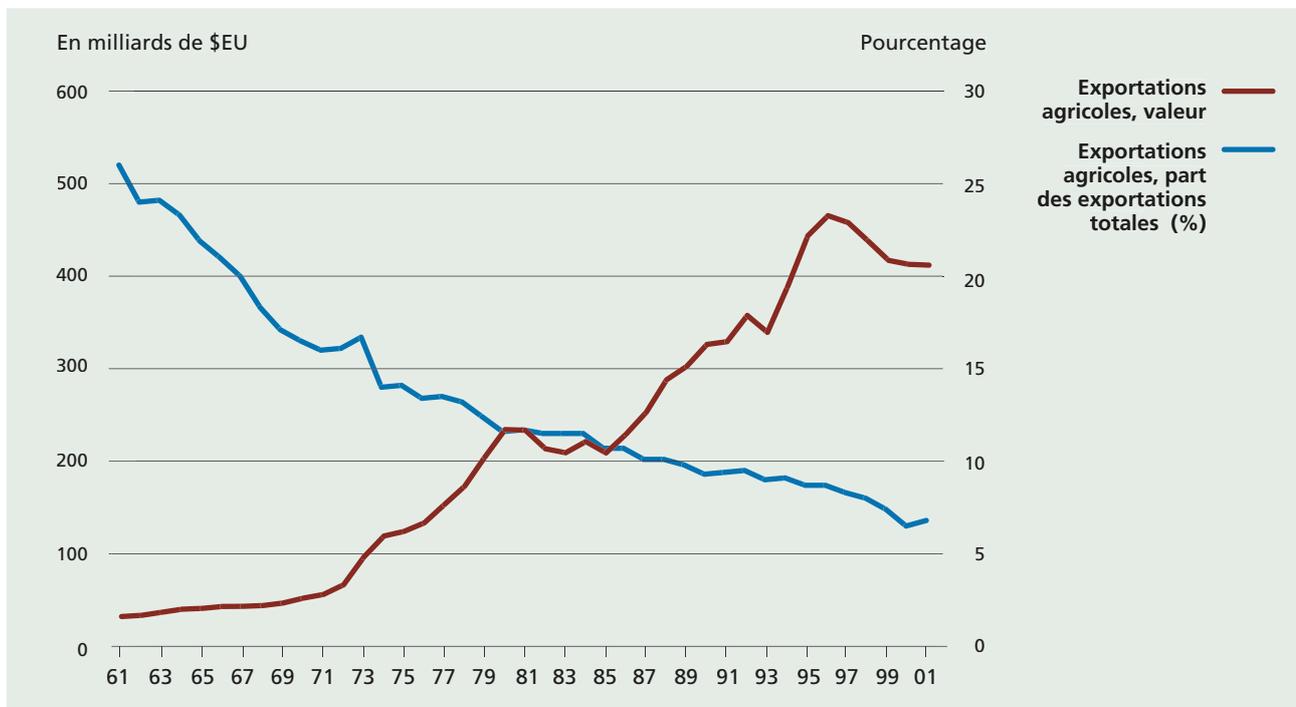
- Après avoir progressé de façon relativement marquée vers le milieu des années 90, les exportations agricoles mondiales ont vu leur valeur reculer entre 1997 et 2001 (figure 26), ce qui a entraîné une nouvelle baisse de la part du commerce agricole, lequel ne représente plus que 7 pour cent du commerce total de marchandises, une situation s'inscrivant dans la foulée d'une tendance à long terme en ce sens (figure 27).
- Le commerce agricole des pays développés et en développement a contribué à ce recul (figures 28 et 29).
- Les importations et les exportations agricoles des pays en développement ont été globalement en équilibre au cours des 10 dernières années, même si la situation varie fortement au sein des régions en développement.
- L'Amérique latine et les Caraïbes ont tout particulièrement vu leur excédent commercial agricole augmenter. Parallèlement, la région Asie et Pacifique est devenue importatrice nette de produits agricoles, tandis que le déficit structurel important du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord n'a montré aucun signe d'amélioration.

FIGURE 26
Variation annuelle de la valeur des exportations agricoles mondiales
(Exprimée en dollars EU)



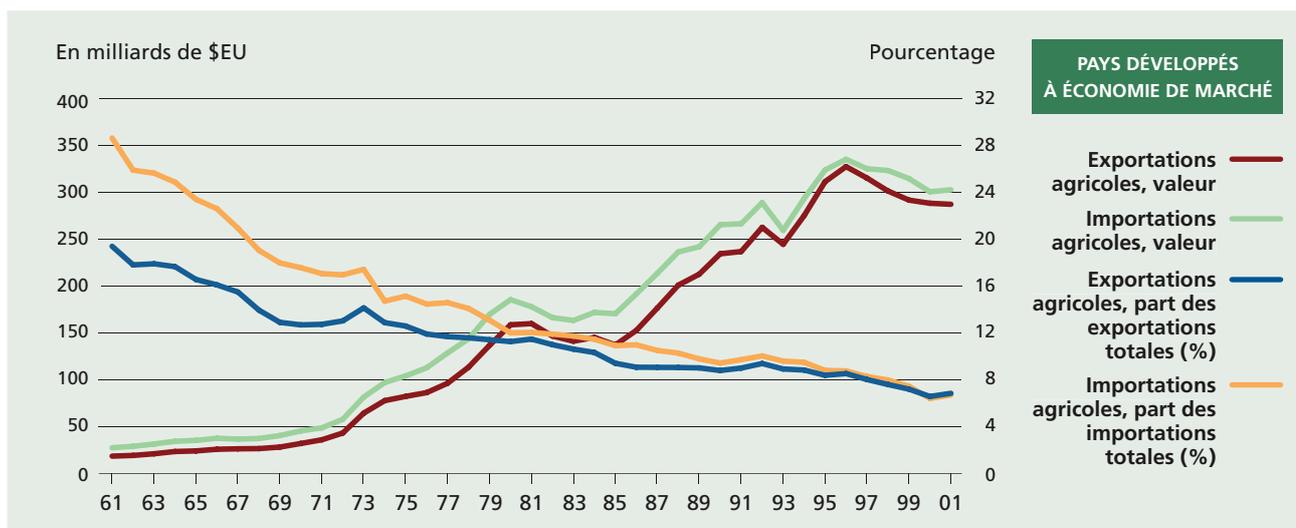
Source: FAO.

FIGURE 27
Exportations agricoles mondiales



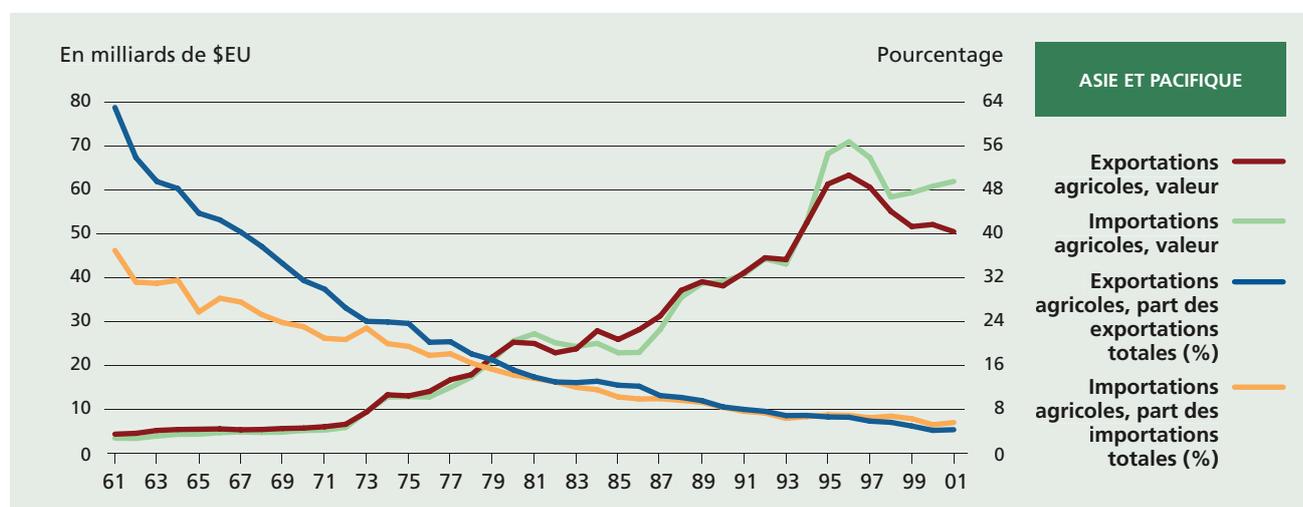
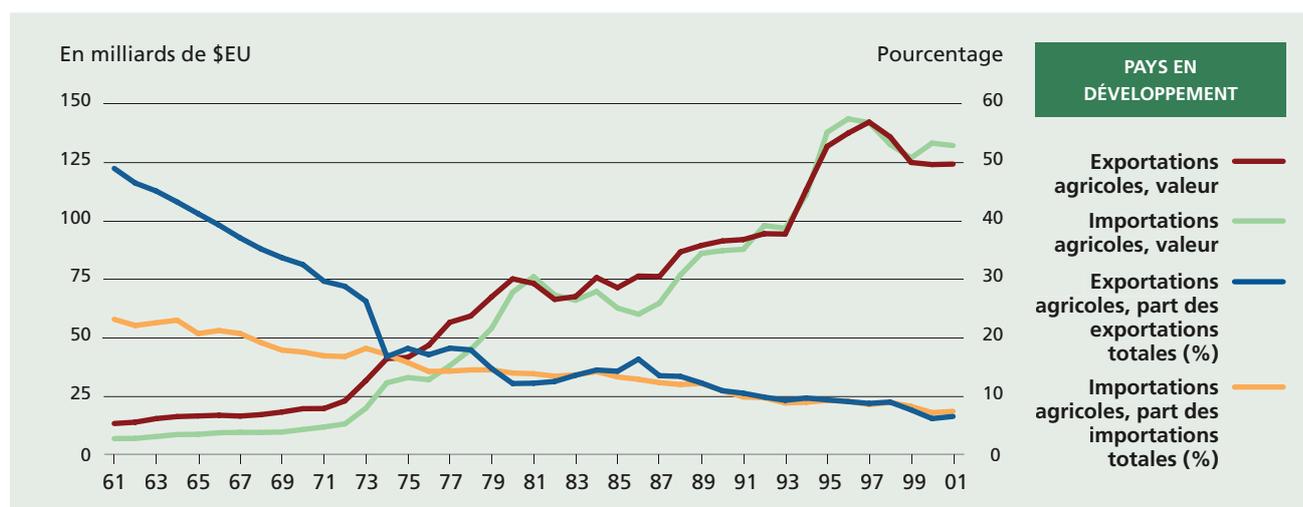
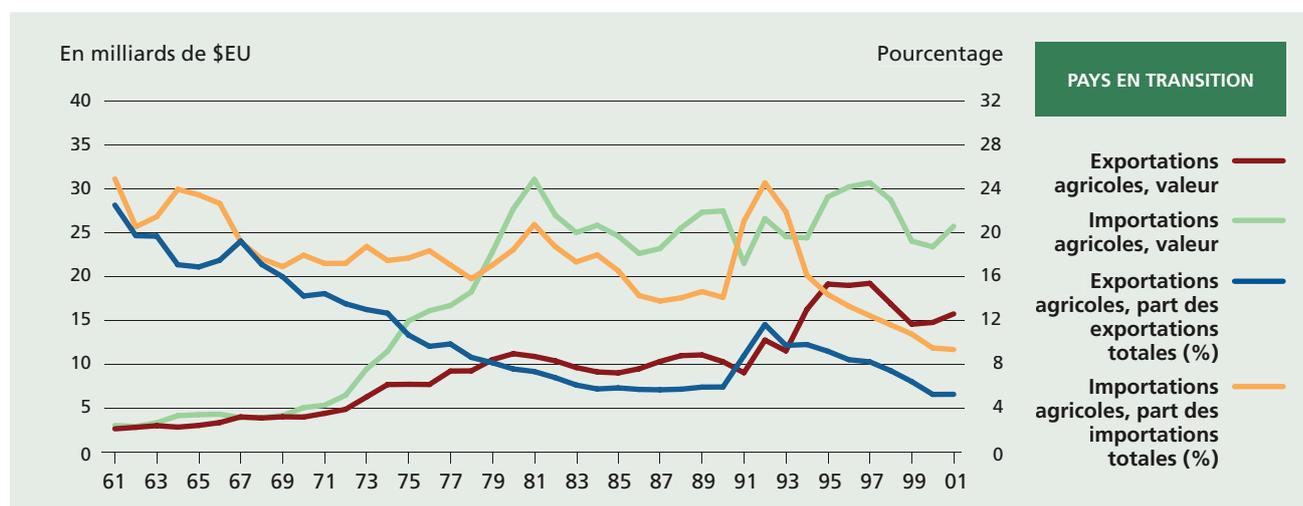
Source: FAO.

FIGURE 28
Importations et exportations agricoles, par région



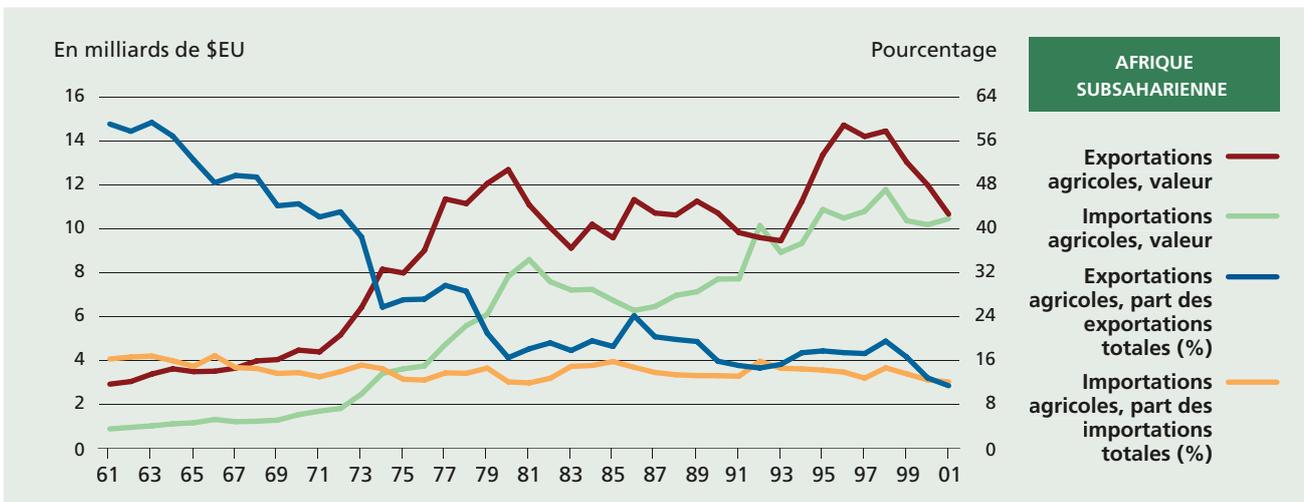
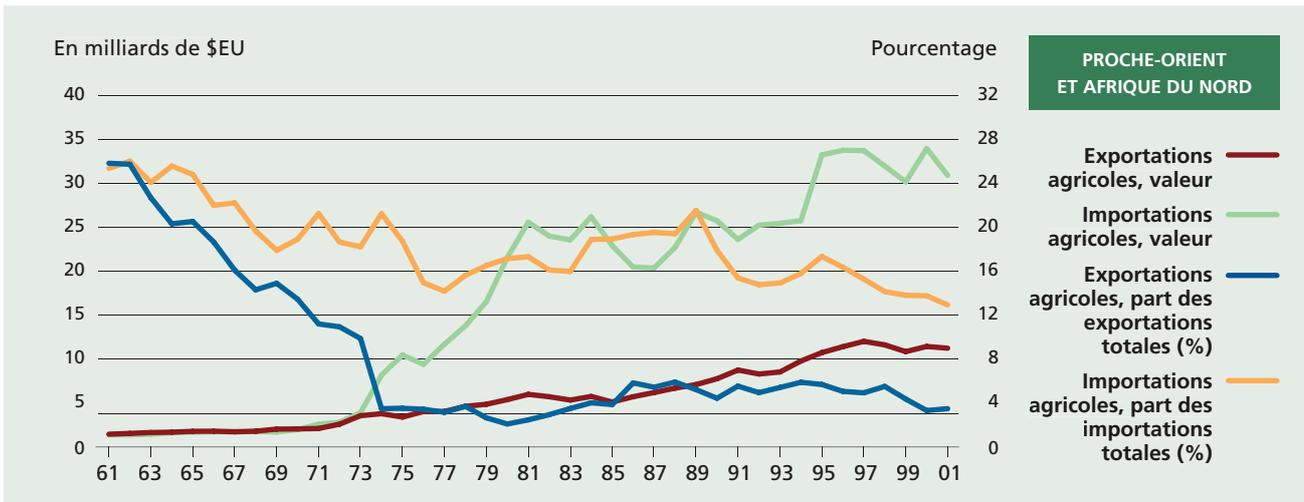
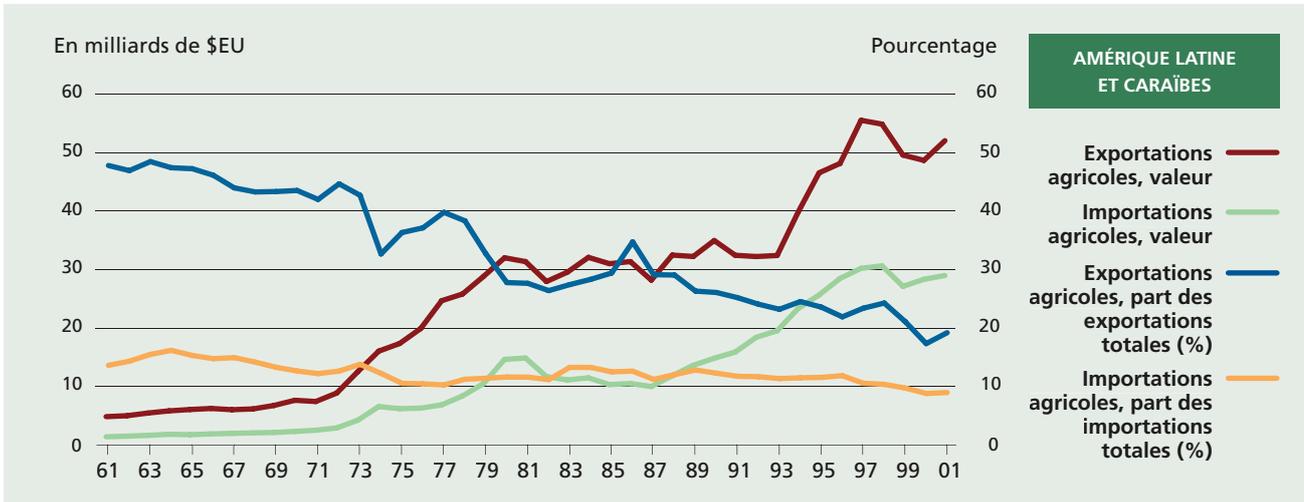
(suite)

FIGURE 28 (suite)
Importations et exportations agricoles, par région



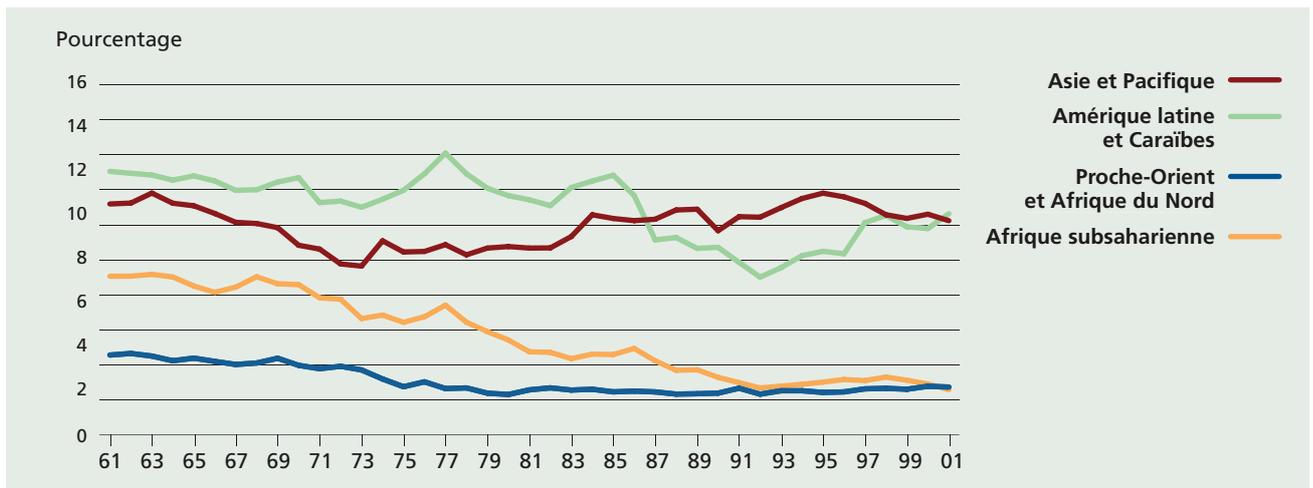
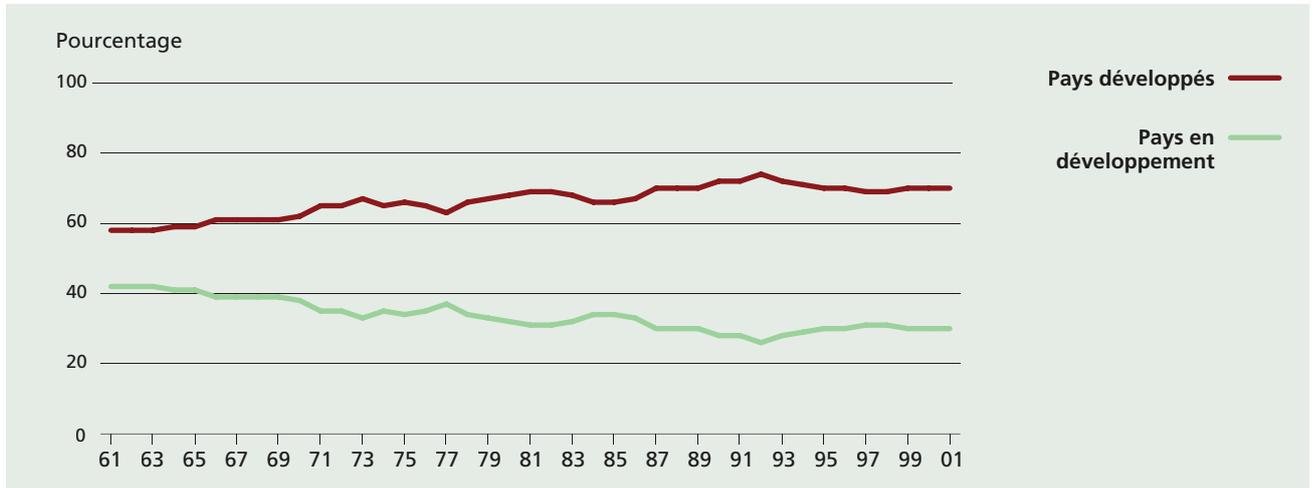
(suite)

FIGURE 28 (fin)
Importations et exportations agricoles, par région



Source: FAO.

FIGURE 29
Part des exportations agricoles mondiales, par région



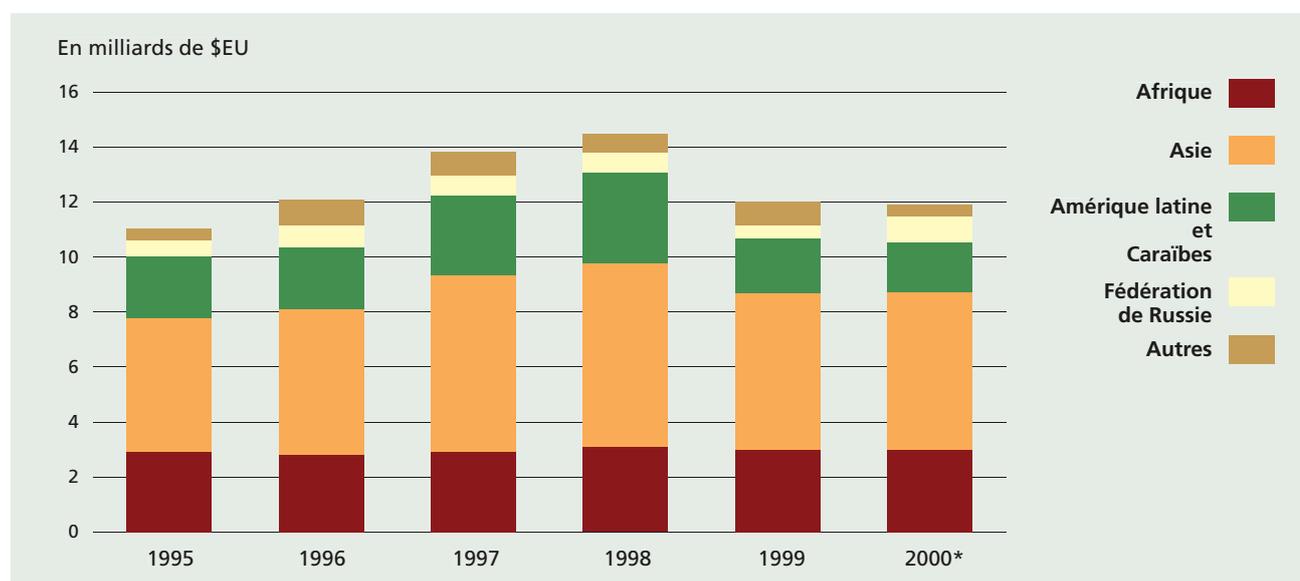
Source: FAO.

7. AIDE EXTÉRIEURE À L'AGRICULTURE

- Mesurée aux prix constants de 1995, l'aide extérieure à l'agriculture a reculé en 1999, après les hausses enregistrées au cours des trois années précédentes (figures 30 et 31), tandis que les données relatives à 2000 indiquent une stagnation de cette forme d'aide.
- Le recul enregistré en 1999 découle en majeure partie d'une baisse des niveaux de l'aide multilatérale. D'une façon générale, cette dernière a davantage fluctué ces dernières années, tandis que l'aide bilatérale est restée relativement constante.
- L'aide extérieure à l'agriculture a fortement chuté en termes réels depuis le début des années 80.
- En revanche, la part de l'aide assortie de conditions libérales a eu tendance à augmenter quelque peu, et a atteint plus de 80 pour cent du total en 2000 (figure 32).
- L'aide extérieure à l'agriculture par travailleur agricole a subi une baisse très prononcée depuis les niveaux records du début des années 80. Ce recul s'est tout particulièrement fait ressentir en Afrique subsaharienne, où l'aide extérieure par personne employée dans l'agriculture équivaut, plus ou moins, au quart du niveau exceptionnel enregistré en 1982.
- L'aide par travailleur agricole présente de grandes différences selon les régions en développement, les niveaux en Amérique latine et dans les Caraïbes excédant largement ceux des autres régions (figure 33).
- En outre, l'aide extérieure à l'agriculture n'atteint pas en général les pays les plus touchés par la sous-alimentation, qui en auraient le plus besoin. L'aide extérieure par travailleur agricole est en réalité plus élevée dans les pays où la prévalence de personnes sous-alimentées est la plus faible (figure 34).

FIGURE 30

Engagements d'aide extérieure à l'agriculture, par principales régions récipiendaires
(Prix constants de 1995)



* Données incomplètes et provisoires

Source: FAO.

FIGURE 31
Évolution à long terme de l'aide extérieure à l'agriculture, 1974-2000
(Prix constants de 1995)

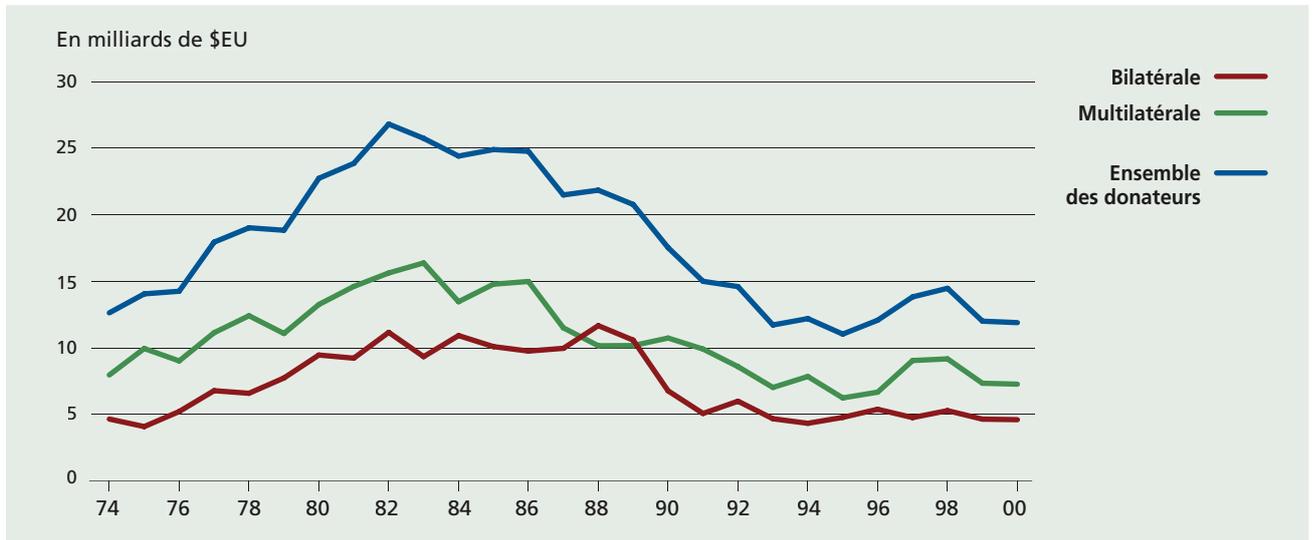


FIGURE 32
Part de l'aide assortie de conditions libérales dans l'aide totale à l'agriculture

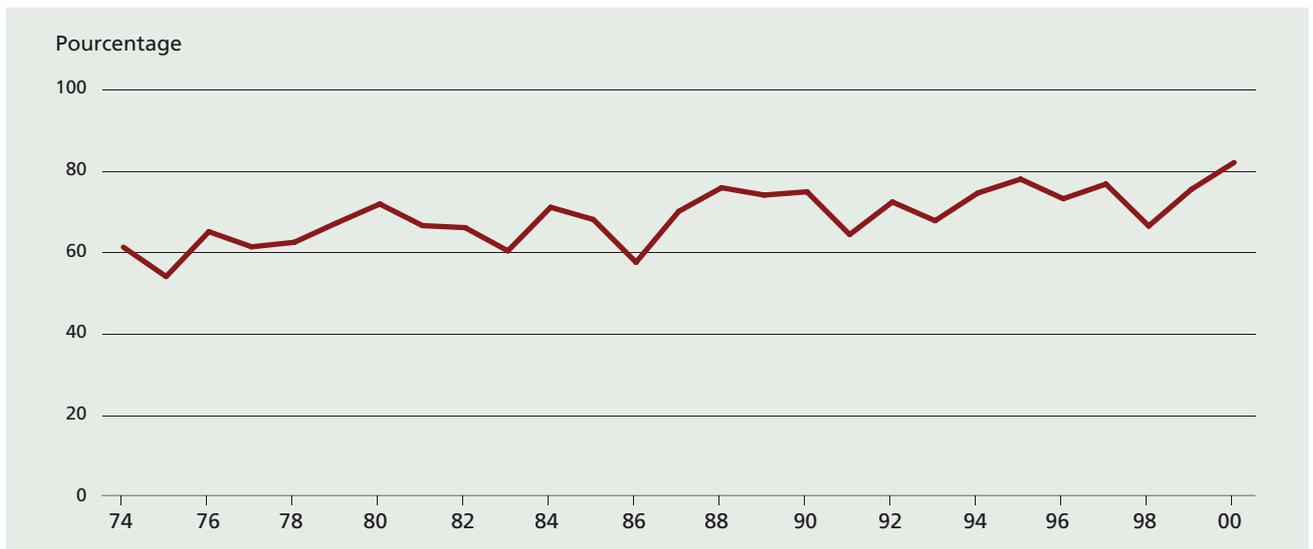
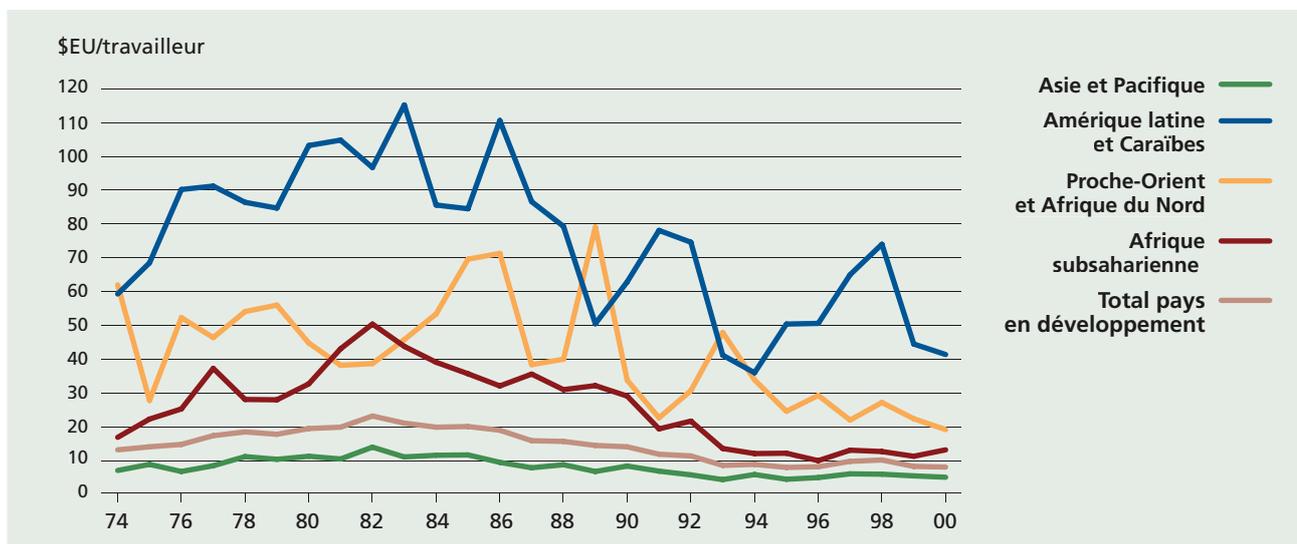


FIGURE 33

Aide extérieure à l'agriculture par travailleur agricole

(Prix constants de 1995)

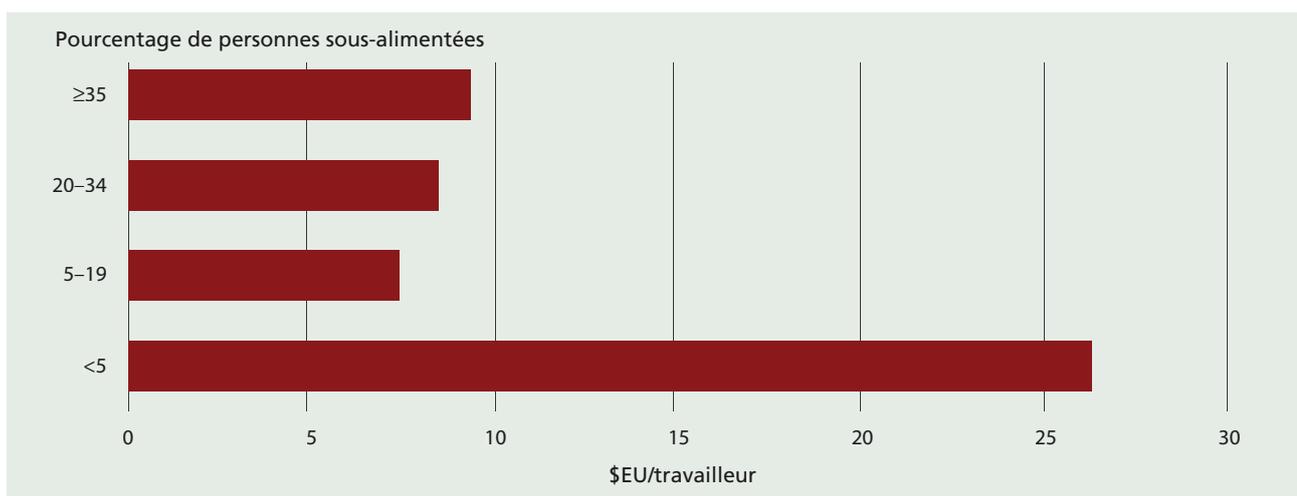


Source: FAO.

FIGURE 34

Aide extérieure à l'agriculture par travailleur agricole en fonction de la prévalence de la sous-alimentation, 1998-2000

(Prix constants de 1995)

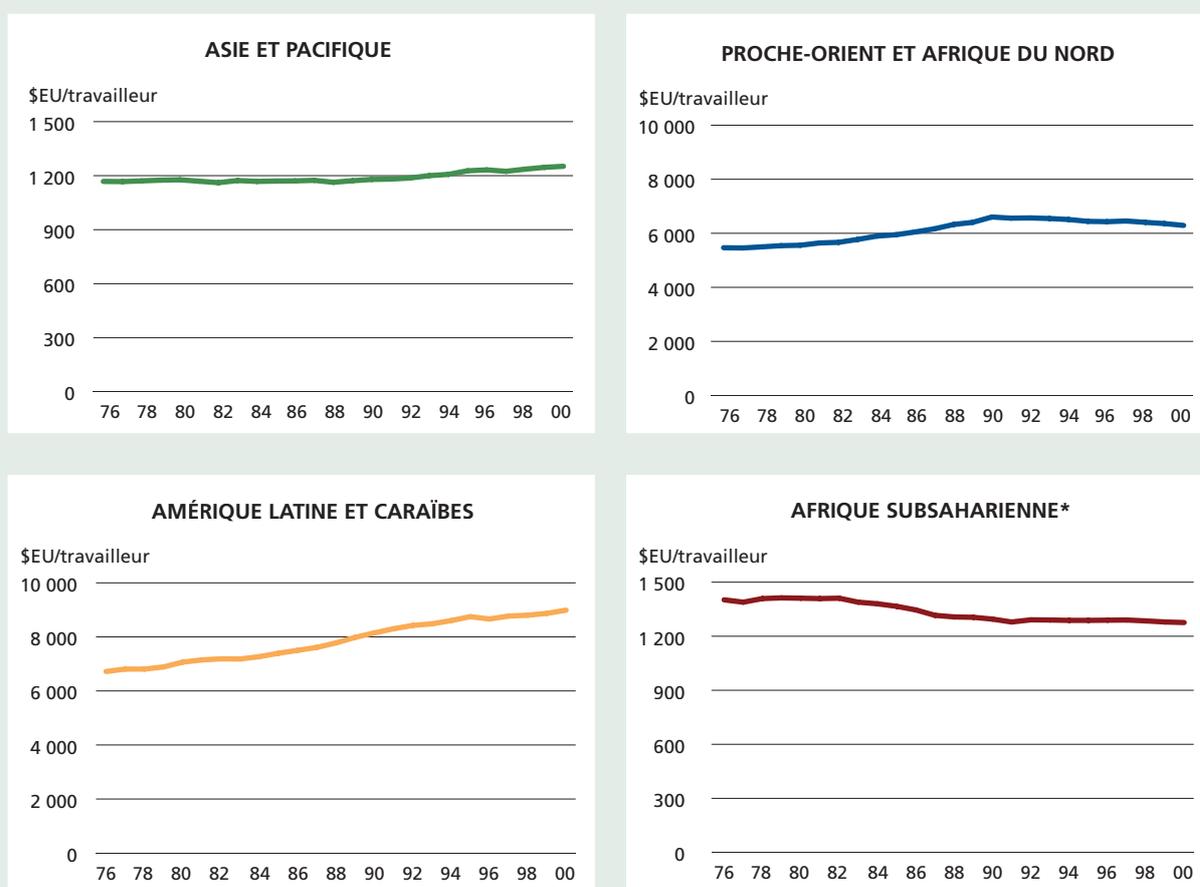


Source: FAO.

8. CAPITAL SOCIAL AGRICOLE¹

- Le capital social agricole par travailleur agricole varie considérablement selon les régions en développement, les niveaux en Amérique latine et Caraïbes et au Proche-Orient et Afrique du Nord étant nettement supérieurs à ceux enregistrés en Afrique subsaharienne et en Asie et Pacifique.
- Depuis 1975, le capital social par travailleur agricole n'a augmenté de manière relativement significative qu'en Amérique latine et dans les Caraïbes et les hausses exprimées en pourcentage n'ont été que peu marquées au Proche-Orient et Afrique du Nord et en Asie et Pacifique (figure 35).

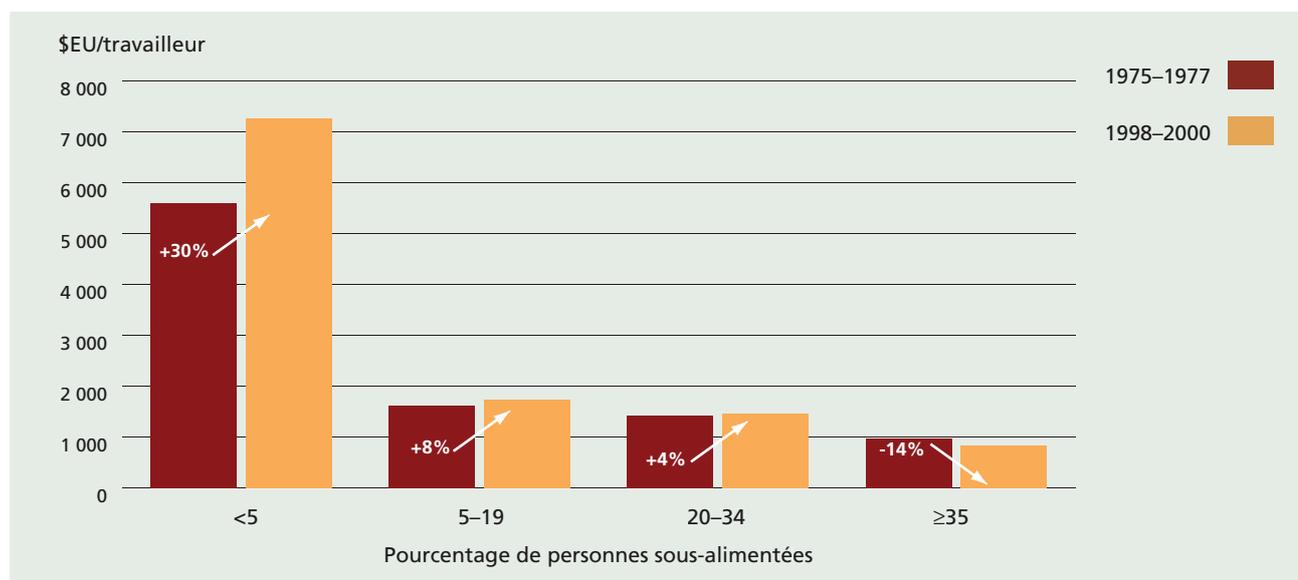
FIGURE 35
Capital social agricole par travailleur agricole et par région
(Prix constants de 1995)



* Afrique du Sud non comprise

Source: FAO.

FIGURE 36
Capital social agricole par travailleur agricole dans les pays en développement
par rapport à la prévalence de la sous-alimentation, 1998-2000
 (Prix constants de 1995)



Source: FAO.

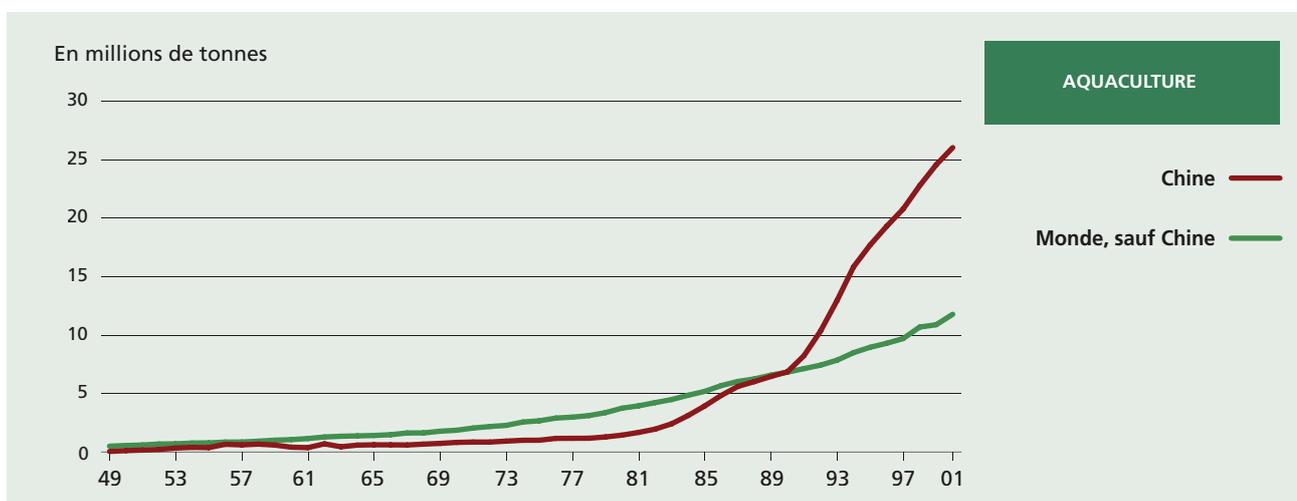
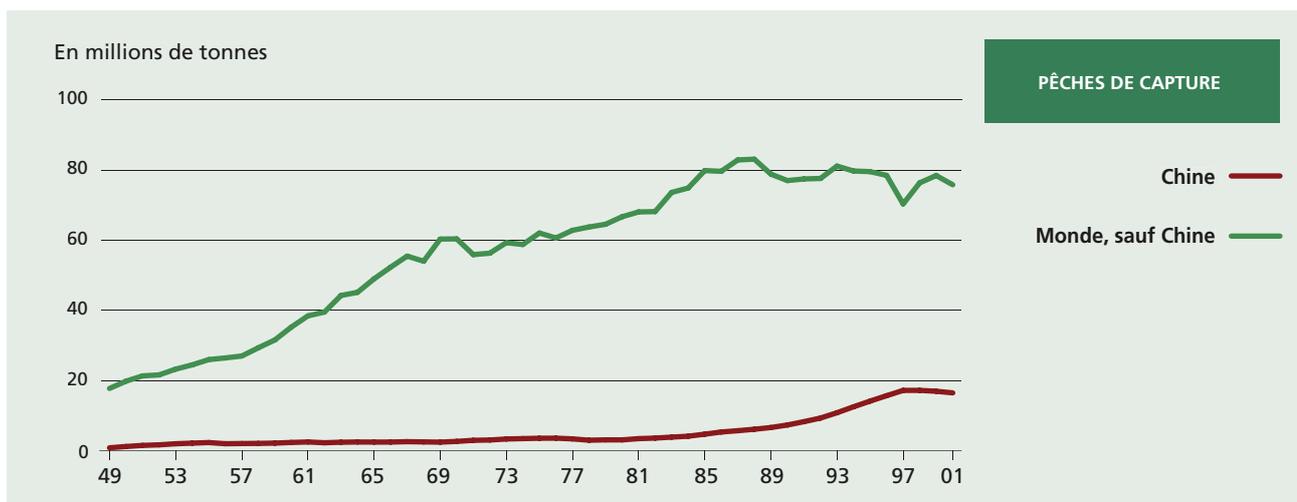
- L'élément le plus préoccupant est le déclin lent, mais apparemment inexorable, du capital social par travailleur agricole en Afrique subsaharienne.
- Si l'on compare le capital social par travailleur agricole et la prévalence de la sous-alimentation, on constate que les pays où celle-ci est la plus faible sont également ceux où le capital social par travailleur agricole est le plus élevé et où il a le plus augmenté depuis 25 ans (figure 36). En revanche, les pays où plus de 35 pour cent de la population est sous-alimentée sont les pays où le capital social par travailleur est le plus faible et où il a même diminué depuis 25 ans.

¹ Le capital social agricole correspond à la valeur de remplacement, exprimée en valeur monétaire, des immobilisations corporelles (en fin d'exercice) produites ou acquises à des fins de production agricole, pour un usage répété et une période prolongée. Les estimations relatives au capital social agricole ont été calculées à partir des données matérielles relatives au bétail, aux tracteurs, aux terres irriguées, aux cultures permanentes, etc., et des prix moyens pour l'exercice 1995.

9. PÊCHES: PRODUCTION, DISPONIBILITÉS ET COMMERCE

- La production totale des pêches en 2001 est chiffrée à 130,2 millions de tonnes, dont 37,9 millions de tonnes provenant de l'aquaculture (figure 37).
- Le volume total des captures a diminué, passant de 95,4 millions de tonnes en 2000 à 92,4 millions de tonnes en 2001 (figure 37). Les captures d'anchois du Pérou, tributaires des conditions climatiques (el Niño) expliquent en grande partie les fluctuations de la production des captures enregistrées ces dernières années. Si l'on exclut l'anchois, le volume total des captures est resté relativement stable depuis 1995.
- La production aquacole mondiale a augmenté rapidement ces dernières années et représente désormais près de 30 pour cent de la production totale des pêches (figure 37). Cette augmentation provient avant tout de la Chine, qui produit maintenant plus des deux tiers du volume total de la production aquacole mondiale.
- En 2001, environ 38 pour cent (équivalent poids vif) de la production piscicole mondiale est entrée dans le commerce international (figures 38 et 39). Les pays en développement ont fourni un peu plus de 50 pour cent des exportations, les huit et neuf premiers exportateurs représentant les deux tiers du volume total des pays en développement. La valeur totale des importations mondiales dans le secteur des pêches se concentre, à plus de 80 pour cent, dans les pays développés, les États-Unis et le Japon représentant 45 pour cent du total.
- En 2001, on estime qu'environ 31 millions de tonnes de produits de la pêche ont servi à la production de farines animales, de sorte que 99 millions de tonnes auraient été utilisées pour la consommation humaine.
- Alors que les disponibilités totales par habitant de produits de la pêche issus de captures et destinés à l'alimentation n'ont guère évolué ces dernières années, les disponibilités issues de l'aquaculture ont considérablement augmenté (figure 40). Cela vaut tout particulièrement pour la Chine, où les disponibilités par habitant issues de l'aquaculture ont augmenté dans de telles proportions qu'elles représentent plus de 75 pour cent des disponibilités totales de poisson utilisé à des fins alimentaires, contre 18 pour cent seulement dans le reste du monde.

FIGURE 37
Production mondiale de poisson, Chine et reste du monde



Source: FAO.

FIGURE 38

Commerce du poisson et des produits de la pêche, pays développés et en développement

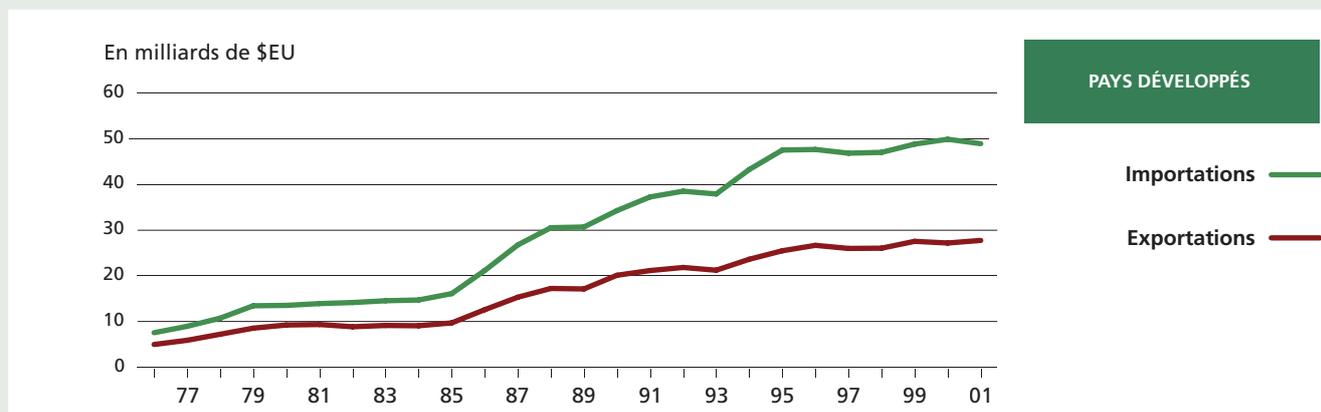
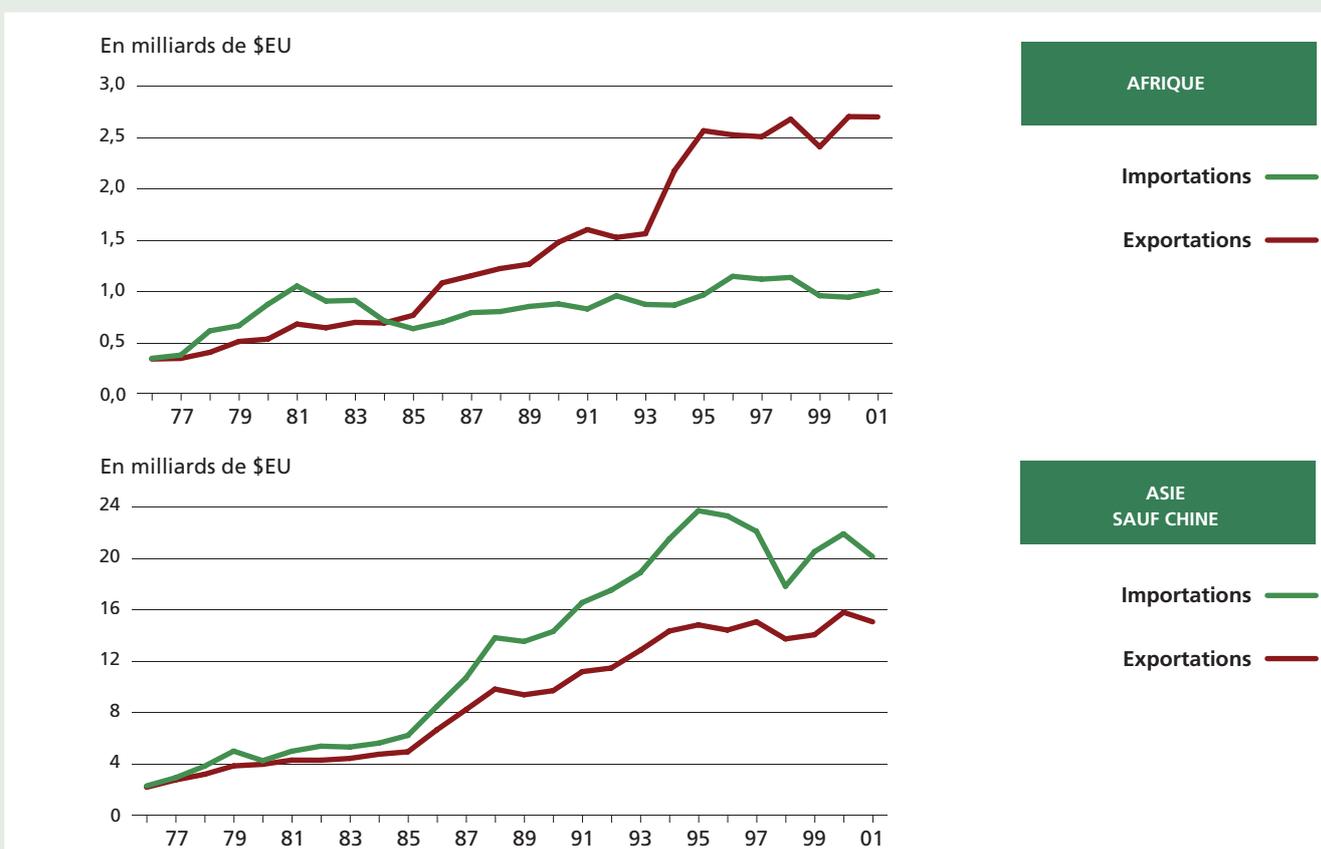
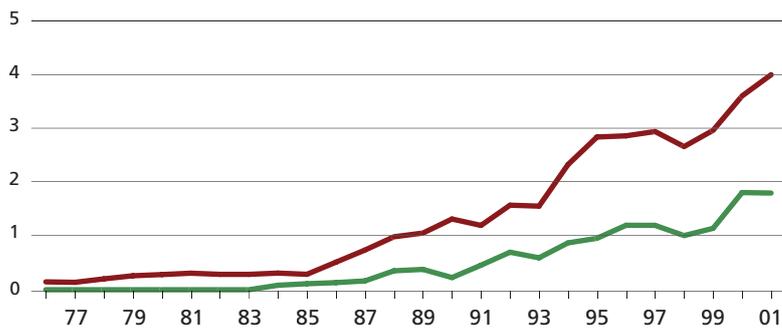


FIGURE 39

Commerce du poisson et des produits de la pêche dans les pays en développement



En milliards de \$EU



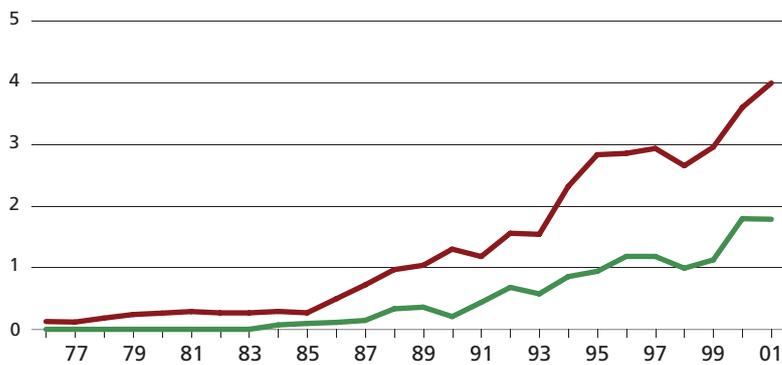
PAYS EN DÉVELOPPEMENT

Imports

Exports

Source: FAO.

En milliards de \$EU

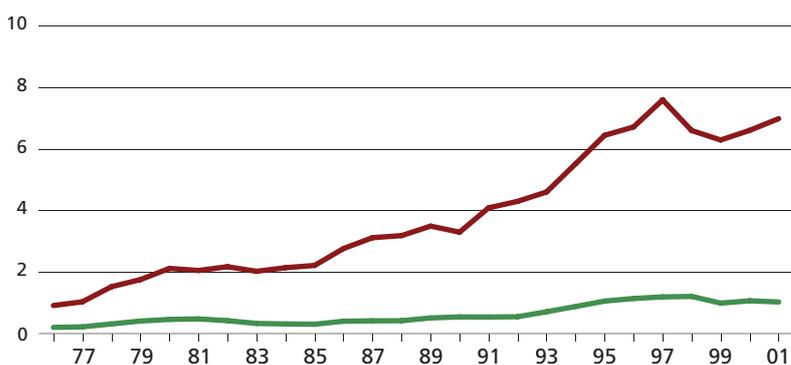


CHINE

Imports

Exports

En milliards de \$EU



AMÉRIQUE LATINE ET CARAÏBES

Imports

Exports

Source: FAO.

FIGURE 40

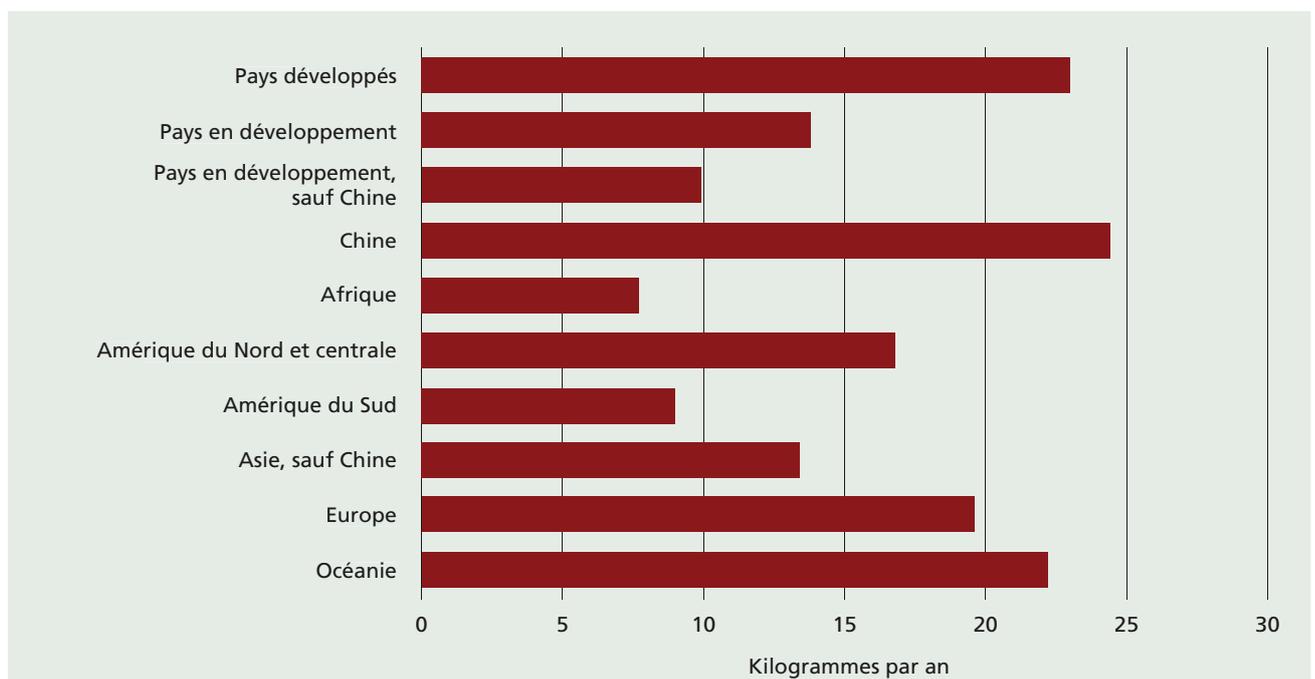
Disponibilités par habitant de poisson de capture et d'aquaculture, Chine et reste du monde



Source: FAO.

FIGURE 41

Disponibilités de poisson par habitant, par région, 1997-1999



Source: FAO.

10. FORÊTS

- La production mondiale de bois rond en 2002 se chiffre, selon les estimations, à 3 380 millions de mètres cubes, ce qui représente une hausse d'environ 1,1 pour cent par rapport à l'an dernier (figure 42). La production totale de bois rond a stagné cette dernière décennie et s'établit en 2002 à peu près au niveau de la décennie précédente.
- En 2002, le bois rond industriel représentait 47 pour cent de la production totale et le bois de chauffage 53 pour cent.
- La majeure partie de cette production, soit 2 015 millions de mètres cubes ou 60 pour cent du total de 2002, provient des pays en développement (figure 42).
- Sauf en 2000 et 2001, la production des pays en développement a, par ailleurs, maintenu sa tendance à la hausse tout au long des 10 dernières années, la production des pays développés restant largement en deçà des niveaux records de 1989 et 1990, après une forte diminution au début des années 90.
- On constate de profonds écarts entre pays développés et en développement quant à la répartition de la production totale de bois rond. Dans les pays développés, le bois rond industriel concerne l'essentiel de la production, le combustible ligneux ne représentant qu'environ 15 pour cent du total. Dans les pays en développement, le combustible ligneux représente près de 80 pour cent de la production de bois rond, un chiffre qui ne cesse d'augmenter.
- Ainsi, la plus grande partie de la production de bois rond industriel provient toujours des pays développés (plus de 70 pour cent), mais la part des pays en développement est en progression.
- Selon les estimations de l'*Évaluation mondiale des ressources forestières 2000*, la perte annuelle nette moyenne du couvert forestier mondial aurait été de 9,4 millions d'hectares, soit 0,2 pour cent, entre 1990 et 2000. Les pertes les plus grandes en pourcentage ont été enregistrées en Afrique et en Amérique du Sud (figure 46).

FIGURE 42
Production mondiale de bois rond

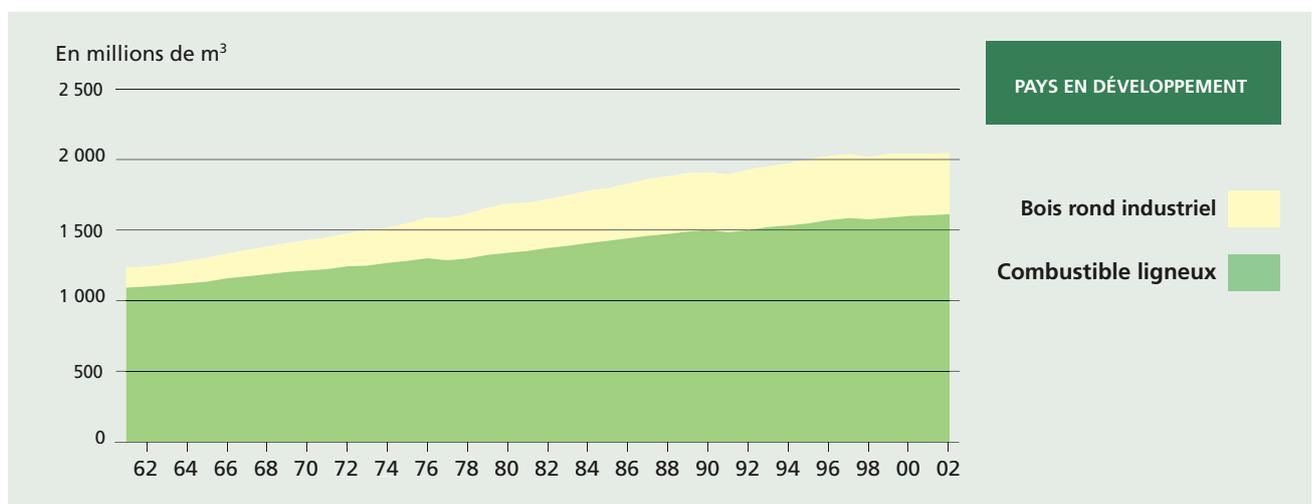
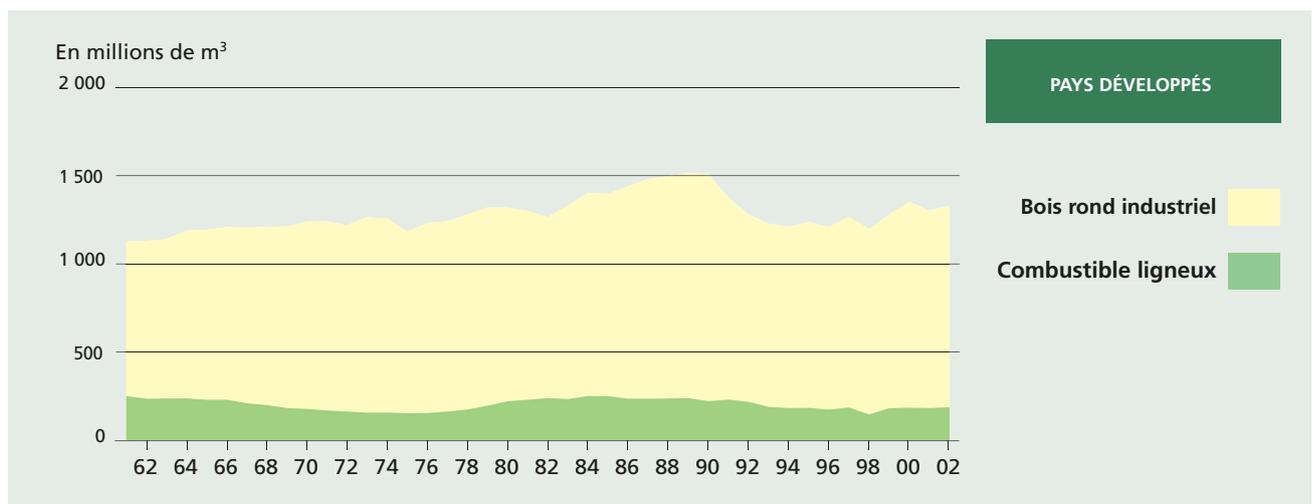
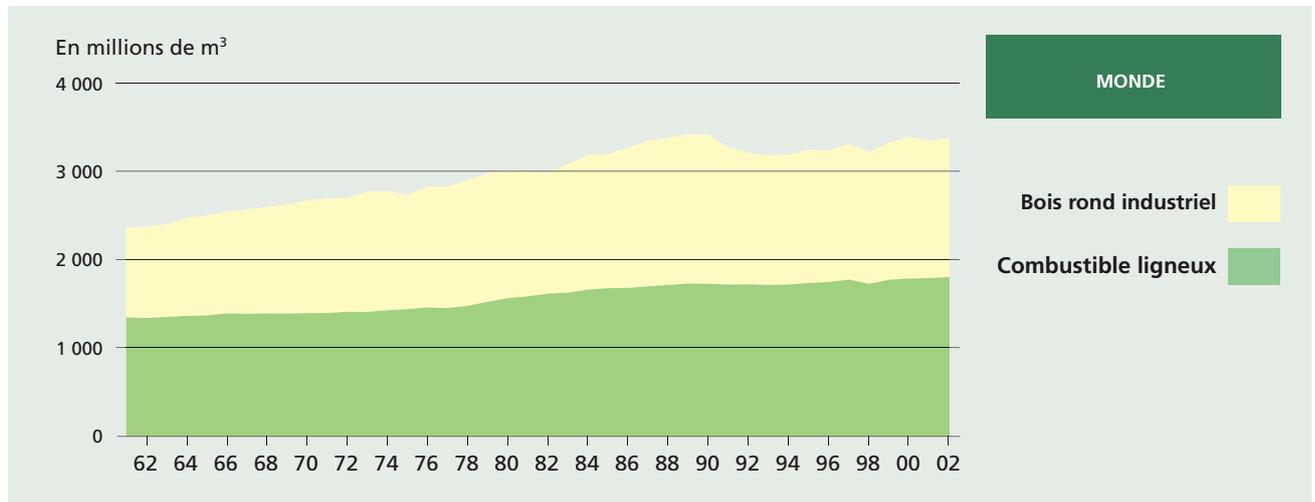
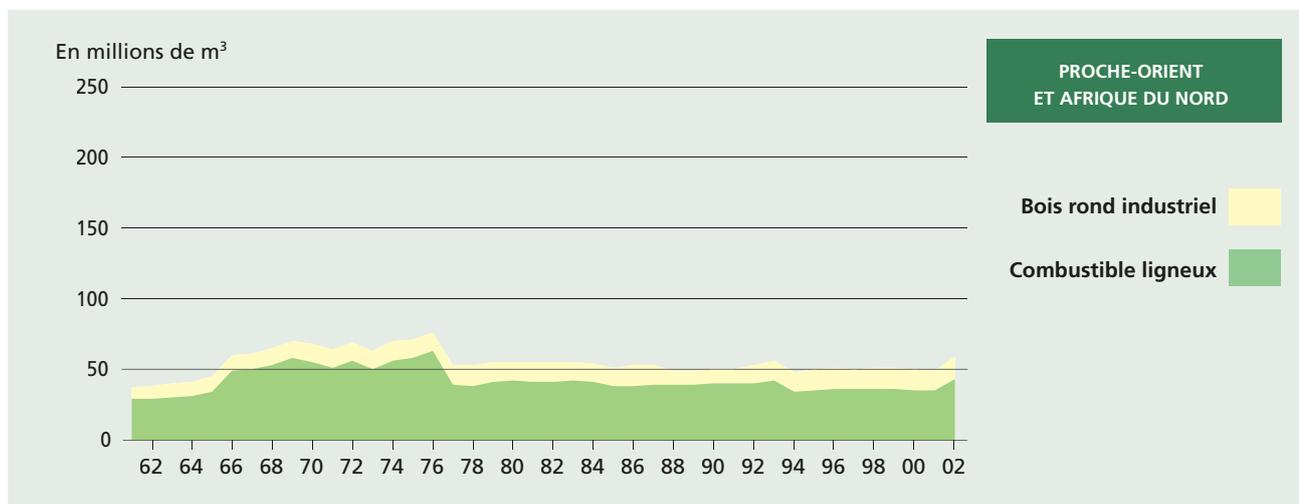
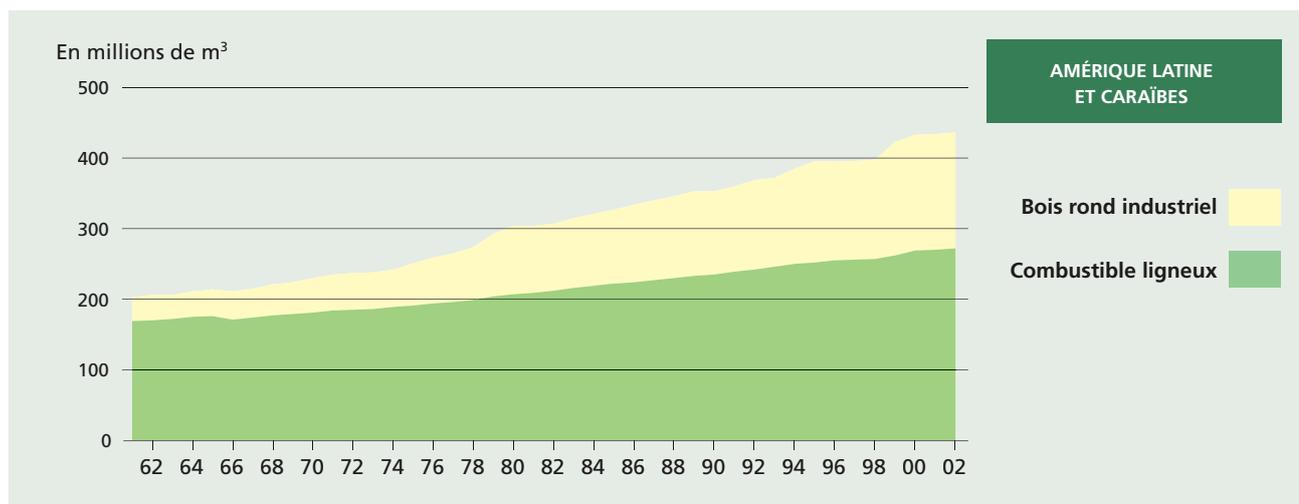
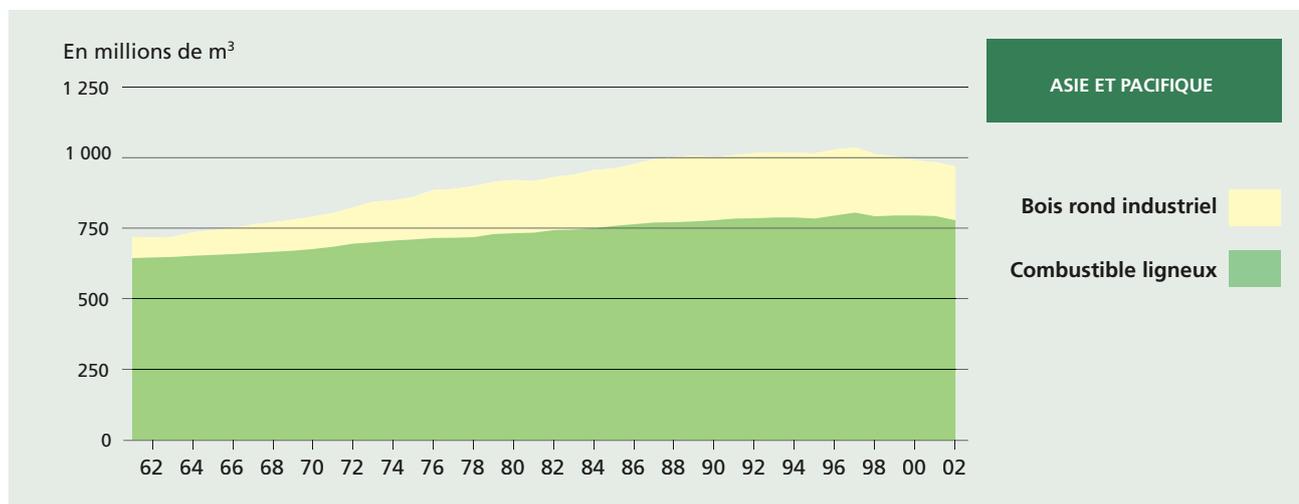
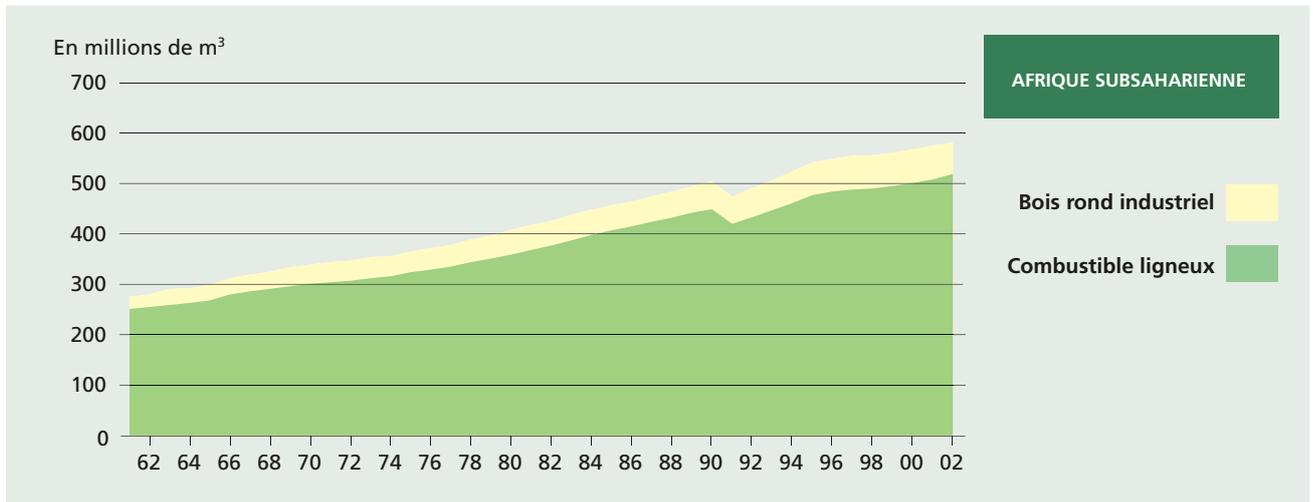


FIGURE 43
Production de bois rond par région en développement



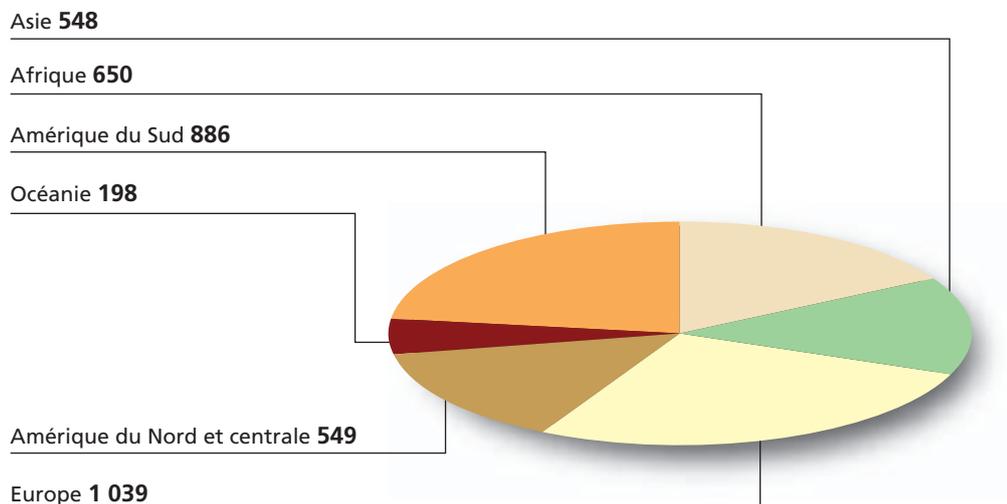
(suite)

FIGURE 43 (fin)
Production de bois rond par région en développement



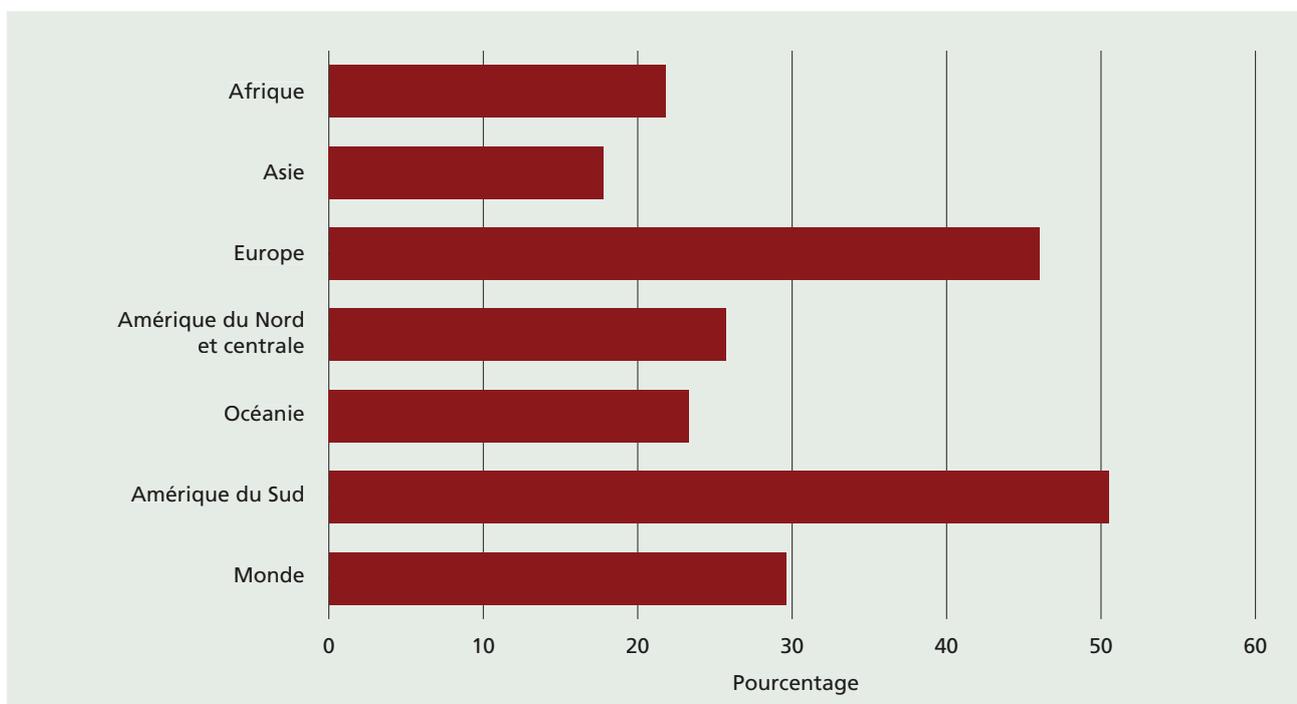
Source: FAO.

FIGURE 44
Superficie forestière en 2000 (en millions d'hectares)



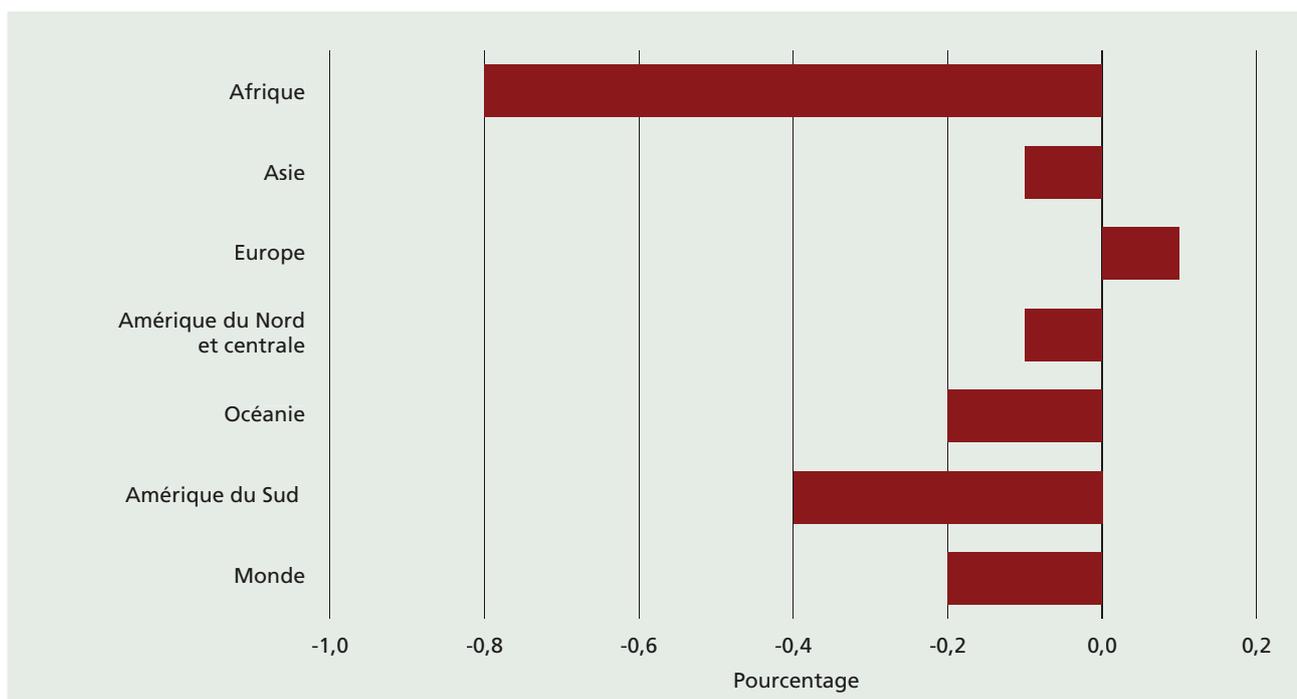
Source: FAO.

FIGURE 45
Part de la superficie des terres couvertes par des forêts en 2000



Source: FAO.

FIGURE 46
Variation annuelle du couvert forestier, 1990-2000



Source: FAO.

Troisième partie

2002 1985

1995 2001

2000 1992

1986 1990

1999 1989

2006 2003

Notes concernant les tableaux en annexe

Symboles

Les tableaux utilisent les symboles suivants:

...	= non disponible
ha	= hectare
hg/ha	= hectogramme par hectare
hg	= hectogramme
PIB	= produit intérieur brut
PNB	= produit national brut
kcal/personne/jour	= calories par personne par jour
kg	= kilogramme
\$EU	= dollar des États-Unis

Les décimales sont séparées des unités par une virgule (,).

Notes techniques

Les tableaux ne reprennent pas les pays pour lesquels les données disponibles sont insuffisantes.

Pour des raisons d'arrondi, les chiffres figurant dans le tableau peuvent être légèrement différents de ceux provenant de FAOSTAT et des Indicateurs du développement dans le monde.

1. Sécurité alimentaire et nutrition (tableau A2)

Source: FAO

Sous-alimentation

Les estimations de la FAO concernant la prévalence de la sous-alimentation s'appuient sur des calculs du volume de denrées alimentaires disponibles dans chaque pays (disponibilité énergétique alimentaire ou DEA – au niveau national) et sur une mesure de l'inégalité de la répartition des aliments découlant d'études sur les revenus ou les dépenses des ménages.

Les chiffres relatifs à la sous-alimentation en Chine continentale englobent Taïwan Province de Chine.

Les estimations de la proportion de personnes sous-alimentées en Afghanistan, en Iraq et en Somalie ne sont pas disponibles pour 1999-2001. Les chiffres indiqués sont dès lors ceux de 1998-2000.

Symboles utilisés

Pour une proportion inférieure à 2,5 pour cent de personnes sous-alimentées, le trait moyen (–) est utilisé.

Disponibilité énergétique alimentaire

Les disponibilités par habitant exprimées en poids de produit s'appuient sur les disponibilités totales disponibles à la

consommation humaine (c'est-à-dire, les denrées alimentaires) et sont le résultat de la division de la quantité d'aliments par le total de la population effectivement concernée par les disponibilités alimentaires au cours de la période de référence. La disponibilité énergétique alimentaire est pondérée par le total de la population.

Probabilité que la consommation réelle tombe sous la barre des 95 pour cent de la tendance enregistrée entre 1980 et 2001

Selon Sadoulet et de Janvry (1995), la probabilité que la consommation nationale tombe sous un pourcentage α (dans ces tableaux $\alpha = 95\%$) de sa tendance à long terme est égale à: $\Pr(C < \alpha \hat{C}_t)$, où \hat{C}_t représente la tendance estimée de la consommation. Il est possible d'estimer cette probabilité à l'aide de données historiques, en supposant une distribution normale du facteur d'erreur u_t autour de la droite de régression.

$$\Pr(C < \alpha \hat{C}_t) = \Pr\left[\frac{C - \bar{C}}{\sigma_c} < -\left(\frac{\bar{C} - \alpha \hat{C}_t}{\sigma_c}\right)\right] =$$

$$\Pr\left[u = \frac{C - \hat{C}_t}{\hat{C}_t} < -(1 - \alpha)\right] = \Pr\left[\frac{u}{\mathbf{I}_c} < \frac{-(1 - \alpha)}{\mathbf{I}_c}\right] = 1 - F_{(1-\alpha)/\mathbf{I}_c}$$

En vertu de cette hypothèse:

où $\mathbf{I}_c = \frac{\sigma_c}{\hat{C}_t}$ et $\mathbf{F}(\cdot)$ représentent la distribution normale standard.

La consommation apparente est, de manière plus spécifique,

$$C_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + u_t$$

obtenue par régression d'une tendance temporelle non linéaire:

Nous avons initialisé les deux coefficients a_0 et a_1 , puis nous avons travaillé sur les restes estimés:

$$\hat{u}_t = \begin{cases} = C_t - \hat{a}_0 - \hat{a}_1 t - \hat{a}_2 t^2 & \text{si les deux coefficients estimés} \\ & \text{étaient statistiquement différents} \\ & \text{de zéro à un niveau de 5 pour cent} \\ = C_t - \bar{C} & \text{autrement} \end{cases}$$

où \bar{C} représente la consommation apparente moyenne au cours de la période concernée. L'hypothèse d'une répartition normale des restes suppose une notion de symétrie. Ainsi, 10 pour cent de probabilité de déficit d'un côté sous-entendent 10 pour cent de probabilité de consommation excédentaire par rapport à 105 pour cent de la tendance.

Coefficient de variation de la consommation alimentaire

Ce coefficient est calculé à partir de l'écart-type de la variable $100 \times (C_t - C_t \text{tendance}) / C_t \text{tendance}$.

2. Production et productivité agricoles (tableau A3)

Source: FAO

Taux de croissance annuelle de la production agricole et de la production alimentaire par habitant

Les taux de croissance se rapportent à l'évolution du volume global de la production. Pour chaque produit, la production est pondérée

par la moyenne des cours internationaux du produit pendant la période 1989-91 et les quantités produites chaque année sont additionnées.

3. Indicateurs de la population et de la population active (tableau A4)

Source: FAO

Population totale

La population totale désigne généralement la population présente (de fait) sur le territoire, dans laquelle sont prises en compte toutes les personnes présentes physiquement au milieu de la période de référence à l'intérieur des frontières géographiques nationales du moment.

Population rurale

En général, on définit les zones urbaines, le reste de la population totale étant considérée comme rurale. Concrètement, les critères de distinction entre zones urbaines et rurales varient d'un pays à l'autre.

Population agricole

La population agricole est définie comme l'ensemble des personnes qui vivent de l'agriculture, de la chasse, de la pêche ou de la foresterie. Cette estimation comprend toutes les personnes exerçant une activité agricole ainsi que les inactifs à leur charge.

Population active

Ce terme désigne l'ensemble des personnes occupées ou non (y compris celles qui cherchent du travail pour la première fois).

Population active dans le secteur agricole

La population active dans le secteur agricole est la partie de la population active qui a un travail ou en recherche un dans l'agriculture, la chasse, la pêche ou la foresterie.

4. Indicateurs d'affectation des sols (tableau A5)

Source: FAO

Superficie totale des terres

Superficie totale moins la superficie des eaux intérieures.

Forêts et terrains boisés

Toutes les terres portant des peuplements naturels ou artificiels, qu'ils soient productifs ou non.

Superficie agricole

Somme de la superficie des terres arables, des terres sous cultures permanentes et des prairies et pâturages permanents.

Terres arables

Terres affectées aux cultures temporaires (les superficies récoltées deux fois n'étant comptées qu'une fois), prairies temporaires à faucher ou à pâturer, jardins maraîchers ou potagers et terres en jachères temporaires (moins de cinq ans).

Cultures permanentes

Terres consacrées à des cultures qui occupent le terrain pendant de longues périodes et ne doivent pas être replantées après chaque récolte.

Prairies et pâturages permanents

Terres consacrées de façon permanente (cinq ans au minimum) aux herbacées fourragères, cultivées ou sauvages (prairies sauvages ou pâturages).

Superficie irriguées

Les données relatives à la superficie irriguée se rapportent aux surfaces aménagées dans le but de fournir un apport en eau aux cultures.

- *Chine*: la superficie irriguée ne concerne que les terres agricoles (à l'exclusion des vergers et des pâturages).
- *Cuba*: les données ne concernent que le secteur public.
- *Japon; République de Corée; Sri Lanka*: les données se rapportent uniquement au riz irrigué.

Utilisation d'engrais

Les statistiques se rapportent à la consommation totale d'engrais. Les estimations de l'utilisation totale sont obtenues en ajoutant les volumes d'engrais azoté, phosphaté et potassique exprimés en nutriments des végétaux (N, P₂, O₅, et K₂O, respectivement).

5. Indicateurs commerciaux (tableau A6)

Source: FAO et Banque mondiale (*Indicateurs du développement dans le monde*, 2003, CD-ROM et données en ligne).

Commerce total de marchandises

Les données se rapportent à l'ensemble du commerce des marchandises. En général, les valeurs des exportations sont exprimées f.o.b. (franco à bord) et celles des importations c.a.f. (coût, assurance, fret).

Commerce agricole

Les données se rapportent à l'agriculture au sens strict du terme, à l'exclusion des produits de la pêche et des forêts.

Commerce des denrées alimentaires

Les données se rapportent aux denrées alimentaires et aux animaux.

PIB agricole

La valeur ajoutée du secteur de l'agriculture (exprimée en pourcentage du PIB) est calculée à partir des données de comptes nationaux de la Banque mondiale et des fichiers des comptes nationaux de l'OCDE. L'agriculture englobe les forêts, la pêche, la chasse, de même que les cultures végétales et la production animale.

Exportations agricoles par rapport au PIB agricole

Les exportations agricoles par rapport au PIB agricole ont été pondérées par la valeur ajoutée de l'agriculture.

6. Indicateurs économiques (tableau A7)

Source: Banque mondiale (*Indicateurs du développement dans le monde*, 2003, CD-ROM et données en ligne).

Pondération: Le PNB par habitant (\$EU courants), le PIB par habitant (croissance annuelle en pourcentage) et le PIB par habitant, la parité du pouvoir d'achat (dollars internationaux courants), ont été pondérés par la population totale. Le PIB (croissance annuelle en pourcentage) et la valeur ajoutée agricole (pourcentage du PIB) ont été pondérés par le PIB (dollars EU constants de 1995). La valeur ajoutée agricole (croissance annuelle en pourcentage) a été pondérée par la valeur ajoutée agricole (dollars EU constants de 1995). La valeur ajoutée agricole par travailleur a été pondérée par la population active dans le secteur agricole.

Incidence de la pauvreté au niveau national

Le taux national de pauvreté représente le pourcentage de la population qui vit en dessous du seuil de pauvreté du pays. Les estimations nationales se fondent sur des estimations pour chaque sous-groupe, pondérées par la population, à partir d'enquêtes auprès des ménages.

PNB par habitant (\$EU courants)

Le PNB est le revenu national brut, converti en dollars EU par la méthode de l'Atlas de la Banque mondiale, divisé par le nombre d'habitants en milieu d'année.

PIB (croissance annuelle en pourcentage)

Taux de croissance annuelle en pourcentage du PIB aux prix du marché en monnaie locale constante. Les montants globaux sont calculés sur la base du dollar des États-Unis constant de 1995.

PIB par habitant (croissance annuelle en pourcentage)

Taux de croissance annuelle en pourcentage du PIB par habitant en monnaie locale constante. Le PIB par habitant équivaut au PIB divisé par le nombre d'habitants en milieu d'année.

PIB par habitant, parité du pouvoir d'achat (dollars internationaux courants)

Le PIB par habitant sur base de la parité du pouvoir d'achat représente le produit intérieur brut converti en dollars internationaux aux taux de parité du pouvoir d'achat. Le dollar international a le même pouvoir d'achat par rapport au PIB que le dollar américain aux États-Unis.

Valeur ajoutée agricole par travailleur

La valeur ajoutée agricole par travailleur constitue une mesure de la productivité agricole. La valeur ajoutée agricole mesure la production du secteur agricole de laquelle sont soustraits les intrants intermédiaires. Outre les cultures végétales et la production animale, l'agriculture englobe également la valeur ajoutée du secteur forestier, de la chasse et de la pêche.

PIB, dollars des États-Unis constants de 1995

Les données sont exprimées en dollars des États-Unis constants de 1995. Les chiffres en dollars du PIB sont convertis à partir des

différentes monnaies nationales à l'aide du taux de change officiel de 1995.

7. Productivité totale des facteurs (tableau A8)

Source: FAO

La productivité totale des facteurs (PTF) représente la quantité produite divisée par une mesure de la quantité d'intrants utilisés. La démarche adoptée ici consiste à appliquer les méthodes de l'analyse d'enveloppement des données aux données provenant de FAOSTAT relatives aux produits et aux intrants, afin d'estimer l'indice de Malmquist de la PTF (Malmquist, 1953). Les données se rapportent aux périodes 1961-80 et 1981-2000. Il est possible de scinder les changements qui en résultent au niveau de l'indice global de productivité en deux volets: technologie et efficacité technique. Un des avantages de la méthode d'analyse d'enveloppement des données de Malmquist est qu'elle ne nécessite aucune information sur le prix des intrants. Les données utilisées sont les suivantes: production agricole nette, c'est-à-dire à l'exception des semences et des aliments pour animaux, exprimée en dollars internationaux constants (1989-91); intrants: terres arables et sous cultures permanentes; main-d'œuvre: total de la population active dans le secteur de l'agriculture; engrais: consommation totale (exprimée en équivalent nutriments) d'azote, de potasse et de phosphates; élevage: la somme pondérée des chameaux, buffles, chevaux, bœufs, ânes, porcs, moutons, chèvres et volailles (sur la base des poids proposés par Hayami et Ruttan, 1985); capital physique: nombre de tracteurs utilisés. Nous avons également repris la proportion des terres arables et des terres sous cultures permanentes qui sont irriguées, de même que le rapport entre les terres arables et sous cultures permanentes d'une part et les terres agricoles d'autre part (lesquelles englobent également les pâturages permanents).

NOTES RELATIVES AUX PAYS ET AUX RÉGIONS

Les données relatives à la **Chine** ne concernent pas la Région administrative spéciale de Hong Kong; Macao, Chine, ou Taïwan Province de Chine, sauf indication contraire.

Lorsque cela se révèle possible, les données sont présentées de manière séparée pour la **Belgique** et le **Luxembourg** mais, le plus souvent, elles sont cumulées pour les deux pays.

Lorsque cela se révèle possible, les données sont présentées pour chacun des pays issus de l'**ex-Tchécoslovaquie** – la **République tchèque** et la **République slovaque**. Les données relatives aux périodes précédant 1993 sont reprises sous «Tchécoslovaquie».

Lorsque cela se révèle possible, les données sont présentées de manière séparée pour l'**Érythrée** et l'**Éthiopie** mais, dans la plupart des cas, les données relatives aux périodes précédant 1992 sont reprises sous «RPD d'Éthiopie».

En 1991, l'**Union des Républiques socialistes soviétiques** («URSS» dans les tableaux) a été scindée en 15 pays (**Arménie, Azerbaïdjan, Bélarus, Estonie, Géorgie, Kazakhstan, République kirghize, Lettonie, Lituanie, Moldova, Fédération de Russie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine et Ouzbékistan**). Lorsque cela

s'avère possible, les données sont présentées pour chacun de ces pays, les données relatives aux périodes précédant 1992 étant reprises sous «URSS».

Les données relatives à la **République du Yémen** se rapportent à ce pays à compter de 1990. Pour les années précédentes, les données regroupent les anciennes République démocratique populaire du Yémen et République arabe du Yémen, sauf indication contraire.

Lorsque cela se révèle possible, les données sont présentées pour chacun des pays issus de l'**ex-Yougoslavie** («RSF de Yougoslavie» dans les tableaux) – **Bosnie-Herzégovine, Croatie, L'ex-République yougoslave de Macédoine, Slovénie et la République fédérative de Yougoslavie**. Toutes les références à la République fédérative de Yougoslavie dans les tableaux ne concernent que la **République fédérative de Yougoslavie (Serbie-et-Monténégro)**. Les données relatives aux années précédant 1992 sont reprises sous RSF de Yougoslavie.

TABLEAU A1*
Pays et territoires utilisés à des fins statistiques dans la présente publication

Pays en développement				Pays développés	
Asie et Pacifique/ Extrême-Orient et Océanie	Amérique latine et Caraïbes	Proche-Orient et Afrique du Nord	Afrique subsaharienne	Économies de marché développées	Pays en transition
Samoa américaines	Anguilla	Afghanistan	Angola	Andorre	Albanie
Bangladesh	Antigua-et-Barbuda	Algérie	Bénin	Australie	Arménie
Bhoutan	Argentine	Bahreïn	Botswana	Autriche	Azerbaïdjan
Îles Vierges britanniques	Aruba	Chypre	Burkina Faso	Belgique- Luxembourg	Bélarus
Brunéi Darussalam	Bahamas	Égypte	Burundi	Canada	Bosnie-Herzégovine
Cambodge	Barbade	Iran, Rép. islamique d'	Cameroun	Danemark	Bulgarie
Chine, Hong Kong RAS	Belize	Iraq	Cap-Vert	Îles Féroé	Croatie
Chine, Macao RAS	Bermudes	Jordanie	République centrafricaine	Finlande	République tchèque
Chine continentale	Bolivie	Koweït	Tchad	France	Estonie
Taïwan Province de Chine	Brésil	Liban	Comores	Allemagne	Géorgie
Îles Cocos (Keeling)	Îles Caïmanes	Jamahiriya arabe libyenne	Congo, République démocratique du	Gibraltar	Hongrie
Îles Cook	Chili	Maroc	Congo, République du	Grèce	Kazakhstan
Fidji	Colombie	Oman	Côte d'Ivoire	Groenland	Kirghizistan
Polynésie française	Costa Rica	Palestine, Territoire occupé	Djibouti	Islande	Lettonie
Guam	Cuba	Qatar	Guinée équatoriale	Irlande	Lituanie
Inde	Dominique	Arabie saoudite	Érythrée	Israël	Macédoine, L'ex-République yougoslave de
Indonésie	République dominicaine	République arabe syrienne	Éthiopie	Italie	Moldova, République de
Kiribati	Équateur	Tunisie	Gabon	Japon	Pologne
Corée, République populaire dém. de	El Salvador	Turquie	Gambie	Liechtenstein	Roumanie
Corée, République de	Îles Falkland (Malvinas)	Émirats arabes unis	Ghana	Malte	Fédération de Russie
République dém. populaire lao	Guyane française	Yémen	Guinée	Monaco	Slovaquie
Malaisie	Grenade		Guinée-Bissau	Pays-Bas	Slovénie
Maldives	Guadeloupe		Kenya	Nouvelle-Zélande	Tadjikistan
Îles Marshall	Guatemala		Lesotho	Norvège	Turkménistan
Micronésie, États fédérés de	Guyana		Libéria	Portugal	Ukraine
Mongolie	Haïti		Madagascar	Saint-Pierre-et- Miquelon	Ouzbékistan
Myanmar	Honduras		Malawi	Saint-Marin	Yougoslavie
Nauru	Jamaïque		Mali	Espagne	
Népal	Martinique		Mauritanie	Suède	
Nouvelle-Calédonie	Mexique		Maurice	Suisse	
Nioué	Montserrat		Mozambique	Royaume-Uni	
Îles Norfolk	Antilles néerlandaises		Namibie	États-Unis d'Amérique	
Îles Mariannes du Nord	Nicaragua		Niger		
Pakistan	Panama		Nigéria		
Palaos	Paraguay		Réunion		
Papouasie-Nouvelle- Guinée	Pérou		Rwanda		

(suite)

TABLEAU A1
(fin)

Pays en développement				Pays développés	
Asie et Pacifique/ Extrême-Orient et Océanie	Amérique latine et Caraïbes	Proche-Orient et Afrique du Nord	Afrique subsaharienne	Économies de marché développées	Pays en transition
Philippines	Porto Rico		Sainte-Hélène		
Samoa	Saint-Kitts-et-Nevis		Sao Tomé-et-Principe		
Singapour	Sainte-Lucie		Sénégal		
Îles Salomon	Saint-Vincent-et-les Grenadines		Seychelles		
Sri Lanka	Suriname		Sierra Leone		
Thaïlande	Trinité-et-Tobago		Somalie		
Timor-Leste	Îles Turques et Caïques		Afrique du Sud		
Tokélaou	Îles Vierges américaines		Soudan		
Tonga	Uruguay		Swaziland		
Tuvalu	Venezuela		Tanzanie, Rép.-Unie de		
Vanuatu			Togo		
Viet Nam			Ouganda		
Îles Wallis et Futuna			Zambie		
			Zimbabwe		

* La présente liste suit l'ordre alphabétique anglais.

Note: L'Afrique du Sud est comprise dans l'Afrique subsaharienne et non dans les pays développés.

TABLEAU A2*
Sécurité alimentaire et nutrition

	Nombre de personnes sous-alimentées		Part de personnes sous-alimentées dans le total de la population		Disponibilité énergétique alimentaire dans le total de la population			Coefficient de variation de la consommation alimentaire	Probabilité que la consommation réelle tombe sous la barre des 95 % de la tendance (%)
	(Millions)		(%)		(kcal/personne/jour)		(Croissance annuelle moyenne en %)		
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-2001		
MONDE	...	...	...	...	2 705	2 803	0,28	...	...
PAYS DÉVELOPPÉS	...	...	...	...	3 273	3 273	-0,07	...	...
PAYS EN DÉVELOPPEMENT	816,6	797,9	20	17	2 535	2 677	0,49	...	...
ASIE ET PACIFIQUE	566,8	505,2	20	16	2 522	2 702	0,61	4,8	13,9
Bangladesh	39,2	44,1	35	32	2 074	2 156	0,61	2,6	2,7
Brunéi Darussalam	...	...	...	...	2 760	2 771	-0,01	...	...
Cambodge	4,3	5,0	43	38	1 871	1 973	0,88	6,4	21,7
Chine, Hong Kong, RAS	0,0	0,1	-	-	3 228	3 099	-0,53	...	...
Chine, Macao, RAS,	...	...	...	...	2 716	2 509	-0,35	...	...
Chine, continentale	193,0	135,3	17	11	2 701	2 972	0,98	4,4	12,7
Chine, Taïwan Province de	...	...	...	...	2 966	3 059	0,41	...	...
Îles Fidji	...	...	...	...	2 638	2 782	0,72	...	...
Polynésie française	...	...	...	...	2 864	2 881	0,16	...	...
Inde	214,5	213,7	25	21	2 368	2 492	0,30	5,2	17,0
Indonésie	16,6	12,6	9	6	2 694	2 903	0,90	1,2	0,0
Kiribati	...	...	...	...	2 653	2 917	1,36	3,2	6,4
Corée, République populaire dém. de	3,7	7,5	18	34	2 452	2 176	-0,06	3,2	6,5
Corée, République de	0,8	0,7	-	-	3 005	3 074	-0,04	...	...
République dém. populaire lao	1,2	1,2	29	22	2 113	2 282	0,78	1,9	0,3
Malaisie	0,6	0,5	3	-	2 782	2 916	0,78	...	...
Maldives	...	...	...	...	2 387	2 561	0,74	3,8	9,5
Mongolie	0,8	1,0	34	38	2 062	2 068	-0,82	5,7	18,6
Myanmar	4,0	3,2	10	7	2 636	2 813	0,69	...	...
Népal	3,4	3,8	18	17	2 396	2 442	0,05	4,0	11,1
Nouvelle-Calédonie	...	...	...	...	2 792	2 769	-0,15	...	...
Pakistan	29,0	26,8	26	19	2 282	2 458	0,36	6,8	23,1
Papouasie-Nouvelle-Guinée	0,9	1,3	25	27	2 208	2 176	-0,10	8,3	27,4
Philippines	16,1	16,8	26	22	2 266	2 374	0,28	5,1	16,2
Îles Salomon	...	...	...	...	2 016	2 236	0,56	8,1	28,2
Sri Lanka	5,0	4,6	29	25	2 202	2 328	0,16	3,2	5,7
Thaïlande	15,6	11,9	28	19	2 244	2 466	0,84	...	...
Vanuatu	...	...	...	...	2 538	2 575	0,05	9,0	28,9
Viet Nam	18,1	15,1	27	19	2 252	2 501	1,19	...	...

(suite)

TABLEAU A2
(suite)

	Nombre de personnes sous-alimentées		Part de personnes sous-alimentées dans le total de la population		Disponibilité énergétique alimentaire dans le total de la population			Coefficient de variation de la consommation alimentaire	Probabilité que la consommation réelle tombe sous la barre des 95 % de la tendance (%)
	(Millions)		(%)		(kcal/personne/jour)		(Croissance annuelle moyenne en %)		
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-2001			1980-2001	1980-2001
AMÉRIQUE LATINE ET CARAÏBES	59,0	53,4	13	10	2 707	2 842	0,47	5,1	13,4
Antigua-et-Barbuda	...	...	...	...	2 486	2 367	-0,26	...	...
Argentine	0,7	0,4	-	-	2 993	3 178	0,54	...	...
Bahamas	...	...	...	...	2 620	2 725	-0,02	...	...
Barbade	...	...	...	...	3 080	2 959	-0,42	...	...
Belize	...	...	...	...	2 687	2 863	1,09	...	...
Bermudes	...	...	...	...	2 945	2 946	-0,03	...	...
Bolivie	1,8	1,8	26	22	2 141	2 236	0,44	2,0	0,6
Brésil	18,6	15,6	12	9	2 811	3 002	0,59	...	...
Chili	1,1	0,6	8	4	2 612	2 851	1,24	...	...
Colombie	6,1	5,7	17	13	2 435	2 572	0,70	...	...
Costa Rica	0,2	0,2	7	6	2 683	2 758	0,20	...	...
Cuba	0,9	1,3	8	11	2 697	2 607	-0,93	11,4	33,1
Dominique	...	...	...	...	2 992	2 981	0,04	...	...
République dominicaine	1,9	2,1	27	25	2 260	2 323	0,06	...	...
Équateur	0,9	0,6	8	4	2 508	2 735	0,97	...	...
El Salvador	0,6	0,8	12	14	2 492	2 460	0,40	...	...
Grenade	...	...	...	...	2 682	2 742	0,37	...	...
Guatemala	1,4	2,9	16	25	2 352	2 160	-0,18	5,9	20,0
Guyana	0,2	0,1	21	14	2 350	2 536	0,46	...	...
Haïti	4,6	4,0	65	49	1 781	2 041	1,40	4,3	10,9
Honduras	1,1	1,3	23	20	2 313	2 398	0,36	1,6	0,1
Jamaïque	0,3	0,2	14	9	2 503	2 690	0,34	...	...
Mexique	4,6	5,2	5	5	3 107	3 152	0,23	...	...
Antilles néerlandaises	...	...	...	...	2 523	2 581	0,15	...	...
Nicaragua	1,2	1,5	30	29	2 215	2 247	0,00	5,0	16,0
Panama	0,5	0,7	20	26	2 339	2 252	0,65	...	...
Paraguay	0,8	0,7	18	13	2 393	2 560	0,09	...	...
Pérou	8,9	2,9	40	11	1 979	2 602	1,57	...	...
Saint-Kitts-et-Nevis	...	...	...	...	2 576	2 977	1,20	...	...
Sainte-Lucie	...	...	...	...	2 735	2 921	0,64	...	...
Saint-Vincent-et-les Grenadines	...	...	...	...	2 393	2 638	0,83	...	...
Suriname	0,1	0,0	13	11	2 548	2 630	0,75	...	...
Trinité-et-Tobago	0,2	0,2	13	12	2 638	2 714	0,21	...	...
Uruguay	0,2	0,1	6	3	2 662	2 841	1,11	...	...
Venezuela	2,3	4,4	11	18	2 465	2 331	0,21	...	...

(suite)

TABLEAU A2
(suite)

	Nombre de personnes sous-alimentées		Part de personnes sous-alimentées dans le total de la population		Disponibilité énergétique alimentaire dans le total de la population			Coefficient de variation de la consommation alimentaire	Probabilité que la consommation réelle tombe sous la barre des 95 % de la tendance (%)
	(Millions)		(%)		(kcal/personne/jour)		(Croissance annuelle moyenne en %)		
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-2001		
PROCHE-ORIENT ET AFRIQUE DU NORD	25,3	40,9	8	10	2 972	2 951	-0,17	5,2	10,7
Afghanistan	8,4	15,3	58	70	1 818	1 673	-2,13	13,8	35,8
Algérie	1,3	1,7	5	6	2 932	2 965	0,25	...	...
Chypre	...	...	...	...	3 127	3 264	0,81	...	...
Égypte	2,7	2,3	5	3	3 174	3 366	0,71	...	...
Iran, République islamique d'	2,8	3,8	5	5	2 886	2 933	0,33	...	...
Iraq	1,2	6,2	7	27	2 657	2 191	-3,39	...	...
Jordanie	0,1	0,3	4	6	2 826	2 736	0,15	...	...
Koweït	0,5	0,1	22	4	2 293	3 151	1,16	...	...
Liban	0,1	0,1	3	3	3 151	3 166	0,17	...	...
Jamahiriya arabe libyenne	0,0	0,0	-	-	3 274	3 316	0,19	...	...
Maroc	1,5	2,1	6	7	3 017	3 002	0,19	2,7	3,1
Arabie saoudite	0,6	0,6	4	3	2 771	2 837	0,41	1,7	0,2
République arabe syrienne	0,6	0,6	5	4	2 834	3 043	0,74	...	...
Tunisie	0,1	0,1	-	-	3 173	3 344	0,43	...	...
Turquie	1,0	1,8	-	3	3 509	3 357	-0,45	...	...
Émirats arabes unis	0,1	0,0	4	-	2 969	3 332	0,87	...	...
Yémen	4,2	6,1	35	33	2 036	2 046	-0,42	2,8	3,8
AFRIQUE SUBSAHARIENNE	165,5	198,4	35	33	2 185	2 255	0,45	7,1	19,4
Angola	6,1	6,4	61	49	1 734	1 903	1,08	4,8	19,3
Bénin	1,0	1,0	20	16	2 334	2 481	0,59	16,6	38,2
Botswana	0,2	0,4	18	24	2 355	2 270	0,08	...	...
Burkina Faso	2,0	1,9	22	17	2 334	2 464	1,02	5,1	14,3
Burundi	2,8	4,5	49	70	1 886	1 609	-0,73	12,5	33,5
Cameroun	3,9	4,0	33	27	2 123	2 240	0,54	3,3	7,4
Cap-Vert	...	...	...	...	3 086	3 295	0,90	3,8	9,1
République centrafricaine	1,5	1,6	50	44	1 875	1 955	0,34	5,6	20,7
Tchad	3,5	2,7	58	34	1 781	2 143	2,50	3,2	5,9
Comores	...	...	...	...	1 915	1 753	-0,61	3,0	4,9
Congo, République démocratique du	12,1	38,3	31	75	2 175	1 566	-2,97	10,5	31,7
Congo, République du	0,9	0,9	37	30	2 089	2 214	0,07	11,4	33,1
Côte d'Ivoire	2,4	2,4	18	15	2 457	2 586	0,52	4,9	17,4
Djibouti	...	...	...	...	1 884	2 161	1,43	7,0	23,6
Érythrée	...	2,2	...	61	...	1 667	...	5,9	19,9

(suite)

TABLEAU A2
(suite)

	Nombre de personnes sous-alimentées		Part de personnes sous-alimentées dans le total de la population		Disponibilité énergétique alimentaire dans le total de la population			Coefficient de variation de la consommation alimentaire 1980-2001	Probabilité que la consommation réelle tombe sous la barre des 95 % de la tendance (%)
	(Millions)		(%)		(kcal/personne/jour)		(Croissance annuelle moyenne en %)		
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-2001		
Éthiopie	...	26,4	...	42	...	1 908	...	9,4	29,7
Éthiopie, RPD d'	...	...	...	...	1 684	...	...	...	...
Gabon	0,1	0,1	11	7	2 462	2 580	0,37	...	...
Gambie	0,2	0,4	22	27	2 380	2 282	-0,24	7,8	26,0
Ghana	5,5	2,4	35	12	2 094	2 621	2,58	27,5	42,8
Guinée	2,5	2,3	40	28	2 092	2 327	1,56	5,4	19,7
Guinée-Bissau	...	...	...	...	2 485	2 440	0,42	3,9	10,0
Kenya	10,6	11,5	44	37	1 924	2 044	0,18	4,1	10,8
Lesotho	0,5	0,5	27	25	2 268	2 307	0,28	1,3	0,0
Libéria	0,7	1,2	33	42	2 224	2 080	-2,01	9,9	30,7
Madagascar	4,3	5,7	35	36	2 085	2 069	-0,19	4,1	11,3
Malawi	4,7	3,7	49	33	1 886	2 164	0,95	3,7	8,8
Mali	2,2	2,4	25	21	2 296	2 371	0,20	4,3	12,0
Mauritanie	0,3	0,3	14	10	2 606	2 733	0,57	2,4	1,7
Maurice	0,1	0,1	6	5	2 894	2 982	0,68	...	...
Mozambique	9,7	9,7	69	53	1 708	1 945	1,12	6,4	23,4
Namibie	0,3	0,1	20	7	2 292	2 698	1,98	...	...
Niger	3,3	3,7	42	34	2 006	2 128	0,28	3,9	9,9
Nigéria	11,2	9,1	13	8	2 559	2 768	1,54	18,4	39,3
Rwanda	2,8	3,1	43	41	1 957	1 992	0,54	13,6	35,5
Sao Tomé-et-Principe	...	...	...	...	2 313	2 464	1,07	11,5	33,2
Sénégal	1,7	2,3	23	24	2 283	2 275	0,50	4,9	15,3
Seychelles	...	...	...	...	2 344	2 433	0,25	...	...
Sierra Leone	1,9	2,2	46	50	1 996	1 928	-0,03	5,6	18,8
Somalie	4,9	6,2	68	71	1 638	1 679	-0,69	9,9	30,7
Afrique du Sud	...	...	...	...	2 870	2 894	0,36	...	...
Soudan	7,9	7,7	31	25	2 168	2 290	0,51	5,2	16,6
Swaziland	0,1	0,1	10	12	2 606	2 565	0,05	2,7	3,2
Tanzanie, Rép.-Unie de	9,5	15,2	35	43	2 078	1 970	-0,77	6,1	20,5
Togo	1,2	1,1	33	25	2 153	2 315	0,55	6,1	21,3
Ouganda	4,1	4,5	23	19	2 291	2 371	0,15	6,4	23,0
Zambie	3,7	5,2	45	50	1 965	1 900	-0,61	2,8	3,6
Zimbabwe	4,5	4,9	43	39	2 015	2 095	-0,11	...	...
ÉCONOMIES DE MARCHÉ DÉVELOPPÉES	...	...	...	...	3 330	3 459	0,42	...	...
Australie	...	...	...	...	3 176	3 109	-0,22	...	...
Autriche	...	...	...	...	3 519	3 788	0,78	...	...

(suite)

TABLEAU A2
(suite)

	Nombre de personnes sous-alimentées		Part de personnes sous-alimentées dans le total de la population		Disponibilité énergétique alimentaire dans le total de la population			Coefficient de variation de la consommation alimentaire	Probabilité que la consommation réelle tombe sous la barre des 95 % de la tendance
	(Millions)		(%)		(kcal/personne/jour)		(Croissance annuelle moyenne en %)		
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-2001		
Belgique/Luxembourg	...	...	...	...	3 579	3 674	0,38	...	...
Canada	...	...	...	...	3 021	3 176	0,46	...	...
Danemark	...	...	...	...	3 227	3 437	0,66	...	...
Finlande	...	...	...	...	3 145	3 183	-0,05	...	...
France	...	...	...	...	3 535	3 603	0,16	...	...
Allemagne	...	...	...	...	3 398	3 499	0,30	...	...
Grèce	...	...	...	...	3 563	3 730	0,30	...	...
Islande	...	...	...	...	3 095	3 206	0,24	...	...
Irlande	...	...	...	...	3 629	3 691	0,13	...	...
Israël	...	...	...	...	3 390	3 518	0,27	...	...
Italie	...	...	...	...	3 591	3 665	0,29	...	...
Japon	...	...	...	...	2 812	2 753	-0,28	...	...
Malte	...	...	...	...	3 239	3 511	0,52	...	...
Pays-Bas	...	...	...	...	3 352	3 294	0,27	...	...
Nouvelle-Zélande	...	...	...	...	3 217	3 211	0,25	...	...
Norvège	...	...	...	...	3 181	3 366	0,53	...	...
Portugal	...	...	...	...	3 441	3 749	1,02	...	...
Espagne	...	...	...	...	3 307	3 405	0,55	...	...
Suède	...	...	...	...	2 987	3 137	0,52	...	...
Suisse	...	...	...	...	3 307	3 382	0,30	...	...
Royaume-Uni	...	...	...	...	3 218	3 343	0,43	...	...
États-Unis d'Amérique	...	...	...	...	3 516	3 769	0,80	...	...
	1993-95	1999-2001	1993-95	1999-2001	1993-95	1999-2001	1993-2001		
PAYS EN TRANSITION	25,2	33,6	6	8	2 939	2 886	-0,23	...	...
Albanie	0,2	0,1	5	4	2 888	2 943	1,61	...	...
Arménie	2,0	1,9	55	51	1 926	2 001	1,95	...	...
Azerbaïdjan	2,8	1,7	37	21	2 109	2 382	0,92	...	...
Bélarus	0,1	0,3	-	3	3 163	2 964	-0,83	...	...
Bosnie-Herzégovine	0,5	0,3	13	8	2 582	2 731	2,01	...	...
Bulgarie	0,7	1,3	8	16	2 891	2 626	-1,86	...	...
Croatie	0,8	0,5	18	12	2 486	2 619	0,74	...	...
République tchèque	0,2	0,2	-	-	3 074	3 082	...	...	...
Estonie	0,2	0,1	10	4	2 706	3 021	2,05	...	...
Géorgie	2,4	1,4	45	26	2 042	2 285	0,81	...	...
Hongrie	0,1	0,0	-	-	3 343	3 498	-0,24	...	...
Kazakhstan	0,2	3,5	-	22	3 256	2 362	-1,76	...	...
Kirghizistan	1,3	0,4	28	7	2 263	2 857	1,90	...	...

(suite)

TABLEAU A2
(fin)

	Nombre de personnes sous-alimentées		Part de personnes sous-alimentées dans le total de la population		Disponibilité énergétique alimentaire dans le total de la population			Coefficient de variation de la consommation alimentaire	Probabilité que la consommation réelle tombe sous la barre des 95 % de la tendance
	(Millions)		(%)		(kcal/personne/jour)		(Croissance annuelle moyenne en %)		
	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-92	1999-2001	1990-2001		
Lettonie	0,1	0,2	3	6	2 966	2 786	-0,30	...	...
Lituanie	0,2	0,0	4	-	2 894	3 262	1,41	...	...
Macédoine, L'ex-République yougoslave de	0,3	0,2	15	10	2 526	2 662	0,48	...	...
Moldova, République de	0,2	0,5	5	12	2 930	2 682	-1,85	...	...
Pologne	0,3	0,3	-	-	3 337	3 385	0,15	...	...
Roumanie	0,4	0,2	-	-	3 209	3 340	1,61	...	...
Fédération de Russie	6,4	6,2	4	4	2 925	2 944	0,35	...	...
Serbie-et-Monténégro	0,5	0,9	5	9	2 901	2 717	-1,05	...	...
Slovaquie	0,2	0,2	4	5	2 917	2 905	...	...	...
Slovénie	0,1	0,0	3	-	2 942	3 057	0,74	...	...
Tadjikistan	1,2	4,3	22	71	2 304	1 716	-3,67	...	...
Turkménistan	0,6	0,3	15	7	2 478	2 756	0,03	...	...
Ukraine	1,2	2,0	-	4	3 030	2 899	-1,16	...	...
Ouzbékistan	2,1	6,4	10	26	2 583	2 273	-1,93	...	...

* La présente liste suit l'ordre alphabétique anglais.

TABLEAU A3*
Production et productivité agricoles

	Production végétale et animale		Production alimentaire par habitant		Rendements céréaliers	
	<i>(Taux de croissance annuel moyen [%])</i>				<i>(hg/ha)</i>	<i>(Taux de croissance annuel moyen [%])</i>
	1983-1992	1993-2002	1983-1992	1993-2002	1998-2002	1993-2002
MONDE	2,1	2,1	0,5	0,8	30 885	1,1
PAYS DÉVELOPPÉS	0,5	0,0	-0,1	-0,3	36 602	1,1
PAYS EN DÉVELOPPEMENT	3,6	3,4	-0,2	0,8	27 867	1,3
ASIE ET PACIFIQUE	4,2	3,8	-0,6	0,7	34 106	1,3
Samoa américaines	-2,1	0,1	...	...	...	...
Bangladesh	2,3	3,0	-0,2	1,2	32 059	2,5
Bhoutan	1,6	-0,4	-0,8	-2,4	14 966	3,4
Îles Vierges britanniques	5,3	0,0	...	...	...	...
Brunéi Darussalam	-3,7	16,3	...	...	15 984	4,7
Cambodge	4,6	3,8	0,5	1,3	19 718	4,2
Chine, Hong Kong, RAS	4,6	8,4	...	...	0	...
Chine, Macao, RAS	8,1	5,5	...	...	...	...
Chine, Continentale	2,5	5,6	...	...	48 883	1,3
Chine, Taiwan Province de	3,4	0,3	...	...	54 804	1,5
Îles Cocos (Keeling)	1,9	2,7	...	...	...	...
Îles Cook	-13,7	-0,4	...	...	...	...
Îles Fidji	2,0	0,3	1,0	-0,8	21 119	18,8
Polynésie française	1,4	-6,9	...	...	...	...
Guam	1,3	1,9	-1,0	0,6	20 000	0,0
Inde	3,9	2,1	1,9	0,6	23 501	1,5
Indonésie	5,2	1,1	3,3	-0,2	39 722	0,7
Kiribati	5,3	2,0	3,7	0,8	...	...
Corée, République populaire démocratique de	4,2	-0,1	...	...	29 228	-1,4
Corée, République de	2,6	-0,5	...	...	63 042	0,3
République dém. populaire lao	4,2	5,7	1,5	3,9	30 264	3,0
Malaisie	4,2	2,0	3,3	1,0	30 033	0,5
Maldives	2,6	3,3	-0,5	0,5	11 600	4,0
Îles Marshall	-13,5	-10,6	...	...	...	...
Mongolie	0,4	0,6	-2,3	-0,2	6 930	-1,2
Myanmar	0,6	5,2	-1,2	3,8	31 596	1,9
Nauru	0,8	0,2	-1,4	-2,3	...	...
Népal	4,2	3,8	2,0	1,6	21 100	2,4
Nouvelle-Calédonie	-9,5	0,1	...	...	36 899	2,8
Nioué	-1,7	0,9	3,3	0,9	...	...
Pakistan	4,4	3,4	1,2	1,4	22 519	1,8
Papouasie-Nouvelle-Guinée	0,7	2,7	...	...	41 043	4,9
Philippines	1,2	3,4	-1,1	1,7	25 369	2,7
Samoa	-4,8	3,1	-5,2	3,2	...	...
Singapour	-5,2	-7,0	-7,4	-9,4	...	...
Îles Salomon	8,6	2,1	...	...	39 872	...
Sri Lanka	3,0	2,2	-0,7	0,6	34 134	2,4

(suite)

TABLEAU A3
(suite)

	Production végétale et animale		Production alimentaire par habitant		Rendements céréaliers	
	<i>(Taux de croissance annuel moyen [%])</i>				<i>(hg/ha)</i>	<i>(Taux de croissance annuel moyen [%])</i>
	1983–1992	1993–2002	1983–1992	1993–2002	1998–2002	1993–2002
Thaïlande	3,0	1,6	0,9	0,4	26 619	1,9
Timor-Leste	6,3	-0,2	3,3	0,2	20 049	1,6
Tokélaou	3,3	0,3	3,3	10,3	...	...
Tonga	-0,3	0,6	-0,6	0,3	...	...
Tuvalu	5,2	-2,5	4,2	-3,5	...	...
Vanuatu	1,2	-0,5	-1,3	-2,9	5 385	0,6
Viet Nam	4,2	5,5	1,9	3,6	40 921	3,2
Îles Wallis et Futuna	0,6	0,0	...	...	...	...
AMÉRIQUE LATINE ET CARAÏBES	2,3	3,2	0,3	1,3	28 722	1,8
Antigua-et-Barbuda	-0,5	-1,1	...	...	16 029	-1,3
Argentine	1,2	2,8	-0,2	1,9	33 990	1,1
Bahamas	0,5	6,8	-1,4	5,2	20 886	2,3
Barbade	-1,5	1,6	-1,9	1,2	25 000	-0,8
Belize	4,7	3,9	2,2	2,0	26 482	3,2
Bermudes	0,2	-1,9	-0,7	-2,4	...	...
Bolivie	2,8	4,7	0,7	2,6	16 081	3,0
Brésil	3,5	4,2	1,7	3,0	27 751	3,0
Îles Caïmanes	-28,4	0,0	...	...	...	...
Chili	3,6	2,9	2,0	1,7	47 182	2,6
Colombie	2,9	1,2	0,7	0,5	32 436	3,0
Costa Rica	5,1	2,7	2,4	0,8	39 237	2,8
Cuba	-1,7	-0,5	-2,5	-0,9	25 259	6,1
Dominique	3,4	-1,6	3,7	-1,7	13 077	-0,4
République dominicaine	-1,5	-0,8	...	...	40 728	1,1
Équateur	3,8	3,5	1,2	1,8	20 333	1,2
El Salvador	1,7	-1,1	2,3	-1,8	21 301	3,2
Îles Falkland (Malvinas)	1,9	2,8	...	...	...	...
Guyane française	3,5	3,8	...	...	26 333	-2,0
Grenade	-0,8	0,0	-1,0	-0,3	10 000	-0,2
Guadeloupe	-0,8	1,8	-2,5	1,0	0	...
Guatemala	2,1	2,2	0,5	0,7	17 484	-0,3
Guyana	-0,3	3,8	0,1	3,4	38 622	1,2
Haïti	-0,9	0,6	-3,0	-0,8	8 975	-1,3
Honduras	1,7	2,9	-1,6	0,0	12 772	0,8
Jamaïque	2,8	1,4	1,9	0,7	11 556	-2,5
Martinique	0,7	2,5	-0,4	1,9	...	...
Mexique	1,5	2,6	-0,3	1,1	27 396	0,3
Montserrat	1,7	0,4	1,7	15,0	18 750	0,0
Antilles néerlandaises	4,6	-10,1	...	...	...	...
Nicaragua	-1,2	3,5	-2,3	1,9	16 628	0,3
Panama	0,8	1,0	-1,3	-0,5	25 456	8,6
Paraguay	4,9	2,4	2,0	0,8	20 083	1,1

(suite)

TABLEAU A3
(suite)

	Production végétale et animale		Production alimentaire par habitant		Rendements céréaliers	
	(Taux de croissance annuel moyen [%])				(hg/ha)	(Taux de croissance annuel moyen [%])
	1983-1992	1993-2002	1983-1992	1993-2002	1998-2002	1993-2002
Pérou	0,9	6,5	-0,8	4,9	31 087	4,9
Porto Rico	0,5	-1,3	-0,4	-2,2	18 704	7,3
Saint-Kitts-et-Nevis	3,0	-7,0	...	...	...	...
Sainte-Lucie	19,7	9,1	...	...	0	...
Saint-Vincent-et-les Grenadines	15,4	-1,7	...	...	33 333	0,0
Suriname	0,4	-2,3	-0,7	-2,6	37 899	0,1
Trinité-et-Tobago	3,1	8,1	...	...	29 729	-1,6
Îles Vierges américaines	8,6	0,0	...	...	...	...
Uruguay	0,7	1,7	0,1	1,8	34 926	2,5
Venezuela	0,0	2,6	...	...	32 841	2,9
PROCHE-ORIENT ET AFRIQUE DU NORD	3,36	2,1	1,0	0,7	20 278	2,3
Afghanistan	-1,3	2,8	-2,0	-0,3	12 240	7,2
Algérie	6,7	1,9	4,2	0,3	10 082	5,5
Bahreïn	3,3	-0,3	-0,1	-2,5	...	...
Chypre	2,2	2,0	0,9	0,8	17 852	12,2
Égypte	3,7	3,5	1,8	2,0	71 554	2,0
Iran, République islamique d'	8,5	5,7	...	...	20 039	2,7
Iraq	1,1	-0,8	-1,7	-3,0	5 788	-0,4
Jordanie	8,2	4,1	3,8	1,2	16 182	5,7
Koweït	12,6	26,2	10,3	27,6	23 063	-6,0
Liban	5,6	-0,6	4,5	-3,00	23 311	5,0
Jamahiriyah arabe libyenne	-2,3	2,9	...	...	6 508	-1,1
Maroc	3,5	5,2	1,1	3,7	8 400	44,6
Oman	2,1	4,5	-2,3	1,4	22 808	0,9
Palestine, Territoire occupé	5,2	0,3	1,0	1,6	16 497	28,5
Qatar	11,4	3,4	5,5	2,2	35 891	1,0
Arabie saoudite	16,6	1,0	12,2	-1,7	35 533	-1,6
République arabe syrienne	3,6	12,6	...	...	16 120	10,3
Tunisie	7,9	2,8	5,8	1,7	13 107	3,7
Turquie	2,5	1,2	0,3	-0,2	22 315	1,2
Émirats arabes unis	-8,4	7,9	...	...	5 187	-3,3
Yémen	3,7	3,3	0,1	-0,82	10 657	-0,8
AFRIQUE SUBSAHARIENNE	3,1	2,1	-1,0	-0,0	10 792	1,9
Angola	1,8	4,9	-1,0	2,2	6 226	7,2
Bénin	7,2	5,7	2,6	2,6	10 670	0,7
Botswana	0,9	-0,7	-2,2	-2,3	1 630	-2,3
Burkina Faso	6,5	5,1	3,5	2,5	9 143	1,7
Burundi	3,2	-1,3	0,2	-2,0	12 898	-0,5
Cameroun	2,0	2,8	-0,7	0,6	17 329	5,7
Cap-Vert	8,2	4,5	6,3	2,4	6 762	62,8

(suite)

TABLEAU A3
(suite)

	Production végétale et animale		Production alimentaire par habitant		Rendements céréaliers	
	(Taux de croissance annuel moyen [%])				(hg/ha)	(Taux de croissance annuel moyen [%])
	1983–1992	1993–2002	1983–1992	1993–2002	1998–2002	1993–2002
République centrafricaine	-0,5	1,9	...	...	10 618	1,0
Tchad	4,1	3,8	1,3	1,0	6 296	0,9
Comores	2,9	2,5	0,0	0,0	13 262	0,3
Congo, République démocratique du	2,6	-5,8	...	...	7 871	0,1
Congo, République du	2,7	4,4	...	...	8 149	0,9
Côte d'Ivoire	6,5	-1,2	...	...	13 815	3,8
Djibouti	5,6	0,8	0,9	-1,2	16 250	0,8
Guinée équatoriale	-1,3	1,9	...	...	...	...
Érythrée	-0,7	3,1	-5,7	2,2	6 189	...
Éthiopie	1,0	4,5	2,8	1,9	11 602	2,8
Éthiopie, RPD	0,9	...	-2,1	...	0	...
Gabon	2,5	1,6	-0,5	-1,2	16 334	-0,7
Gambie	-3,9	4,5	-7,7	1,7	12 153	-0,8
Ghana	7,4	5,6	4,1	3,4	12 959	3,1
Guinée	2,6	3,9	-0,8	1,5	13 707	2,6
Guinée-Bissau	1,3	2,9	...	...	10 619	-3,6
Kenya	3,3	2,5	-0,3	0,2	15 073	1,3
Lesotho	0,2	3,6	-2,7	3,6	10 596	13,3
Libéria	-2,9	5,5	-2,2	-0,8	12 461	3,6
Madagascar	1,7	1,3	-1,0	-1,2	19 535	0,5
Malawi	-0,4	5,5	-6,1	6,6	13 817	21,9
Mali	2,5	4,1	-1,0	1,0	10 635	4,2
Mauritanie	1,0	1,2	-1,5	-1,5	8 165	3,8
Maurice	0,3	-0,1	-0,6	-0,5	77 317	9,6
Mozambique	-2,1	5,3	-3,3	2,5	8 882	26,7
Namibie	1,6	-0,0	-1,8	-2,1	3 292	23,5
Niger	2,8	4,1	-0,5	0,9	3622	3,9
Nigéria	7,1	3,0	3,9	0,5	11 242	-1,0
Rwanda	2,0	3,2	0,9	-0,0	9 236	3,0
Réunion	4,0	1,4	2,3	-0,1	67 244	1,5
Sao Tomé-et-Principe	0,8	6,1	...	...	22 571	1,4
Sénégal	1,2	1,9	-1,4	-0,3	7 761	-0,5
Seychelles	-0,9	3,3	-2,5	2,3	...	...
Sierra Leone	0,8	-0,6	-1,8	-1,5	11 520	0,1
Somalie	-2,7	4,5	-3,4	2,1	4 813	-0,3
Afrique du Sud	-0,0	2,9	-2,0	1,6	24 873	19,3
Soudan	2,7	3,0	1,0	0,9	5 387	0,8
Swaziland	1,4	0,5	-1,4	-1,4	16 426	9,0
Tanzanie, Rép.-Unie de	0,9	-0,9	...	...	13 532	3,9
Togo	3,7	3,9	-0,4	0,8	9 957	2,6
Ouganda	2,6	3,4	-0,4	0,4	15 984	1,4
Zambie	2,2	4,6	-1,1	1,8	13 922	18,3
Zimbabwe	0,7	4,3	-4,0	4,3	10 605	30,1

(suite)

TABLEAU A3
(suite)

	Production végétale et animale		Production alimentaire par habitant		Rendements céréaliers	
	<i>(Taux de croissance annuel moyen [%])</i>				<i>(hg/ha)</i>	<i>(Taux de croissance annuel moyen [%])</i>
	1983-1992	1993-2002	1983-1992	1993-2002	1998-2002	1993-2002
ÉCONOMIES DE MARCHÉ DEVELOPPÉES	1,0	0,6	0,3	-0,2	48 087	0,7
Australie	3,2	0,8	1,7	0,7	18 787	-1,4
Autriche	-0,2	0,7	-0,6	0,4	58 125	1,9
Belgique/Luxembourg	2,2	0,5	2,0	0,2	77 958	3,1
Canada	1,2	1,4	0,0	0,4	26 830	-0,4
Danemark	0,9	1,1	0,8	0,8	60 161	3,4
Îles Féroé	0,8	-7,2	0,4	-7,3	...	...
Finlande	-0,9	0,8	-1,3	0,5	29 976	3,0
France	0,8	0,1	0,3	-0,3	72 146	1,5
Allemagne	-0,3	0,2	-0,6	-0,0	65 593	1,8
Grèce	1,3	-0,3	0,4	-0,8	35 899	-0,0
Groenland	-0,5	0,1	-1,1	0,1	...	...
Islande	-1,5	0,6	-2,2	-0,1	...	...
Irlande	2,3	0,0	2,1	-0,8	71 115	0,2
Israël	0,3	1,2	-1,2	-1,1	24 551	4,0
Italie	0,8	-0,5	0,7	-0,6	50 113	0,8
Japon	0,2	-1,0	-0,1	-1,2	60 534	1,6
Liechtenstein	2,8	-0,7	1,4	-1,6	...	...
Malte	2,1	1,2	1,2	0,6	40 015	3,6
Pays-Bas	1,7	-1,1	1,1	-1,6	73 247	-0,3
Nouvelle-Zélande	0,6	2,2	0,2	1,9	63 059	1,7
Norvège	-0,8	-0,0	-1,2	-0,5	38 052	3,6
Portugal	2,6	0,8	2,7	0,7	28 385	6,0
Espagne	1,8	2,0	1,4	1,9	31 435	10,2
Saint-Pierre-et-Miquelon	133,9	-0,0	133,9	-1,3	...	...
Suède	-1,8	1,2	-2,2	1,0	45 747	4,9
Suisse	0,2	-0,7	-0,7	-1,0	64 757	1,9
Royaume-Uni	0,7	-0,9	0,3	-1,1	68 583	1,4
États-Unis d'Amérique	1,5	1,2	0,4	0,3	57 446	1,2
PAYS EN TRANSITION	-0,5	-1,7	-1,0	-1,4	21 316	2,2
Albanie	-0,6	4,3	-2,1	5,2	28 554	3,6
Arménie	7,2	0,5	...	0,1	17 489	5,1
Azerbaïdjan	1,4	0,6	...	1,3	22 559	3,1
Bélarus	15,1	-2,2	...	-1,9	18 868	-0,4
Bosnie-Herzégovine	...	0,2	...	-0,4	31 069	0,8
Bulgarie	-2,7	-1,6	-2,0	-0,5	29 798	5,3
Croatie	...	0,6	...	0,4	46 377	3,1
République tchèque	...	-1,1	...	...	42 147	0,7
Tchécoslovaquie	-0,2	...	-0,3	...	0	...
Estonie	12,5	-5,3	...	-4,0	18 135	9,0
Géorgie	5,3	-0,8	...	0,3	17 588	2,1

(suite)

TABLEAU A3
(fin)

	Production végétale et animale		Production alimentaire par habitant		Rendements céréaliers	
	(Taux de croissance annuel moyen [%])				(hg/ha)	(Taux de croissance annuel moyen [%])
	1983–1992	1993–2002	1983–1992	1993–2002	1998–2002	1993–2002
Hongrie	-2,3	0,1	-1,9	0,5	43 439	2,5
Kazakhstan	8,3	-2,1	...	-1,4	10 341	6,5
Kirghizistan	17,1	2,2	...	2,0	26 973	1,7
Lettonie	10,9	-6,5	...	-5,7	21 193	4,7
Lituanie	17,8	-2,9	...	-2,7	25 035	4,9
Macédoine, L'ex-République yougoslave de	...	-1,7	...	-2,2	27 486	2,6
Moldova, République de	6,9	-1,6	...	-1,1	24 415	2,8
Pologne	0,0	0,1	-0,4	0,0	29 714	3,6
Roumanie	-3,5	1,6	-3,7	2,0	26 761	6,0
Fédération de Russie	11,0	-2,2	...	-1,7	16 579	3,0
Serbie-et-Monténégro	...	-1,7	...	-2,0	37 390	6,3
Slovaquie	...	-2,0	...	...	36 852	0,3
Slovénie	...	3,0	...	2,8	50 839	4,0
Tadjikistan	2,9	-2,7	...	-3,0	12 788	3,9
Turkménistan	6,7	1,1	...	2,8	21 404	9,2
URSS	-9,6	...	-10,2	...	0	...
Ukraine	11,1	-2,7	...	-2,0	23 061	1,2
Ouzbékistan	6,3	0,5	...	-0,1	26 598	6,6
Yougoslavie, RSF	-9,9	...	-10,3	...	0	...

* La présente liste suit l'ordre alphabétique anglais.

TABLEAU A4*
Indicateurs de la population et de la population active (2001)

	Population totale	Population rurale		Population agricole		Population active	Population active dans l'agriculture	
	(Milliers)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(Milliers)	(%)
MONDE	6 130 564	3 209 953	52	2 574 870	42	2 992 057	1 326 504	44
PAYS DÉVELOPPÉS	1 274 401	3 33 785	26	90 702	7	640 157	44 911	7
PAYS EN DÉVELOPPEMENT	4 856 163	2 876 168	59	2 484 168	51	2 351 900	1 281 593	54
ASIE ET PACIFIQUE	3 257 570	2 141 994	66	1 855 475	57	1 675 947	1 004 002	60
Samoa américaines	70	33	47	24	34	28	9	32
Bangladesh	140 369	104 426	74	76 722	55	71 395	39 023	55
Bhoutan	2 141	1 983	93	2 007	94	1 033	968	94
Îles Vierges britanniques	24	9	38	6	25	11	3	27
Brunéi Darussalam	335	91	27	2	1	152	1	1
Cambodge	13 441	11 089	83	9 364	70	6 601	4 599	70
Chine, Hong Kong, RAS	6 961	10	0	28	0	3 771	15	0
Chine, Macao, RAS	449	5	1	0	0	236	0	0
Chine, continentale	1 262 609	812 003	64	849 785	67	759 651	510 092	67
Chine, Taïwan Province de	22 363	1 164	5	3 276	15	9 869	773	8
Îles Cook	20	8	40	7	35	8	3	38
Îles Fidji	823	410	50	325	39	331	131	40
Polynésie française	237	113	48	80	34	102	34	33
Guam	158	95	60	46	29	71	19	27
Inde	1 025 096	739 399	72	545 254	53	451 384	267 125	59
Indonésie	214 840	124 469	58	93 312	43	104 777	49 955	48
Kiribati	84	52	62	22	26	35	9	26
Corée, Rép. pop. dém. de	22 428	8 854	39	6 589	29	11 511	3 382	29
Corée, République de	47 069	8 274	18	3 876	8	24 258	2 268	9
République dém. populaire lao	5 403	4 337	80	4 123	76	2 699	2 059	76
Malaisie	22 633	9 481	42	3 841	17	9 673	1 736	18
Maldives	300	216	72	78	26	127	27	21
Îles Marshall	52	18	35	14	27	21	6	29
Micronésie, États fédérés de	126	90	71	33	26	52	14	27
Mongolie	2 559	1 109	43	603	24	1 324	312	24
Myanmar	48 364	34 769	72	33 806	70	26 157	18 284	70
Îles Mariannes du Nord	76	36	47	20	26	31	8	26
Nauru	13	0	0	3	23	5	1	20
Népal	23 593	20 721	88	21 929	93	11 138	10 352	93
Nouvelle-Calédonie	220	48	22	79	36	116	42	36
Nioué	2	1	50	1	50	1	0	0
Pakistan	144 971	96 574	67	73 030	50	53 737	25 033	47
Palaos	20	6	30	5	25	8	2	25
Papouasie-Nouvelle-Guinée	4 920	4 052	82	3 768	77	2 372	1 745	74
Philippines	77 131	31 321	41	29 883	39	32 217	12 541	39
Samoa	159	123	77	54	34	55	19	35
Singapour	4 108	0	0	6	0	2 053	3	0
Îles Salomon	463	369	80	337	73	230	167	73
Sri Lanka	19 104	14 685	77	8 788	46	8 662	3 916	45

(suite)

TABLEAU A4
(suite)

	Population totale	Population rurale		Population agricole		Population active	Population active dans l'agriculture	
	(Milliers)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(Milliers)	(%)
Thaïlande	63 584	50 891	80	30 631	48	37 858	21 076	56
Timor-Leste	750	677	90	613	82	392	321	82
Tokélaou	1	1	100	0	0	1	0	0
Tonga	99	67	68	33	33	39	13	33
Tuvalu	10	5	50	3	30	4	1	25
Vanuatu	202	157	78	73	36	88	32	36
Viet Nam	79 175	59 738	75	52 991	67	41 657	27 881	67
Îles Wallis et Futuna	15	15	100	5	33	6	2	33
AMÉRIQUE LATINE ET CARAÏBES	526 568	127 305	24	107 179	20	22 7380	43 938	19
Anguilla	12	0	0	3	25	5	1	20
Antigua-et-Barbuda	65	41	63	15	23	30	7	23
Argentine	37 488	4 374	12	3 709	10	15 335	1 462	10
Aruba	104	51	49	24	23	47	11	23
Bahamas	308	34	11	11	4	159	6	4
Barbade	268	133	50	11	4	149	6	4
Belize	231	120	52	70	30	82	25	30
Bermudes	63	0	0	1	2	33	1	3
Bolivie	8 516	3 161	37	3 638	43	3 487	1 531	44
Brésil	172 559	31 528	18	27 458	16	80 302	12 949	16
Îles Caïmanes	40	0	0	9	23	18	4	22
Chili	15 402	2 144	14	2 401	16	6 342	982	15
Colombie	42 803	10 489	25	8 666	20	18 655	3 706	20
Costa Rica	4 112	1 665	40	840	20	1 675	329	20
Cuba	11 237	2 758	25	1 793	16	5 592	771	14
Dominique	71	20	28	16	23	32	7	22
République dominicaine	8 507	2 893	34	1 447	17	3 710	595	16
Équateur	12 880	4 707	37	3 453	27	5 092	1 282	25
El Salvador	6 400	2 461	38	2 067	32	2 782	790	28
Guyane française	170	42	25	30	18	72	13	18
Grenade	94	58	62	22	23	43	10	23
Guadeloupe	431	2	0	13	3	204	6	3
Guatemala	11 687	7 020	60	5 765	49	4 293	1 952	45
Guyana	763	484	63	132	17	323	56	17
Haïti	8 270	5 263	64	5 096	62	3 582	2 210	62
Honduras	6 575	3 043	46	2 218	34	2 493	767	31
Jamaïque	2 598	1 129	43	526	20	1 303	264	20
Martinique	386	18	5	15	4	189	7	4
Mexique	100 368	25 555	25	23 064	23	41 692	8 714	21
Montserrat	3	2	67	1	33	2	0	0
Antilles néerlandaises	217	67	31	1	0	99	0	0
Nicaragua	5 208	2 266	44	1 046	20	2 056	396	19
Panama	2 899	1 260	43	654	23	1 231	244	20
Paraguay	5 636	2 442	43	2 250	40	2 142	726	34

(suite)

TABLEAU A4
(suite)

	Population totale	Population rurale		Population agricole		Population active	Population active dans l'agriculture	
	(Milliers)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(Milliers)	(%)
Pérou	26 093	7 009	27	7 689	29	9 991	2 968	30
Porto Rico	3 952	965	24	110	3	1 506	32	2
Saint-Kitts-et-Nevis	38	25	66	9	24	17	4	24
Sainte-Lucie	149	93	62	34	23	66	15	23
Saint-Vincent-et-les Grenadines	114	50	44	26	23	52	12	23
Suriname	419	106	25	79	19	162	30	19
Trinité-et-Tobago	1 300	332	26	111	9	587	50	9
Îles Turques et Caïques	17	9	53	4	24	8	2	25
Îles Vierges américaines	122	65	53	27	22	56	13	23
Uruguay	3 361	264	8	372	11	1 518	190	13
Venezuela	24 632	3 157	13	2 253	9	10 166	792	8
PROCHE-ORIENT ET AFRIQUE DU NORD	405 003	170 979	42	119 514	30	152 281	49 849	33
Afghanistan	22 474	17 411	77	14 976	67	9 153	6 099	67
Algérie	30 841	13 034	42	7 307	24	10 857	2 613	24
Bahreïn	652	49	8	7	1	307	3	1
Chypre	790	236	30	65	8	390	32	8
Égypte	69 080	39 601	57	24 805	36	26 566	8 665	33
Iran, République islamique d'	71 369	25 133	35	18 465	26	25 062	6 515	26
Iraq	23 584	7 690	33	2 272	10	6 568	633	10
Jordanie	5 051	1 075	21	561	11	1 624	180	11
Koweït	1 971	77	4	21	1	845	9	1
Liban	3 556	353	10	123	3	1 295	45	3
Jamahiriya arabe libyenne	5 408	651	12	303	6	1 846	103	6
Maroc	30 430	13 345	44	10 877	36	12 093	4 271	35
Oman	2 622	620	24	917	35	749	262	35
Qatar	575	41	7	7	1	317	4	1
Arabie saoudite	21 028	2 799	13	1 928	9	6 338	581	9
République arabe syrienne	16 610	8 008	48	4 535	27	5 375	1 468	27
Tunisie	9 562	3 232	34	2 319	24	3 913	949	24
Turquie	67 632	22 946	34	20 365	30	31 851	14 485	45
Émirats arabes unis	2 654	339	13	125	5	1 386	65	5
Yémen	19 114	14 339	75	9 536	50	5 746	2 867	50
AFRIQUE SUBSAHARIENNE	667 022	435 890	65	402 000	60	296 292	183 804	62
Angola	13 527	8 816	65	9 681	72	6 104	4 368	72
Bénin	6 446	3 669	57	3 417	53	2 920	1 548	53
Botswana	1 554	791	51	688	44	680	301	44
Burkina Faso	11 856	9 841	83	10 937	92	5 609	5 174	92
Burundi	6 502	5 862	90	5 865	90	3 433	3 097	90
Cameroun	15 203	7 643	50	7 821	51	6 261	3 647	58
Cap-Vert	437	159	36	98	22	179	40	22
République centrafricaine	3 782	2 211	58	2 716	72	1 780	1 278	72

(suite)

TABLEAU A4
(suite)

	Population totale	Population rurale		Population agricole		Population active	Population active dans l'agriculture	
	(Milliers)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(Milliers)	(%)
Tchad	8 135	6 171	76	6 043	74	3 722	2 765	74
Comores	727	481	66	532	73	341	250	73
Congo, République démocratique du	52 522	36 308	69	32 948	63	21 286	13 353	63
Congo, République du	3 110	1 054	34	1 241	40	1 268	506	40
Côte d'Ivoire	16 349	9 147	56	7 858	48	6 689	3 215	48
Djibouti	644	102	16	505	78	315	248	79
Guinée équatoriale	470	238	51	329	70	194	136	70
Érythrée	3 816	3 066	80	2 947	77	1 906	1 472	77
Éthiopie	64 459	54 222	84	52 842	82	28 416	23 294	82
Gabon	1 262	223	18	461	37	566	207	37
Gambie	1 337	919	69	1 052	79	687	540	79
Ghana	19 734	12 553	64	11 041	56	9 771	5 534	57
Guinée	8 274	5 977	72	6 907	83	4 104	3 426	83
Guinée-Bissau	1 227	829	68	1 013	83	560	462	83
Kenya	31 293	20 542	66	23 467	75	16 188	12 140	75
Lesotho	2 057	1 468	71	774	38	874	329	38
Libéria	3 108	1 705	55	2 083	67	1 237	829	67
Madagascar	16 437	11 488	70	12 133	74	7 861	5 803	74
Malawi	11 572	9 807	85	8 912	77	5 564	4 587	82
Mali	11 677	8 068	69	9 391	80	5 695	4 580	80
Mauritanie	2 747	1 126	41	1 444	53	1 213	638	53
Maurice	1 171	684	58	131	11	513	59	12
Mozambique	18 644	12 471	67	14 128	76	9 766	7 844	80
Namibie	1 788	1 226	69	862	48	708	287	41
Niger	11 227	8 859	79	9 827	88	5 170	4 525	88
Nigéria	116 929	64 384	55	37 880	32	46 450	15 048	32
Réunion	7 949	7 582	95	7 168	90	4 321	3 897	90
Rwanda	732	204	28	22	3	303	9	3
Sao Tomé-et-Principe	140	73	52	89	64	59	38	64
Sénégal	9 662	5 006	52	7 091	73	4 294	3 151	73
Seychelles	81	29	36	64	79	39	31	79
Sierra Leone	4 587	2 841	62	2 827	62	1 697	1 046	62
Somalie	9 157	6 593	72	6 475	71	3 906	2 762	71
Afrique du Sud	43 792	18 521	42	6 035	14	18 247	1 690	9
Sainte-Hélène	6	2	33	3	50	3	1	33
Soudan	31 809	20 017	63	19 136	60	12 557	7 554	60
Swaziland	938	688	73	309	33	347	114	33
Tanzanie, Rép.-Unie de	35 965	23 980	67	27 944	78	18 556	14 845	80
Togo	4 657	3 084	66	2 752	59	1 972	1 166	59
Ouganda	24 023	20 527	85	18 851	78	11 714	9 326	80
Zambie	10 649	6 417	60	7 304	69	4 498	3 085	69
Zimbabwe	12 852	8 216	64	7 956	62	5 749	3 559	62

(suite)

TABLEAU A4
(suite)

	Population totale	Population rurale		Population agricole		Population active	Population active dans l'agriculture	
	(Milliers)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(Milliers)	(%)
ÉCONOMIES DE MARCHÉ DÉVELOPPÉES	863 444	181 277	21	29 316	3	430 006	14 224	3
Andorre	90	7	8	8	9	41	4	10
Australie	19 338	1 687	9	871	5	9 872	444	4
Autriche	8 075	2 631	33	397	5	3 728	183	5
Belgique	10 264	267	3	181	2	4 223	74	2
Canada	31 015	6 535	21	766	2	16 690	380	2
Danemark	5 333	795	15	194	4	2 926	106	4
Îles Féroé	47	29	62	2	4	24	1	4
Finlande	5 178	2 170	42	295	6	2 592	137	5
France	59 453	14 549	24	1 896	3	26 893	857	3
Allemagne	82 007	10 053	12	1 969	2	40 288	967	2
Gibraltar	27	0	0	2	7	12	1	8
Grèce	10 623	4 217	40	1 381	13	4 643	752	16
Groenland	56	10	18	1	2	29	1	3
Islande	281	21	7	23	8	159	13	8
Irlande	3 841	1 568	41	377	10	1 629	160	10
Israël	6 172	506	8	160	3	2 662	69	3
Italie	57 503	18 945	33	2 911	5	25 383	1 285	5
Japon	12 7335	26 877	21	4 646	4	68 318	2 607	4
Liechtenstein	33	26	79	1	3	16	0	0
Luxembourg	442	36	8	9	2	186	4	2
Malte	392	35	9	6	2	149	2	1
Monaco	34	0	0	1	3	16	0	0
Pays-Bas	15 930	1 657	10	521	3	7 370	241	3
Nouvelle-Zélande	3 808	537	14	330	9	1 901	169	9
Norvège	4 488	1 122	25	221	5	2 323	103	4
Portugal	10 033	3 437	34	1 390	14	5 109	630	12
Saint-Marin	27	3	11	2	7	12	1	8
Espagne	39 921	8 846	22	2 780	7	17 611	1 234	7
Saint-Pierre-et-Miquelon	7	1	14	0	0	4	0	0
Suède	8 833	1 474	17	302	3	4 792	146	3
Suisse	7 170	2 347	33	457	6	3 806	156	4
Royaume-Uni	59 762	6 350	11	1 054	2	29 964	529	2
États-Unis d'Amérique	285 926	64 539	23	6 162	2	146 635	2 968	2
PAYS EN TRANSITION	410 957	152 508	37	61 386	15	210 151	30 687	15
Albanie	3 145	1 784	57	1 496	48	1 573	748	48
Arménie	3 788	1 241	33	469	12	1 951	242	12
Azerbaïdjan	8 096	3 906	48	2 123	26	3 707	972	26
Bélarus	10 147	3 095	31	1 283	13	5 427	686	13
Bosnie-Herzégovine	4 067	2 318	57	194	5	1 904	91	5
Bulgarie	7 867	2 566	33	559	7	4 066	269	7
Croatie	4 655	1 949	42	370	8	2 195	174	8
République tchèque	10 260	2 613	25	815	8	5 749	457	8

(suite)

TABLEAU A4
(fin)

	Population totale	Population rurale		Population agricole		Population active	Population active dans l'agriculture	
	(Milliers)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(% du total)	(Milliers)	(Milliers)	(%)
Estonie	1 377	421	31	152	11	763	84	11
Géorgie	5 239	2 279	44	1 015	19	2 655	514	19
Hongrie	9 917	3 491	35	1 152	12	4 744	490	10
Kazakhstan	16 095	7 110	44	3 110	19	8 012	1 386	17
Kirghizistan	4 986	3 284	66	1 251	25	2 220	557	25
Lettonie	2 406	982	41	280	12	1 330	155	12
Lituanie	3 689	1 158	31	526	14	1 933	228	12
Macédoine, L'ex-République yougoslave de	2 044	832	41	249	12	947	115	12
Moldova, République de	4 285	2 519	59	940	22	2 192	481	22
Pologne	38 577	14 462	37	7 133	18	20 048	4 243	21
Roumanie	22 388	10 031	45	2 956	13	10 726	1 547	14
Fédération de Russie	144 664	39 208	27	14 779	10	78 069	7 975	10
Serbie-et-Monténégro	10 538	5 096	48	2 015	19	5 068	969	19
Slovaquie	5 403	2 295	42	475	9	2 977	262	9
Slovénie	1 985	1 011	51	34	2	1 017	18	2
Tadjikistan	6 135	4 437	72	2 031	33	2 467	817	33
Turkménistan	4 835	2 665	55	1 594	33	2 111	696	33
Ukraine	49 112	15 720	32	7 571	15	25 214	3 520	14
Ouzbékistan	25 257	16 035	63	6 814	27	11 086	2 991	27

* La présente liste suit l'ordre alphabétique anglais.

TABLEAU A5*
Utilisation des terres

	Superficie totale des terres (Milliers d'ha)	Superficie des forêts et des terrains boisés (Milliers d'ha)	Superficie agricole (Milliers d'ha)	Superficie agricole par habitant (ha/ personne)	Terres arables (% de la superficie agricole)	Cultures perma- nentes (% de la superficie agricole)	Pâturages permanents (% de la superficie agricole)	Terres irriguées (% des terres arables + cultures perma- nentes)	Consom- mation d'engrais (kg/ha de terres arables)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
MONDE	13 041 038	3 868 796	5 016 729	0,82	27,9	2,6	69,5	17,8	98,3
PAYS DÉVELOPPÉS	5 382 812	1 720 221	1 743 778	1,36	34,3	1,3	64,4	10,7	84,0
PAYS EN DÉVELOPPEMENT	7 658 226	2 148 575	3 272 951	0,67	24,5	3,3	72,2	22,7	109,0
ASIE ET PACIFIQUE	2 014 355	511 796	1 029 003	0,32	39,8	5,2	55,0	33,2	163,2
Samoa américaines	20	12	5	0,07	40,0	60,0	0,0	0,0	0,0
Bangladesh	13 017	1 334	9 085	0,06	89,0	4,4	6,6	52,1	167,6
Bhoutan	4 700	3 016	580	0,27	25,0	3,5	71,6	24,2	0,0
Îles Vierges britanniques	15	3	9	0,38	33,3	11,1	55,6	0,0	0,0
Brunéi Darussalam	527	442	13	0,04	23,1	30,8	46,2	14,3	0,0
Cambodge	17 652	9 335	5 307	0,39	69,7	2,0	28,3	7,1	0,0
Chine, Hong Kong, RAS	99	...	7	0,00	71,4	14,3	14,3	33,3	0,0
Chine, Macao, RAS	2	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Chine, continentale	929 100	163 480	554 420	0,44	25,8	2,1	72,2	35,1	244,8
Chine, Taïwan Province de	3 541	...	849	0,04	73,0	27,0	0,0	68,3	681,9
Îles Cocos (Keeling)	1	...	...	...	...	...	...	...	...
Îles Cook	23	22	7	0,35	57,1	42,9	0,0	0,0	0,0
Îles Fidji	1 827	815	460	0,56	43,5	18,5	38,0	1,1	50,0
Polynésie française	366	105	43	0,18	7,0	46,5	46,5	4,4	400,0
Guam	55	21	22	0,14	22,7	40,9	36,4	0,0	0,0
Inde	297 319	64 113	180 810	0,18	89,5	4,5	6,0	32,3	107,6
Indonésie	181 157	104 986	44 777	0,21	45,8	29,3	25,0	14,3	123,1
Kiribati	73	28	39	0,46	5,1	94,9	0,0	0,0	0,0
Corée, République populaire dém. de	12 041	8 210	2 850	0,13	87,7	10,5	1,8	52,1	114,8
Corée, République de	9 873	6 248	1 943	0,04	87,3	9,9	2,8	60,6	422,6
République dém. populaire lao	23 080	12 561	1 836	0,34	47,8	4,4	47,8	18,3	14,0
Malaisie	32 855	19 292	7 870	0,35	22,9	73,5	3,6	4,8	628,2
Maldives	30	1	10	0,03	40,0	50,0	10,0	0,0	0,0
Îles Marshall	18	...	14	0,27	21,4	50,0	28,6	0,0	0,0
Micronésie, États fédérés de	70	15	47	0,37	8,5	68,1	23,4	0,0	0,0
Mongolie	156 650	10 645	130 500	51,00	0,9	0,0	99,1	7,0	2,7
Myanmar	65 755	34 419	10 939	0,23	91,3	5,8	2,9	18,7	16,4
Îles Mariannes du Nord	46	14	13	0,17	46,2	15,4	38,5	0,0	0,0
Nauru	2	...	...	0,00	...	...	...	...	...

(suite)

TABLEAU A5
(suite)

	Superficie totale des terres	Superficie des forêts et des terrains boisés	Superficie agricole	Superficie agricole par habitant	Terres arables	Cultures perma- nentes	Pâturages permanents	Terres irriguées	Consom- mation d'engrais
	(Milliers d'ha)	(Milliers d'ha)	(Milliers d'ha)	(ha/ personne)	(% de la superficie agricole)	(% de la superficie agricole)	(% de la superficie agricole)	(% des terres arables + cultures perma- nentes)	(kg/ha de terres arables)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Népal	14 300	3 900	4 949	0,21	62,6	1,9	35,5	35,6	22,7
Nouvelle- Calédonie	1 828	372	229	1,04	3,1	2,6	94,3	0,0	128,6
Nioué	26	6	8	4,00	50,0	37,5	12,5	0,0	0,0
Îles Norfolk	4	...	1	...	0,0	0,0	100,0	...	...
Pakistan	77 088	2 361	27 160	0,19	79,1	2,5	18,4	80,4	136,0
Palaos	46	35	9	0,45	44,4	22,2	33,3	0,0	0,0
Papouasie- Nouvelle-Guinée	45 286	30 601	1 035	0,21	20,3	62,8	16,9	0,0	56,2
Philippines	29 817	5 789	11 930	0,15	47,4	41,9	10,7	14,6	138,3
Samoa	283	105	131	0,82	45,8	52,7	1,5	0,0	81,7
Singapour	61	2	1	0,00	100,0	0,0	0,0	0,0	2 353,0
Îles Salomon	2 799	2 536	114	0,25	15,8	49,1	35,1	0,0	0,0
Sri Lanka	6 463	1 940	2 351	0,12	38,1	43,2	18,7	31,2	261,7
Thaïlande	51 089	14 762	19 100	0,30	78,5	17,3	4,2	26,9	114,5
Timor-Leste	1 487	...	230	0,31	30,4	4,3	65,2	0,0	0,0
Tokélaou	1	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Tonga	72	4	52	0,53	32,7	59,6	7,7	0,0	0,0
Tuvalu	3	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Vanuatu	1 219	447	162	0,80	18,5	55,6	25,9	0,0	0,0
Viet Nam	32 549	9 819	9 080	0,11	71,6	21,3	7,1	35,6	307,6
Îles Wallis et Futuna	20	...	6	0,40	16,7	83,3	0,0	0,0	0,0
AMÉRIQUE LATINE ET CARAÏBES	2 017 772	964 355	784 197	1,49	19,0	2,6	78,4	11,0	84,8
Antigua-et- Barbuda	44	9	14	0,22	57,1	14,3	28,6	0,0	0,0
Argentine	273 669	34 648	177 000	4,72	19,0	0,7	80,2	4,5	25,5
Aruba	19	...	2	0,02	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bahamas	1 001	842	14	0,05	57,1	28,6	14,3	8,3	100,0
Barbade	43	2	19	0,07	84,2	5,3	10,5	5,9	187,5
Belize	2 280	1 348	154	0,67	42,2	25,3	32,5	2,9	72,3
Bermudes	5	...	1	0,02	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Bolivie	108 438	53 068	36 931	4,34	7,9	0,5	91,6	4,3	4,2
Brésil	845 651	543 905	263 465	1,53	22,3	2,9	74,8	4,4	115,1
Îles Caïmanes	26	13	3	0,08	33,3	0,0	66,7	0,0	0,0
Chili	74 880	15 536	15 235	0,99	13,0	2,1	84,9	82,6	242,7
Colombie	103 870	49 601	46 049	1,08	5,5	3,8	90,8	21,2	254,5
Costa Rica	5 106	1 968	2 865	0,70	7,9	10,5	81,7	20,6	568,7
Cuba	10 982	2 348	6 665	0,59	54,5	12,5	33,0	19,5	55,3
Dominique	75	46	22	0,31	22,7	68,2	9,1	0,0	600,0

(suite)

TABLEAU A5
(suite)

	Superficie totale des terres	Superficie des forêts et des terrains boisés	Superficie agricole	Superficie agricole par habitant	Terres arables	Cultures perma- nentes	Pâturages permanents	Terres irriguées	Consom- mation d'engrais
	(Milliers d'ha)	(Milliers d'ha)	(Milliers d'ha)	(ha/ personne)	(% de la superficie agricole)	(% de la superficie agricole)	(% de la superficie agricole)	(% des terres arables + cultures perma- nentes)	(kg/ha de terres arables)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
République dominicaine	4 838	1 376	3 696	0,43	29,7	13,5	56,8	17,2	89,5
Équateur	27 684	10 557	8 075	0,63	20,1	16,9	63,0	29,0	142,4
El Salvador	2 072	121	1 704	0,27	38,7	14,7	46,6	5,0	110,9
Îles Falkland (Malvinas)	1 217	...	1 130	565,00	0,0	0,0	100,0	...	...
Guyane française	8 815	7 926	23	0,14	52,2	17,4	30,4	12,5	100,0
Grenade	34	5	13	0,14	15,4	76,9	7,7	0,0	0,0
Guadeloupe	169	82	48	0,11	39,6	12,5	47,9	24,0	1 015,8
Guatemala	10 843	2 850	4 507	0,39	30,2	12,1	57,7	6,8	134,5
Guyana	19 685	16 879	1 740	2,28	27,6	1,7	70,7	29,4	27,1
Haïti	2 756	88	1 590	0,19	49,1	20,1	30,8	6,8	17,9
Honduras	11 189	5 383	2 936	0,45	36,4	12,3	51,4	5,6	141,9
Jamaïque	1 083	325	513	0,20	33,9	21,4	44,6	8,8	67,2
Martinique	106	47	33	0,09	33,3	30,3	36,4	33,3	1 609,1
Mexique	190 869	55 205	107 300	1,07	23,1	2,3	74,6	23,2	75,4
Montserrat	10	3	3	1,00	66,7	0,0	33,3	0,0	0,0
Antilles néerlandaises	80	1	8	0,04	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nicaragua	12 140	3 278	6 986	1,34	27,7	3,4	68,9	4,4	11,7
Panama	7 443	2 876	2 230	0,77	24,6	6,6	68,8	5,0	53,3
Paraguay	39 730	23 372	24 810	4,40	12,2	0,4	87,5	2,2	22,1
Pérou	128 000	65 215	31 310	1,20	11,8	1,6	86,6	28,4	81,3
Porto Rico	887	229	294	0,07	11,9	16,7	71,4	47,6	0,0
Saint-Kitts-et-Nevis	36	4	10	0,26	70,0	10,0	20,0	0,0	242,9
Sainte-Lucie	61	9	20	0,13	20,0	70,0	10,0	16,7	1 325,0
Saint-Vincent-et-les Grenadines	39	6	16	0,14	43,8	43,8	12,5	7,1	557,1
Suriname	15 600	14 113	88	0,21	64,8	11,4	23,9	76,1	98,3
Trinité-et-Tobago	513	259	133	0,10	56,4	35,3	8,3	3,3	144,9
Îles Turques et Caïques	43	...	1	0,06	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uruguay	17 502	1 292	14 883	4,43	8,7	0,3	91,0	13,5	92,0
Îles Vierges américaines	34	14	10	0,08	40,0	10,0	50,0	0,0	150,0
Venezuela	88 205	49 506	21 648	0,88	12,0	3,7	84,3	16,9	115,5
PROCHE-ORIENT ET AFRIQUE DU NORD	1 263 233	28 820	454 982	1,12	18,9	2,6	78,5	28,5	70,9
Afghanistan	65 209	1 351	38 054	1,69	20,8	0,4	78,8	29,6	2,3
Algérie	238 174	2 145	40 052	1,30	19,1	1,5	79,4	6,8	13,7
Bahreïn	71	...	10	0,02	20,0	40,0	40,0	66,7	150,0
Chypre	924	172	117	0,15	61,5	35,0	3,4	35,4	315,5

(suite)

TABLEAU A5
(suite)

	Superficie totale des terres	Superficie des forêts et des terrains boisés	Superficie agricole	Superficie agricole par habitant	Terres arables	Cultures perma- nentes	Pâturages permanents	Terres irriguées	Consom- mation d'engrais
	(Milliers d'ha)	(Milliers d'ha)	(Milliers d'ha)	(ha/ personne)	(% de la superficie agricole)	(% de la superficie agricole)	(% de la superficie agricole)	(% des terres arables + cultures perman- entes)	(kg/ha de terres arables)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Égypte	99 545	72	3 338	0,05	85,6	14,4	0,0	100,0	457,4
Iran, République islamique d'	163 620	7 299	60 548	0,85	23,6	3,8	72,7	45,3	92,5
Iraq	43 737	799	10 090	0,43	57,0	3,4	39,6	57,9	57,6
Jordanie	8 893	86	1 142	0,23	20,8	14,3	65,0	20,0	94,3
Koweït	1 782	5	151	0,08	8,6	1,3	90,1	86,7	80,5
Liban	1 023	36	329	0,09	51,7	43,5	4,9	33,2	321,1
Jamahiriya arabe libyenne	175 954	358	15 450	2,86	11,7	2,2	86,1	21,9	30,9
Maroc	44 630	3 025	30 720	1,01	28,5	3,2	68,4	13,8	41,2
Oman	30 950	1	1 081	0,41	3,5	4,0	92,5	76,5	157,7
Palestine, Territoire occupé	618	...	358	...	30,4	33,0	41,9	10,6	0,0
Qatar	1 100	1	71	0,12	25,4	4,2	70,4	61,9	50,0
Arabie saoudite	214 969	1 504	173 794	8,26	2,1	0,1	97,8	42,7	106,6
République arabe syrienne	18 378	461	13 723	0,83	33,8	5,9	60,3	23,2	60,0
Tunisie	15 536	510	8 999	0,94	30,8	23,7	45,5	7,8	39,2
Turquie	76 963	10 225	38 733	0,57	61,5	6,6	32,0	17,1	70,1
Émirats arabes unis	8 360	321	543	0,20	9,2	34,6	56,2	31,9	700,0
Yémen	52 797	449	17 660	0,92	8,3	0,7	91,0	31,4	11,1
AFRIQUE SUBSAHARIENNE	2 362 866	643 604	1 004 769	1,51	15,8	2,2	82,1	3,7	12,6
Angola	124 670	69 756	57 300	4,24	5,2	0,5	94,2	2,3	0,0
Bénin	11 062	2 650	2 815	0,44	71,0	9,4	19,5	0,5	15,6
Botswana	56 673	12 427	25 973	16,71	1,4	0,0	98,6	0,3	12,4
Burkina Faso	27 360	7 089	10 000	0,84	39,5	0,5	60,0	0,6	8,2
Burundi	2 568	94	2 195	0,34	41,0	16,4	42,6	5,9	3,9
Cameroun	46 540	23 858	9 160	0,60	65,1	13,1	21,8	0,5	8,8
Cap-Vert	403	85	66	0,15	59,1	3,0	37,9	7,3	2,6
République centrafricaine	62 298	22 907	5 145	1,36	37,5	1,7	60,7	0,0	0,3
Tchad	125 920	12 692	48 630	5,98	7,4	0,1	92,5	0,6	4,9
Comores	223	8	147	0,20	54,4	35,4	10,2	0,0	3,8
Congo, République démocratique du	226 705	135 207	22 880	0,44	29,3	5,2	65,6	0,1	0,2
Congo, République du	34 150	22 060	10 220	3,29	1,7	0,4	97,8	0,5	28,6
Côte d'Ivoire	31 800	7 117	20 500	1,25	15,1	21,5	63,4	1,0	20,2
Djibouti	2 318	6	1 301	2,02	0,1	0,0	99,9	100,0	0,0
Guinée équatoriale	2 805	1 752	334	0,71	38,9	29,9	31,1	0,0	0,0

(suite)

TABLEAU A5
(suite)

	Superficie totale des terres (Milliers d'ha)	Superficie des forêts et des terrains boisés (Milliers d'ha)	Superficie agricole (Milliers d'ha)	Superficie agricole par habitant (ha/ personne)	Terres arables (% de la superficie agricole)	Cultures perma- nentes (% de la superficie agricole)	Pâturages permanents (% de la superficie agricole)	Terres irriguées (% des terres arables + cultures perma- nentes)	Consom- mation d'engrais (kg/ha de terres arables)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Érythrée	10 100	1 585	7 470	1,96	6,7	0,0	93,3	4,2	20,0
Éthiopie	100 000	4 593	31 462	0,49	34,0	2,4	63,6	1,7	12,6
Gabon	25 767	21 826	5 160	4,09	6,3	3,3	90,4	3,0	0,9
Gambie	1 000	481	714	0,53	35,0	0,7	64,3	0,8	3,2
Ghana	22 754	6 335	14 250	0,72	26,0	15,4	58,6	0,2	2,8
Guinée	24 572	6 929	12 225	1,48	7,3	5,2	87,5	6,2	3,6
Guinée-Bissau	2 812	2 187	1 628	1,33	18,4	15,2	66,3	3,1	8,0
Kenya	56 914	17 096	26 460	0,85	17,4	2,1	80,5	1,7	31,4
Lesotho	3 035	14	2 334	1,13	14,1	0,2	85,7	0,3	34,4
Libéria	9 632	3 481	2 600	0,84	14,6	8,5	76,9	0,5	0,0
Madagascar	58 154	11 727	27 550	1,68	10,7	2,2	87,1	30,7	2,3
Malawi	9 408	2 562	4 190	0,36	52,5	3,3	44,2	1,3	10,3
Mali	122 019	13 186	34 700	2,97	13,4	0,1	86,5	2,9	9,0
Mauritanie	102 522	317	39 750	14,47	1,2	0,0	98,7	9,8	4,1
Maurice	203	16	113	0,10	88,5	5,3	6,2	20,8	372,0
Mozambique	78 409	30 601	48 235	2,59	8,3	0,5	91,2	2,5	6,2
Namibie	82 329	8 040	38 820	21,71	2,1	0,0	97,9	0,9	0,4
Niger	126 670	1 328	16 500	1,47	27,2	0,1	72,7	1,5	1,1
Nigéria	91 077	13 517	70 400	0,60	40,5	3,8	55,7	0,8	7,8
Réunion	250	71	49	0,07	69,4	6,1	24,5	32,4	147,1
Rwanda	2 467	307	1 850	0,23	54,1	16,2	29,7	0,4	0,3
Sainte-Hélène	31	2	12	2,00	33,3	0,0	66,7	0,0	0,0
Sao Tomé-et-Principe	96	27	54	0,39	11,1	87,0	1,9	18,9	0,0
Sénégal	19 253	6 205	8 150	0,84	30,2	0,5	69,3	2,8	16,2
Seychelles	45	30	7	0,09	14,3	85,7	0,0	0,0	20,0
Sierra Leone	7 162	1 055	2 764	0,60	18,1	2,3	79,6	5,3	0,6
Somalie	62 734	7 515	44 071	4,81	2,4	0,1	97,6	18,7	0,5
Afrique du Sud	122 104	8 917	99 640	2,28	14,8	1,0	84,2	9,5	50,1
Soudan	237 600	61 627	133 833	4,21	12,1	0,3	87,6	11,7	4,9
Swaziland	1 720	522	1 390	1,48	12,8	0,9	86,3	36,8	39,3
Tanzanie, Rép.-Unie de	88 359	38 811	39 950	1,11	10,0	2,4	87,6	3,4	5,6
Togo	5 439	510	3 630	0,78	69,1	3,3	27,5	0,7	7,6
Ouganda	19 710	4 190	12 312	0,51	41,4	17,1	41,5	0,1	1,1
Zambie	74 339	31 246	35 280	3,31	14,9	0,1	85,0	0,9	6,9
Zimbabwe	38 685	19 040	20 550	1,60	15,7	0,6	83,7	3,5	47,3
ÉCONOMIES DE MARCHÉ DEVELOPPÉES	3 070 589	783 052	1 110 147	1,27	31,7	1,4	66,9	11,3	121,3
Andorre	45	...	26	0,29	3,8	0,0	96,2	0,0	0,0

(suite)

TABLEAU A5
(suite)

	Superficie totale des terres	Superficie des forêts et des terrains boisés	Superficie agricole	Superficie agricole par habitant	Terres arables	Cultures perma- nentes	Pâturages permanents	Terres irriguées	Consom- mation d'engrais
	(Milliers d'ha)	(Milliers d'ha)	(Milliers d'ha)	(ha/ personne)	(% de la superficie agricole)	(% de la superficie agricole)	(% de la superficie agricole)	(% des terres arables + cultures perma- nentes)	(kg/ha de terres arables)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Australie	768 230	154 539	455 500	23,55	11,0	0,1	88,9	4,7	49,0
Autriche	8 273	3 886	3 390	0,42	41,3	2,1	56,6	0,3	162,1
Belgique/ Luxembourg	3 282	728	1 544	0,14	54,5	1,6	43,9	4,6	343,2
Canada	922 097	244 571	74 880	2,41	61,1	0,2	38,7	1,6	52,2
Danemark	4 243	455	2 676	0,50	85,7	0,3	14,1	19,4	138,3
Îles Féroé	140	...	3	0,06	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Finlande	30 459	21 935	2 219	0,43	98,7	0,4	0,9	2,9	135,6
France	55 010	15 341	29 631	0,50	62,3	3,8	33,9	13,3	226,5
Allemagne	34 895	10 740	17 033	0,21	69,4	1,2	29,4	4,0	221,1
Gibraltar	1	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Grèce	12 890	3 599	8 502	0,80	32,0	13,3	54,7	37,1	154,4
Groenland	41 045	...	235	4,20	0,0	0,0	100,0	...	...
Islande	10 025	31	2 281	8,12	0,3	0,0	99,7	0,0	3 028,6
Irlande	6 889	659	4 399	1,15	23,8	0,0	76,2	0,0	547,3
Israël	2 062	132	566	0,09	59,7	15,2	25,1	45,8	263,3
Italie	29 411	10 003	15 355	0,27	53,2	18,3	28,5	24,6	205,7
Japon	36 450	24 081	5 199	0,04	85,5	6,7	7,8	54,8	304,6
Liechtenstein	16	7	9	0,27	44,4	0,0	55,6	0,0	0,0
Malte	32	...	10	0,03	90,0	10,0	0,0	20,0	77,8
Monaco	...	...	...	0,00	...	...	...	...	...
Pays-Bas	3 388	375	1 931	0,12	46,9	1,7	51,4	60,2	451,9
Nouvelle-Zélande	26 799	7 946	17 235	4,53	8,7	10,9	80,4	8,5	592,8
Norvège	30 683	8 868	1 042	0,23	84,5	0,0	15,5	14,4	217,0
Portugal	9 150	3 666	4 142	0,41	48,0	17,3	34,7	24,0	114,6
Saint-Pierre-et- Miquelon	23	...	3	0,43	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Saint-Marin	6	...	1	0,04	100,0	0,0	0,0	0,0	390,0
Espagne	49 944	14 370	29 398	0,74	44,3	16,8	39,0	20,4	167,7
Suède	41 162	27 134	3 144	0,36	85,7	0,1	14,2	4,3	106,5
Suisse	3 955	1 199	1 580	0,22	26,1	1,5	72,4	5,7	221,9
Royaume-Uni	24 088	2 794	16 954	0,28	33,3	0,3	66,4	1,9	337,8
États-Unis d'Amérique	915 896	225 993	411 259	1,44	42,6	0,5	56,9	12,7	111,9
PAYS EN TRANSITION	2 312 223	937 169	633 631	1,54	38,9	1,1	60,0	9,8	30,7
Albanie	2 740	991	1 139	0,36	50,7	10,6	38,6	48,6	32,4
Arménie	2 820	351	1 360	0,36	36,4	4,8	58,8	51,3	10,1
Azerbaïdjan	8 660	1 094	4 535	0,56	37,5	5,2	57,3	75,2	7,0
Bélarus	20 748	9 402	9 250	0,91	66,3	1,3	32,4	2,1	127,2

(suite)

TABLEAU A5
(fin)

	Superficie totale des terres (Milliers d'ha)	Superficie des forêts et des terrains boisés (Milliers d'ha)	Superficie agricole (Milliers d'ha)	Superficie agricole par habitant (ha/personne)	Terres arables (% de la superficie agricole)	Cultures permanentes (% de la superficie agricole)	Pâturages permanents (% de la superficie agricole)	Terres irriguées (% des terres arables + cultures permanentes)	Consommation d'engrais (kg/ha de terres arables)
	2001	2000	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Bosnie-Herzégovine	5 073	2 273	1 850	0,45	37,3	8,1	64,9	0,4	47,2
Bulgarie	11 055	3 690	6 251	0,79	70,8	3,4	25,8	17,3	35,4
Croatie	5 592	1 783	3 149	0,68	46,3	4,0	49,6	0,3	147,5
République tchèque	7 728	2 632	4 278	0,42	71,9	5,5	22,6	0,7	128,3
Estonie	4 227	2 060	890	0,65	76,2	2,1	21,7	0,6	62,3
Géorgie	6 949	2 988	3 003	0,57	26,5	8,9	64,6	44,1	52,8
Hongrie	9 211	1 840	5 865	0,59	78,7	3,2	18,1	4,8	70,0
Kazakhstan	269 970	12 148	206 769	12,85	10,4	0,1	89,5	10,8	2,3
Kirghizistan	19 180	1 003	10 758	2,16	13,0	0,6	86,4	73,1	5,0
Lettonie	6 205	2 923	2 480	1,03	74,2	1,2	24,6	1,1	34,8
Lituanie	6 480	1 994	3 487	0,95	84,0	1,7	14,3	0,2	55,3
Macédoine, L'ex-République yougoslave de	2 543	906	1 242	0,61	45,6	3,7	50,7	9,0	53,5
Moldova, République de	3 291	325	2 559	0,60	71,1	13,9	15,0	14,1	2,8
Pologne	30 435	9 047	18 392	0,48	76,0	1,8	22,2	0,7	111,4
Roumanie	23 034	6 448	14 852	0,66	63,3	3,5	33,2	31,1	34,8
Fédération de Russie	1 688 850	851 392	216 861	1,50	57,1	0,9	42,0	3,7	12,9
Serbie-et-Monténégro	10 200	2 887	5 592	0,53	60,8	5,8	33,3	0,8	78,2
Slovaquie	4 808	2 177	2 450	0,45	59,2	5,1	35,7	11,6	82,6
Slovénie	2 012	1 107	510	0,26	33,9	5,9	60,2	1,5	418,9
Tadjikistan	14 060	400	4 560	0,74	20,4	2,9	76,8	67,8	13,0
Turkménistan	46 993	3 755	32 515	6,72	5,4	0,2	94,4	99,2	66,9
Ukraine	57 935	9 584	41 404	0,84	78,6	2,2	19,1	7,2	14,6
Ouzbékistan	41 424	1 969	27 630	1,09	16,2	1,2	82,5	88,6	154,6

* La présente liste suit l'ordre alphabétique anglais.

TABLEAU A6*
Indicateurs commerciaux (moyenne 1999-2001)

	Exportations agricoles	Importations agricoles	Part des exportations agricoles dans le total des exportations	Part des importations agricoles dans le total des importations	Importations alimentaires nettes	Exportations agricoles par rapport au PIB agricole
	(Millions \$EU)	(Millions \$EU)	(%)	(%)	(Milliers \$EU)	(%)
MONDE	414 219	437 650	6,9	7,1	15 934 841	33,4
PAYS DÉVELOPPÉS	289 662	306 612	6,9	6,9	13 803 974	64,1
DÉPAYS EN DÉVELOPPEMENT	124 558	131 039	6,9	7,7	2 130 867	18,3
ASIE ET PACIFIQUE	51 331	60 643	4,4	5,6	2 003 351	12,1
Samoa américaines	5	21	1,5	4,0	12 868	...
Bangladesh	100	1 613	1,8	20,5	811 629	0,9
Bhoutan	17	20	14,0	8,4	-637	11,5
Îles Vierges britanniques	0	8	0,3	5,5	2 844	...
Brunéi Darussalam	1	186	0,0	14,0	136 107	...
Cambodge	31	353	8,2	48,3	65 552	2,5
Chine, Hong Kong, RAS	3 991	8 397	2,1	4,3	3 375 162	3044,3
Chine, Macao, RAS	40	274	1,7	12,3	112 098	...
Chine, Continentale	11 605	9 148	5,0	4,3	-5 454 607	6,7
Chine, Taïwan Province de	1 010	5 720	0,8	4,9	2 345 745	...
Îles Cook	0	11	2,6	11,4	9 092	...
Îles Fidji	164	111	28,6	13,2	-54 902	63,6
Polynésie française	8	277	2,2	18,8	237 743	4,2
Guam	0	55	0,1	11,4	36 900	...
Inde	4 958	3 634	11,8	7,3	-2 701 894	4,7
Indonésie	4 817	4 292	8,4	14,3	934 484	18,7
Kiribati	2	13	38,4	34,6	9 258	...
Corée, République populaire dém. de	26	379	2,7	29,1	278 675	...
Corée, République de	1 609	7 963	1,0	5,7	3 806 767	7,9
République dém. populaire lao	32	75	10,2	13,9	9 124	3,8
Malaisie	6 151	3 851	6,9	5,3	1 381 494	77,2
Maldives	0	71	0,1	18,0	56 571	...
Îles Marshall	1	0	...	...	-18	11,9
Micronésie, États fédérés de	4	15	16,6	23,7	11 330	...
Mongolie	93	76	26,1	14,4	30 679	29,2
Myanmar	362	342	22,1	13,9	-177 903	...
Nauru	...	1	...	6,7	912	...
Népal	60	244	9,5	17,2	71 417	3,0
Nouvelle-Calédonie	3	127	0,4	8,8	88 984	...
Nioué	0	1	77,7	8,8	178	...
Îles Norfolk	1	3	32,2	11,1	1 329	...
Pakistan	1 093	1 868	12,6	18,4	-23 013	7,6
Papouasie-Nouvelle-Guinée	324	183	16,6	18,3	5 462	35,8
Philippines	1 447	2 569	4,0	7,9	1 229 989	12,1
Samoa	5	16	34,6	14,1	12 494	14,9
Singapour	2 829	4 070	2,3	3,5	1 238 978	2 433,3
Îles Salomon	41	24	54,2	26,4	16 235	...
Sri Lanka	968	753	19,6	11,9	-223 728	34,1
Thaïlande	7 285	2 643	11,6	4,6	-4 224 055	58,8

(suite)

TABLEAU A6
(suite)

	Exportations agricoles	Importations agricoles	Part des exportations agricoles dans le total des exportations	Part des importations agricoles dans le total des importations	Importations alimentaires nettes	Exportations agricoles par rapport au PIB agricole
	(Millions \$EU)	(Millions \$EU)	(%)	(%)	(Milliers \$EU)	(%)
Timor-Leste	0	1	...	...	1 233	...
Tonga	11	21	59,4	28,3	8 993	20,3
Tuvalu	0	1	0,0	21,2	1 140	...
Vanuatu	17	18	65,2	19,4	6 496	44,2
Viet Nam	2 219	1 193	16,5	8,5	-1 485 349	29,4
Îles Wallis et Futuna	0	1	7,1	4,5	1 493	...
AMÉRIQUE LATINE ET CARAÏBES	50 087	28 148	19,2	9,2	-15 959 752	43,0
Antigua-et-Barbuda	0	32	0,5	4,8	25 342	1,9
Argentine	10 883	1 292	42,9	5,5	-6 446 597	85,5
Aruba	13	67	0,7	2,9	45 790	...
Bahamas	45	334	1,7	20,0	249 130	...
Barbade	70	156	26,5	14,1	65 871	55,1
Belize	125	53	65,4	12,5	-80 292	91,9
Bermudes	0	93	0,0	2,5	66 752	...
Bolivie	402	233	33,0	13,1	-77 511	36,7
Brésil	14 215	3 865	26,5	6,9	-7 339 680	39,5
Îles Caïmanes	...	59	...	11,8	40 475	...
Chili	2 933	1 181	16,9	7,1	-1 109 132	54,8
Colombie	2 890	1 431	23,5	12,3	-1 171 932	27,9
Costa Rica	1 686	451	29,8	7,3	-1 138 468	119,0
Cuba	683	720	41,3	15,3	46 524	...
Dominique	22	30	42,3	23,7	-123	55,1
République dominicaine	539	555	63,4	9,5	168 736	24,6
Équateur	1 469	392	31,6	9,9	-929 201	88,7
El Salvador	520	662	18,7	14,0	32 630	40,1
Îles Falkland (Malvinas)	2	0	...	...	0	...
Grenade	22	34	35,4	14,9	9 334	81,7
Guatemala	1 449	677	56,7	13,7	-717 225	32,9
Guyana	191	55	37,6	6,8	-136 063	99,5
Haïti	27	362	8,6	35,4	266 593	...
Honduras	488	415	38,2	14,6	-73 931	64,4
Jamaïque	262	409	17,4	13,5	143 407	51,6
Mexique	7 413	9 714	9,2	9,3	1 207 431	33,6
Montserrat	0	5	1,6	24,6	3 231	...
Antilles néerlandaises	15	138	0,9	6,5	94 062	...
Nicaragua	365	290	62,1	16,1	-90 686	...
Panama	313	396	38,4	12,1	60 576	45,5
Paraguay	674	426	69,2	15,0	-36 236	42,8
Pérou	681	1 002	10,2	12,9	186 027	16,4
Saint-Kitts-et-Nevis	11	20	26,6	11,8	4 396	127,7
Sainte-Lucie	34	73	57,5	19,3	34 435	80,0
Saint-Vincent-et-les Grenadines	34	32	73,7	19,6	-5 713	115,2

(suite)

TABLEAU A6
(suite)

	Exportations agricoles	Importations agricoles	Part des exportations agricoles dans le total des exportations	Part des importations agricoles dans le total des importations	Importations alimentaires nettes	Exportations agricoles par rapport au PIB agricole
	(Millions \$EU)	(Millions \$EU)	(%)	(%)	(Milliers \$EU)	(%)
Suriname	65	110	17,2	23,1	11 706	80,4
Trinité-et-Tobago	220	316	6,2	10,0	128 624	160,8
Uruguay	981	389	44,6	11,8	-561 344	80,3
Venezuela	344	1 678	1,4	10,4	1 063 309	6,1
PROCHE-ORIENT ET AFRIQUE DU NORD	11 235	31 908	3,7	13,6	16 320 023	11,4
Afghanistan	55	225	47,4	38,3	145 238	...
Algérie	28	2 570	0,2	25,0	2 267 586	0,6
Bahreïn	29	388	0,6	9,1	291 901	...
Chypre	429	676	43,9	17,6	184 070	...
Égypte	571	3 447	10,7	22,0	2 348 862	3,8
Iran, République islamique d'	1 032	2736	4,3	18,0	1 241 800	5,2
Iraq	8	1 577	0,1	50,6	1 311 372	...
Jordanie	303	834	15,2	19,3	495 608	186,2
Koweït	47	1 180	0,3	15,7	1 012 899	...
Liban	149	1 162	19,7	17,7	800 237	7,8
Jamahiriya arabe libyenne	41	796	0,5	18,1	616 486	...
Maroc	760	1 618	10,6	14,6	549 618	15,0
Oman	418	1 138	4,2	22,0	430 137	...
Palestine, Territoire occupé	94	590	24,0	23,0	412 139	...
Qatar	9	300	0,1	10,5	251 428	...
Arabie saoudite	402	4 816	0,6	16,2	3 819 394	...
République arabe syrienne	1 494	1 664	33,6	41,6	361 070	36,5
Tunisie	487	784	8,0	8,8	380 164	19,7
Turquie	3 975	2 769	14,0	6,1	-2 099 958	17,0
Émirats arabes unis	895	2 382	1,2	5,0	1 275 501	...
Yémen	71	812	2,4	36,8	632 845	5,3
AFRIQUE SUBSAHARIENNE	11 905	10 340	13,6	12,7	-232 755	21,9
Angola	3	383	0,1	15,3	227 648	0,5
Bénin	176	127	45,5	18,9	89 393	20,6
Botswana	117	376	4,4	17,3	205 818	87,0
Burkina Faso	118	184	56,4	31,6	110 133	12,6
Burundi	38	19	78,2	14,1	-20 062	11,8
Cameroun	456	240	26,4	17,5	-108 141	12,1
Cap-Vert	0	80	2,4	31,9	59 951	0,4
République centrafricaine	23	32	11,0	21,7	12 952	4,7
Tchad	96	47	51,1	11,7	-19 757	16,8
Comores	6	18	38,1	31,2	9 494	6,7
Congo, République démocratique du	36	179	8,1	36,7	118 803	1,4
Congo, République du	20	122	1,0	20,8	78 851	11,1
Côte d'Ivoire	2 027	617	49,1	15,1	-1 163 584	77,5
Djibouti	3	124	20,5	77,2	48 145	19,6

(suite)

TABLEAU A6
(suite)

	Exportations agricoles	Importations agricoles	Part des exportations agricoles dans le total des exportations	Part des importations agricoles dans le total des importations	Importations alimentaires nettes	Exportations agricoles par rapport au PIB agricole
	(Millions \$EU)	(Millions \$EU)	(%)	(%)	(Milliers \$EU)	(%)
Guinée équatoriale	8	12	1,9	43,7	578	7,0
Érythrée	2	44	8,5	8,6	38 739	1,8
Éthiopie	319	207	62,8	14,3	-45 341	10,5
Gabon	8	141	0,3	16,6	100 418	2,5
Gambie	12	76	32,3	39,5	62 629	9,4
Ghana	464	363	28,2	12,2	-146 871	21,7
Guinée	10	153	1,5	17,2	108 630	1,3
Guinée-Bissau	65	35	95,3	48,2	-35 895	53,0
Kenya	986	464	52,5	13,8	-481 954	51,3
Lesotho	7	158	3,1	21,6	126 895	5,4
Libéria	71	71	14,2	17,8	50 864	...
Madagascar	105	92	22,4	14,0	-22 929	9,6
Malawi	442	55	96,6	10,1	-57 403	78,3
Mali	222	122	37,5	15,1	18 863	22,8
Mauritanie	34	181	9,6	51,0	100 680	17,3
Maurice	308	282	19,6	13,6	-80 033	116,0
Mozambique	49	218	12,5	17,3	128 812	5,6
Namibie	162	199	13,8	15,0	59 996	48,0
Niger	72	130	27,0	34,9	24 023	9,4
Nigéria	393	1 369	2,3	14,3	810 921	3,6
Rwanda	41	71	65,2	31,0	13 017	5,4
Sao Tomé-et-Principe	4	10	31,5	20,4	2 080	44,2
Sénégal	138	469	14,3	28,2	341 898	16,7
Seychelles	1	49	0,8	11,5	34 227	7,6
Sierra Leone	8	133	33,3	42,4	108 631	2,5
Somalie	59	75	44,3	24,5	7 839	...
Afrique du Sud	2 218	1 337	7,8	4,9	-720 989	61,4
Sainte-Hélène	...	3	...	35,3	2 224	...
Soudan	344	317	27,6	20,8	74 068	7,7
Swaziland	307	197	36,4	20,6	-142 415	192,5
Tanzanie, Rép.-Unie de	501	330	78,0	20,6	-102 260	13,3
Togo	89	56	27,0	12,1	6 285	17,4
Ouganda	279	146	56,9	10,2	-127 113	14,0
Zambie	118	90	11,5	13,8	-4 797	17,4
Zimbabwe	940	135	43,3	6,7	-136 713	80,0
ÉCONOMIES DE MARCHÉ DEVELOPPÉES	268 446	276 466	6,9	6,7	7 197 142	74,5
Australie	15 255	2 978	26,3	4,8	-8 637 468	117,2
Autriche	3 526	4 550	9,4	6,3	906 708	89,8
Belgique	11 451	9 692	9,3	8,4	-2 196 410	381,2
Canada	15 880	11 443	6,2	5,1	-3 353 346	...
Danemark	9 023	4 424	17,6	9,7	-4 225 597	237,2
Îles Féroé	12	63	2,4	13,2	44 467	...
Finlande	1 025	1 911	2,3	5,8	735 856	26,1

(suite)

TABLEAU A6
(suite)

	Exportations agricoles	Importations agricoles	Part des exportations agricoles dans le total des exportations	Part des importations agricoles dans le total des importations	Importations alimentaires nettes	Exportations agricoles par rapport au PIB agricole
	(Millions \$EU)	(Millions \$EU)	(%)	(%)	(Milliers \$EU)	(%)
France	33 735	23 896	10,4	7,4	-5 381 690	95,4
Allemagne	23 781	34 620	4,3	7,1	7 206 117	111,1
Grèce	2 669	3 311	24,9	11,3	1 034 042	35,0
Groenland	2	61	0,7	16,9	45 211	...
Islande	30	186	1,5	7,6	120 779	...
Irlande	6 428	3 408	8,4	6,9	-2 737 946	212,8
Israël	1 019	1 839	3,6	5,5	644 526	...
Italie	15 737	21 512	6,6	9,3	3 665 513	54,1
Japon	1 899	35 334	0,5	10,3	23 729 602	2,5
Luxembourg	330	667	5,3	8,5	204 431	160,3
Malte	50	259	2,4	8,7	175 318	...
Pays-Bas	30 016	17 772	13,2	8,5	-7 350 170	329,9
Nouvelle-Zélande	5 980	1 115	48,0	8,4	-4 184 616	...
Norvège	427	1 873	0,8	5,6	1 029 836	15,3
Portugal	1 443	4 015	5,9	10,2	2 198 608	39,7
Espagne	14 179	11 208	12,9	7,8	-3 517 018	72,4
Saint-Pierre-et-Miquelon	0	1	0,5	1,5	212	...
Suède	1 861	4 067	2,3	6,0	1 766 723	51,3
Suisse	2 140	4 827	2,6	5,9	1 464 504	...
Royaume-Uni	15 256	27 054	5,5	8,1	11 579 711	111,2
États-Unis d'Amérique	55 293	44 380	7,5	3,8	-7 770 761	38,2
PAYS EN TRANSITION	15 310	24 732	5,7	9,8	7 502 668	24,0
Albanie	19	268	6,8	22,6	199 894	1,0
Arménie	33	335	10,9	38,7	282 221	6,7
Azerbaïdjan	73	216	5,2	18,0	164 178	8,5
Bélarus	534	912	7,7	11,8	163 798	37,9
Bosnie-Herzégovine	43	456	...	...	318 602	6,9
Bulgarie	537	354	11,8	5,6	-60 036	31,7
Croatie	394	701	8,8	8,8	308 511	25,3
République tchèque	1 242	1 856	4,4	6,1	459 019	58,6
Estonie	274	574	7,6	12,1	177 574	92,9
Géorgie	73	211	24,8	33,0	162 186	11,6
Hongrie	2 276	1 025	8,2	3,3	-1 156 540	...
Kazakhstan	551	437	7,3	8,9	-134 466	32,5
Kirghizistan	106	80	22,2	14,7	20 102	22,0
Lettonie	160	678	8,6	21,2	349 055	57,2
Lituanie	452	474	12,0	8,6	-66 253	57,9
Macédoine, L'ex-République yougoslave de	210	245	13,5	17,8	125 045	58,0
Moldova, République de	320	94	63,8	11,9	-75 924	100,5
Pologne	2 558	3 166	8,1	6,6	92 519	47,8
Roumanie	433	1 005	4,4	7,7	448 662	9,2
Fédération de Russie	935	7 952	1,0	22,9	5 200 734	6,0
Serbie-et-Monténégro	293	355	17,5	9,4	20 304	...

(suite)

TABLEAU A6
(fin)

	Exportations agricoles	Importations agricoles	Part des exportations agricoles dans le total des exportations	Part des importations agricoles dans le total des importations	Importations alimentaires nettes	Exportations agricoles par rapport au PIB agricole
	(Millions \$EU)	(Millions \$EU)	(%)	(%)	(Milliers \$EU)	(%)
Slovaquie	443	889	3,9	6,9	291 505	54,8
Slovénie	306	773	3,4	7,6	328 167	48,0
Tadjikistan	102	132	14,4	19,6	94 914	36,9
Turkménistan	130	173	7,4	10,1	141 242	10,9
Ukraine	1 847	954	13,4	6,9	-609 118	40,2
Ouzbékistan	969	418	29,8	13,6	256 775	23,3

* La présente liste suit l'ordre alphabétique anglais.

TABLEAU A7*
Indicateurs économiques

	Incidence de la pauvreté au niveau national	PNB par habitant	PIB	PIB par habitant	PIB par habitant, PPA	Valeur ajoutée agricole		Valeur ajoutée agricole par travailleur	
	(% de la population)	(\$EU courants)	(taux de croissance annuel)	(taux de croissance annuel)	(\$ internationaux courants)	(% du PIB)	(taux de croissance annuel)	(\$EU constants 1995)	(% taux de croissance annuel)
	Année la plus récente	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
MONDE	...	5 232	2,6	3,2	7 600	6,2	2,2	791	2,4
PAYS DÉVELOPPÉS	...	19 766	2,2	0,5	21 468	2,6	1,2	7 794	2,5
PAYS EN DÉVELOPPEMENT	...	1 274	4,6	3,9	3 842	11,9	3,0	600	2,4
ASIE ET PACIFIQUE	...	928	6,4	5,3	3 532	13,4	3,0	459	2,7
Bangladesh	33,7	380	5,0	3,1	1 613	23,3	3,8	322	2,7
Bhoutan	...	560	6,6	3,5	...	35,4	3,6	159	1,6
Brunéi Darussalam	...	...	2,2	-0,7	...	...	2,6	...	9,2
Cambodge	36,1	280	5,1	2,3	1 591	36,9	2,0	363	-0,7
Chine, Hong Kong, RAS	...	25 780	4,0	2,5	25 393	0,1	...	...	...
Chine, Macao, RAS	...	14 380	3,0	1,3	18 974	...	...	...	...
Chine, Continentale	4,6	890	9,1	8,2	4 135	15,2	4,0	342	3,6
Îles Fidji	...	2 140	2,7	1,7	5 105	...	2,2	...	0,6
Polynésie française	...	...	2,4	0,6	...	...	...	...	...
Guam	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Inde	28,6	470	5,6	3,7	2 493	25,0	3,0	407	1,6
Indonésie	27,1	680	4,5	3,0	3 020	17,0	2,0	749	0,8
Kiribati	...	830	2,3	0,0	...	...	3,3	...	2,9
Corée, République de	...	9 490	6,1	5,2	15 528	4,3	1,8	14 743	6,1
République dém. populaire lao	38,6	300	6,3	3,7	1 641	50,9	5,0	624	2,6
Malaisie	15,5	3 400	6,3	4,0	8 725	8,5	0,5	7 074	1,7
Maldives	...	2 120	5,8	3,3	...	...	2,6	2 172	3,5
Îles Marshall	...	2 270	-0,2	-1,9	...	...	...	...	...
Micronésie, États fédérés de	...	1 950	1,7	-0,5	...	...	...	...	...
Mongolie	36,3	410	0,1	-1,2	1 572	31,5	2,1	1 455	2,1
Myanmar	...	...	...	5,5	...	...	...	...	...
Népal	42,0	250	5,0	2,5	1 328	39,1	3,0	204	0,8
Nouvelle-Calédonie	...	...	1,8	-0,6	...	...	...	...	...
Pakistan	32,6	420	3,8	1,3	1 916	25,0	3,8	699	2,1
Palaos	...	6 780	1,3	-0,8	...	3,9	...	...	...
Papouasie-Nouvelle-Guinée	37,5	580	3,6	0,9	2 238	26,4	3,4	793	1,3
Philippines	36,8	1 030	3,0	0,7	3 919	15,1	1,9	1 462	0,7
Samoa	...	1 440	4,8	3,8	5 345	...	1,6	1 800	3,1
Singapour	...	21 100	6,5	3,8	22 456	0,1	-3,7	41 626	4,1
Îles Salomon	...	610	0,6	-2,7	1 614	...	...	...	...
Sri Lanka	25,0	870	4,6	3,4	3 234	19,5	2,1	717	0,8
Thaïlande	13,1	1 960	4,6	3,8	6 452	8,5	1,1	854	0,5
Timor-Leste	...	520	...	2,3	...	...	...	...	...
Tonga	...	1 490	2,4	1,9	6 272	...	2,9	3 100	4,5

(suite)

TABLEAU A7
(suite)

	Incidence de la pauvreté au niveau national	PNB par habitant	PIB	PIB par habitant	PIB par habitant, PPA	Valeur ajoutée agricole		Valeur ajoutée agricole par travailleur	
	(% de la population)	(\$EU courants)	(taux de croissance annuel)	(taux de croissance annuel)	(\$ internationaux courants)	(% du PIB)	(taux de croissance annuel)	(\$EU constants 1995)	(% taux de croissance annuel)
	Année la plus récente	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
Vanuatu	...	1 110	2,4	-0,5	2 871	...	6,0	...	4,8
Viet Nam	50,9	410	7,3	5,5	2 103	23,6	3,9	258	2,4
AMÉRIQUE LATINE ET CARAÏBES	...	3 750	2,9	1,3	7 498	7,6	2,5	3 675	2,6
Antigua-et-Barbuda	...	9 150	3,0	2,4	10 319	4,0	1,9	2 645	3,2
Argentine	...	6 950	3,2	1,9	11 544	4,8	3,4	10 375	3,5
Bahamas	...	...	1,9	0,0	...	...	...	...	...
Barbade	...	9 750	1,5	1,0	16 024	5,5	0,2	17 491	3,4
Belize	...	2 940	5,1	2,6	5 786	22,7	7,3	6 179	4,7
Bermudes	...	...	1,3	...	...	...	...	...	...
Bolivie	62,7	950	3,5	1,2	2 338	15,7	2,9	747	0,8
Brésil	17,4	3 060	2,1	0,6	7 571	9,2	3,0	5 103	4,4
Chili	17,0	4 600	5,7	4,4	9 354	8,8	3,4	6 412	2,6
Colombie	17,7	1 890	2,6	0,7	6 050	13,0	0,1	3 657	-0,2
Costa Rica	22,0	3 970	4,7	2,4	8 543	9,0	3,7	5 322	2,9
Cuba	...	...	...	3,9	...	...	...	...	...
Dominique	...	3 280	1,4	1,5	5 331	17,5	-1,1	4 368	0,9
République dominicaine	28,6	2 230	5,0	3,0	5 998	11,4	3,3	3 393	4,2
Équateur	35,0	...	8,8	6,4	...	9,0	3,1	...	...
El Salvador	48,3	2 040	4,2	2,2	4 614	9,5	1,5	1 656	0,4
Grenade	...	3 610	3,3	2,4	6 851	8,2	-1,3	2 221	-0,6
Guatemala	57,9	1 690	3,9	1,2	3 894	22,3	2,8	2 104	0,7
Guyana	43,2	840	3,1	2,6	4 109	31,3	4,5	4 267	4,5
Haïti	...	480	-0,4	-2,5	1 611	...	...	...	...
Honduras	53,0	910	3,0	0,2	2 508	13,7	2,1	1 007	1,2
Jamaïque	18,7	2 800	0,9	0,2	3 754	6,4	2,3	1 535	3,0
Mexique	...	5 560	3,4	1,7	8 738	4,3	1,9	1 832	1,7
Nicaragua	47,9	...	2,5	-0,3	...	...	4,3	...	3,9
Panama	37,3	3 920	4,8	3,1	6 146	7,0	2,7	3 308	2,4
Paraguay	21,8	1 380	2,1	-0,3	4 643	21,4	1,9	3 324	0,1
Pérou	49,0	1 990	3,1	1,2	4 699	8,5	4,3	1 843	2,7
Porto Rico	...	10 950	4,2	3,4	24 268	0,7	...	...	...
Saint-Kitts-et-Nevis	...	6 630	3,9	3,3	11 483	2,9	0,9	2 742	2,3
Sainte-Lucie	...	3 950	3,5	2,2	5 350	6,6	-1,5	1 945	-3,6
Saint-Vincent-et-les Grenadines	...	2 770	2,3	1,5	5 356	10,3	2,6	2 505	1,3
Suriname	...	1 810	2,7	2,0	...	11,3	3,5	2 241	2,5
Trinité-et-Tobago	21,0	5 950	3,3	2,4	8 914	1,6	4,7	3 198	4,8
Uruguay	...	6 000	2,2	1,5	12 801	6,4	1,4	8 050	1,4
Venezuela	31,3	4 730	2,5	0,2	5 763	5,0	1,3	5 499	2,0

(suite)

TABLEAU A7
(suite)

	Incidence de la pauvreté au niveau national	PNB par habitant	PIB	PIB par habitant	PIB par habitant, PPA	Valeur ajoutée agricole		Valeur ajoutée agricole par travailleur	
	(% de la population)	(\$EU courants)	(taux de croissance annuel)	(taux de croissance annuel)	(\$ internationaux courants)	(% du PIB)	(taux de croissance annuel)	(\$EU constants 1995)	(% taux de croissance annuel)
	Année la plus récente	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
PROCHE-ORIENT ET AFRIQUE DU NORD	...	2 276	3,6	1,3	5 284	14,9	4,0	2 008	2,1
Algérie	22,6	1 660	1,8	-0,2	5 328	9,8	4,8	2 013	1,1
Bahreïn	...	11 130	4,8	2,5	16 593	...	...	...	...
Chypre	...	12 320	4,4	3,4	17 725	...	...	...	...
Égypte	16,7	1 530	4,5	2,4	3 600	16,8	3,7	1 405	2,9
Iran, République islamique d'	...	1 690	4,7	3,1	6 094	18,6	4,4	3 791	3,3
Iraq	...	...	...	-42,6	...	...	...	...	...
Jordanie	11,7	1 750	4,6	0,5	3 957	2,1	5,6	0	-9,9
Koweït	...	18 270	5,2	1,4	16 328	...	...	...	...
Liban	...	4 000	7,1	6,1	4 217	12,0	2,2	30 832	5,8
Maroc	19,0	1 190	3,1	1,1	3 628	15,8	11,2	1 624	4,8
Oman	...	7 720	4,7	1,4	13 247	...	...	...	...
Palestine, Territoire occupé	...	...	2,0	...	...	...	-6,0	...	...
Arabie saoudite	...	8 460	2,6	-0,3	11 516	...	...	...	...
République arabe syrienne	...	1 040	4,8	2,0	3 332	22,5	6,5	2 669	4,1
Tunisie	7,6	2 070	5,0	3,4	6 501	11,6	5,5	3 088	3,9
Turquie	...	2 420	3,2	1,2	5 790	13,8	1,3	1 796	0,3
Émirats arabes unis	...	...	3,8	-1,5	...	...	-6,1	...	...
Yémen	41,8	460	5,1	1,4	779	14,6	4,8	392	1,8
AFRIQUE SUBSAHARIENNE	...	482	2,4	0,0	1 744	17,1	3,0	360	1,1
Angola	...	500	1,8	-1,3	1 815	8,0	2,3	147	-0,5
Bénin	33,0	380	4,7	1,8	998	35,5	5,3	627	3,8
Botswana	...	3 100	5,7	2,9	7 954	2,4	-0,5	580	-2,3
Burkina Faso	45,3	220	4,3	1,8	976	38,2	3,9	185	1,8
Burundi	36,2	100	-0,7	-3,0	602	50,0	0,3	152	-0,9
Cameroun	...	580	1,4	-1,0	1 688	42,7	4,8	1 242	3,3
Cap-Vert	...	1 320	5,4	2,8	4 657	11,0	4,2	2 646	2,8
République centrafricaine	...	260	1,6	-0,7	1 155	55,4	3,6	511	2,5
Tchad	64,0	200	3,0	-0,1	928	38,6	5,1	213	2,5
Comores	...	380	1,4	-1,2	1 601	40,9	3,7	509	0,6
Congo, République démocratique du	...	80	-5,6	-8,1	629	56,3	0,6	204	-1,7
Congo, République du	...	650	1,8	-1,2	991	5,9	1,5	499	0,4
Côte d'Ivoire	36,8	640	2,3	-0,8	1 557	23,5	3,3	1 085	2,2
Djibouti	45,1	890	-0,8	-3,8	2 018	...	0,7	...	-1,1
Guinée équatoriale	...	700	22,1	16,1	23 086	8,5	6,7	953	4,1
Érythrée	53,0	160	5,8	3,0	888	18,7	9,2	80	5,4

(suite)

TABLEAU A7
(suite)

	Incidence de la pauvreté au niveau national	PNB par habitant	PIB	PIB par habitant	PIB par habitant, PPA	Valeur ajoutée agricole		Valeur ajoutée agricole par travailleur	
	(% de la population)	(\$EU courants)	(taux de croissance annuel)	(taux de croissance annuel)	(\$ internationaux courants)	(% du PIB)	(taux de croissance annuel)	(\$EU constants 1995)	(% taux de croissance annuel)
	Année la plus récente	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
Éthiopie	44,2	100	4,4	2,6	701	52,3	3,4	150	1,1
Gabon	...	3 160	2,7	-0,2	6 066	7,6	-0,1	2 157	0,8
Gambie	64,0	320	3,8	0,3	1 761	39,6	6,6	326	2,6
Ghana	31,4	290	4,2	1,7	1 985	35,9	3,0	574	0,4
Guinée	40,0	420	3,9	1,3	1 977	24,4	3,8	274	1,5
Guinée-Bissau	48,7	160	2,7	-0,2	860	56,2	3,9	323	1,8
Kenya	42,0	350	1,9	-0,71	996	19,0	1,0	212	-1,78
Lesotho	49,2	530	4,1	2,2	2 131	16,3	1,4	540	-0,4
Libéria	...	140	5,8	4,0	...	...	12,9	...	6,4
Madagascar	71,3	260	2,5	-0,5	848	29,8	2,0	156	-0,2
Malawi	65,3	160	3,6	1,4	582	34,0	8,7	116	5,8
Mali	...	230	3,6	1,0	824	37,8	2,2	265	0,2
Mauritanie	46,3	360	3,8	0,7	1 727	20,9	4,0	492	1,7
Maurice	10,6	3 850	5,4	4,2	10 090	6,3	1,7	6 015	3,2
Mozambique	69,4	210	6,8	4,0	...	23,2	4,3	139	1,5
Namibie	...	1 960	4,1	1,5	6 274	11,3	5,2	1 672	4,5
Niger	63,0	180	2,2	-1,2	772	40,6	3,8	208	0,4
Nigéria	34,1	290	3,1	0,3	871	34,6	3,5	742	3,2
Rwanda	51,2	240	3,9	0,5	1 143	40,5	5,4	259	2,3
Sao Tomé-et-Principe	...	280	2,0	-0,5	...	20,0	3,9	396	3,2
Sénégal	33,4	480	3,9	1,1	1 528	17,9	3,4	354	1,1
Seychelles	...	6 530	1,7	0,1	...	2,9	0,6	749	-0,9
Sierra Leone	68,0	130	-2,5	-4,8	480	50,1	-5,6	360	-5,4
Somalie	...	...	...	-8,1	...	...	...	...	...
Afrique du Sud	...	2 840	1,8	-0,1	9 916	3,2	1,6	3 987	1,7
Soudan	...	340	5,2	2,7	1 735	38,9	...	...	...
Swaziland	40,0	1 300	3,4	0,4	4 405	16,8	1,2	1 933	0,2
Tanzanie, Rép- Unie de	41,6	...	3,6	0,8	532	44,8	3,4	190	0,9
Togo	32,3	270	1,7	-1,2	1 438	39,4	3,3	528	1,2
Ouganda	55,0	260	6,3	3,2	1 291	36,4	4,0	350	1,8
Zambie	72,9	320	1,2	-1,4	790	22,1	6,1	190	2,5
Zimbabwe	34,9	...	1,4	-1,0	2 322	17,6	3,8	331	2,1
ÉCONOMIES DE MARCHÉ DÉVELOPPÉES	...	28 095	2,3	1,7	28 363	2,1	1,4	31 833	4,4
Australie	...	19 930	3,4	2,1	26 864	...	3,2	...	3,1
Autriche	...	23 940	2,4	1,9	28 150	2,3	3,3	33 117	6,8
Belgique	...	23 850	2,2	1,9	26 412	1,5	2,1	15 800	0,2
Canada	...	21 930	2,7	1,5	27 883	...	1,1	...	3,8
Danemark	...	30 600	2,1	1,7	29 386	2,8	2,1	61 056	5,8
Finlande	...	23 780	2,2	1,6	25 333	3,5	1,0	42 240	4,9
France	...	22 730	2,0	1,5	25 749	2,9	1,8	60 468	6,1
Allemagne	...	23 560	1,7	1,4	26 146	1,3	1,6	34 591	6,3

(suite)

TABLEAU A7
(suite)

	Incidence de la pauvreté au niveau national	PNB par habitant	PIB	PIB par habitant	PIB par habitant, PPA	Valeur ajoutée agricole		Valeur ajoutée agricole par travailleur	
	(% de la population)	(\$EU courants)	(taux de croissance annuel)	(taux de croissance annuel)	(\$ internationaux courants)	(% du PIB)	(taux de croissance annuel)	(\$EU constants 1995)	(% taux de croissance annuel)
	Année la plus récente	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
Grèce	...	11 430	2,4	1,9	17 406	...	0,6	...	2,5
Islande	...	28 910	2,8	1,7	29 715	...	-1,3	48 455	-0,2
Irlande	...	22 850	7,8	6,5	32 397	...	...	...	...
Israël	...	...	5,2	2,3	...	...	...	...	...
Italie	...	19 390	1,7	1,4	25 181	2,8	1,2	27 572	5,7
Japon	...	35 610	1,6	1,3	25 672	...	-2,9	...	2,1
Luxembourg	...	39 840	5,2	3,9	56 022	...	3,9	...	...
Malte	...	9 200	4,4	3,7	16 817	...	...	...	...
Pays-Bas	...	24 330	2,9	2,2	27 228	...	3,0	...	5,3
Nouvelle-Zélande	...	13 250	2,7	1,6	20 204	...	4,4	...	4,0
Norvège	...	35 620	3,1	2,5	35 433	...	2,6	...	5,0
Portugal	...	10 900	2,8	2,7	17 595	3,8	-0,0	7 593	3,0
Espagne	...	14 300	2,8	2,3	20 279	3,6	1,6	23 135	5,6
Suède	...	25 400	1,8	1,3	24 924	1,7	0,1	37 609	3,0
Suisse	...	38 330	1,2	0,4	28 204	...	...	...	...
Royaume-Uni	...	25 120	2,3	2,0	25 141	1,0	-0,7	31 160	0,7
États-Unis d'Amérique	...	34 400	3,0	1,7	34 322	...	4,8	...	6,0
PAYS EN TRANSITION	...	1 940	-1,6	-1,9	6 713	8,2	-0,9	2 417	1,4
Albanie	...	1 340	2,0	1,4	3 738	34,2	4,8	2 160	5,6
Arménie	55,0	700	-1,0	0,1	2 598	27,7	1,4	5 893	4,4
Azerbaïdjan	68,1	650	-0,7	-1,8	2 824	17,3	-0,3	840	-0,9
Bélarus	41,9	1 300	-0,2	-0,2	5 052	10,7	-2,9	2 346	1,6
Bosnie-Herzégovine	19,5	1 270	21,2	22,3	5 345	14,3	8,2	...	14,0
Bulgarie	...	1 670	-1,9	-0,9	6 625	13,9	2,9	8 624	8,4
Croatie	...	4 410	-0,4	0,2	9 462	9,7	-2,2	10 172	5,1
République tchèque	...	5 320	0,6	1,8	14 495	4,2	7,7	6 167	2,5
Estonie	8,9	3 870	-1,0	-0,2	10 959	5,9	-5,6	4 202	0,5
Géorgie	11,1	600	-9,6	-6,8	2 053	22,1	...	...	...
Hongrie	17,1	4 830	1,0	0,9	12 656	...	-3,4	...	-0,3
Kazakhstan	34,6	1 340	-2,3	-1,4	5 225	9,0	-2,2	1 842	-3
Kirghizistan	64,1	280	-1,9	-2,8	1 598	37,3	2,2	1 727	3,5
Lettonie	...	3 260	-2,4	-1,5	8 241	4,5	-5,22	2 885	-0,02
Lituanie	...	3 340	-1,9	-1,2	9 324	7,1	1,4	3 153	5,6
Macédoine, L'ex-République yougoslave de	...	1 700	-0,4	-1,0	6 232	11,8	0,9	4 090	2,6
Moldova, République de	23,3	4 00	-8,1	-7,1	1 346	26,0	-7,3	1 778	-5,7
Pologne	23,8	4 340	3,7	3,4	10 021	3,6	-0,1	1 616	1,4
Roumanie	21,5	1 710	-1,4	-1,2	6 024	15,0	3,1	3 938	7,7
Fédération de Russie	30,9	1 750	-3,3	-2,9	7 653	6,7	-2,9	2 950	-0,6
Slovaquie	...	3 760	0,7	1,7	11 781	4,1	1,0	...	5,7
Slovénie	...	9 760	2,3	2,1	17 137	3,1	-0,7	39 351	10,7

(suite)

TABLEAU A7
(fin)

	Incidence de la pauvreté au niveau national	PNB par habitant	PIB	PIB par habitant	PIB par habitant, PPA	Valeur ajoutée agricole		Valeur ajoutée agricole par travailleur	
	(% de la population)	(\$EU courants)	(taux de croissance annuel)	(taux de croissance annuel)	(\$ internationaux courants)	(% du PIB)	(taux de croissance annuel)	(\$EU constants 1995)	(% taux de croissance annuel)
	Année la plus récente	2001	1990-2001	1990-2001	2001	2001	1990-2001	2001	1990-2001
Tadjikistan	...	180	-7,2	-7,3	850	29,4	-5,0	...	-1,4
Turkménistan	...	950	0,5	-2,7	4 104	28,8	3,5	1 787	3,1
Ukraine	31,7	720	-7,1	-5,9	4 459	16,6	-4,5	1 715	1,5
Ouzbékistan	...	550	0,6	-1,2	1 561	34,1	1,7	1 127	1,5

* La présente liste suit l'ordre alphabétique anglais.

TABLE A8*

Productivité totale des facteurs

	Variation de la productivité totale des facteurs		Variations d'efficacité technique		Changement technologique	
	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000
PAYS EN DÉVELOPPEMENT	-2,6	1,7	0,0	-0,4	-2,6	2,0
ASIE ET PACIFIQUE	-3,5	1,9	-0,1	-0,6	-3,4	2,5
Bangladesh	-3,2	1,1	0,0	0,0	-3,2	1,1
Chine, Continentale	-4,4	3,6	0,0	0,0	-4,4	3,6
Chine, Taïwan Province de	0,5	0,3	0,0	0,0	0,5	0,3
Îles Fidji	-0,4	-0,3	-0,1	-2,3	-0,2	2,0
Inde	-5,2	-1,0	0,0	-2,7	-5,2	1,7
Indonésie	-0,5	-1,1	0,0	0,0	-0,5	-1,1
Corée, République populaire dém. de	1,0	1,6	-1,4	1,3	2,5	0,2
Corée, République de	-4,5	-1,2	0,0	0,0	-4,5	-1,2
République dém. populaire lao	-0,2	3,3	-0,6	1,9	0,5	1,4
Malaisie	1,8	1,5	0,0	0,0	1,8	1,5
Mongolie	-8,3	3,9	-0,7	1,4	-7,7	2,5
Myanmar	0,0	1,8	0,6	0,5	-0,6	1,3
Népal	-3,8	1,2	-0,2	0,0	-3,6	1,2
Pakistan	-0,7	2,7	-1,8	0,2	1,1	2,5
Philippines	1,3	0,4	0,0	0,0	1,3	0,4
Sri Lanka	0,7	-0,2	0,2	-1,0	0,6	0,8
Thaïlande	0,2	1,4	0,2	0,0	-0,1	1,4
Viet Nam	0,4	1,0	-0,2	-0,6	0,7	1,6
AMÉRIQUE LATINE ET CARAÏBES	-1,2	0,4	0,1	-0,1	-1,3	0,5
Argentine	-2,2	-3,4	0,0	0,0	-2,2	-3,4
Barbade	2,9	0,9	0,3	-1,8	2,6	2,7
Belize	2,0	1,0	1,4	-1,0	0,5	2,0
Bolivie	0,6	2,6	1,0	0,0	-0,4	2,6
Brésil	-3,0	1,1	0,0	0,0	-3,0	1,1
Chili	1,5	2,9	-0,2	0,1	1,7	2,8
Colombie	1,4	1,0	0,3	0,0	1,1	1,0
Costa Rica	2,6	2,8	1,0	0,3	1,6	2,4
Cuba	-0,9	0,2	-1,4	-1,6	0,5	1,8
République dominicaine	0,2	0,5	0,0	0,0	0,2	0,5
Équateur	-1,4	1,3	0,0	0,1	-1,3	1,2
El Salvador	1,4	-0,1	0,3	-1,3	1,1	1,2
Guadeloupe	-0,6	1,7	-2,4	0,1	1,8	1,6
Guatemala	2,1	0,8	0,7	0,0	1,4	0,8
Guyana	1,2	1,8	-0,3	0,8	1,5	1,0
Haïti	-1,4	-0,2	0,0	0,0	-1,4	-0,2
Honduras	-1,3	0,4	0,3	-0,6	-1,6	1,0
Jamaïque	0,6	1,6	0,3	-0,8	0,2	2,4
Martinique	-1,5	2,1	-1,4	0,0	-0,1	2,1
Mexique	1,2	1,1	0,6	-0,6	0,6	1,7
Nicaragua	-4,3	1,5	-1,2	0,7	-3,1	0,9
Panama	-0,2	0,5	-1,1	-0,5	0,9	1,0
Paraguay	-0,5	-1,9	0,0	0,0	-0,5	-1,9

(suite)

TABLE A8
(suite)

	Variation de la productivité totale des facteurs		Variations d'efficacité technique		Changement technologique	
	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000
Pérou	-0,9	2,5	-0,9	0,5	0,0	2,0
Sainte-Lucie	-0,7	-3,0	0,0	-2,9	-0,7	-0,2
Saint-Vincent-et-les Grenadines	-1,0	0,2	-2,9	1,4	1,9	-1,2
Suriname	3,3	-4,3	1,8	-4,0	1,4	-0,3
Trinité-et-Tobago	-1,6	0,5	-0,7	-1,2	-0,9	1,7
Uruguay	-1,5	0,6	0,0	0,0	-1,5	0,6
Venezuela	1,8	2,0	1,3	0,1	0,5	1,9
PROCHE-ORIENT ET AFRIQUE DU NORD	0,6	2,4	-0,2	0,2	0,7	2,1
Afghanistan	-1,5	2,1	0,3	0,0	-1,7	2,1
Algérie	-0,8	3,2	-2,2	1,1	1,4	2,0
Chypre	3,3	4,4	-0,8	0,4	4,2	4,1
Égypte	1,1	2,1	0,0	0,0	1,1	2,1
Iran, République islamique d'	0,2	2,3	-0,2	0,0	0,3	2,3
Iraq	-3,1	-1,0	-2,3	-1,9	-0,8	0,9
Jordanie	-3,4	1,6	-1,0	-0,1	-2,4	1,7
Liban	3,8	2,7	0,0	0,0	3,8	2,7
Jamahiriya arabe libyenne	4,6	4,5	3,5	2,0	1,1	2,4
Maroc	1,7	2,9	0,6	1,2	1,1	1,7
Arabie saoudite	-3,3	4,8	-1,9	2,4	-1,4	2,3
République arabe syrienne	1,4	0,3	0,0	-0,1	1,4	0,4
Tunisie	3,3	2,0	0,7	2,2	2,5	-0,2
Turquie	1,0	2,7	0,0	0,0	1,0	2,7
Yémen	-10,3	2,1	-3,3	1,6	-7,3	0,4
AFRIQUE SUBSAHARIENNE	-3,7	1,9	0,1	0,0	-3,8	2,0
Angola	-3,7	5,3	-3,5	4,1	-0,2	1,1
Bénin	0,5	2,4	0,5	0,3	0,1	2,0
Botswana	-2,4	-2,2	-0,2	-1,0	-2,2	-1,2
Burkina Faso	-9,0	-0,5	-1,0	-2,5	-8,1	2,0
Burundi	-11,5	-0,4	0,0	0,0	-11,5	-0,4
Cameroun	-6,8	1,1	0,0	0,0	-6,8	1,1
Tchad	-3,1	0,2	0,0	0,0	-3,1	0,2
Congo, République du	-2,3	-1,4	0,0	0,0	-2,3	-1,4
Côte d'Ivoire	-4,1	1,9	0,0	0,0	-4,1	1,9
Érythrée	...	-1,9	...	-2,2	...	0,3
Éthiopie	...	3,7	...	0,0	...	3,7
Gabon	-5,2	2,9	0,0	0,0	-5,2	2,9
Gambie	-4,6	-0,7	-2,8	-0,5	-1,9	-0,2
Ghana	-6,6	4,3	0,0	0,0	-6,6	4,3
Guinée	-2,4	-1,4	0,0	0,0	-2,4	-1,4
Kenya	0,8	1,1	2,1	-0,4	-1,3	1,5
Lesotho	-2,9	-0,5	-2,7	-1,1	-0,2	0,6
Madagascar	-0,9	0,6	0,0	0,0	-0,9	0,6
Malawi	-0,8	2,6	-1,3	1,6	0,4	1,0
Mali	-5,2	-1,6	0,0	-2,2	-5,2	0,6

(suite)

TABLE A8
(fin)

	Variation de la productivité totale des facteurs		Variations d'efficacité technique		Changement technologique	
	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000	1961-81	1981-2000
Maurice	0,6	-0,3	0,0	0,0	0,6	-0,3
Mozambique	-2,3	0,6	0,0	-0,2	-2,3	0,8
Niger	-6,3	1,3	0,0	0,0	-6,3	1,3
Nigéria	-10,5	3,6	0,0	0,0	-10,5	3,6
Rwanda	1,6	0,6	0,0	0,0	1,6	0,6
Réunion	2,0	5,8	-1,1	2,6	3,2	3,1
Sénégal	-3,4	0,2	-2,3	-0,3	-1,1	0,5
Sierra Leone	-0,6	1,5	-0,7	1,1	0,1	0,4
Soudan	-0,7	2,0	0,0	0,0	-0,7	2,0
Swaziland	-0,4	1,9	0,1	0,5	-0,5	1,4
Tanzanie, Rép.-Unie de	1,1	2,2	1,7	0,0	-0,6	2,2
Togo	-3,6	1,3	0,4	-0,3	-3,9	1,6
Ouganda	1,6	-3,8	0,0	0,0	1,6	-3,8
Zambie	-0,4	1,4	-0,1	-1,2	-0,3	2,6
Zimbabwe	0,7	0,8	-0,7	-0,4	1,4	1,3
	1961-81	1993-2000	1961-81	1993-2000	1961-81	1993-2000
PAYS EN TRANSITION	...	1,9	...	0,0	...	1,8
Albanie	...	5,8	...	4,0	...	1,7
Arménie	...	7,5	...	7,3	...	0,2
Azerbaïdjan	...	8,1	...	6,1	...	1,9
Bélarus	...	-1,7	...	-2,4	...	0,7
Bosnie-Herzégovine	...	-3,4	...	-2,8	...	-0,7
Bulgarie	...	4,3	...	1,4	...	2,9
Croatie	...	2,4	...	0,0	...	2,4
République tchèque	...	-2,0	...	0,0	...	-2,0
Estonie	...	0,3	...	1,7	...	-1,4
Géorgie	...	-0,4	...	-0,9	...	0,5
Hongrie	...	0,0	...	0,0	...	0,0
Kazakhstan	...	8,1	...	1,5	...	6,5
Kirghizistan	...	3,9	...	1,5	...	2,1
Lettonie	...	-0,9	...	0,0	...	-0,9
Lituanie	...	-2,1	...	-1,3	...	-0,8
Macédoine, L'ex-République yougoslave de	...	-6,9	...	-4,9	...	-2,1
Moldova, République de	...	5,7	...	2,9	...	2,8
Pologne	...	-0,2	...	0,0	...	-0,2
Roumanie	...	0,6	...	-0,9	...	1,5
Fédération de Russie	...	3,3	...	0,0	...	3,3
Serbie-et-Monténégro	...	-1,3	...	0,0	...	-1,3
Slovaquie	...	-2,4	...	-1,7	...	-0,8
Slovénie	...	2,3	...	0,0	...	2,3
Tadjikistan	...	6,1	...	4,2	...	1,8
Turkménistan	...	0,7	...	-1,5	...	2,2
Ukraine	...	2,8	...	0,0	...	2,8
Ouzbékistan	...	-0,2	...	-1,2	...	1,0

* La présente liste suit l'ordre alphabétique anglais.

- **Références**

- **Chapitres spéciaux**

*La situation mondiale de
l'alimentation et de l'agriculture*

- **Titres choisis**

- **CD-ROM SOFA-DB**

Instructions d'installation et
de mise en route

Références

- AEBC (Agriculture and Environment Biotechnology Commission).** 2002. *Animals and biotechnology: Rapport de l'AEBC*. Londres, Département du commerce et de l'industrie.
- Alston, J.M., Norton, G.W. et Pardey, P.G.** 1995. *Science under scarcity: principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting*. Ithaca, New York, États-Unis, Cornell University Press.
- Alston, J.M., Marra, M.C., Pardey, P.G. et Wyatt, T.J.** 2000. Research returns redux: a meta-analysis of the returns to agricultural R&D. *Aust. J. Agr. Resour. Econ.*, 44(2): 185-215.
- Bennett, R., Morse, S. et Ismael, Y.** 2003. *The benefits of Bt cotton to small-scale producers in developing countries: the case of South Africa*. Document présenté à la 7e Conférence internationale de l'ICABR sur les denrées et la politique publique en matière de biotechnologie agricole, Ravello, Italie, du 29 juin au 3 juillet 2003 (également disponible à l'adresse: <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr2003/papers/papers.htm>).
- Byerlee, D. et Fischer, K.** 2002. Accessing modern science: policy and institutional options for agricultural biotechnology in developing countries. *World Dev.*, 30(6): 931-948.
- Byerlee, D. et Hesse de Polanco, E.** 1986. Farmers' stepwise adoption of technological packages: evidence from the Mexican Altiplano. *Am. J. Agr. Econ.*, 68(3): 519-527.
- Byerlee, D. et Moya, P.** 1993. *Impacts of international wheat breeding research in the developing World, 1966-1990*. Mexico, Centre international d'amélioration du maïs et du blé.
- Byerlee, D. et Traxler, G.** 2002. The role of technology spillovers and economies of size in the efficient design of agricultural research systems. Dans J.M. Alston, P.G. Pardey et M.J. Taylor, édés. *Agricultural science policy: changing global agendas*. Baltimore, États-Unis, Johns Hopkins University Press.
- Cabanilla, L.S., Abdoulaye et T. Sanders, J.H.** 2003. Coût économique de la non-adoption du coton Bt en Afrique de l'Ouest: Avec Référence au Cas du Mali. Document présenté à la 7e Conférence internationale de l'ICABR sur les denrées et la politique publique en matière de biotechnologie agricole, Ravello, Italie, du 29 juin au 3 juillet 2003 (également disponible à l'adresse: <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr2003/papers/papers.htm>).
- Cardellino, R., Hoffmann, I. et Tempelman, K.A.** 2003. *First report on the state of the World's animal genetic resources: views on biotechnologies as expressed in country reports*. Document présenté au International Symposium on Applications of Gene-based Technologies for Improving Animal Production and Health in Developing Countries, 6-10 octobre 2003, Vienne, organisé par la FAO et l'AIEA.
- Carpenter, J.E. et Gianessi, L.P.** 2001. *Agricultural biotechnology: updated*, National Center for Food and Agricultural Policy.
- Chambers, P. et Heritage, J.** 2004. Transgenic crops and antibiotic marker genes. *AGRIPPA* (FAO peer-reviewed electronic journal), sous presse (également disponible à l'adresse: <http://www.fao.org/agrippa>).
- Charles, A.** 2003. Creation of GM potato to fight hunger sets India's scientists against green groups. *The Independent*, 3 janvier.
- CIAT (Centre international d'agriculture tropicale) et (IFPRI) Institut international de recherche sur les politiques alimentaires.** 2002. *Biofortified crops for improved human nutrition. A Challenge Program Proposal* (également disponible à l'adresse: <http://cigar.org/pdf/biofortification.pdf>).
- Coghlan, A.** 2003. Genetically modified "potato" to feed India's poor. *New Scientist*, 2 janvier.
- Conner, A.J., Glare, T.R. et Nap, J.-P.** 2003. The release of genetically modified crops into the environment: Part II. Overview of ecological risk assessment. *Plant J.*, 33: 19-46.
- Conway, G.** 2000. *Crop biotechnology: benefits, risks and ownership*. Discours prononcé par le Président de la Fondation Rockefeller lors de la Conférence OCDE d'Edimbourg sur les aspects scientifiques et sanitaires des aliments génétiquement modifiés (également disponible sous la rubrique «news archive» à l'adresse: <http://www.rockfound.org>).
- Corneille, S., Lutz, K., Svab, Z. et Maliga, P.** 2001. Efficient elimination of selectable marker genes from the plastid genome by the CRE-lox site-specific recombination system. *Plant J.*, 27: 171-178.
- DANIDA (Agence danoise de développement international).** *Assessment of potentials and*

- constraints for development and use of plant biotechnology in relation to plant breeding and crop production in developing countries.* Document de travail du DANIDA n° 104. DAN.4-52-5.b. Copenhague, Ministère des affaires étrangères.
- David, C. et Otsuka, K., éd.** 1994. *Modern rice technology and income distribution in Asia.* Boulder, Colorado, États-Unis, Lynne Rienner Publishers.
- De Vetten, N., Wolters, A.M., Raemakers, K., Van Der Meer, I., Ter Stege, R., Heeres, E., Heeres, P. et Visser, R.** 2003. A transformation method for obtaining marker-free plants of a cross-pollinating and vegetatively propagated crop. *Nat. Biotechnol.*, 21(4): 39-442.
- Delgado, L.C., Hopkins, J. et Kelly, V.A.** 1998. *Agricultural growth linkages in Sub-Saharan Africa.* IFPRI Research Report No. 107. Washington, Institut international de recherche sur les politiques alimentaires.
- Dreher, K., Morris, M., Khairallah, M., Ribaut, J.M., Pandey, S. et Srinivasan, G.** 2000. *Is marker-assisted selection cost-effective compared to conventional plant breeding methods? The case of quality protein maize.* Document présenté à la 4^e Conférence de l'ICABR sur les aspects économiques des biotechnologies agricoles, Ravello, Italie, 24-8 août 2000.
- Duffy, M.** 2001. who benefits from biotechnology? Document présenté à la réunion de l'American Seed Trade Association, Chicago, Illinois, États-Unis, 5-7 décembre (également disponible à l'adresse: <http://www.leopold.iastate.edu/pubinfo/papersspeeches/biotech.html>).
- Einsiedel, E.F.** 1998. The market for credible information in biotechnology. *Biotechnology and the Consumer.* Dans B.M. Knoppers et A.M. Mathios, éd. *Biotechnology and the consumer: a research project sponsored by the Office of Consumer Affairs of Industry Canada*, p. 47-85. Dordrecht, Pays-Bas, Kluwer Academic Publishers.
- EnviroNics International.** 2000. *International Environmental Monitor 2000.* Toronto, Canada.
- EnviroNics International.** 2001. *Food Issues Monitor 2001.* Toronto, Canada.
- Evenson, R.E. et Gollin, D.** 2003. Assessing the impact of the green revolution: 1960-2000. *Science*, 300: 758-762.
- Falck-Zepeda, J.B., Traxler, G. et Nelson, R.G.** 1999. *Rent creation and distribution from the first three years of planting Bt cotton.* ISAAA Briefs No. 14. Ithaca, États-Unis, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.
- Falck-Zepeda, J.B., Traxler, G. et Nelson, R.G.** 2000a. Surplus distribution from the introduction of a biotechnology innovation. *Am. J. Agr. Econ.*, 82(2): 360-369.
- Falck-Zepeda, J.B., Traxler, G. et Nelson, R.G.** 2000b. Rent creation and distribution from biotechnology innovations: the case of Bt cotton and herbicide-tolerant soybeans in 1997. *Agribusiness*, 16(1): 1-23.
- Fan, S., Hazell, P. et Thorat, S.** 1998. *Government spending, growth, and poverty: an analysis of interlinkages in rural India.* Document de discussion de l'EPTD n° 33. Washington, Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI).
- FAO.** 2000a. *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2000.* Rome
- FAO.** 2000b. *Déclaration de la FAO sur les biotechnologies;* (également disponible à l'adresse: <http://www.fao.org/biotech/stat.asp?lang=fr>).
- FAO.** 2001a. *Glossary of biotechnology for food and agriculture: a revised and augmented edition of the glossary of biotechnology and genetic engineering.* Rome, Document Recherche et technologie n° 9 de la FAO (également disponible à l'adresse: http://www.fao.org/biotech/index_glossary.asp?lang=en).
- FAO.** 2001b. *Analyse du risque phytosanitaire pour les organismes de quarantaine. Normes internationales pour les mesures phytosanitaires* n° 11. Rome.
- FAO.** 2002a. *Crop biotechnology: a working paper for administrators and policy makers in Sub-Saharan Africa*, par L. Kitch, M. Koch et I. Sithole Niang. Harare.
- FAO.** 2002b. *Report of the Fourth Commission on Phytosanitary Measures.* 11-15 mars 2002, Rome (également disponible à l'adresse: http://www.ippc.int/IPP/En/icpm_docs.jsp).
- FAO.** 2003. *FAOSTAT (base de données statistiques de la FAO)* (également disponible à l'adresse: <http://apps.fao.org/default.htm>).
- FAO/OMS.** 2000. *Safety aspects of genetically modified foods of plant origin.* Report of a joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods derived from Biotechnology, Genève. 29 mai-2 juin 2000 (également disponible à l'adresse: <ftp://fao.org/es/esn/food/gmreport.pdf>).
- FAO/OMS.** 2001. Norme générale du Codex pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées. Codex Stan. 1-1985 (Rév. 1-1991). Dans *Codex Alimentarius. Étiquetage des denrées alimentaires: textes complets.* Révisé en 2001. Rome.

- FAO/OMS.** 2003a. *Principes pour l'analyse des risques liés aux aliments dérivés des biotechnologies modernes*. Rome (également disponible à l'adresse: ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/princ_gmfoods_fr.pdf).
- FAO/OMS.** 2003b. *Directive régissant la conduite de l'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments dérivés de plantes à ADN recombiné*. Rome (également disponible à l'adresse: ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/guide_plants_fr.pdf).
- FAO/OMS.** 2003c. *Directive régissant la conduite de l'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments produits à l'aide de microorganismes à ADN recombinés*. Rome (également disponible à l'adresse: ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/guide_mos_fr.pdf).
- FAO/OMS.** 2003d. *Commission du Codex Alimentarius. Rapport de la Vingt-sixième session*. 30 juin - 7 juillet 2003, Rome (également disponible à l'adresse: ftp://ftp.fao.org/codex/alnorm03/al03_41f.pdf).
- FAO/OMS.** 2003e. *Rapport de la Trentième session du Comité du Codex sur l'étiquetage des denrées alimentaires*. 6-10 mai 2002, Halifax, Canada (également disponible à l'adresse: ftp://ftp.fao.org/codex/alnorm03/al03_22f.pdf).
- Fernandez-Cornejo, J. et McBride, W.D.** 2000. *Genetically engineered crops for pest management in US agriculture: farm level effects*. Agricultural Economic Report No. 786. Washington, Service de recherche économique, Département de l'agriculture des États-Unis.
- Five Year Freeze.** 2002. *Feeding or fooling the World? Can GM really feed the World?* (également disponible à l'adresse: http://www.fiveyearfreeze.org/Feed_Fool_World.pdf).
- Frewer, L.J. et Shepherd, R.S.** 1994. Attributing information to different sources: effects on the perceived qualities of information, on the perceived relevance of information, and on attitude formation. *Public Underst. Sci.*, 3: 385-401.
- General Accounting Office.** 2000. *Information on prices of genetically modified seeds in the United States and Argentina*. Washington, United States General Accounting Office.
- Gianessi, L.P., Silvers, C.S., Sankula, S. et Carpenter, J.E.** 2002. *Plant biotechnology: current and potential impact for improving pest management in US agriculture: an analysis of 40 case studies*. Washington, National Center for Food and Agricultural Policy.
- Gisselquist, D., Nash, J. et Pray, C.E.** 2002. Deregulating technology transfer in agriculture: impact on technical change, productivity, and incomes. Washington, *World Bank Research Observer*, 17: 237-265.
- GM Science Review Panel.** 2003. *GM Science Review: First report – an open review of the science relevant to GM crops and food based on the interests and concerns of the public*. Londres, Département du commerce et de l'industrie (également disponible à l'adresse: <http://www.gmsciencedebate.org.uk/report/default.htm>).
- Golan, E., Kuchler, F. et Mitchell, L.** 2000. *Economics of food labelling*. Washington, Département de l'agriculture des États-Unis.
- Graff, G. et Zilberman, D.** 2001. An intellectual property clearinghouse for agricultural biotechnology. *Nature Biotechnology*, 19: 1179-1181.
- Graham, R.D., Welch, R.M. et Bouis, H.E.** 2001. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. *Advances in Agronomy*, 70: 77-142.
- Hayami Y., Kikuchi, M., Moya, P.F., Bambo, L.M. et Marciano, E.B.** 1978. *Anatomy of a peasant economy: a rice village in the Philippines*. Los Baños, Philippines, Institut international de recherche sur le riz.
- Hayami, Y. et Ruttan, V.W.** 1985. *Agricultural development: an international perspective*, 2^e éd. Baltimore, Maryland, États-Unis, Johns Hopkins University Press.
- Hazell, P. et Haggblade, S.** 1993. Farm-nonfarm growth linkages and the welfare of the poor. Dans M. Lipton et J. van de Gaag, éd. *Including the poor*. Washington, Banque mondiale.
- Herd, R.W.** 1987. A retrospective view of technological and other changes in Philippine rice farming, 1965-1982. *Econ. Dev. Cult. Change*, 35(2): 329-349.
- Hoban, T.** 2003. *Public attitudes toward agricultural biotechnology*. Document de travail de la Division de l'économie agricole et du développement, sous presse.
- ICSU (Conseil international pour la science).** 2003. *New genetics, food and agriculture: scientific discoveries – societal dilemmas*. Paris (également disponible à l'adresse: <http://www.icsu.org>).
- James, C.** 1999. *Global review of commercialized transgenic crops: 1999*. ISAAA Briefs No. 12: Preview. Ithaca, New York, États-Unis, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.
- James, C.** 2002a. *Preview: global status of commercialized transgenic crops: 2002*. ISAAA

- Briefs No. 27. Ithaca, New York, États-Unis, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.
- James, C.** 2002b. *Global review of commercialized transgenic crops: 2001 (Feature: Bt cotton)*. ISAAA Briefs No. 26. Ithaca, New York, États-Unis, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.
- James, C.** 2003. *Preview: Global status of commercialized transgenic crops: 2003*. ISAAA Briefs No. 30. Ithaca, New York, États-Unis, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (également disponible à l'adresse: http://www.isaaa.org/kc/CBTNNews/press_release/briefs30/es_b30.pdf).
- Kirsten, J. et Grouse, M.** 2003. The impact of agricultural biotechnology in South Africa. Dans N. Kalaitzandonakes, éd. *The economic and environmental impacts of agbiotech: a global perspective*. New York, États-Unis, Kluwer-Plenum Academic Publishers.
- Knoppers, B.M. et Mathios, A.M., éd.** 1998. *Biotechnology and the consume: a research project sponsored by the Office of Consumer Affairs of Industry Canada*. Dordrecht, Pays-Bas, Kluwer Academic Publishers.
- Lantican, M. et Pingali, P.L.** 2003. Growth in wheat yield potential in marginal environments. Dans *Proceedings of the Warren E. Kronstad Memorial Symposium*, 1-17 mars 2001. Mexico, Centre international d'amélioration du riz et du blé.
- Lipton, M.** 2001. Reviving global poverty reduction: what role for genetically modified plants? *J. Int. Devel.*, 13: 823-846.
- Losey, J.E., Rayor, L.S. et Carter, M.E.** 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 399(6733): 214.
- MacKenie, D. et McLean, M.** 2002. Who's afraid of GM feeds? *Feed Mix*, 10(3): 16-19 (également disponible à l'adresse: <http://www.agbios.com/docroot/articles/02-232-001.pdf>).
- Malmquist, S.** 1953. Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística* 4: 209-242.
- Maredia, M.K., Byerlee, D. et Eicher, C.K.** 2004. *The efficiency of global wheat research investments: implications for research evaluation, research managers and donors*. Document destiné au personnel n° 94-17. Département d'économie agricole, Université d'État du Michigan, États-Unis.
- Morris, M.** 1998. *Maize seed industries in developing countries*. Boulder, Colorado, États-Unis, Lynne Rienner Publishers.
- Moschini, G., Lapan, H. et Sobolevsky, A.** 2000. Roundup Ready® Soybeans and welfare effects in the soybean complex. *Agribusiness*, 16: 33-35.
- Naik, G.** 2001. *An analysis of socio-economic impact of Bt technology on India cotton farmers*. Ahmedabad, Inde, Centre for Management in Agriculture, Indian Institute of Management.
- Naylor, R., Nelson, R., Falcon, W., Goodman, R., Jahn, M., Kalazich, J., Sengooba, T. et Tefera, H.** 2002. *Integrating new genetic technologies into the improvement of orphan crops in least developed countries*. Présenté à la 6^e Conférence internationale de l'ICABR sur les biotechnologies agricoles: nouvelles voies de production, consommation et transfert de technologie, Ravello, Italie, 11-14 juillet 2002 (disponible également à l'adresse: <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr/download/papers2002download.htm>).
- NRC (National Research Council).** 2002. *Animal biotechnology. Science based concerns*. Washington, The National Academies Press.
- Nuffield Council on Bioethics.** 1999. *Genetically modified crops: the ethical and social issues*. Londres.
- Nuffield Council on Bioethics.** 2003. *The use of genetically modified crops in developing countries*. Avant-projet pour observations, juin 2003. Londres.
- OMS (Organisation mondiale de la santé).** 2002. *20 questions sur les aliments transgéniques* (également disponible à l'adresse: http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/fr/20questions_fr.pdf).
- Pemsl, D.E., Waibel, H. et Gutierrez, A.P.** 2003. *Productivity analysis of Bt cotton: a modelling approach based on a case study in Shandong Province, China*. Document présenté à la 7^e Conférence internationale de l'ICABR sur les denrées et la politique publique en matière de biotechnologie agricole, Ravello, Italie, du 29 juin au 3 juillet 2003 (disponible également à l'adresse: <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr2003/papers/papers.htm>).
- Pew Initiative on Food and Biotechnology.** 2001. *Harvest on the horizon: future uses of agricultural biotechnology*. Washington, (également disponible à l'adresse: <http://pewagbiotech.org/research/harvest/harvest.pdf>).
- Pew Initiative on Food and Biotechnology.** 2002a. *Three years later: genetically engineered corn and the monarch butterfly controversy*. Note d'information (également disponible à

- l'adresse: <http://pewagbiotech.org/resources/issuebriefs/monarch.pdf>).
- Pew Initiative on Food and Biotechnology.** 2002b. *How consumers process information at heart of debate over labeling of genetically modified foods*. Communiqué de presse (disponible également à l'adresse: <http://pewagbiotech.org/newsroom/releases/062702.php3>).
- Pew Initiative on Food and Biotechnology.** 2003. *Future fish: issues in science and regulation of transgenic fish*. Washington (également disponible à l'adresse: <http://pewagbiotech.org/research/fish>).
- Pingali, P.L. et Heisey, P.W.** 2001. Cereal-crop productivity in developing countries: past trends and future prospects. Dans J.M. Alston, P.G. Pardey et M. Taylor, édés. *Agricultural science policy*. Washington, Institut international de recherche sur les politiques alimentaires et Johns Hopkins University Press.
- Pingali, P.L. et Rajaram, S.R.** 1999. *World wheat facts and trends, 1998/99*. Mexico, Centre international d'amélioration du maïs et du blé.
- Pingali, P. et Raney, T.** 2003. *Globalization and agricultural biotechnology: impacts and implications for developing countries*. Document de travail de la Division de l'économie agricole et du développement. Rome, FAO.
- Pingali, P., Rozelle, S. et Gerpacio, R.V.** 2001. The farmer's voice in priority setting: a cross-country experiment in eliciting technological preferences. *Econ. Dev. Cult. Change*, 49(3): 591-609.
- Pingali, P. et Traxler, G.** 2002. Changing locus of agricultural research: will the poor benefit from biotechnology and privatization trends? *Food Policy* 27: 223-238.
- Potrykus, I.** 2003. *From "golden" to "nutritionally optimized" rice – and from a scientific concept to the farmer*. Exposé présenté à la conférence «In the Wake of the Double Helix: from the Green Revolution to the Gene Revolution», Bologne, Italie, 27-31 mai 2003.
- Pray, C.E.** 2001. Public/private sector linkages in research and development: biotechnology and the seed industry in Brazil, China and India. *Am. J. Agr. Econ.*, 83(3): 742-747.
- Pray, C.E. et Fuglie, K.O.** 2000. Policies for private agricultural research in Asian LDCs. Document présenté à la 14^e Conférence internationale des économistes agricoles, Berlin.
- Pray, C.E. et Huang, J.** 2003. The impact of Bt Cotton in China. Dans N. Kalaitzandonakes, éd. *The economic and environmental impacts of agbiotech: a global perspective*. New York, États-Unis, Kluwer-Plenum Academic Publishers.
- Pray, C.E. et Naseem, A.** 2003a. *The economics of agricultural biotechnology research*. Document de travail de la Division de l'économie agricole et du développement 03-07. Rome, FAO.
- Pray, C.E. et Naseem, A.** 2003b. *Biotechnology R&D: policy options to ensure access and benefits for the poor*. Document de travail de la Division de l'économie agricole et du développement 03-08.
- Pray, C.E. et Ramaswami, B.** 2001. Technology, IPRs, and reform options: a case study of the seed industry with implications for other input industries. *The International Food and Agricultural Marketing Review, Special Issue, 2*.
- Pray, C.E., Courtmanche, A., Govindasamy, R.** 2002. *The importance of intellectual property rights in the international spread of private sector agricultural biotechnology*. Document Présenté à la 6^e Conférence internationale de l'ICABR sur les biotechnologies agricoles: nouvelles voies de production, consommation et transfert de technologie, Ravello, Italie, 11-14 juillet 2002 (également disponible à l'adresse: <http://www.economia.uniroma2.it/conferenze/icabr/download/papers/2002download.htm>).
- Pray, C.E., Huang, J., Hu, R. et Rozelle, S.** 2002. Five years of Bt Cotton in China – the benefits continue. *The Plant Journal*, 31(4): 423-430.
- Pray, C.E., Huang, J., Ma, D. et Qiao, F.** 2001. Impact of Bt Cotton in China. *World Dev.*, 29(5): 813-825.
- Qaim, M. et Zilberman, D.** 2003. Yield effects of genetically modified crops in developing countries. *Science*, 299: 900-902.
- Qaim, M. et de Janvry, A.** 2003. Genetically modified crops, corporate pricing strategies, and farmers' adoption: the case of Bt Cotton in Argentina. *Am. J. Agr. Econ.*, 85(4): 814-828.
- Qaim, M. et Traxler, G.** 2004. Roundup ready Soybeans in Argentina: farm level, environmental, and Welfare effect. *Agr. Econ.*, sous presse.
- Renkow, M.** 1993. Differential technology adoption and income distribution in Pakistan: implications for research resource allocation. *Am. J. Agr. Econ.*, 75(1): 33-43.
- Rommens, C.M., Rudenko, G.N., Dijkwel, P.P., van Haaren, M.J., Ouwerkerk, P.B., Blok, K.M., Nijkamp, H.J. et Hille, J.** 1992. Characterization of the Ac/Ds behaviour in transgenic tomato plants using plasmid rescue. *Plant Molec. Biol.*, 20(1): 61-70.

- Royal Society.** 2003. The Farm Scale Evaluations of spring-sown genetically modified crops: a themed issue. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B*, 358(1439): 1775-1913 (également disponible à l'adresse: http://www.pubs.royalsoc.ac.uk/phil_bio/news/fse_toc.html).
- Ruttan, V.W.** 2001. Technology, growth and development: an induced innovation perspective. New York, États-Unis, Oxford University Press.
- Sadoulet, E. et de Janvry, A.** 1995. *Quantitative development policy analysis*. Baltimore, Maryland, États-Unis, Johns Hopkins University Press.
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.** 1992. *Convention sur la diversité biologique* (également disponible à l'adresse: <http://www.biodiv.org/doc/legal/cbd-fr.pdf>).
- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique.** 2000. *Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques: texte et annexes*. Montréal, Canada (également disponible à l'adresse: <http://www.biodiv.org/biosafety/protocol.asp?lg=2>).
- Stahl, R., Horvath, H., Van Fleet, J., Voetz, M., von Wettstein, D. et Wolf, N.** 2002. T-DNA integration into the barley genome from single and double cassette vectors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99: 2146-2151.
- Stone, G.D.** 2002. Both sides now: fallacies in the genetic modification wars, implications for developing countries, and anthropological perspectives. *Curr. Anthropol.*, 43(4): 611-630.
- Tegene, A., Huffman, W.E., Rousu, M. et Shogren, J.F.** 2003. *The effects of information on consumer demand for biotech foods evidence from experimental auctions*. Technical Bulletin No. 1903. Washington, USDA Economic Research Service.
- Thompson, P.B.** 1997. *Food biotechnology in ethical perspective*. Londres, Blackie Academic & Professional.
- Thro, A.M. et Spillane, C.** 2000. *Biotechnology-assisted participatory plant breeding: complement or contradiction*. CGIAR system-wide program on participatory research and gender analysis for technology development and institutional innovation. Document de travail n° 4, Cali, Colombie, Centre international d'agriculture tropicale.
- Traxler, G.** 2004. *Economic impacts of biotechnology-based technological innovations*. Document technique de la Division de l'économie agricole et du développement, sous presse, Rome, FAO.
- Traxler, G. et Byerlee, D.** 1992. Economic returns to crop management research in post-green revolution setting. *Am. J. Agric. Econ.*, 74 (3): 573-582.
- Traxler, G. et Pingali, P.L.** 1999. *International collaboration in crop improvement research: current status and future prospects*. Document de travail économique n° 99-11. Mexico, Centre international d'amélioration du maïs et du blé.
- Traxler, G., Godoy-Avila, S., Falck-Zepeda, J. et Espinoza-Arellano, J.** 2003. Transgenic cotton in Mexico: economic and environmental impacts. Dans N. Kalaitzandonakes, éd. *The economic and environmental impacts of agbiotech: a global perspective*, New York, États-Unis, Kluwer-Plenum Academic Publishers.
- USDA-AMS (Département de l'agriculture des États-Unis, Service de la commercialisation agricole).** Diverses années. *Cotton varieties planted* (également disponible à l'adresse: www.ams.usda.gov/cotton/mnacs).
- van der Walt, W.J.** 2000. *Identifying increased production yield opportunities by monitoring biotechnology developments*. Exposé présenté à la 7^e Conférence annuelle de gestion de l'agriculture, VW Conference Centre, Midrand, Afrique du Sud, 25-26 octobre 2000.
- Ye, X., Al-Babili, S., Klöti, A., Zhang, J., Lucca, P., Beyer, P. et Potrykus, I.** 2000. Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science*, 287(5451): 303-305.
- Zimmerman, R. et Qaim, M.** 2002. *Projecting the benefits of golden rice in the Philippines*. Document de discussion n° 51 sur les politiques de développement, Bonn, Centre de recherche sur le développement.
- Zuo, J., Niu, Q.W., Ikeda, Y. et Chua, N.H.** 2002. Marker-free transformation: increasing transformation frequency by the use of regeneration-promoting genes. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 13(2): 173-180.

Chapitres spéciaux

La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture

La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture présente chaque année, depuis 1957, après ses rapports de conjoncture mondiale et régionale, une étude spéciale sur un ou plusieurs sujets permanents relevant du domaine de la FAO. Les thèmes traités sont les suivants:

- 1957** Facteurs influençant les tendances de la consommation alimentaire
Changements survenus après la guerre dans certains facteurs institutionnels affectant l'agriculture
- 1958** Evolution de la situation alimentaire et agricole en Afrique au sud du Sahara
Le développement des industries forestières et ses répercussions sur les forêts du monde
- 1959** Revenus et niveaux de vie agricoles dans des pays à différents stades d'évolution économique
Etude de certains problèmes généraux de développement agricole dans les pays insuffisamment développés, à la lumière des enseignements de l'après-guerre
- 1960** Les programmes de développement agricole
- 1961** La réforme agraire et l'évolution des institutions
Vulgarisation, éducation et recherche agricoles en Afrique, en Asie et en Amérique latine
- 1962** Le rôle des industries forestières dans la lutte contre le sous-développement économique
La production animale dans les pays insuffisamment développés
- 1963** Principaux facteurs influant sur le développement de la productivité agricole. L'utilisation des engrais: à la pointe du développement agricole
- 1964** Nutrition protéique: besoins et perspectives
Les produits synthétiques et leurs effets sur le commerce des produits agricoles
- 1966** Agriculture et industrialisation
Le riz dans l'économie alimentaire mondiale
- 1967** Mesures propres à stimuler ou à décourager la production agricole dans les pays en voie de développement
Aménagement des ressources halieutiques
- 1968** Progrès technique et relèvement de la productivité agricole dans les pays en voie de développement
L'amélioration de l'emmagasiner et sa contribution aux disponibilités alimentaires mondiales
- 1969** Programmes d'amélioration de la commercialisation agricole: quelques leçons tirées de l'expérience récente
Modernisation des institutions dans l'intérêt du développement forestier

- 1970 L'agriculture au seuil de la Deuxième décennie pour le développement
- 1971 La pollution des eaux et ses effets sur les ressources biologiques aquatiques et sur les pêches
- 1972 Éducation et formation en matière de développement
Comment accélérer la recherche agricole dans les pays en développement
- 1973 L'emploi agricole dans les pays en développement
- 1974 Population, approvisionnement alimentaire et développement agricole
- 1975 La Deuxième décennie des Nations Unies pour le développement: examen et évaluation à mi-terme
- 1976 Énergie et agriculture
- 1977 Situation des ressources naturelles et de l'environnement au regard de l'alimentation et de l'agriculture
- 1978 Problèmes et stratégies des régions en développement
- 1979 La foresterie et le développement rural
- 1980 Les pêches maritimes à l'ère des nouvelles juridictions nationales
- 1981 Le paupérisme rural dans les pays en développement et les moyens d'y remédier
- 1982 La production animale: aperçu mondial
- 1983 La femme dans le développement agricole
- 1984 Urbanisation, agriculture et systèmes alimentaires
- 1985 Consommation d'énergie en agriculture
Aspects écologiques de la production alimentaire et agricole
Commercialisation
- 1986 Le financement du développement agricole
- 1987-88 Nouvelles priorités de la science et de la technologie agricoles dans les pays en développement
- 1989 Développement durable et aménagement des ressources naturelles
- 1990 Ajustement structurel et agriculture
- 1991 Politiques et problèmes agricoles: leçons des années 80 et perspectives pour les années 90
- 1992 Pêches maritimes et droit de la mer: 10 ans de mutation
- 1993 Politiques de l'eau et agriculture
- 1994 Développement forestier et grands dilemmes
- 1995 Le commerce agricole: à l'aube d'une ère nouvelle?
- 1996 Les dimensions macroéconomiques de la sécurité alimentaire
- 1997 Les industries agroalimentaires et le développement économique
- 1998 Les revenus ruraux non agricoles dans les pays en développement
- 2000 L'alimentation et l'agriculture dans le monde: enseignements des 50 dernières années
- 2001 Impact économique des ravageurs des plantes et des maladies animales transfrontières
- 2002 L'agriculture et les biens collectifs mondiaux 10 ans après le sommet de la planète Terre

Titres choisis

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE LA FAO

(disponibles sur le site www.fao.org/sof)

La situation mondiale de l'agriculture et de l'alimentation

L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde

La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture

Situation des forêts du monde

PUBLICATIONS DE LA DIVISION DE L'ÉCONOMIE AGRICOLE ET DU DÉVELOPPEMENT (ESA)

(disponibles sur le site www.fao.org/es/esa)

LIVRES

Problèmes actuels et émergents en matière d'analyse économique et de recherches de politiques (CUREMIS II)

Vol. 1: Amérique latine et Caraïbes

(B. Davis, éd. 2003)

Ration alimentaire et croissance économique: Études sur le coût de la faim

(Kiyoshi Taniguchi et Xiaojun Wnag, édés, 2003)

Choisir une méthode pour une cartographie de la faim

(B. Davis, 2003)

La promotion des liaisons agricoles/non agricoles pour le développement rural: Études de cas d'Afrique et d'Amérique latine

(B. Davis, T. Reardon, K.G. Stamoulis et P. Winters, édés, 2003)

Problèmes actuels et émergents en matière d'analyse économique et de recherches de politiques (CUREMIS I)

(K.G. Stamoulis, éd., 2002)

DOCUMENTS DE TRAVAIL DE L'ESA

05-04 *La mondialisation des régimes alimentaires et la transformation des systèmes d'approvisionnement alimentaire en Inde*

(P. Pingali et Y. Khwaja, février 2004)

04-04 *Indicateurs des politiques agricoles*

(T. Josling et A. Valdés, février 2004)

03-04 *Abondance de ressources, pauvreté et développement*

(E.H. Bulte, R. Damania et R. Deacon, janvier 2004)

02-04 *Conflits, développement rural et sécurité alimentaire en Afrique occidentale*

(M. Flores, janvier 2004)

- 01-04 *Méthodes d'évaluation des avantages environnementaux associés aux projets d'investissement en sylviculture et bassins hydrographiques*
(R. Cavatassi, janvier 2004)
- 22-03 *Interrelations et création d'emplois ruraux non agricoles: nouvelles gageures et politiques en Indonésie*
(S. Kristiansen, décembre 2003)
- 21-03 *Asymétrie de l'information et concentration économique: le cas des poules et des œufs dans l'est de l'Indonésie*
(S. Kristiansen, décembre 2003)
- 20-03 *Les opérations à terme profitent-elles aux agriculteurs qui les adoptent?*
(S.H. Lence, décembre 2003)
- 19-03 *Sécurité sanitaire des aliments dans les pays en développement*
(S. Henson, décembre 2003)
- 18-03 *Sécurité alimentaire et agriculture dans les pays à faible revenu et à déficit vivrier: 10 ans après le cycle d'Uruguay*
(P. Pingali et R. Stringer, novembre 2003)
- 17-03 *Cadre conceptuel aux fins du développement agricole et rural national, ainsi que des politiques et stratégies en matière de sécurité alimentaire*
(K.G. Stamoulis et A. Zezza, novembre 2003)
- 16-03 *Les transferts publics peuvent-ils servir à atténuer les migrations au Mexique? Une étude basée sur des données expérimentales aléatoires*
(G. Stecklov, P. Winters, M. Stampini et B. Davis, octobre 2003)
- 15-03 *Diversification agricole en Asie du Sud: tendances et contraintes*
(K. Dorjee, S. Broca et P. Pingali, juillet 2003)
- 14-03 *Facteurs déterminants de la diversité des cultures céréalières dans les communautés et les exploitations familiales des plateaux du nord de l'Éthiopie*
(S. Benin, B. Gebremedhin, M. Smale, J. Pender et S. Ehui, juillet 2003)
- 13-03 *Changements d'affectation des terres, piégeage du carbone et lutte contre la pauvreté*
(L. Lipper et R. Cavatassi, juillet 2003)
- 12-03 *Leçons en matière de pauvreté et de capital social extraites des cas d'étude au Mexique et Amérique centrale*
(M. Flores et F. Rello, juin 2003)

