

Innover grâce à la science et aux technologies

chapitre 7

Les défis technologiques qui attendent l'agriculture au 19^e siècle seront probablement encore plus imposants que ceux des dernières décennies. Au vu de la raréfaction croissante des terres et des ressources en eau, les gains en productivité constitueront la principale source de croissance pour l'agriculture et le meilleur moyen de satisfaire la demande accrue de produits alimentaires et agricoles. Du fait de la mondialisation et des nouvelles chaînes d'approvisionnement, les agriculteurs et les pays ont besoin de continuellement innover pour répondre aux demandes changeantes du marché et rester compétitifs. Les changements climatiques les forceront, par ailleurs, à s'adapter progressivement. Toutes les régions, en particulier les systèmes d'agriculture pluviale hétérogènes et à haut risque d'Afrique subsaharienne, ont besoin de technologies renouvelables capables d'accroître la stabilité de la productivité et la résilience des systèmes de production.¹ Ces évolutions impliquent que la technologie mise au service du développement ne se contente pas d'accroître les rendements mais s'attelle aussi à la préservation des ressources en eau et d'énergie, à la réduction des risques, à l'amélioration de la qualité des produits, à la protection de l'environnement et aux adaptations nécessaires en regard des différences entre hommes et femmes.

La science aussi évolue rapidement. Des avancées révolutionnaires dans les domaines de la biologie et des sciences de l'information offrent aujourd'hui le potentiel nécessaire pour renforcer la compétitivité des petits producteurs orientés axés sur le marché et remédier aux sécheresses et maladies touchant les systèmes de production importants pour les pauvres. Prenons la solution, qui ne présente que des avantages, du coton transgénique résistant aux

insectes : il a réduit les pertes de rendement, augmenté les profits des agriculteurs et nettement réduit l'utilisation des pesticides chez des millions de petits producteurs. Mais les bénéfices de la biotechnologie, qui profitent actuellement aux grandes multinationales privées actives dans le secteur de l'agriculture commerciale, doivent encore être canalisés de manière à répondre aux besoins des pauvres.

L'environnement institutionnel pour l'innovation technologique fait également l'objet de changements rapides. En outre, il est complexe car il intègre des systèmes pluriels et de multiples sources d'innovation. Le nouveau monde de l'agriculture ouvre de l'espace pour un éventail plus large d'acteurs de l'innovation, dont les agriculteurs eux-mêmes, le secteur privé et les organisations de la société civile. Créer le lien entre le progrès technologique et les innovations institutionnelles et les marchés pour impliquer cet ensemble d'acteurs est crucial pour la future croissance de la productivité.

Ces changements focalisent l'attention sur de plus vastes systèmes d'innovation. Avec le développement des marchés, l'innovation est de moins en moins induite par la science (côté de l'offre) et de plus en plus par les marchés (côté de la demande). De nouvelles approches induites par la demande font subir des chocs au pouvoir des utilisateurs – agriculteurs hommes et femmes, consommateurs et intérêts extérieurs à l'agriculture – en établissant les priorités des programmes de recherche et en déterminant l'importance de la recherche dans la chaîne de valeur « de la ferme à l'assiette ». L'innovation, dans le domaine de la nouvelle agriculture, requiert du feedback, de la formation et une action collective parmi ce plus large ensemble d'acteurs.

Ce chapitre se penche sur les innovations scientifiques et technologique récentes selon trois perspectives :

- les impacts récents et défis émergents de la technologie dans les domaines de la biologie et du management ;
- les investissements en recherche et développement (R&D) pour générer de nouvelles technologies, avec une attention particulière au fossé croissant entre les pays industrialisés et les pays en développement et parmi les pays en développement eux-mêmes ;
- les remaniements institutionnels émergents qui rendent les investissements dans l'innovation, y compris la vulgarisation, plus efficaces pour répondre aux demandes du marché par le biais de l'action collective et de la mobilisation des agriculteurs.

La conclusion principale : les investissements en R&D agricole ont transformé une grande partie de l'agriculture du monde en développement en un secteur dynamique connaissant une innovation technologique rapide, une croissance accélérée et une réduction de la pauvreté. Mais les échecs des marchés mondiaux et nationaux continuent d'induire de sérieux sous-investissements en R&D et dans les systèmes de

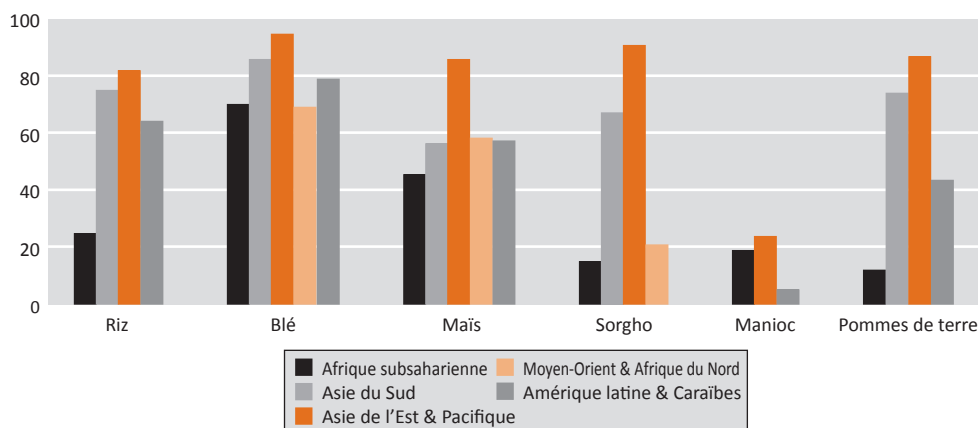
vulgarisation connexes, particulièrement dans les pays africains à vocation agricole. Il est aujourd'hui essentiel d'augmenter l'investissement public et privé en R&D et de renforcer les institutions et les partenariats avec le secteur privé, les agriculteurs et les organisations de la société civile pour pouvoir évaluer la demande en R&D des utilisateurs, accroître la réactivité et la compétitivité du marché et veiller à ce que les pauvres en bénéficient. Ces investissements et innovations institutionnelles seront encore plus importants à l'avenir, du fait de la rapide évolution des marchés, de la raréfaction croissante des ressources et d'incertitudes plus grandes.

L'amélioration génétique a rencontré un franc succès mais pas partout

L'agriculture est un processus biologique : c'est ce qui distingue l'innovation technologique dans ce domaine de celles des autres secteurs. Les années 1950 et 1960 ont montré que les technologies de l'amélioration génétique, telle que celle des cultures et des animaux, étaient souvent très localisées et ne se déplaçaient que peu des régions tempérées du Nord à celles, tropicales, du Sud. Depuis les années 1960, la recherche visant à adapter les variétés et races animales amé-

Figure 7.1 Les variétés améliorées ont été largement adoptées, sauf en Afrique subsaharienne

Zones plantées de variétés améliorées, 2000-05, % de la surface cultivée totale



Sources : Équipe RDM 2008, basé sur Evenson, 2003 ; <http://www.faostat.fao.org> ; IRRI, communication personnelle, 2007 ; CIMMYT, communication personnelle, 2007.

Notes : les variétés améliorées de riz et de blé sont des variétés demi-naines initialement développées au cours de ce qui devint la révolution verte. Les données sont fournies pour la période 2000-05, excepté pour le maïs, dont les données pour certains pays d'Afrique subsaharienne datent de 1997.

liorées aux conditions tropicales et subtropicales a généré des gains importants et des impacts favorables sur les populations pauvres. Les avancées rapides en biologie et dans les sciences de l'information permettent d'espérer des impacts encore plus grands qui doivent, toutefois, encore être adaptées de manière à bénéficier également aux pauvres (voir thème E).

Magie lente : la propagation continue des variétés améliorées

Depuis les années 1960, la sélection scientifique des plantes qui a permis de développer des variétés améliorées correspondant aux besoins des petits producteurs et adaptées aux zones tropicales et subtropicales – la révolution verte – a été l'un des plus grands succès en matière de développement (cf. figure 7.1). Les programmes publics de sélection des pays en développement, dont les premières innovations furent des variétés demi-naines de riz et de blé, ainsi que variétés améliorées de maïs provenant des centres de recherche du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR), ont produit plus de 8 000 variétés améliorées de cultures au cours des 40 dernières années.² Des compagnies privées de production de semences sont également devenues des sources majeures de variétés hybrides améliorées pour les petits producteurs, en particulier pour certaines cultures telles que le maïs.

Depuis 1980, la contribution des variétés améliorées de cultures à l'augmentation des rendements a été encore plus importante qu'à l'époque de la révolution verte. Selon les estimations, dans les années 1980 et 1990, les variétés améliorées ont été responsables de pas moins de 50 % de la croissance des rendements – à titre de comparaison, cette proportion s'élevait à 21 % dans les deux décennies précédentes. Les consommateurs pauvres ont été les principaux bénéficiaires de ces progrès. Sans ces gains de rendement, les cours céréaliers mondiaux auraient été de 18 à 21 % plus élevés en 2000, la disponibilité calorique par habitant aurait été inférieure de 4 à 7 %, 13 à 15 millions d'enfants supplémentaires appartiendraient aujourd'hui à la catégorie des malnutris et beaucoup plus d'hectares de forêts et d'autres écosystèmes

fragiles auraient été remplacés par des cultures.³

Des améliorations génétiques constantes, permettant la production de nouvelles générations de variétés et leur propagation aux zones irriguées et, moyennant une bonne maîtrise des eaux, aux zones de culture pluviale, ont contribué à la génération de gains de rendement continus. Par exemple, des variétés améliorées sont aujourd'hui plantées dans 80 % des zones céréaliers d'Inde, dont seulement la moitié environ sont irriguées.⁴ Des générations plus récentes de variétés de blé améliorées ont permis une augmentation annuelle des rendements de 1 %. Au niveau mondial, la surface plantée de ces variétés a plus que doublé depuis 1981, principalement dans les zones en culture pluviale.⁵

Cela dit, tous les agriculteurs n'ont pas été touchés par cette « magie lente ».⁶ Son adoption a été très incomplète en Afrique subsaharienne, les zones sous variétés améliorées étant quasi inexistantes dans certains pays. Pourquoi une révolution verte aussi limitée en Afrique subsaharienne ?⁷ La plus grande diversité de cultures plantées dans la région, les complexités agro-écologiques et l'hétérogénéité de la région, le manque d'infrastructures, de marché et d'appui institutionnel, ainsi que les différences entre hommes et femmes en termes de responsabilités et d'accès aux actifs sont autant de facteurs qui ont contribué à cette situation (cf. chapitre 2).⁸

Une expérience récente en Afrique subsaharienne se révèle toutefois plus prometteuse. Après un démarrage tardif, des variétés améliorées commencent à avoir un impact sur certaines cultures vivrières :

- *Le maïs.* Des variétés améliorées et hybrides de maïs ont été largement adoptées par des petits paysans dans plusieurs pays africains dans les années 1980 et ont même atteint une couverture presque universelle dans certains d'entre eux, comme le Zimbabwe. Mais ces programmes avaient été appuyés par de larges subventions aux intrants et aux prix, subventions qui n'étaient pas renouvelables.⁹ Quoi qu'il en soit, en 2006, une part substantielle des surfaces de maïs a été consa-

crée aux variétés améliorées et hybrides au Kenya (80 %), au Malawi (30 %), en Tanzanie (28 %), en Zambie (49 %) et au Zimbabwe (73 %).¹⁰

- *Le manioc*. Des souches améliorées de manioc résistantes aux maladies ont été adoptées, sur plus de la moitié de la surface plantée de manioc au Nigeria, qui est le plus gros producteur au monde. Le manioc étant la denrée alimentaire qui pousse le plus rapidement en Afrique, et étant donné qu'il s'agit de la denrée des pauvres, les impacts des gains de productivité pour cette plante sont particulièrement favorables à ces derniers.¹¹
- *Le riz*. Le Nouveau riz pour l'Afrique (NERICA) – combinant le potentiel de rendement élevé du riz asiatique et la résistance du riz africain aux mauvaises herbes, aux nuisibles, aux maladies et au stress hydrique – a été mis à la disposition des agriculteurs en 1996. Augmentant les rendements dans des conditions de faible apport d'intrants, il est cultivé sur à peu près 200 000 hectares en Afrique.¹² Son adoption reste toutefois limitée à cause de niveaux de dissémination, de formation et de vulgarisation insuffisants.
- *Les haricots*. En Afrique orientale, centrale et australe, environ 10 millions d'agriculteurs, pour la plupart des femmes, cultiveraient et consommeraient de nouvelles variétés de haricot (*Phaseolus vulgaris*), dont plusieurs sont résistantes à divers stress.¹³

Les approches participatives de sélection variétale qui impliquent les agriculteurs dans les premières phases de la sélection constituent un développement institutionnel complémentaire dans les régions à faible potentiel de productivité et où les chutes de pluies sont faibles et incertaines. Les approches décentralisées et participatives permettent aux exploitants agricoles de sélectionner et d'adapter les technologies à la nature du sol, à la configuration locale des pluies et aux conditions sociales et économiques en faisant appel, entre autres, aux connaissances indigènes. Entre 1997 et 2004, en Syrie, le Barley Research Program du Centre international de la recherche agricole des

zones sèches a transformé 8 000 parcelles plantées et évaluées à la station de recherche en 8 000 parcelles plantées dans les champs des agriculteurs et évaluées par ceux-ci.¹⁴ Il s'est avéré que l'amélioration des plantes et la sélection variétale participatives diminuent de moitié le temps de développement et de dissémination des variétés par rapport aux programmes conventionnels de sélection (de 5 à 7 ans au lieu de 10 à 15 ans, respectivement).¹⁵

Dans les zones très pauvres de culture pluviale du riz d'Asie du Sud qui ont été laissées pour compte par la révolution verte, la sélection participative des plantes commence à payer, avec l'adoption précoce de variétés sélectionnées par les agriculteurs qui fournissent des rendements 40 % plus élevés dans les exploitations agricoles.¹⁶ Cette approche doit encore être testée à plus large échelle dans les environnements hétérogènes de culture sèche en Afrique, où l'implication des agriculteurs, et particulièrement les agricultrices, dans la sélection des variétés a permis d'engranger de premiers succès pour les haricots, le maïs et le riz.¹⁷ La rentabilité de cette approche dans le cadre d'un usage étendu doit également être évaluée.

Mais les seules variétés améliorées ne suffiront pas à produire une révolution verte dans les zones défavorisées : le manque de fertilité des sols et de maîtrise des ressources en eau sont des contraintes majeures difficiles à contourner à l'aide des seules améliorations génétiques. Dans le jargon des spécialistes des cultures, tant le G (génotype) que le E (l'environnement et la conduite des cultures) doivent changer pour qu'il soit possible d'exploiter le type d'interactions positives G × E qui caractérisent une révolution verte.

Les risques liés au rendement et le syndrome de la Reine de Cœur

La stabilité des rendements est importante pour tous les agriculteurs, mais c'est d'autant plus le cas pour les paysans dont l'agriculture est axée sur la subsistance et dont la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance sont vulnérables aux nuisibles, épidémies, sécheresses et autres stress. Les variétés améliorées peuvent stabiliser

les rendements. Une étude récente a conclu que la variabilité des rendements céréaliers, mesurée par le coefficient de variation entre les tendances des 40 dernières années, a diminué dans les pays en développement. Ce déclin est statistiquement associé à la propagation des variétés améliorées, même après vérification des données concernant l'irrigation et les autres intrants.¹⁸ Les bénéfices annuels d'une meilleure stabilité des rendements, pour le maïs et le blé seulement, sont estimés à environ 300 millions de dollars – plus que les dépenses annuelles en programmes de recherche pour la sélection de maïs et de blé dans le monde en développement.

La stabilité du rendement des variétés améliorées reflète largement les efforts de longue haleine consentis dans la sélection pour la résistance aux maladies et aux nuisibles. Même lorsque les variétés améliorées sont sélectionnées pour résister à une maladie, elles doivent être remplacées périodiquement pour assurer la protection contre les foyers de nouvelles races pathogènes. Sans investissements dans cette recherche de maintenance, les rendements diminueraient – une situation qu'illustre très bien la Reine de Cœur ; dans Alice au Pays des Merveilles ; lorsqu'elle dit : « Ici, vois-tu, tu dois courir tant que tu peux pour demeurer à la même place. »¹⁹ Entre un tiers et la moitié des investissements actuels de R&D dans la sélection végétale est consacrée à la maintenance, ce qui laisse peu de ressources aux recherches visant à accroître la productivité.²⁰

Investir de manière insuffisante dans la recherche de maintenance peut menacer les disponibilités alimentaires locales et, dans certains cas, avoir une incidence au niveau mondial. Prenons, par exemple, l'émergence récente et dramatique de l'agent pathogène Ug99, une nouvelle race de rouille (*Puccinia graminis tritici*) qui attaque le blé, la deuxième plus importante denrée alimentaire au monde. Cette rouille noire est catastrophique car elle peut causer des pertes quasi totales de récoltes sur de vastes zones. L'Ug99 est apparu pour la première fois en Ouganda en 1999 et s'est ensuite étendu aux zones de culture du blé du Kenya et de l'Éthiopie. En 2007, il a été

découvert au Yémen. Si l'on se base sur de précédentes expériences, l'on peut s'attendre à voir l'Ug99 être porté par le vent à travers le Moyen-Orient jusqu'aux zones de culture du blé d'Asie du Sud, voire jusqu'en Europe et en Amérique. Étant donné la faible base de résistance génétique à cette maladie dans les variétés de blé existantes, la propagation de l'Ug99 pourrait causer des pertes dévastatrices dans certains des greniers à céréales traditionnels du monde.²¹ La dernière épidémie majeure de rouille noire aux États-Unis, en 1953 et 1954, a causé une perte de rendement de 40 % équivalant à 3 milliards de dollars d'aujourd'hui.²² À travers un nouvel effort international, les phytogénéticiens et pathologistes devraient être capables d'éviter une épidémie mondiale en sélectionnant des génotypes résistants et en les plaçant dans les champs des agriculteurs.

Les agriculteurs qui utilisent les variétés traditionnelles sont également vulnérables à des épidémies aléatoires de maladies, comme lors de la dernière flambée de flétrissure bactérienne (flétrissure *Xanthomonas* de la banane) en Afrique orientale. La maladie menace les moyens de subsistance et la sécurité alimentaire de millions de personnes dépendant de la banane dans la région des Grands Lacs – une région qui se vante de détenir le record mondial de consommation de bananes par habitant.²³ En Ouganda, où les bananes sont un aliment de base, la perte nationale potentielle est estimée à 360 millions de dollars par an.²⁴ L'apparition d'une variété génétiquement modifiée résistante à la maladie constitue une percée mais sa mise en œuvre dépend de la mise en place par l'Ouganda de réglementations de biosécurité (voir thème E).²⁵ Ces crises récurrentes appellent à développer des stratégies appropriées de recherche de maintenance avec des efforts mondiaux de coordination, de surveillance et de financement.

Les progrès dans le développement de variétés résistantes à la sécheresse, à la chaleur, aux inondations et à la salinité ont, dans l'ensemble, été plus lents que pour la résistance à la maladie et aux nuisibles. Le Centre international d'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT), après plus de

30 années de recherche pour produire des variétés ou hybrides de maïs tolérant à la sécheresse, voit aujourd'hui apparaître les premiers résultats en Afrique orientale et australe. Évaluées par rapport aux hybrides existants, les nouveaux produisent un rendement supérieur, en moyenne, de 20 % en conditions de sécheresse.²⁶ De même, de l'évidence récente indique des gains significatifs de rendement dans la sélection du blé pour les environnements de sécheresse et de stress thermique.²⁷ De nouvelles variétés de riz qui résistent aux inondations ont également été identifiées.²⁸ En outre, ces avancées en matière de résistance à la sécheresse, à la chaleur et aux inondations sont particulièrement importantes en vue de l'adaptation aux changements climatiques.

Mais les grandes zones de culture vivrière, aujourd'hui, ne sont plantées que de relativement peu de variétés améliorées et l'uniformité génétique pourrait rendre les cultures vulnérables à des pertes majeures de rendement. Certaines données indiquent que cette uniformité génétique augmente les risques de perte de rendement, bien que, paradoxalement, elle puisse également produire des rendements plus élevés.²⁹ Au cours des dernières décennies, le monde a, dans une large mesure, tenté d'éviter les grands désastres liés à l'uniformité génétique, en partie grâce au renouvellement fréquent des variétés, qui apporte de nouvelles sources de résistance. Malgré cela, une conservation et une utilisation accrues des ressources génétiques sont nécessaires (cf. chapitre 11).

Au-delà des plantes cultivées : l'amélioration génétique du bétail et du poisson

Les avancées réalisées dans les domaines de la zoogénétique et de la génétique piscicole, combinées aux progrès en matière de santé et d'alimentation animales ont jeté les bases de la révolution de l'élevage dans les pays en développement (cf. chapitre 2). Des races améliorées de porcs et de volailles ont été adoptées par le biais de transferts privés directs en provenance des pays du Nord.³⁰ Ces gains sont sensibles en termes de productivité des animaux d'élevage. Sur la période 1980-2005, dans le monde en déve-

loppement, l'exploitation annuelle d'une bande de poulets d'un poids vif total de 1 000 kilos est passée de 1 290 kg à 1 990 kg, celle des porcs évoluant de 140 kg à 330 kg de poids vif.³¹

Le croisement de vaches laitières avec des races exotiques a amélioré les moyens de subsistance des petits paysans des zones tropicales à fort potentiel. Chaque année dans le monde en développement, environ 100 millions de bovins et de porcs sont produits au moyen de l'insémination artificielle.³² En partie grâce à cette dernière également, environ 1,8 million d'exploitants agricoles de petite échelle des hautes terres d'Afrique orientale tirent une part significative de leur subsistance des rendements plus élevés en lait qu'ils obtiennent des vaches laitières génétiquement modifiées.³³

De même, pour le poisson, le tilapia génétiquement modifié est en train de transformer l'aquaculture en l'un des secteurs qui croissent le plus rapidement dans l'agriculture asiatique. En 2003, des souches améliorées provenant d'un projet unique d'amélioration génétique des tilapias d'élevage (GIFT : genetic improvement of farmed tilapia) a été à l'origine de 68 % de la semence de tilapia produite aux Philippines, pour 46 % en Thaïlande et 17 % au Vietnam. Des coûts de production diminués par kilo de poisson, des taux élevés de survie, un poids moyen plus élevé par poisson et des rendements de 9 à 54 % plus élevés que pour les souches existantes expliquent l'assimilation rapide des souches issues du projet GIFT.³⁴

Néanmoins, l'amélioration génétique des animaux d'élevage n'a atteint qu'une faible proportion d'agriculteurs dans les pays en développement, en partie à cause des contraintes dans les systèmes de fourniture de ces technologies. Les services de sélection amélioratrice des animaux d'élevage de bon nombre de pays en développement sont toujours subventionnés, excluant de ce fait le secteur privé. Davantage de recherche pour réduire les coûts de ces technologies et plus de réformes politiques et institutionnelles, de manière à assurer une fourniture plus étendue et plus efficace, permettront au monde en développement de bénéficier pleinement de ces technologies prometteuses.

Une révolution biotechnologique en gestation ?

La biotechnologie agricole possède le potentiel pour exercer d'énormes impacts sur de multiples facettes de l'agriculture : la productivité des cultures et de l'élevage, la stabilité des rendements, la pérennité écologique ainsi que les aspects liés à la consommation, chers aux pauvres. Les biotechnologies de première génération incluent la culture de cellules végétales pour la micropropagation et la production de végétaux exempts de virus, des diagnostics moléculaires de maladies végétales et animales et la transplantation d'embryon pour les animaux d'élevage. Plutôt bon marché et facile à mettre en œuvre, ces technologies ont déjà été adoptées dans de nombreux pays en développement. Par exemple, des patates douces exemptes de maladies et issues de la culture de cellules ont été adoptées sur 500 000 hectares dans la province de Shandong, en Chine, et ont généré des augmentations de rendement de 30 à 40 %, ³⁵ alors que, pour le bétail, des tests de diagnostic basés sur des biotechnologies avancées ont aidé à éradiquer le virus de la peste bovine.

Les biotechnologies de seconde génération, basées sur la biologie moléculaire, utilisent la génomique pour fournir de l'information sur les gènes importante pour un trait particulier. Ceci permet le développement de marqueurs moléculaires qui aident à sélectionner les lignées améliorées dans la sélection conventionnelle (cette technique est d'ailleurs appelée « sélection assistée par marqueurs moléculaires »). De tels marqueurs accélèrent la sélection et ont débouché sur une variété de millet résistante au mildiou de l'épinard en Inde, des bovins résistants à la trypanosomatose en Afrique et du riz résistant au flétrissement bactérien aux Philippines. ³⁶ Comme les coûts de la sélection assistée par marqueurs moléculaires continuent de baisser, celle-ci est susceptible de devenir une composante standard de l'équipement du phytogénéticien et d'améliorer substantiellement l'efficacité de la sélection conventionnelle.

La plus controversée des biotechnologies améliorées sont les transgéniques, ou organismes génétiquement modifiés, communément appelés OGM (voir thème E).

ENCADRÉ 7.1 Les bénéfices du non travail du sol dans les systèmes riz-blé d'Asie du Sud

Les systèmes agricoles riz-blé, les garants de la sécurité alimentaire, sont en danger (chapitre 8). Des expériences à long terme montrent que les rendements stagnent et que la qualité des sols et de l'eau diminue. En réaction, le Consortium riz-blé pour les plaines de l'Indus et du Gange, en Asie du Sud – un réseau de scientifiques nationaux et internationaux, d'agents de vulgarisation, de constructeurs privés de matériel et d'organisations non gouvernementales (ONG) – a développé et promu le non travail du sol.

Bien que le non travail du sol fasse partie d'un système beaucoup plus vaste de gestion agricole, impliquant de nombreuses pratiques agricoles, l'une des pratiques clés du système promu par le consortium est le plantage du blé immédiatement après la récolte du riz, de sorte que les semis de blé germent en utilisant l'humidité résiduelle de la culture de riz précédente. Une caractéristique notable de cette approche est le fait de travailler avec les constructeurs de matériel locaux et les agriculteurs pour adapter les tranchées de plantation aux conditions locales.

Le non travail du sol accroît les rendements de blé grâce à un ensemencement opportun et réduit les coûts

de production jusqu'à 10 %. Il réduit l'utilisation d'eau d'environ 1 million de litres par hectare (une économie de 20 à 35 %). Il améliore la structure, la fertilité et les propriétés biologiques du sol et réduit l'incidence des mauvaises herbes et autres organismes nuisibles. Le non travail du sol enchaînant le riz et le blé est aujourd'hui la technologie de conservation des ressources la plus largement adoptée dans la plaine indo-gangétique, particulièrement en Inde, avec quelque 0,8 million d'hectares plantés en 2004 utilisant cette méthode. On estime qu'en Inde, la recherche sur le non travail du sol dans les systèmes riz-blé a eu un taux de retour de 57 % basé sur un investissement de 3,5 millions de dollars. ⁴⁰

Pour les travaux à venir, il faut tenir compte du fait que les femmes constituent plus de la moitié de la main-d'œuvre des systèmes riz-blé, particulièrement dans la gestion du bétail. Ceci a d'importantes implications pour la participation des femmes aux pratiques de sélection des semences et de gestion des fourrages pour le système.

Sources : Malik, Yadav & Singh, 2005; Paris, 2003.

La technologie transgénique est un outil de « sélection de précision », de transplantation d'un gène ou d'un ensemble de gènes de sorte à transposer des traits spécifiques au sein des espèces ou entre elles. Environ 9 millions de petits producteurs agricoles, principalement en Inde et en Chine, ont adopté le coton transgénique Bt pour sa résistance aux insectes. Il a déjà réduit les pertes de rendement dues aux insectes, augmenté les profits des agriculteurs et sensiblement réduit l'utilisation de pesticides en Inde et en Chine. La technologie transgénique reste controversée, toutefois, à cause de risques perçus et potentiels pour l'environnement et la santé.

De grands espoirs sont donc fondés sur la biotechnologie, mais les investissements actuels, guidés par des intérêts commerciaux, sont largement concentrés dans le secteur privé et n'ont pas pour objectif de satisfaire aux besoins des pauvres. C'est pourquoi il est urgent d'augmenter les investissements publics dans les cultu-

ENCADRÉ 7.2 *Légumineuses et fertilité du sol*

La faible fertilité de nombreux sols africains et le faible niveau d'utilisation d'engrais minéraux ont augmenté l'intérêt des agriculteurs pour les systèmes agroforestiers de renouvellement de la fertilité du sol. Les méthodes principales sont la jachère rotative et la culture intercalaire permanente d'arbres fixateurs d'azote. Ces systèmes se sont répandus principalement dans la région subhumide d'Afrique méridionale, où ils ont plus que doublé les rendements de maïs et augmenté les retours nets sur la terre et la main-d'œuvre. En Zambie, les bénéficiaires financiers des quelque 80 000 fermiers pratiquant la jachère améliorée ont

presque atteint 2 millions de dollars pour 2005-06. Les technologies fonctionnent souvent mieux lorsqu'elles sont combinées à des doses adéquates d'engrais minéral.

Pour les 12 millions de planteurs de maïs de petite échelle d'Afrique orientale et méridionale, les jachères rotatives et les cultures intercalaires permanentes offrent de considérables opportunités à long terme de gestion intégrée de la fertilité des sols, gardant les sols africains fertiles et sains.

Source: Conseil scientifique du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR), 2006a.

res et les aspects ayant trait à la pauvreté, aux niveaux national et international, et d'augmenter la capacité à évaluer les risques et à réglementer ces technologies de sorte qu'elles soient rentables et gagnent la confiance de l'opinion publique. Les bénéfices potentiels de ces technologies pour les populations pauvres ne pourront être exploités si la communauté du développement international n'augmente pas fortement son appui aux pays intéressés (voir thème E).

Les technologies de gestion et de systèmes doivent compléter l'amélioration génétique

Une bonne part de la R&D se focalise sur la gestion des cultures, des troupeaux et des systèmes de ressources naturelles. Le CGIAR investit environ 35 % de ses ressources dans les systèmes de production durables, deux fois plus que les 18 % qu'il investit dans l'amélioration génétique.³⁷ Nombre de ces travaux ont préconisé une gestion des sols et des ressources en eaux et des approches agro-écologiques exploitant des processus biologiques et écologiques afin de réduire l'utilisation des facteurs de production non renouvelables, en particulier les produits chimiques agricoles.³⁸ Parmi les exemples figurent les pratiques aratoires antiérosives, l'amélioration des jachères, les cultures d'enfouissement, la conservation des sols et la lutte contre les

nuisibles utilisant la biodiversité et la lutte biologique plutôt que les pesticides.

Le non travail du sol

Les pratiques de conservation du sol (dont l'une est le « non travail du sol »), qui minimisent ou éliminent le labour et maintiennent les résidus de culture en tant que manteau végétal, constituent l'une des révolutions technologiques les plus remarquables dans la gestion des cultures. Elles présentent de nombreux avantages par rapport au travail du sol classique : l'augmentation de la rentabilité du fait d'économies de main-d'œuvre et d'énergie, la conservation du sol, l'augmentation de la tolérance à la sécheresse et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, elles rendent la lutte contre les mauvaises herbes, les nuisibles et les maladies plus complexe et requièrent habituellement un certain usage d'herbicides.

En Amérique latine (principalement en Argentine et au Brésil), le non travail du sol est utilisé sur plus de 40 millions d'hectares (environ 43 % des terres arables).³⁹ A l'origine adoptée par de grands et moyens agriculteurs, cette pratique s'est étendue aux petits producteurs du sud du Brésil. Des réseaux de chercheurs, fournisseurs d'intrants, producteurs de produits chimiques et agriculteurs ont utilisé la recherche participative et des interactions recherche participative et des interactions formelles et informelles pour intégrer divers composants de la technologie (systèmes de rotation, semences, produits chimiques et matériel) et les adapter aux conditions locales. Selon des estimations, l'approche a également été utilisée par environ 100 000 petits producteurs dans les dix dernières années au Ghana.⁴¹ Elle a également été rapidement adoptée dans les systèmes de culture irriguée de blé et de riz dans la plaine indogangétique (cf. encadré 7.1).

Les légumineuses et la fertilité des sols

Une autre technologie économe en intrants et en ressources est l'introduction ou l'amélioration des légumineuses dans les systèmes agricoles en vue de fournir de multiples bénéfices, dont le plus notable est

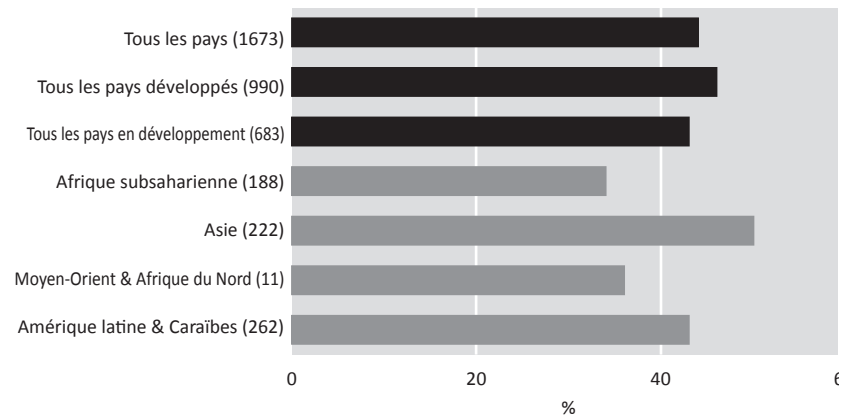
la fixation biologique de l'azote, qui réduit les besoins en engrais chimiques (surtout lorsque la légumineuse est inoculée par le fixateur d'azotes *Rhizobium*). Une part importante des gains de rendement dans la production australienne de céréales durant les 60 dernières années provient de systèmes de rotation incluant des légumineuses.⁴² Dans le sud de l'Afrique, les arbres « de fertilisation » à croissance rapide comme le *Glincidia*, le *Sesbania* et le *Tephrosia* ont amélioré la fertilité, la matière organique du sol, l'infiltration de l'eau et la capacité de retenue. Parmi d'autres avantages, figurent la réduction de l'érosion du sol et la production de bois de chauffage et de fourrage pour les animaux d'élevage (cf. encadré 7.2).⁴³ Toutefois, il n'est pas possible d'appliquer ces technologies dans toutes les régions et la recherche visant à les adapter aux systèmes agricoles déterminés par la nature des sols, la demande pressante de terres et la disponibilité de la main-d'œuvre (différenciée entre hommes et femmes) doit constituer une priorité en vue de parer à l'appauvrissement préoccupant des éléments nutritifs du sol en Afrique subsaharienne.

La gestion des organismes nuisibles

A l'autre extrémité du spectre, la recherche qui réduit l'utilisation de dangereux pesticides peut produire des bénéfices à tous les niveaux dans les systèmes intensifs, tant pour la rentabilité que pour l'environnement et la santé humaine. La gestion intégrée des organismes nuisibles utilise une combinaison de pratiques, en particulier une information optimisée sur les populations de ravageurs et de prédateurs pour estimer les pertes qu'elles sont susceptibles de causer et ajuster les doses de pesticides en conséquence. En dépit d'exemples notables de gestion intégrée des nuisibles, l'adoption de cette technologie est souvent limitée à cause de sa complexité (cf. chapitre 8).

Toutefois, la lutte biologique contre les organismes nuisibles peut parfois avoir des impacts spectaculaires tout en ne requérant aucune action de la part des agriculteurs. L'un des cas les mieux documentés est la lutte contre le pseudococcide du manioc en Afrique subsaharienne, qui a été accidentel-

Figure 7.2 Les retours estimés sur la R&D agricole sont élevés dans toutes les régions (en moyenne 43 %)



Source : Alston *et al.*, 2000.

a. Basé sur des études menées entre 1953 et 1997. Nombre d'observations entre parenthèses.

lement introduit dans les années 1970 par du matériel végétal provenant d'Amérique latine et a occasionné des pertes économiques importantes.⁴⁴ L'Institut international d'agriculture tropicale a réagi à la crise par la sélection, la reproduction et la distribution dans 20 pays d'une guêpe parasitoïde qui est l'ennemi naturel du pseudococcide. La lutte biologique au moyen de cette guêpe a été si efficace que le pseudococcide est à présent en grande partie sous contrôle. Même en si l'on s'en tient aux conclusions les plus prudentes, il est indéniable que le retour sur cet investissement dans la recherche a été extrêmement élevé, la valeur actualisée nette étant estimée à 9 milliards de dollars).⁴⁵

Combinaisons

Le plus grand impact sur la productivité est obtenu par le biais d'approches écologiques de la production qui combinent des variétés améliorées et plusieurs technologies de gestion, l'intégration culture-élevage et les technologies mécaniques afin de tirer parti de leurs effets synergiques.⁴⁶ Au Ghana, par exemple, la culture sans labour est combinée à des jachères améliorées à base de légumineuses et à des variétés de maïs.⁴⁷ En Afrique orientale, une gestion intégrée des ravageurs a été développée en plantant du *Desmodium* (une plante légumineuse fixatrice d'azote qui peut être utilisée en tant que fourrage pour le bétail) entre les

ENCADRÉ 7.3 Des DPI renforcés dans les pays en développement : effets sur les petits agriculteurs

En vertu de l'Accord de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) sur les Aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce, les pays membres sont tenus de faire respecter les DPI, y compris ceux qui concernent les variétés de plantes et les inventions biotechnologiques. Le type de DPI le plus commun est la protection des obtentions végétales. Une poignée de pays en développement confèrent la protection par brevet.

De nombreux pays en développement ont choisi de suivre le modèle développé en 1978 par les pays industrialisés, la Convention pour la protection des obtentions végétales – dont l'organisme d'implémentation, l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV), a harmonisé les conditions et normes de protections des nouvelles variétés, tout en donnant aux agriculteurs le droit de conserver et d'échanger des semences. D'autres pays (par exemple, l'Inde et la Thaïlande) reconnaissent explicitement les droits des fermiers à conserver et échanger les semences (dérivés du traité internationale de 2004 de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO]) et de partager les bénéfices émanant de l'utilisation des ressources génétiques des agriculteurs et des connaissances indigènes (basé sur la Convention sur la biodiversité de 1993).

Les accords bilatéraux Nord-Sud et régionaux font souvent pression sur les pays en

développement pour qu'ils renforcent la protection – comme celle basée sur la Convention de l'UPOV de 1991, qui rend la vente et l'échange de semences de variétés protégées illégaux.

Peu d'impacts à ce jour

Une récente étude des impacts d'un renforcement des DPI sur l'industrie des semences en Chine, en Colombie, en Inde, au Kenya et en Ouganda a conclu à des effets relativement faibles à ce jour, principalement parce que les DPI sont toujours en cours de développement dans la plupart des pays. Si les restrictions sur l'échange des semences stockées par les fermiers semblent être un obstacle important pour les petits producteurs, il n'existe pas d'indications que ces règles sont bien entrées en vigueur. En effet, il n'est généralement pas efficace en termes de coûts d'appliquer de telles règles aux cultures de denrées alimentaires de base des petits agriculteurs. Aussi, les avantages potentiels des DPI ne doivent pas être exagérés dans la plupart des pays en développement. Par rapport à des questions plus larges de climat de l'investissement, les DPI ne semblent pas cruciaux pour le développement initial du secteur privé des semences, mais ils pourraient aider à soutenir une industrie commerciale en maturation.

Comment les pays pourraient faire davantage

Toutefois, les pays pourraient faire davantage pour adapter la législation sur les DPI à leurs besoins, dans le cadre des lignes directrices des traités internationaux. Par exemple, un pays pourrait fournir une forte protection aux cultures commerciales en tant qu'incitation à l'investissement privé, tout en excluant ou limitant toute protection des cultures vivrières de base importantes aux agriculteurs de subsistance, pour qui la conservation et l'échange de semences font partie intégrante des pratiques agricoles.

Seuls quelques pays en développement ayant d'importants secteurs commerciaux, ou un fort potentiel privé de R&D biotechnologique, devraient considérer l'adoption de solides DPI, tels que ceux préconisés par l'UPOV en 1991 et des brevets. La protection des obtentions végétales doit également s'adapter à d'autres systèmes de réglementation, comme des lois de certification des semences, des lois sur la biosécurité et d'autres DPI tels que les marques déposées et les secrets industriels. À toutes fins utiles, un net renforcement de la capacité du secteur public, des firmes privées et des agriculteurs est nécessaire à l'élaboration et la mise en œuvre de systèmes de DPI crédibles et rentables répondant aux besoins d'un pays.

Sources : Oxfam International, 2007b ; Tripp, Louwaars & Eaton, 2007 ; Banque mondiale 2006k.

Tableau 7.1 Dépenses publiques totales dans la R&D agricole par région, 1981 et 2000

	Dépenses publiques pour la R&D agricole		Dépenses R&D en tant que part du PIB agricole	
	1981	2000	1981	2000
million de \$ int. de 2000				
Afrique subsaharienne	1 196	1 461	0,84	0,72
Asie & Pacifique	3 047	7 523	0,36	0,41
Chine	1 049	3 150	0,41	0,40
Inde	533	1 858	0,18	0,34
Asie de l'Ouest & Afrique du Nord	764	1 382	0,61	0,66
Amérique latine & Caraïbes	1 897	2 454	0,88	1,15
Brésil	690	1 020	1,15	1,81
Pays en développement	6 904	12 819	0,52	0,53
Japon	1 832	1 658	1,45	3,62
États-Unis	2 533	3 828	1,31	2,65
Pays développés	8 293	10 191	1,41	2,36
Total	15 197	23 010	0,79	0,80

Sources : base de données *Agricultural Science and Technology Indicators*, <http://www.asti.cgiar.org> ; Pardey *et al.*, 2007.

Note : Ces estimations excluent l'Europe occidentale et les pays de l'ex-Union soviétique car les données ne sont pas disponibles.

plants de maïs pour supprimer la striga, une mauvaise herbe parasite particulièrement nocive.⁴⁸ Une approche intégrée similaire impliquant des variétés améliorées, une

fixation biologique de l'azote, des cultures de couverture et des machines adaptées au semis direct s'est avérée vitale pour la compétitivité mondiale des sojas brésiliens.⁴⁹ En

outre, au vu de l'importance croissante des chaînes de valeur, ces technologies doivent souvent intégrer la qualité des produits et la transformation agricole.

Le besoin de technologies plus adaptées

Bien que la R&D possède un énorme potentiel de production et de gestion des ressources, les succès ont été mitigés, à l'exception de la culture sans labour. Il existe toujours un besoin criant de technologies adaptées pour la conservation et l'usage efficace des ressources en eau, la lutte contre l'érosion et la restauration de la fertilité des sols pour les petits producteurs des zones défavorisées. Toute-

fois, des technologies aussi complexes sont souvent intensives en main-d'œuvre ou en terres peuvent s'avérer peu attrayantes pour les agriculteurs dans les régions où les coûts de main-d'œuvre sont élevés, où la terre est rare et où les taux d'escompte sur les retours futurs sont très élevés ou les retours risqués. Ces préoccupations sont particulièrement importantes pour les agricultrices qui n'ont qu'un faible accès aux actifs et aux services et qui ont recours à des formes spécifiques d'utilisation saisonnière de la main-d'œuvre. Bien que les technologies soient destinées aux agriculteurs pauvres, l'expérience montre que les niveaux d'adoption sont plus élevés parmi les agriculteurs plus riches.⁵⁰

ENCADRÉ 7.4 Le défi de la R&D agricole en Afrique subsaharienne

Outre les dépenses stagnantes en R&D, l'Afrique subsaharienne est confrontée à des défis spécifiques qui rendent urgente une augmentation des dépenses en R&D et vulgarisation agricoles et dans les services associés :

- Le potentiel à exploiter les retombées technologiques extérieures à la région est plus faible en Afrique subsaharienne que dans les autres régions, d'une part, à cause de la plus grande diversité des cultures subsahariennes, dont de nombreuses cultures orphelines, pour lesquelles il existe peu de R&D publique ou privée à l'échelon mondial (par exemple, le manioc, l'igname, le millet, le plantain et le tef) et, d'autre part, à cause de la « distance agroécologique ». Utilisant un indice de distance agroécologique – un indice zéro représentant l'absence de potentiel de retombées en provenance des pays à haut revenu, où l'essentiel de la R&D est menée, et 1 pour un potentiel de retombées parfait –, Pardey et alii (2007) estiment que l'indice moyen des pays africains est de 0,05, contre 0,27 pour l'ensemble des pays en développement. Les technologies importées des autres continents ne fonctionnent donc pas souvent.
- Il existe une hétérogénéité considérable au sein du continent africain due aux systèmes de production pluviaux, qui réduisent le potentiel de retombées entre les pays de la région.
- En raison de la petite taille des pays, les systèmes de recherche agricole d'Afrique subsaharienne sont fragmentés en presque 400 organismes de recherche différents, presque 4 fois le nombre d'organismes en Inde et 8 fois celui des Etats-Unis (voir tableau ci-dessous). Cela empêche de réaliser des économies d'échelle dans la recherche.
- Le financement par scientifique est particulièrement bas dans la région. Avec environ 50 % de scientifiques en plus qu'en Inde et environ un tiers de plus qu'au Etats-Unis, l'ensemble de l'Afrique subsaharienne dépense moitié moins que l'Inde et quatre fois moins que les Etats-Unis. Seuls un quart des scientifiques africains sont titulaires d'un doctorat, contre la (quasi) totalité des scientifiques en Inde et aux Etats-Unis.
- En Afrique subsaharienne, des défis agricoles complexes requièrent une combinaison d'améliorations génétiques en matière de lutte contre les nuisibles, les maladies et la sécheresse, d'améliorations dans la gestion des sols et de l'eau et de technologies économiques en main-d'œuvre dans les zones à faible densité de population ou à forte prévalence du VIH/sida.

Ces problèmes sont surmontables. Premièrement, l'Australie, un autre (quasi) continent aride et technologiquement éloigné des autres régions, a l'une des plus fortes intensités d'investissement public en R&D dans le monde (plus de 4 % du PIB agricole) ; son agriculture est productive et compétitive. Deuxièmement, les retombées peuvent être mieux ciblées au niveau mondial. Par exemple, les pays de hautes terres d'Afrique orientale, comme l'Éthiopie et le Kenya, ont des assortiments de produits et des conditions agroécologiques similaires à ceux du Mexique. Troisièmement, l'émergence, en Afrique, d'organisations régionales de recherche devrait aider à réaliser des économies d'échelle et d'envergure.

Comparaison des systèmes de recherche d'Afrique subsaharienne, d'Inde et des États-Unis aux environs de 2000

	Afrique subsaharienne	Inde	États-Unis
Terres de culture arables et permanentes (millions d'hectares)	147	160	175
Nombre d'organismes publics de recherche agricole	390	120	51
Nombre de scientifiques équivalents plein temps	12 224	8 100	9 368
Pourcentage de scientifique titulaires d'un doctorat	25	63	100
Dépense publique annuelle en R&D agricole (millions de \$ int. de 1999)	1 085	1 860	3 465
Dépense par scientifique (milliers de \$ int. de 1999)	89	230	370

Sources : FAO, 2006a. Pal & Byerlee, 2006 ; Pardey et al. 2007.

Les technologies de gestion et des systèmes peuvent exiger un appui institutionnel considérable pour être adoptées de manière généralisée (cf. chapitre 8). Nombre d'entre elles impliquent une interaction entre plusieurs acteurs – telle qu'une action collective entre exploitants agricoles voisins – ainsi que de l'assistance technique, de la formation et un partage de connaissance, comme dans le cas de la culture dans labour au Brésil. En outre, de nombreuses technologies ont des impacts positifs sur l'environnement qui ne sont pas repris dans les bénéfices privés des agriculteurs qui adoptent les technologies et qui pourraient faire l'objet d'une rémunération pour services environnementaux, de sorte à encourager l'adoption (cf. chapitre 8).

La nature globale des approches gestionnelle et agro-écologique affecte également la manière dont la R&D est exécutée. En raison du caractère strictement localisé de ces technologies, la participation de l'agriculteur et de la collectivité aux activités de R&D est indispensable pour obtenir de réels succès. Ce caractère localisé réduit également les possibilités de partage des technologies entre régions – donc, malgré

un investissement substantiel du CGIAR, les signes d'impacts sont limités.⁵¹

Pour ces raisons, la mise à l'échelle des technologies de gestion et des systèmes ne sera pas chose aisée. Les réseaux rassemblant des scientifiques, agriculteurs, firmes privées et ONG mettent du temps à se développer et à devenir opérationnels. Ils mettent également du temps à développer la « littératie écologique » nécessaire à l'application fructueuse de ces technologies (cf. chapitre 8). Néanmoins, les avancées dans les systèmes d'information géographique et la téléobservation par satellite ouvrent de nouvelles voies vers la synthétisation d'ensembles de données spatiales complexes et diverses et créent de nouvelles opportunités de collaboration entre scientifiques, décideurs politiques et agriculteurs.

Investir davantage dans la R&D agricole

Les améliorations en matière de productivité agricole ont été étroitement liées aux investissements dans la R&D agricole (cf. chapitre 2).⁵² Des estimations publiées d'environ 700 taux de rendement d'investissements dans la R&D et la vulgarisation dans le monde en développement font état d'une moyenne de 43 % par an.⁵³ Les rendements sont élevés dans toutes les régions, y compris l'Afrique subsaharienne (cf. figure 7.2). Même en tenant compte des éventuels biais de sélection et d'autres questions méthodologiques,⁵⁴ il ne fait aucun doute qu'investir dans la R&D agricole peut déboucher sur un succès retentissant. Par ailleurs, les gains élevés par rapport au coût du capital indiquent également que la science agronomique est exagérément sous-financée

Pourquoi la R&D agricole est sous-financée

L'investissement public est particulièrement important pour financer la R&D agricole dans les régions sujettes à des échecs de marchés, du fait des difficultés d'imputation des bénéfices. Les semences de nombreuses variétés améliorées peuvent être réutilisées par les agriculteurs et vendues ou partagées avec des agriculteurs voisins (non exclusivité). L'information relative aux pratiques de gestion améliorées peut être librement

ENCADRÉ 7.5 La création de capacité à long terme au Ghana

Le Projet de développement de graines, au Ghana, est l'un des rares succès africains de soutien à long terme des donateurs pour renforcer la recherche et la vulgarisation nationales pour la production alimentaire. Le Ghana est également l'un des cinq pays qui présentent des augmentations soutenues de la production alimentaire par habitant. Le projet s'est prioritairement concentré sur l'accroissement de la production de maïs et de haricots à œil noir au moyen de variétés et de pratiques de gestion bien adaptées pour chacune des zones agroécologiques du Ghana. Une caractéristique particulière du projet fut la formation de niveau post-universitaire dispensée à une cinquantaine de scientifiques, dont la quasi-totalité sont revenus sur le projet.

La production annuelle de maïs, de 380 000 tonnes au démarrage du projet en 1979, a grimpé à plus de 1 million de tonnes à la fin du projet, en 1998. Les rendements de maïs ont augmenté de 40 %, passant de 1,1 à 1,5 tonne par hectare.

La démarche ascendante du projet a intégré les agriculteurs à toutes les étapes de la recherche et comprenait une évaluation socio-économique de la technologie. Assistés par des programmes de vulgarisation à grande échelle soutenus par l'ONG Sasakawa Global 2000, plus de la moitié des planteurs de maïs ghanéens avait adopté les variétés, engrais et méthodes de plantage améliorés en 1998. Mais après la suppression des subventions aux engrais, l'utilisation d'engrais plongea à 25 %, mettant en péril la durabilité de l'approche. L'adoption par les agricultrices (39 %) fut significativement inférieure à celle des hommes (59 %), reflétant une différence d'accès aux actifs et aux services, en particulier à la vulgarisation

Sources: Agence canadienne de développement international, communication personnelle, 2006; Morris, Tripp & Danky, 1999.

échangée (non concurrence). Les droits de propriété intellectuelle (DPI) ont partiellement remédié à ces échecs de marché dans les pays industrialisés mais peu de technologies ayant une grande importance pour les agriculteurs pauvres peuvent être protégées efficacement par les DPI (*cf.* encadrée 7.3). Une exception notable est l'investissement privé dans les semences hybrides pour quelques cultures dont la propriété intellectuelle peut être protégée par des secrets commerciaux. Les agriculteurs doivent fréquemment acquérir des semences hybrides pour maintenir l'avantage qu'elles fournissent en termes de rendement. Ce mécanisme fournit un marché permanent aux entreprises produisant les semences.

Les bons élèves et les autres. Pour ces raisons, l'investissement privé dans la R&D des pays en développement a été très limité – 94 % de la R&D agricole du monde en développement est conduite par le secteur public.⁵⁵ Cependant, la croissance des dépenses publiques en R&D, après l'augmentation rapide des années 1960 et 1970, a nettement diminué dans la plupart des régions au cours de la dernière décennie, causant des disparités au point de vue des connaissances entre pays pauvre et pays riches et, au sein du monde en développement, entre une poignée de « bons élèves » et la majorité des autres.

En 2000, les pays en développement ont investi en moyenne 0,56 % de leur produit intérieur brut (PIB) agricole en R&D agricole (ce pourcentage comprend les contributions des bailleurs de fonds), seulement un neuvième environ des 5,16 % investis par les pays développés. Cette disparité s'explique en partie par le fait que l'investissement du secteur privé, s'il dépasse tout juste la moitié des dépenses de R&D dans les pays développés, ne s'élève qu'à 6 % dans le monde en développement. Malgré tout, l'investissement public (par rapport au PIB agricole) est cinq fois plus élevé dans les pays industrialisés (*cf.* tableau 7.1)

Quelques pays en développement, principalement la Chine, l'Inde et, dans une moindre mesure, le Brésil, ont rapidement augmenté leurs dépenses en R&D agricole au cours des 20 dernières années. Leur contri-

bution à l'investissement public général des pays en développement est passée d'un tiers en 1981 à presque la moitié en 2000. Si l'on inclut les dépenses en science et technologie tous secteurs confondus, ces trois pays sont responsables de 63 % du total des investissements, ce qui a son importance, étant donné qu'une part croissante de la R&D agricole est opérée par des organisations de sciences et technologie générales.⁵⁶ Le secteur privé renforce également sa présence dans ces pays, où les marchés d'intrants agricoles en expansion fournissent des incitations à l'investissement.

Entre-temps, le montant de l'investissement en R&D dans de nombreux pays à vocation agricole est en chute libre. Dans les années 1990, en Afrique subsaharienne, les dépenses publiques en R&D ont baissé dans presque la moitié des 27 pays pour lesquels des données sont disponibles et la part de PIB agricole investie en R&D a diminué, en moyenne, pour la région entière.⁵⁷

Politique, prix et retombées. Pourquoi ce sous-investissement en R&D se poursuit-il malgré les taux élevés de retours, qui sont, en outre, bien documentés ? Il existe trois raisons principales à ce phénomène. Premièrement, l'économie politique des décisions de dépense publique a tendance à mettre l'accent sur les gains à court terme et les subventions « politiquement visibles » (*cf.* chapitre 4), alors que les investissements en R&D produisent des effets à long terme (10 ans ou plus) et sont risqués. En outre, dans les pays à vocation agricole, le pouvoir politique des agriculteurs est, dans tous les cas, faible (*cf.* chapitre 1). Deuxièmement, les distorsions commerciales et les politiques nationales qui réduisent les incitations aux agriculteurs dans les pays en développement constituent également une désincitation à l'investissement tant public que privé en R&D (*cf.* chapitre 4).⁵⁸

Troisièmement, puisque les découvertes de la R&D publique ont également des retombées pour les autres pays, pourquoi les petits pays dépenseraient-ils leurs maigres ressources dans la recherche agronomique ? De nombreuses nations restent inactives tout en profitant des efforts de quelques autres. Les centres internatio-

Tableau 7.2 Actifs des secteurs public et privé dans la recherche agrobiotechnologique

Institution/firme	Actifs scientifiques et de connaissance	Autres actifs
Entreprises multinationales de recherche (secteur des sciences de la vie)	Gènes, construction de gènes, outils, ressources en informations connexes Capacité de recherche biotechnologique	Accès aux marchés et réseaux de commercialisation internationaux Accès aux marchés de capitaux internationaux Compétences en DPI
Centres de recherche agricole internationale (CGIAR)	Collections de matériel génétique et ressources informationnelles Programmes d'amélioration conventionnels et infrastructure Capacité de recherche appliquée/adaptative	Accès aux réseaux de recherche régionaux/mondiaux Accès aux financements bilatéraux/multilatéraux des donateurs Intégrité réputationnelle généralement forte
Instituts nationaux de recherche agricole dans les pays de taille moyenne	Connaissance et matériels locaux/internationaux Programmes d'amélioration conventionnels et infrastructure Capacité de recherche appliquée/adaptative	Programmes de provision et de dissémination de semences et infrastructure Intégrité réputationnelle généralement forte
Local firms	Connaissance et matériels locaux/internationaux Capacité de recherche appliquée/adaptative	Infrastructure de distribution et de commercialisation de semences

Source: adapté de Byerlee & Fischer (2002) et de Spielman & von Gribmer (2004).

Note: For simplicity, advanced research institutes and other players in the global research system are excluded from this table.

ENCADRÉ 7.6 Des options sur les DPI pour permettre l'accès à la science moderne par les pauvres

La part croissante des outils et technologies protégées par la propriété intellectuelle dans les pays en développement – tant par le secteur public que par le secteur privé – pose un défi majeur quant à leur exploitation au bénéfice des populations pauvres.

Pour de nombreux pays, le fait qu'un gène ou matériel soit protégé dans les pays riches ne constitue pas un problème, du fait que les DPI ne sont valables que dans les pays délivrant le brevet ou la protection d'obtention végétale (à moins qu'un produit dérivé du gène ou matériel ne soit exporté vers un pays appliquant le DPI). Comme de nombreux petits pays ne sont pas des marchés commerciaux attractifs pour les compagnies privées, peu de brevets ont été délivrés dans des pays. Les pays peuvent décider unilatéralement d'utiliser un gène ou matériel particulier s'ils peuvent l'obtenir physiquement (en se procurant une semence contenant le gène désiré).

La protection par brevet est plus commune dans les pays en rapide émergence et de grande taille. Pour tous les pays, l'accès opportun aux nouveaux outils et technologies, ainsi que la connaissance tacite requise pour les utiliser efficacement, augmentent la valeur d'un accord formel visant à obtenir cet accès.

Certaines approches innovatrices, en vue d'acquiescer la science propriétaire – ou, au moins, de réduire les coûts de transaction ce faisant –, au bénéfice des petits agriculteurs du monde en développement, incluent les aspects suivants.

- *La segmentation du marché et les licences humanitaires* attestent que de nombreuses technologies pourraient s'avérer

bénéfiques aux agriculteurs pauvres dont le marché n'est pas attractif pour les firmes privées. Le riz doré à forte teneur en vitamine A est un exemple : les brevets ont été négociés en vue d'un usage humanitaire par les fermiers du monde en développement dont les revenus sont inférieurs à 10 000 \$ par an.

- *Public Intellectual Property Resource for Agriculture* est un consortium d'organisations publiques de R&D qui encourage le partage de la propriété intellectuelle dans le secteur public et fournit des licences pour usage humanitaire dans le monde en développement.
- *Biological Information for Open Society* stimule le développement collaboratif en « open source » de technologies clés, telles que les outils de transformation génétique, qui seront librement mise à disposition des pays en développement.
- *African Agricultural Technology Foundation* négocie l'acquisition de propriété intellectuelle pour les petits agriculteurs africains, au cas par cas et sur une base humanitaire.

La fondation a organisé le partenariat entre CIMMYT, l'Institut de recherche agricole du Kenya, BASF (un producteur privé de produits chimiques), le Forum for Organic Resource Management and Agricultural Technologies, des fabricants de semences et des ONG pour mettre à disposition des petits agriculteurs kenyans l'herbicide luttant contre le striga.

Sources : African Agricultural Technology Foundation (AATF), 2004 ; Wright & Pardey, 2006.

naux de recherche agricole du CGIAR ont été créés précisément pour exploiter les retombées dans de nombreux domaines de la technologie.⁵⁹ Plus de la moitié des bénéfices engendrés par la R&D sont générés par ce type de retombées.⁶⁰

Cela dit, s'appuyer, à l'avenir, sur ces retombées pour accroître la productivité présente des risques.⁶¹ La privatisation de la R&D restreint l'accès aux techniques brevetées et le partage de la connaissance scientifique (voir ci-dessous). En outre, les sources traditionnelles de retombées pour la croissance de la productivité – les systèmes publics de R&D des pays développés et le CGIAR – ont déplacé les priorités de la recherche visant à l'accroissement de la productivité vers celle qui est consacrée à l'environnement et à la qualité et la salubrité des aliments.⁶² Dans certaines régions, particulièrement en Afrique subsaharienne, le potentiel de capture des retombées est plus faible, à cause de la relative unicité de leurs conditions agroclimatiques et de leurs cultures (cf. encadré 7.4).

Moyens d'augmenter l'investissement en R&D

L'augmentation des financements publics de la R&D exigera un appui politique plus grand à l'agriculture, surtout pour financer les biens publics. Former des coalitions de producteurs et d'entreprises de transformation autour de produits ou chaînes de valeur spécifiques pourrait être le meilleur

moyen de faire pression pour l'obtention de fonds publics plus importants et, pour les producteurs et entreprises de transformation, de cofinancer la R&D. En outre, des réformes institutionnelles – abordées dans le chapitre suivant – seront nécessaires pour rendre l'investissement dans les organisations publiques de R&D plus attractif et plus efficace.

Un autre moyen d'augmenter l'investissement est de lever les barrières à l'investissement privé en R&D. L'un de ces obstacles est le mauvais climat de l'investissement pour les investisseurs privés en général (voir thème D). Une deuxième contrainte est la faible demande des petits producteurs en technologies améliorées, à cause des risques, des contraintes de crédit et du mauvais accès à l'information. Une troisième barrière tient du fait que les systèmes et technologies de production dans une grande partie du monde en développement rendent difficile l'application des DPI. D'autres entraves sont les restrictions sur les importations de technologies par le secteur privé et les importantes barrières légales au lancement de nouvelles technologies, comme les variétés développées par ce même secteur.⁶³

Plus pourrait être fait pour stimuler l'investissement privé dans la R&D, en améliorant le contexte de l'innovation privée – par exemple par la mise en œuvre de DPI plus solides sur les inventions ayant trait aux cultures commerciales (voir encadré 7.3) et un abaissement des obstacles à l'importation et au testage des technologies. Une autre approche est de rendre le financement public de la R&D contestable et de l'ouvrir aux firmes privées pour l'exécution de la recherche, sur la base d'un cofinancement privé. Le financement concurrentiel est entré dans les mœurs, particulièrement en Amérique latine, et certains fonds ont pour objectif spécifique de financer l'innovation privée (comme ce fut par exemple le cas pour FONTEC, au Chili). Une autre approche, encore, serait d'établir un prix ou « fond de rachat » pour récompenser les développeurs de technologies spécifiques, telles que les variétés résistantes à une maladie particulière.⁶⁴ Par le passé, les prix étaient utilisés pour promouvoir des inventions telles que,

par exemple, un moyen efficace de mesure la longévité.⁶⁵ La récompense pourrait être liée aux bénéfices économiques réellement générés par l'invention.⁶⁶

Des remaniements institutionnels pour accroître le rendement et l'efficacité des systèmes de R&D

Bien que les organisations de recherche publique soient prédominantes dans la plupart des pays en développement, leur rendement et leur efficacité, dans un monde en perpétuelle évolution, sont remises en cause. Les réformes institutionnelles de la R&D publique ont été abordées dans le Rapport sur le développement dans le monde 2002. Ces réformes incluent la création d'organes autonomes et adéquatement réglementés ou d'entreprises publiques, comme EMBRAPA (la société publique brésilienne de recherche agricole), l'amélioration de leur efficacité dans l'évaluation et la réponse aux demandes des agriculteurs et l'augmentation du degré de contestabilité du financement par la mise en œuvre de mécanismes de financement concurrentiel. Pour réussir, ces réformes doivent être accompagnées d'un engagement à long terme pour construire la capacité (encadré 7.5), stratégie qui s'est avérée payante dans les systèmes de recher-

ENCADRÉ 7.7 *Les fermiers mexicains mènent la recherche grâce aux fondations PRODUCE*

Les fondations PRODUCE,⁷³ des ONG dirigées par des agriculteurs, furent créées au Mexique en 1996 pour lever de nouveaux financements pour les instituts nationaux de recherche agricoles, à court d'argent, et donner aux producteurs un rôle dans le financement et l'orientation de la R&D agricole. Les fondations aident à fixer les priorités et à approuver et cofinancer des projets de recherche dans chaque état. En 1998, les 32 fondations (une par état) ont créé un bureau national de coordination pour les aider à devenir des acteurs de premier plan dans le système mexicain d'innovation agricole. Elles constituent à présent un groupe de pression efficace pour la R&D agricole. Les fondations ont des liens formels avec les institutions de recherche et d'éduca-

tion, ainsi qu'avec le Conseil national de science et technologie. Elles gèrent aussi un fonds en fiducie qui fournit un mécanisme de jumelage des fonds des gouvernements et des producteurs. Les fondations sont toutefois l'outil des agriculteurs commerciaux. Des tentatives d'intégrer des petits agriculteurs ont échoué en raison des coûts de transaction élevés des opérations avec les fermiers individuels et les difficultés à identifier les petits producteurs orientés vers l'agriculture commerciale, qui est l'objectif principal de PRODUCE.

Source : Ekboir et al., 2006.

ENCADRÉ 7.8 *Ajouter de valeur à la denrée des pauvres : le manioc en Colombie et au Ghana*

Le manioc, vu précédemment comme la culture de subsistance du pauvre, émerge comme un lien stratégique dans les chaînes de valeur industrielles en Colombie, au Ghana et dans plusieurs autres pays. Des partenariats public-privé d'agriculteurs ont facilité cette mutation par une meilleure coordination au long de la chaîne de valeur et la R&D dans un contexte plus large des nouveaux produits et marchés et de concurrence accrue.

Au Ghana, le projet de sélection durable du manioc comme produit industriel de base a mis en place des systèmes reliant les agriculteurs, en particulier les femmes, aux nouveaux marchés de produits du manioc, comme la farine, les produits de cuisson et les adhésifs de contre-plaqué. L'institut local de recherche alimentaire et des utilisateurs industriels ont collaboré pour organiser plus de 100 intervenants dans une chaîne de valeur de production et de séchage du manioc dans les zones rurales, de broyage et de meulage dans des installations centrales et de distribution aux industries de transformation.

En Colombie, le Centre international d'agriculture tropicale a structuré ses recherches initiales sur le manioc autour de copeaux de manioc pour l'industrie de l'alimentation animale. Entre 1980 et 1993, 101 coopératives et 37 entreprises privées de transformation furent établies. En 1993, ces installations avaient produit 35 000 tonnes de manioc séché, d'une valeur estimée à 6,2 millions de dollars.

Depuis 2004, le ministère du développement agricole et rural a explicitement inclus le manioc dans des appels à projets de R&D pour stimuler de nouvelles innovations et maintenir la compétitivité dans les chaînes de valeur. Des clones de haute valeur aux qualités nutritionnelles renforcées, de nouvelles mutations à forte teneur en amidon et le manioc sucré ont été identifiés et intégrés aux chaînes de valeur, respectivement pour l'alimentation animale, l'industrie de l'amidon et celle de l'éthanol.

Source: Banque mondiale, 2006h.

che publique, aujourd'hui solides, de la Chine, du Brésil et de l'Inde. Un autre défi pour les systèmes de recherche publique en Afrique, consiste à attirer et retenir les scientifiques, qui évoluent sur un marché mondialisé, et en particulier les scientifiques femmes, dont la proportion n'est que de 21 % du total (voir thème G).⁶⁷

Les universités de recherche sont également sous-utilisées dans le cadre de la science bénéficiant d'un appui public. Dans certains pays, des mécanismes de financement concurrentiel pour les fonds publics ont accru le rôle des universités dans la R&D agricole. Par exemple, 30 à 50 % des subventions concurrentielles à la R&D au Brésil, au Chili, en Equateur et au Mexique ont été transmises aux universités.⁶⁸ En outre, les universités sont les lieux où se préparent les prochaines générations de scientifiques. Une politique agronomique globale est nécessaire pour remédier aux lacunes récurrentes dans les systèmes universitaires, en particulier dans les pays à vocation agricole (voir thème G).

Si l'investissement dans les organisations publiques de R&D reste important,

le secteur public ne peut tout réaliser à lui seul. Les approches scientifiques et linéaires « recherche-vulgarisation-agriculteur » – moyennant lesquelles les systèmes de recherche génèrent des technologies distribuées aux agriculteurs par le biais de systèmes de vulgarisation essentiellement publics – ont bien fonctionné dans certains contextes (la révolution verte). Cependant, elles fonctionnent moins bien pour ce qui est de répondre aux demandes des marchés actuels, qui sont en évolution constante, particulièrement pour les produits de haute valeur et à valeur ajoutée. Ces approches ne sont pas davantage adaptées aux contextes plus hétérogènes, comme les zones de culture pluviale d'Afrique subsaharienne, où des perspectives plus globales sont nécessaires pour sécuriser le développement et l'adoption des innovations technologiques.

Pour améliorer l'efficacité et le rendement de la R&D, l'action collective et les partenariats impliquant une variété d'acteurs dans un cadre de systèmes innovants revêtent une importance croissante. Un tel cadre place les différentes sources d'innovation et les acteurs, tant les développeurs que les utilisateurs des technologies, dans une interaction (non linéaire) à double sens. Ce type de systèmes présente de nombreux avantages. Ils peuvent permettre la mise en commun d'actifs complémentaires tels que la propriété intellectuelle, les ressources génétiques ou les outils de recherche, générer des économies d'échelle et de gamme, faciliter les transferts de technologie au moyen d'ententes avec les distributeurs privés de facteurs de production, promouvoir les chaînes de valeur intégrées et stimuler les mécanismes permettant aux consommateurs et aux agriculteurs d'exprimer leurs besoins en technologie et en produits.

Des partenariats mondiaux et régionaux pour réaliser des économies d'échelle

Les coûts fixes élevés de la recherche actuelle nécessitent des économies d'échelle dans la R&D. Ceci désavantagerait néanmoins les pays et organes de recherche de petite et moyenne taille pour certains types de recherche. De nombreux pays en développe-

ment pourraient être trop petits pour réaliser une échelle efficace en R&D agricole, sauf pour la recherche adaptative. Un défi pour l'efficacité de la science agronomique, au niveau mondial et pour de nombreux petits pays, est de développer des institutions pour financer et organiser la recherche sur une base multinationale.⁶⁹

Le CGIAR a été créé en vue de faciliter les retombées par la production de biens publics internationaux profitant aux pauvres. Son action collective, avec 64 bailleurs de fonds et 15 centres internationaux, constitue l'un des grands succès mondiaux dans le domaine de l'agriculture. Le système du CGIAR est crucial pour les petits pays à vocation agricole pour faire face aux coûts de la R&D, mais les pays industrialisés en profitent également. Son succès futur dépend de l'augmentation de son financement de base et de la définition précise de ses priorités (cf. chapitre 11).

Toutefois, la coopération internationale, sur le plan de la R&D, va bien au-delà du CGIAR. Des capacités croissantes dans les grands pays aux systèmes de R&D dynamiques, comme le Brésil, la Chine et l'Inde, représentent une ressource sous-utilisée pour la coopération sud-sud, que d'autres pays en développement peuvent exploiter moyennant un financement modeste. De nouveaux accords de collaboration, parmi les pays en développement, sont en train d'y remédier. Fontagro, le Fonds régional pour

la technologie agricole en Amérique latine et dans les Caraïbes, en est un exemple. Créé en 1998 en tant que consortium de 13 pays, Fontagro fournit des subventions concurrentielles aux organisations de la région et réalise des économies d'échelle et de gamme pour des priorités de recherche préétablies.⁷⁰ Des approches similaires en sont au stade de l'implémentation en Afrique, par l'intermédiaire du Forum de recherche agricole et plusieurs associations sous-régionales. Le Fonds latino-américain de réserve du riz irrigué, qui inclut des membres des secteurs public et privé et d'organisations de producteurs dans 13 pays, finance la recherche régionale d'amélioration du riz.

Les partenariats entre secteurs public et privé

Etant donné la prédominance des systèmes publics pour la R&D dans les pays en développement et le rôle mondial du secteur privé dans la R&D et le développement de la chaîne de valeur, les partenariats public-privé (PPP) offrent un potentiel important et sont en train de se multiplier.

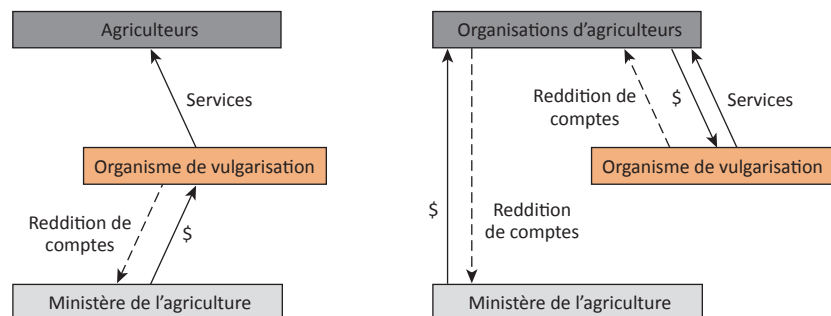
Rendre la biotechnologie disponible aux petits producteurs. Un type de PPP rend les produits de la biotechnologie disponibles aux petits producteurs du monde en développement, dans les zones où le secteur privé a peu d'intérêts commerciaux. Les partenariats en biotechnologie peu-

Tableau 7.3 Moyens de fournir et de financer les services de conseil agricole

Fournisseur de service	Sources de financement des services				Organisations de producteurs (OP)
	Secteur public	Agriculteurs	Firmes privées	ONG	
Secteur public	Public sector advisory services with decentralization	Services à la commission	..	Les ONG utilisent sous contrat du personnel des services publics de vulgarisation	Les OP utilisent sous contrat du personnel des services publics de vulgarisation
Firmes privées	Publicly funded contracts to service providers	Services à la commission ou par les fournisseurs d'intrants	Information fournie lors de la vente d'intrants ou la commercialisation de produits	..	Les OP utilisent sous contrat du personnel de fournisseurs privés de services
ONG	Contrats financés publiquement avec les fournisseurs de services	Services à la commission	..	Les ONG engagent du personnel et fournissent des services	..
Organisations de producteurs	Fonds publics gérés par les OP	Les OP engagent du personnel de vulgarisation pour fournir des services à leurs membres

Source : Birner *et al.*, 2006. n.a. = non applicable. .. = négligeable dans la pratique.

Figure 7.3 Le financement des services de vulgarisation, les approches traditionnelle et nouvelle



Source : Chipeta, 2006.

vent interconnecter les acteurs mondiaux et locaux par des accords complexes reflétant l'étendue de leurs actifs (cf. tableau 7.2) – le CGIAR participe à 14 de ces partenariats.⁷¹ Certains partenariats reflètent également l'émergence de nouveaux mécènes, tels que la Fondation Gates et des fondations associées à des compagnies privées de biotechnologie (par exemple, la Fondation Syngenta), qui fournissent aussi bien de nouvelles sources de financement privé que l'accès à des outils et technologies de recherche.

Malgré les promesses, les PPP de ce type ont été lents à produire des résultats sur le terrain en raison des coûts élevés de transaction dus à la négociation des accords relatifs à la propriété intellectuelle (cf. encadré 7.6), à l'asymétrie de l'information sur les dotations d'actifs et monnaies d'échange, aux conflits entre cultures publique et privée et au manque de confiance réciproque.⁷²

Innover dans les chaînes de valeur. Un second type de partenariat émerge, stimulé par les nouveaux marchés de produits de haute valeur et les nouvelles chaînes d'approvisionnement. Dans ces chaînes, l'innovation pourrait être moins tributaire de la R&D locale car la technologie de nombreux produits de haute valeur a un caractère moins localisé que celle des denrées traditionnelles (par exemple, l'horticulture en serres et l'élevage de volaille en stables). Un système dynamique d'innovation englobe des entreprises privées, des agriculteurs, des entreprises de transformation, des organismes de contrôle et des organisations publiques de R&D opérant en partenariats,

réseaux ou consortiums

Les responsables politiques peuvent faciliter ces PPP en fournissant des incitations à l'innovation par le biais de subventions concurrentielles qui cofinancent tant la R&D que les essais pilotes des innovations, qui s'effectuent en général en partenariat avec des acteurs privés, qu'il s'agisse d'agriculteurs, d'entreprises de transformation ou d'agro-industriels. En Inde, le Projet national d'innovation agricole appuiera quelque 15 chaînes de valeur, comme celles des biocarburants et des animaux d'élevage, à hauteur d'environ 5 millions de dollars chacune, par cette approche. La coordination peut également être facilitée tout au long de la chaîne de valeur par la formalisation des organismes de coordination ou des consortiums de participants dans une chaîne de valeur spécifique.

Rendre la R&D plus réactive face aux agriculteurs et au marché

Les partenariats formels de R&D avec les organisations d'agriculteurs visent à renforcer la demande d'innovation en faisant entendre la voix des agriculteurs dans le processus de prise de décision. Une action collective de ce type peut permettre d'identifier les contraintes, de mettre en commun les connaissances des indigènes et agréger les demandes de technologie. Ces partenariats aident à mettre à niveau la recherche adaptative, le testage et la dissémination, et facilitent l'accès aux intrants, aux marchés et au financement pour les nouvelles technologies.

Les organisations de producteurs (cf. chapitre 6) ont démontré leur vif intérêt pour de tels partenariats. Une approche habilite les agriculteurs en les incluant formellement dans les conseils d'administration d'organisations de recherche. Généralement, ceci produit des résultats uniquement si le système est décentralisé et si les agriculteurs disposent d'une participation majoritaire dans l'affectation des ressources, ce qui leur donne le pouvoir d'approuver des projets et programmes de recherche, comme c'est le cas au Mexique (cf. encadré 7.7).

Les agriculteurs ont encore plus d'influence lorsqu'ils financent eux-mêmes une

part significative de la R&D. Pour les exemples les plus notoires de cette approche, des redevances sont prélevées sur les cultures commerciales, telles que le coton ou le café ; les redevances sont fixées par des organisations de producteurs spécifiques par produit (comme c'est le cas pour la recherche sur le thé en Tanzanie ou celle sur le café en Colombie, par exemple). Largement utilisées dans les pays industrialisés, ces redevances ont été jusqu'ici sous-utilisées dans les pays en développement, malgré leur potentiel pour parer au sous-investissement et améliorer l'orientation de la demande et l'efficacité de la recherche.⁷⁴ Dans la plupart des cas, les redevances représentent 0,5 % ou moins de la valeur de la production. Si l'équivalent du total de ces redevances était apporté par les fonds publics, comme c'est le cas en Australie et en Uruguay,⁷⁵ elles permettraient une intensification importante de la recherche dans les pays en développement. Même dans les régions où ces prélèvements ne sont pas faisables,⁷⁶ les bailleurs de fonds et les gouvernements pourraient néanmoins orienter davantage de subventions vers les organisations de producteurs, en particulier pour la recherche adaptative, comme au Mali, où les Commissions régionales des utilisateurs gèrent des financements à cette fin.

Les partenariats les plus fructueux combinent les organisations d'agriculteurs aux chaînes de valeur et aux PPP pour intégrer les demandes du marché (cf. encadré 7.8). Les financements sont aujourd'hui davantage disponibles pour le cofinancement de ces partenariats. Au Sénégal, les organisations d'agriculteurs ont un important pouvoir de décision dans le Fonds national de recherche agricole, qui finance la recherche exécutée en partenariat avec les secteurs privé et du développement.

Un défi de taille, dans le cadre de l'intégration des organisations de producteurs à l'innovation technologique, est que leurs dirigeants sont d'un niveau social et d'éducation qui les désavantage par rapport aux scientifiques et aux conseillers techniques. Cet écart est d'autant plus prononcé chez les groupes pauvres et marginaux et chez les femmes. Une création de capacités et un subventionnement ciblés sont généralement nécessaires à l'habilitation des mem-

ENCADRÉ 7.9 *Agro-industrie et ONG : fournir l'ICT aux agriculteurs en Inde*

Des compagnies privées indiennes et ONG sont les leaders mondiaux dans la fourniture d'information aux agriculteurs, une retombée qui reflète l'ascension fulgurante de l'Inde au rang de leader mondial de l'ICT. Les e-Choupal (chapitre 5) fournissent aujourd'hui de l'information sur le temps et les techniques agricoles dans les langues locales, en plus de l'information sur les prix du marché.

La M.S. Swaminathan Research Foundation a créé des Centres de connaissance à Pondichéry en 1997. Avec le soutien de l'Organisation indienne de recherche spatiale, des centres, dans chaque village, sont connectés par satellite à un concentrateur situé à Villianur. Les centres sont gérés par des groupes d'entraide féminins, qui reçoivent des microcrédits et des formations pour démarrer une petite affaire comme la production de champi-

gnons ou de biopesticides. Les groupes d'entraide utilisent les ordinateurs des centres pour gérer leurs comptes d'affaires et coordonner leurs activités, utilisant une liaison télévisuelle avec les autres villages.

Les agriculteurs peuvent utiliser les centres pour accéder à des bases de données d'information technique, développées par le concentrateur avec l'aide d'experts des institutions agricoles locales, dans les langues locales. Les exploitants de fermes laitières, par exemple, ont reçu des formations dans certains centres équipés d'applications à écran tactile développées par le collège vétérinaire local. Une alliance de plus de 80 organisations partenaires étend le concept à travers l'Inde.

Source : M.S. Swaminathan Research Foundation (MSSRF), 2005.

bres plus faibles et pour s'assurer que les dirigeants des organisations d'agriculteurs représentent équitablement les intérêts de ces derniers.

Mieux exploiter la technologie disponible : la vulgarisation et les innovations en matière de technologies de l'information et des communications

Il est communément admis qu'il existe de grandes disparités de productivité et de rentabilité dans la plupart des systèmes de petite agriculture par rapport à ce qui est économiquement réalisable (cf. chapitre 2).⁷⁷ Le manque d'accès aux intrants et au crédit ainsi que l'incapacité à assumer les risques expliquent en partie ces disparités (cf. chapitre 6). La raison principale, cependant, est le manque d'information et de compétences, qui contraint l'agriculteur à l'adoption des technologies et pratiques de gestion disponibles ou réduit leur efficacité lorsqu'elles sont adoptées. Depuis peu, par conséquent, l'accent est mis sur les nouvelles approches de vulgarisation basée sur la demande et sur l'application des nouvelles technologies de l'information et des communications (ICT) afin de remédier à ces lacunes.

Les nouvelles approches de la vulgarisation basées sur la demande

La vulgarisation agricole aide les agriculteurs à apprendre comment augmenter leur productivité, accroître leurs revenus et collaborer les uns avec les autres, avec l'agro-industrie et avec la recherche. En conséquence, les programmes de vulgarisation abandonnent la prescription de pratiques technologiques (modèle de la livraison) pour se concentrer davantage sur la création de capacité chez les populations rurales pour leur permettre d'identifier les opportunités disponibles, tant techniques qu'économiques et d'en tirer avantage (modèle de l'habilitation). Pour assumer un rôle aussi vaste, les vulgarisateurs doivent être entraînés dans des domaines allant au-delà de l'agriculture technique, en vue de créer des aptitudes à la mobilisation des agriculteurs, l'exploitation de l'information commerciale et la gestion des entreprises (non) agricoles (voir thème G).

Les services publics sont prédominants dans la vulgarisation. Dans la plupart des pays en développement, les dépenses publiques dans ce domaine dépassent celles qui sont consacrées à la recherche agricole. Mais les financements et provisions publics sont confrontés à d'importants problèmes, de la responsabilisation des fonctionnaires à l'égard de leurs clients, au faible engagement politique pour la vulgarisation et l'agriculture en général, en passant par la mise à niveau des connaissances des vulgarisateurs quant aux développements technologiques émergents, le sévère manque de viabilité sur le plan fiscal et la faible visibilité des impacts.

L'un des efforts les plus influents pour remédier aux problèmes rencontrés par la vulgarisation publique a été le modèle d'organisation de la vulgarisation « formation et visites » (F&V), promu par la Banque mondiale entre 1975 et 1995 dans plus de 70 pays. L'approche F&V avait pour objectif d'améliorer la performance des systèmes de vulgarisation par l'optimisation de leur gestion et la formulation de messages de vulgarisation spécifiques et réguliers. Malheureusement, le système F&V a exacerbé d'autres faiblesses, en particulier les problèmes de viabilité fiscale et le man-

que de responsabilisation. Le résultat fut un effondrement général des structures introduites.⁷⁸

La décentralisation. Dans les années 1990, de nombreux gouvernements ont commencé à abandonner le modèle centralisé et à transférer aux pouvoirs publics locaux la responsabilité de fournir la vulgarisation et, dans certains cas, celle de la financer (cf. chapitre 11). Les avantages escomptés sont l'amélioration de l'accès à l'information locale et une meilleure mobilisation du capital social pour l'action collective. La décentralisation devrait également favoriser la responsabilisation, étant donné que les fonctionnaires rapportent aux responsables locaux ou deviennent des employés du gouvernement local, qui, s'il a été démocratiquement élu, veillera à la satisfaction du client-électeur. Si ces arguments justifient de décentraliser la vulgarisation, des difficultés générales liées à cette décentralisation, ainsi que la capture politique au niveau local, ont, dans certains cas, compromis la fourniture de services consultatifs plus efficaces.⁷⁹

Une nouvelle approche prometteuse et de plus en plus adoptée consiste à impliquer les agriculteurs dans la gouvernance décentralisée. Depuis 2000, tant les Organismes de gestion de la technologie agricole (ATMA : Agricultural Technology Management Agencies), en Inde, que le Programme national pour l'agriculture et l'élevage, au Kenya, organisent des forums réunissant les parties intéressées, aux niveaux des pays, des districts et sous-districts, afin de planifier et d'établir les priorités des activités de vulgarisation. Ces deux programmes promeuvent les groupes d'intérêts des agriculteurs en abordant des activités spécifiques de culture et d'élevage, l'apprentissage et les échanges de connaissances entre agriculteurs et les partenariats de commercialisation avec le secteur privé. Après des évaluations favorables lors de la première phase (et une augmentation estimée à 25 % des revenus des agriculteurs dans la plupart des districts ATMA, loin devant les 5 % acquis dans la majorité des districts voisins), les deux programmes sont adaptés au niveau national, tandis que des initiatives similai-

res sont en préparation dans de nombreux autres pays, comme la Tanzanie.⁸⁰

Les systèmes mixtes public-privé. D'autres nouvelles approches mettent en avant l'apport significatif en biens privés de certains services de vulgarisation, comme le conseil technique fourni par les entreprises de transformation et grossistes aux agriculteurs qui produisent des denrées à forte valeur ajoutée ou pratiquent l'élevage sous contrat (cf. chapitre 5). Des systèmes mixtes public-privé regroupent des organisations d'agriculteurs, des ONG et des organismes publics qui sous-traitent les services de vulgarisation. Aujourd'hui, les diverses approches ont en commun de privilégier l'approche du « meilleur ajustement » à des conditions sociales ou de marché particulières, aux dépens de l'approche de la « meilleure pratique » ou de la « taille unique ». Par exemple, les approches utilisant le financement public mais avec la participation des pouvoirs publics locaux, du secteur privé, d'ONG et d'organisations de producteurs pour la fourniture de services de vulgarisation pourraient s'avérer être les plus pertinentes pour les agriculteurs orientés vers la subsistance (cf. tableau 7.3). Sur le plan de la commercialisation agricole, des formes variées de cofinancement par le secteur privé peuvent être adéquates, allant jusqu'à la privatisation totale de certains services. Dans le cadre de tous ces efforts visant à faire en sorte que les systèmes d'innovation agricole soient davantage régis par la demande, il est important d'être attentif à la manière dont les intérêts des femmes peuvent être le mieux représentés, en tenant compte de leurs contraintes d'emploi du temps (pour leur participation éventuelle aux organisations d'agriculteurs) et en les employant au sein des services consultatifs afin d'augmenter l'efficacité de la fourniture de services.⁸¹

De même que pour la recherche, la création de la demande est l'une des clés du succès pour la vulgarisation. La gestion pourrait passer de la responsabilité des pouvoirs publics locaux à celle des agriculteurs ou des agro-industries. La vulgarisation peut continuer à être financée publiquement même si l'on pourrait faire transiter

les financements par les organisations de producteurs disposant d'une participation majoritaire dans l'affectation des ressources (cf. figure 7.3). Les organisations de producteurs, à leur tour, pourraient sous-traiter les services de vulgarisation à des fournisseurs privés et à des ONG, comme c'est le cas en Ouganda avec le Service national de conseils agricoles, qui est vu par les agriculteurs comme fonctionnant bien.⁸² Une autre approche est le cofinancement et la fourniture conjointe de services consultatifs par une compagnie privée et le système public de vulgarisation, comme c'est le cas pour les intrants agrochimiques dans le Madhya Pradesh, en Inde.⁸³

D'agriculteur à agriculteur. Les méthodes de vulgarisation se sont également diversifiées et incluent désormais la vulgarisation entre agriculteurs. Des réseaux informels d'agriculteurs ont toujours constitué de puissants canaux d'échange d'information et de semences. Plusieurs programmes s'appliquent à formaliser et à interconnecter ces réseaux à des fins de partage de connaissance et d'apprentissage. Le Programa Campesino a Campesino, au Nicaragua, et le réseau Mwiwata, en Tanzanie, fournissent des couvertures nationales par l'intermédiaire de la méthode « agriculteur à agriculteur ».⁸⁴

Une approche connexe est celle des Champs-écoles pour producteurs, développée à l'origine comme moyen d'introduire la gestion intégrée des organismes nuisibles aux producteurs de riz irrigué en Asie. Les écoles ont été introduites, souvent en tant qu'essais pilotes, dans quelque 80 pays en développement, avant que leur cadre ne s'élargisse à d'autres types de technologie.⁸⁵ Les évaluations d'impacts, toujours limitées, ont montré que cette approche peut sensiblement améliorer la connaissance des agriculteurs quant aux nouvelles options technologiques mais les écoles n'ont pas démontré la rentabilité espérée sur le plan de la fourniture de service.⁸⁶ Cela pourrait être dû à la complexité de l'information gestionnelle. Par exemple, l'information concernant la gestion intégrée des organismes nuisibles ne circule pas aussi facilement entre les agriculteurs que celle rela-

tive aux semences ou aux nouvelles variétés. Pour ce qui est des bénéfices engendrés par l'acquisition de compétences de gestion, ils doivent faire l'objet d'une observation sur le long terme.

De nouveau à l'agenda. Les services de vulgarisation agricole, après une période de négligence, sont de retour à l'agenda du développement, et de nombreuses innovations institutionnelles émergentes en ce domaine suscitent l'enthousiasme. De toute évidence, il reste beaucoup à faire pour amener la vulgarisation nécessaire aux petits producteurs de par le monde, en particulier aux groupes les plus pauvres. Bien sûr, déterminer ce qui fonctionne bien dans les divers contextes du monde en développement reste un défi. Davantage d'évaluation, d'apprentissage et de partage de connaissance sont requis pour capitaliser dans cet élan renouvelé.

De nouveaux outils d'information et de communication au niveau de l'exploitation agricole

La baisse du coût des technologies de l'information et des communications donne lieu à un accès beaucoup plus large à l'information pour les agriculteurs et les populations rurales des pays en développement. En Chine, 83 % des villages sont à présent équipés de téléphones fixes et 56 % sont couverts par des réseaux de téléphonie mobile, ces proportions étant, respectivement, de 77 % et 19 % en Inde, où la couverture en réseaux de téléphonie mobile se développe à une vitesse fulgurante. En 2006, Nokia a vendu plus de 400 000 téléphones cellulaires neufs. Les nouveaux abonnements se chiffrent, en moyenne, à 6 millions par mois, dont une grande partie dans les zones rurales.

En Afrique, environ 9 % de la population possèdent des téléphones mobiles et sont connectés à des réseaux qui seraient en mesure d'atteindre 60 % de la population. En Ouganda, 80 % des communautés disposent d'une couverture réseau et 5 % des ménages possèdent des téléphones mobiles.⁸⁷ Plus que la possession de téléphones mobiles individuels, c'est l'élargissement de la couverture réseau qui induit la participation aux mar-

chés en réduisant les coûts de transaction de la commercialisation des cultures et en augmentant les prix, particulièrement pour les denrées périssables.⁸⁸ La bourse kenyane des produits agricoles et Safaricom Limited collectent et disséminent une information actualisée et fiable sur les prix des produits aux agriculteurs kenyans par le biais d'un fournisseur bon marché de service d'envoi de messages courts (SMS).

Les agriculteurs utilisent également et pour des conseils en vulgarisation et ce, à partir d'une multitude de sources, mais le développement de services régis par la demande prend du temps. En Inde, des opérateurs privés et une ONG atteignent des milliers d'agriculteurs et se mettent rapidement à l'échelle (cf. encadré 7.9). Les ordinateurs sont aujourd'hui en train d'être connectés par des réseaux de téléphonie mobile, de sorte à étendre fortement le cadre de l'information. Le projet d'« ordinateur portable à 100 \$ », qui sera bientôt lancé, pourrait ouvrir la voie à un rôle encore plus prépondérant pour les technologies de l'information et des communications.⁸⁹

Les politiques d'élargissement de l'accès à ces technologies dans les zones rurales doivent se concentrer tant sur le contenu et l'éducation que sur l'infrastructure. L'éducation est l'un des facteurs clés qui affectent les retours de et en production agricole, avec l'électricité, les routes et les modèles de gestion adéquats.⁹⁰ La création de contenu au niveau local doit être reliée aux innovations institutionnelles pour fournir des services de vulgarisation à l'écoute des agriculteurs.

Aller de l'avant

Les innovations scientifiques et technologiques sont cruciales pour le succès du programme pour mettre l'agriculture au service du développement et ce, sur quatre fronts. Premièrement, au niveau mondial, la science va devenir de plus en plus importante pour satisfaire une demande croissante dans un contexte d'accroissement des contraintes sur les ressources et des coûts de l'énergie. Deuxièmement, dans tous les pays, la science et l'innovation jouent un rôle central dans le maintien de la compétitivité du marché, tant intérieur que mondial. Troisième-

ment, le potentiel de la science en termes de réduction de la pauvreté, aussi bien dans les régions favorisées que dans les régions défavorisées, n'a pas encore été pleinement exploité. L'adaptation des technologies à l'hétérogénéité croissante qui règne parmi les agriculteurs et aux besoins différents des agriculteurs hommes et femmes, reste un challenge scientifique et institutionnel. Quatrièmement, enfin, la science sera cruciale pour l'adaptation aux changements climatiques, et pour en atténuer les effets, et pour s'attaquer aux problèmes environnementaux, plus généralement

Les politiques actuelles de R&D étant susceptibles de faire de plusieurs pays en développement des orphelins de la technologie agricole au cours des décennies à venir, le besoin d'augmenter les financements pour la R&D agricole à travers le monde en développement ne peut être surestimé. A défaut d'une hausse des investissements, de nombreux pays pourraient continuer à glisser vers l'incapacité d'adapter les nouvelles connaissances et technologies développées ailleurs et de garantir la compétitivité. La mesure la plus urgente est de remédier à la stagnation du financement de la R&D agricole et des systèmes plus vastes de connaissance en Afrique subsaharienne. Le renversement de cette situation doit être conduit au niveau national et à l'aide de financements nationaux, mais exigera une assistance sensiblement accrue et soutenue de la part des organisations régionales et internationales

Les progrès continus, particulièrement pour ce qui est d'étendre les bénéfices de la

R&D aux pays à vocation agricole et autres régions moins favorisées, dépendent de la recherche sur l'amélioration de la gestion des cultures, des sols, des ressources en eau et du bétail dans ces environnements et sur le développement de systèmes agricoles plus durables et plus souples. Ces innovations technologiques, souvent strictement localisées, doivent être combinées aux innovations institutionnelles pour faire en sorte que les marchés des intrants et des produits, les services financiers et les organisations d'agriculteurs soient chacun à leur place pour permettre une croissance importante de la productivité.

Le faible niveau des dépenses en R&D n'est qu'une part du problème. De nombreuses organisations publiques de recherche sont confrontées à de sérieuses contraintes d'ordre institutionnel qui mettent un frein à leur efficacité et les empêchent donc d'attirer les investissements. Une réforme majeure est nécessaire. Dans la même veine, les pratiques traditionnelles de vulgarisation agricole laissent la place à une variété de nouvelles approches du financement et de la fourniture de service qui impliquent des acteurs multiples. L'importance croissante des marchés de plus forte valeur ouvre de nouvelles opportunités dans le secteur privé pour stimuler l'innovation tout au long de la chaîne de valeur, qui implique une coopération entre le secteur public, le secteur privé, les agriculteurs et les organisations de la société civile. Ce qu'il convient de faire maintenant est de déterminer ce qui fonctionne bien, dans quels contextes et de mettre à l'échelle les succès émergents.

