

Chapitre 3

La santé des sols

L'agriculture doit littéralement retourner à ses racines en redécouvrant l'importance de sols en bonne santé, en utilisant des sources naturelles de nutrition des plantes et en appliquant avec discernement les engrais minéraux.

Le sol est une composante essentielle de la production végétale. Sans le sol, il serait impossible de produire des aliments sur grande échelle, ou de nourrir le bétail. Étant donné que le sol est une matière fragile et disponible en quantité limitée, il constitue une ressource précieuse et nécessite, de la part de ses utilisateurs, une attention particulière. Une bonne partie des systèmes actuels de gestion des sols et des cultures ne répondent pas aux critères de durabilité. À l'une des extrémités de l'éventail, le suremploi d'engrais a entraîné la constitution, dans les territoires de l'Union européenne, de dépôts d'azote qui menacent environ 70 pour cent du patrimoine naturel¹. À l'autre extrémité, notamment dans de nombreuses régions de l'Afrique subsaharienne, la sous-utilisation des engrais entraîne, du fait de l'extraction non compensée des nutriments par les cultures, l'épuisement des sols avec comme conséquence la dégradation des sols et la baisse des rendements.

Comment en est-on arrivé là? Le principal facteur déclenchant est le quadruplement de la population mondiale au cours du dernier siècle, qui a exigé un véritable bouleversement des méthodes de gestion des sols et des cultures afin d'augmenter la production alimentaire. Ce résultat a été obtenu grâce, en partie, à la mise au point et à l'utilisation massive d'engrais minéraux, et notamment l'azote, étant donné que la présence d'azote est le facteur le plus déterminant du rendement de toutes les principales cultures²⁻⁵.

Avant la découverte des engrais minéraux azotés, il fallait des siècles pour que l'azote s'accumule dans le sol⁶. En revanche, l'augmentation exponentielle de la production alimentaire en Asie au cours de la Révolution verte a été due en grande partie à l'utilisation intensive d'engrais minéraux, parallèlement au matériel génétique amélioré et à l'irrigation. La production mondiale d'engrais minéraux a augmenté de presque 350 pour cent entre 1961 et 2002, passant de 33 à 146 millions de tonnes⁷. C'est ainsi que, selon les estimations, les engrais minéraux sont à l'origine de 40 pour cent de l'augmentation de la production alimentaire enregistrée au cours des 40 dernières années⁸.

La contribution des engrais à la production alimentaire s'est également accompagnée de coûts considérables pour l'environnement. Aujourd'hui, c'est en Asie et en Europe que l'on observe la consommation la plus élevée d'engrais à l'hectare. Ces deux continents sont également les plus durement touchés par les effets de la pollution environnementale due à l'utilisation excessive d'engrais, notamment sous forme d'acidification des sols et des eaux, de contamination des eaux de surface et des nappes phréatiques, et d'augmentation des émissions de gaz à effet de serre fortement toxiques. En Chine, le taux d'absorption de l'azote n'est actuellement que de 26 à 28 pour cent pour le riz, le blé et le maïs, et de moins de 20 pour cent pour les cultures maraîchères⁹. Quant au reste, il se perd tout simplement dans l'environnement.

La façon dont les engrais minéraux affectent l'environnement est une affaire de gestion. Par exemple, il faut calculer le rapport entre la quantité d'engrais appliquée et celle qui a été extraite par les cultures, ou il faut optimiser la méthode et le calendrier des applications d'engrais.

En d'autres termes, c'est *l'efficience* de l'utilisation des engrais, et en particulier de l'azote et du phosphore (P), qui détermine si ce volet de la gestion des sols est un bien pour les cultures ou s'il a des effets négatifs pour l'environnement.

Le défi consiste, par conséquent, à renoncer aux pratiques agricoles non durables et à choisir des options capables d'offrir une base solide à l'intensification durable des cultures. Dans de nombreux pays, il convient de réviser en profondeur les méthodes de gestion des sols. Les nouvelles approches préconisées dans ce document, qui s'appuient sur les travaux entrepris par la FAO¹⁰⁻¹² et par un grand nombre d'autres institutions¹³⁻²⁰, sont axées sur la gestion de la santé des sols.

Les principes de la gestion de la santé des sols

La santé des sols a été définie comme étant: «La capacité du sol à fonctionner comme un système vivant. Les sols en bonne santé maintiennent en leur sein une diversité d'organismes qui contribuent à combattre les maladies des plantes, les insectes et les adventices, s'associent de façon bénéfique et symbiotique aux racines, recyclent les nutriments végétaux essentiels, améliorent la structure du sol et, partant, la rétention des eaux et des nutriments, le tout contribuant à améliorer la production végétale»²¹. On peut enrichir cette définition en adoptant une perspective écosystémique: un sol sain ne pollue pas son environnement; il contribue plutôt à atténuer les effets des changements climatiques, en préservant ou en augmentant la teneur en carbone de cet environnement.

Le sol contient l'un des assemblages d'organismes vivants les plus diversifiés de la planète, reliés entre eux de façon intime par un réseau trophique complexe. La santé des sols peut être bonne ou laisser à désirer, en fonction de la manière dont ils sont gérés. Des sols sains présentent deux caractéristiques essentielles: une riche diversité biotique et une teneur élevée en matière organique non vivante. Lorsque la matière organique du sol est augmentée ou maintenue à un niveau satisfaisant pour la croissance des cultures, on peut considérer de façon raisonnable qu'un sol est sain. Un sol en bonne santé est résilient face aux attaques des organismes nuisibles du sol. Ainsi, l'adventice *Striga* est beaucoup moins à craindre dans des sols sains²², et même les dégâts causés par les ravageurs et parasites ne résidant pas dans le sol, comme les foreurs du maïs, sont réduits dans des sols fertiles²³.

La diversité biotique du sol est plus grande sous les tropiques que dans les climats tempérés²⁴. Étant donné que, dans l'avenir, l'intensification de la production agricole sera généralement plus soutenue sous les tropiques, les écosystèmes agricoles des régions concernées sont particulièrement exposés à la dégradation des sols. Toute perte de biodiversité et, en dernière analyse, toute dégradation du fonctionnement écosystémique ne manqueront pas d'affecter davantage l'agriculture de subsistance dans

les régions tropicales, plus étroitement tributaires que d'autres de ces processus et de leurs services.

Les interactions fonctionnelles des biotes du sol avec les éléments organiques et inorganiques, avec l'air et avec l'eau, déterminent la capacité d'un sol à emmagasiner et à diffuser de l'eau et des nutriments pour alimenter les plantes, de manière à en favoriser et à en soutenir la croissance. L'existence de réserves importantes d'éléments nutritifs ne constitue pas, en soi, une garantie de fertilité élevée des sols ou d'une forte production végétale. Étant donné que les plantes absorbent la majeure partie de leurs nutriments sous une forme soluble dans l'eau, la transformation et le recyclage des nutriments par le biais de processus qui peuvent être biologiques, chimiques ou physiques, restent essentiels. Les nutriments doivent pouvoir être transportés vers les racines des plantes par un flux d'eau circulant librement. C'est pourquoi la structure du sol constitue un autre facteur clé, car elle détermine sa capacité à retenir l'eau ainsi que la profondeur atteinte par les racines. Cette dernière peut être restreinte par des facteurs physiques tels que l'affleurement de la nappe phréatique, un fond rocheux ou d'autres couches impénétrables, de même que par des facteurs d'ordre chimique comme l'acidité, la teneur en sodium du sol, ou encore la présence de substances toxiques.

Il suffit que vienne à manquer l'un des 15 nutriments nécessaires à la croissance des plantes pour que le rendement en souffre. Afin d'atteindre la productivité élevée nécessaire à la satisfaction des besoins alimentaires actuels et futurs, il faut impérativement garantir la présence de ces nutriments dans les sols et, si nécessaire, les appliquer de façon équilibrée à partir de sources organiques et d'engrais minéraux. Lorsque des carences se déclarent, le fait d'apporter en temps utile des micronutriments au moyen d'engrais «enrichis» peut améliorer la nutrition des cultures.

Il est également possible d'enrichir le sol en azote en intégrant, dans les systèmes de culture, des légumineuses et des arbres qui fixent l'azote (voir également le Chapitre 2, *Les systèmes d'exploitation agricole*). Grâce à la longueur de leurs racines, les arbres et certaines légumineuses contribuant à améliorer les sols sont capables d'aller pomper jusque dans les couches inférieures du sol des nutriments qui, sans eux, n'atteindraient jamais les autres cultures. On peut également améliorer la nutrition de ces dernières grâce à d'autres associations biologiques, par exemple entre les racines des cultures et les mycorrhizes du sol qui aident le manioc à capter le phosphore dans les sols épuisés. Lorsque ces processus écosystémiques ne réussissent pas à fournir des nutriments en quantité suffisante pour donner des rendements élevés, l'obtention d'une production intensive dépendra alors de l'application judicieuse et efficace d'engrais minéraux.

La combinaison des processus écosystémiques et de l'utilisation judicieuse d'engrais minéraux constitue le fondement d'un système durable de gestion de la santé des sols, capable de donner des rendements plus élevés, tout en utilisant une moindre quantité d'intrants externes.

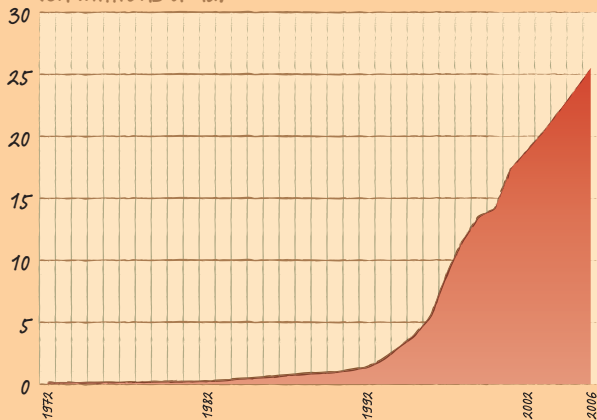
Des technologies pour produire plus avec moins

Aucune technologie ne saurait surmonter, à elle seule, les contraintes pesant sur la santé et la fertilité du sol qui prédominent dans différents contextes. Cependant, les principes fondamentaux de bonne gestion de la santé des sols exposés plus haut ont été appliqués avec succès dans un large éventail de cadres agroécologiques et dans des conditions socioéconomiques variées.

Approfondissant les principes de gestion de la santé des sols, les travaux de recherche effectués dans différentes régions du monde ont permis d'identifier certaines technologies particulièrement prometteuses. Nous présentons, ci-après, des exemples de systèmes de gestion des cultures présentant un potentiel élevé d'intensification durable. Ces systèmes, qui sont axés sur des problèmes spécifiques de fertilité du sol dans différentes zones agroécologiques, ont été largement adoptés par les agriculteurs. Ils pourraient servir de cadre de référence aux partenaires nationaux dont les politiques visent à encourager les agriculteurs à adopter ces technologies comme composantes d'une intensification durable.

de Moraes Sá, J.C. 2010. No-till cropping system in Brazil: Its perspectives and new technologies to improve and develop. Presentation prepared for the International Conference on Agricultural Engineering, 6-8 September 2010, Clermont-Ferrand, France (<http://www.ageng2010.com/files/file-inline/J-C-M-SA.pdf>).

Expansion du labour zéro au Brésil
(en millions d'ha)



► Augmenter la teneur en matière organique des sols en Amérique latine

Les oxisols et les ultisols sont les types de sols prédominants dans la savane tropicale du Cerrado brésilien et de la forêt amazonienne, et ils sont également très répandus dans la zone de forêts humides de l'Afrique. Ces sols, qui sont parmi les plus anciennement formés de notre planète, sont pauvres en nutriments et particulièrement acides, étant donné la faible capacité à retenir les éléments nutritifs, notamment les cations, aussi bien en surface que dans les couches inférieures. En outre, du fait qu'ils sont situés dans des régions de forte pluviosité, ces sols sont très vulnérables à l'érosion lorsqu'ils ne sont pas protégés par un couvert végétal.

Lors de la mise en culture de la zone de végétation naturelle, il convient de bien veiller à réduire autant que possible les pertes de matière organique. Des systèmes de gestion ont été élaborés afin de permettre à ces sols de conserver, voire d'augmenter leur teneur en matière organique en les munissant d'un couvert permanent au moyen d'un paillis riche en carbone, parallèlement à une limitation ou à une totale élimination des labours. Ces pratiques sont toutes des composantes clés de la démarche d'intensification durable des cultures.

Ces systèmes sont en voie d'adoption rapide par les agriculteurs d'Amérique latine, notamment dans les zones humides et subhumides, étant donné qu'ils atténuent l'érosion du sol tout en permettant d'économiser la main-d'œuvre. Leur adoption a été facilitée par une collaboration étroite entre les services gouvernementaux de recherche et de vulgarisation, les associations d'agriculteurs et les fabricants de produits chimiques, de semences et de machines agricoles. L'agriculture sans labour, qui a connu une rapide expansion, couvre aujourd'hui, au Brésil, 26 millions d'hectares d'oxisols et d'ultisols.

► La fixation biologique de l'azote, destinée à enrichir les sols pauvres dans les savanes africaines

Dans les régions de savane d'Afrique occidentale, orientale et australe, la production végétale est fortement entravée par la carence des sols en azote (N) et en phosphore (P)^{17, 25}, de même que par les déficiences en micronutriments tels que le zinc et le molybdenum. Les évaluations conduites sur les exploitations par l'Institut de biologie et de fertilité des sols tropicaux, le Centre mondial d'agroforesterie et l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA) ont montré que l'utilisation de légumineuses et d'arbres pour fixer l'azote atmosphérique, combinée à l'application d'engrais minéraux riches en phosphore, donnait des résultats très prometteurs.

Au Kenya, la combinaison d'engrais minéraux et de légumineuses à grain, telles que le soja, en cultures intercalaires ou de relais, a augmenté de 140 à 300 pour cent le rendement du maïs¹⁷ et a permis d'obtenir un équilibre azoté satisfaisant au niveau du système cultural. Les légumineuses à grain à double usage produisent, grâce à leurs fanes et à leurs racines, des quantités importantes de biomasse tout en donnant un rendement en grains acceptable. Plusieurs communautés agricoles d'Afrique orientale et australe ont adopté ce système²⁶, qui présente l'avantage supplémentaire d'aider les agriculteurs à combattre le *Striga*, grâce à certains cultivars du soja qui font office de culture-piège, stimulant la germination du *Striga* lorsque le maïs ou le sorgho, hôtes habituels de l'adventice, ne sont pas présents^{10, 27}.

En Afrique orientale et australe, les cultures de maïs carencées en azote ont gagné en productivité grâce à l'amélioration des jachères au moyen d'arbres et d'arbustes de légumineuses. Ainsi, en l'espace de six mois à deux ans, les cultures de *Sesbania sesban*, *Tephrosia vogelii* et de *Crotalaria ochroleuca* accumulent dans leurs feuilles et dans leurs racines, sur une surface d'un

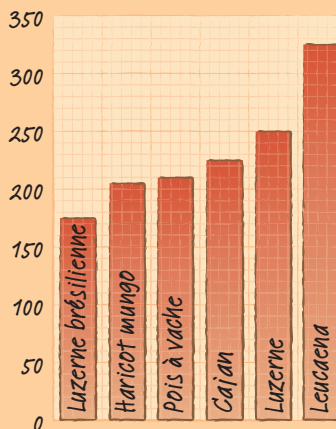
hectare, entre 100 et 200 kilos d'azote – dont les deux tiers proviennent de la fixation de l'azote. Parallèlement à l'application ultérieure d'engrais minéraux, ces jachères améliorées fournissent une quantité d'azote pouvant suffire aux besoins de trois récoltes ultérieures de maïs, ce qui permet de quadrupler les rendements obtenus par les systèmes de culture sans jachère.

Les recherches entreprises indiquent que la mise en œuvre d'un système agroforestier complet avec rotation cultures-jachères et plantation d'arbres à fort potentiel peut tripler, en 20 ans, les stocks de carbone d'une exploitation²⁸. Ce système a remporté un tel succès que des dizaines de milliers d'agriculteurs du Kenya, du Malawi, du Mozambique, de l'Ouganda, de la République-Unie de Tanzanie, de la Zambie et du Zimbabwe adaptent aujourd'hui à leurs conditions locales les technologies qui composent ce système.



Sesbania sesban

Quantité moyenne d'azote fixé par certaines légumineuses (en kg d'azote/héctare)



FAO. 1984. Legume inoculants and their use. Rome.



Faidherbia albida

► Agriculture verte dans le Sahel

L'acacia africain (*Faidherbia albida*) est un élément naturel présent dans les systèmes agricoles du Sahel; il est hautement compatible avec les cultures vivrières, car il n'entre pas en concurrence avec elles pour la lumière, les éléments nutritifs ou l'eau. En fait, pendant la saison des

pluies, cet arbre perd ses feuilles, riches en azote, qui viennent se déposer en une couche protectrice au pied des cultures, assurant en outre une fertilisation naturelle. Selon l'Unité zambienne pour l'agriculture de conservation, le maïs cultivé sans engrais, mais sous le couvert d'arbres de la famille *Faidherbia*, aurait un rendement de 4,1 tonnes à l'hectare, contre seulement 1,3 tonne à l'hectare pour le maïs cultivé à proximité, mais en dehors du couvert des acacias²⁹. Aujourd'hui, plus de 160 000 agriculteurs produisent des cultures vivrières sous le couvert des acacias, sur une superficie totale

de 300 000 hectares. On note également des résultats prometteurs au Malawi, où le rendement du maïs cultivé en association avec des arbres de la famille *Faidherbia* est le triple de ceux obtenus en dehors de la zone couverte par les acacias. Au Niger, on cultive plus de 4,8 millions d'hectares sous le régime de l'agroforesterie basée sur *Faidherbia*, avec une production accrue pour le mil et le sorgho.

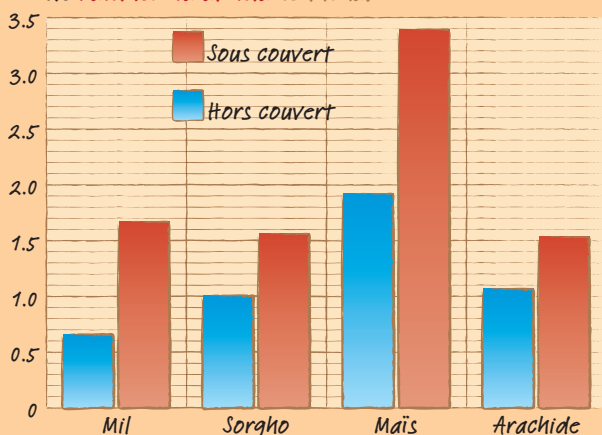
Au Burkina Faso, des milliers de petites exploitations pratiquant l'agriculture en sec adoptent progressivement ces systèmes d'agriculture toujours plus verte.

► «Enfouissement profond de l'urée» dans les rizières du Bangladesh

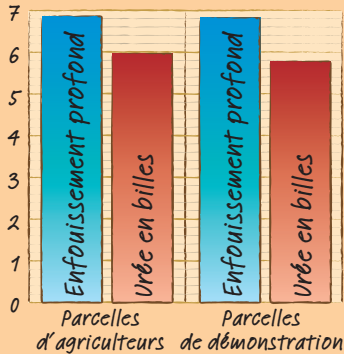
Partout en Asie, les riziculteurs appliquent des engrais azotés dans les rizières avant le repiquage du riz, en répandant à la volée de l'urée sur les sols humides ou immergés; ils procèdent ensuite à une ou plusieurs applications d'urée en surface entre le repiquage et le stade de la floraison. Or, ces méthodes sont inefficaces sur le plan agronomique et économique et nuisent à l'environnement. Les plants de riz n'utilisent qu'un tiers des engrais fournis³⁰, le reste étant perdu par volatilisation et ruissellement des eaux de surface. Seule une faible part reste dans le sol et est disponible pour les cultures suivantes.

Pour réduire les pertes d'azote, on peut comprimer l'azote granulé pour former des super granules d'urée, qui sont enfouis dans le sol à une profondeur allant de 7 à 10 cm, entre les plants. Cet enfouissement en profondeur double la proportion d'engrais assimilée par les plants³¹⁻³⁵, réduit les pertes d'azote par voie aérienne et par ruissellement de surface et augmente en moyenne les rendements de 18 pour cent dans les rizières. Le Centre international de développement des engrais et l'Agence des États-Unis pour le développement international aident les petits agriculteurs du Bangladesh à améliorer leur technique d'enfouissement

Rendement des cultures sous couvert et hors couvert de *Faidherbia albida* (en t/ha)



Rendement moyen du riz avec apport d'urée en billes et en briquettes (Enfouissement profond)*, Bangladesh, 2010 (en t/ha)



* Données fournies par 301 parcelles d'agriculteurs et 76 parcelles de démonstration

IFDC. 2010. Improved livelihood for Sidr-affected rice farmers (ILSAFARM). Quarterly report submitted to USAID Bangladesh, No. 388-A-00-09-00004-00. Muscle Shoals, États-Unis d'Amérique.

en profondeur, sur tout le territoire national. Leur objectif est d'atteindre deux millions d'agriculteurs en cinq ans³⁶. L'utilisation de cette technologie se répand rapidement au Bangladesh et quinze autres pays s'y intéressent actuellement, principalement en Afrique subsaharienne. Les machines utilisées pour produire des super granules d'urée sont produites localement et coûtent de 1500 à 2000 USD.

■ Gestion des nutriments en fonction de chaque site, en riziculture intensive

L'Institut international de recherche sur le riz et ses partenaires nationaux ont mis au point le système de gestion des nutriments en fonction de chaque site, pour la riziculture intensive. Il s'agit d'un système de connaissances avancé, axé sur la monoculture du riz, à deux et trois récoltes. Des tests effectués dans 180 sites,

dans huit grands domaines de riziculture irriguée en Asie ont montré que ce système permettait d'améliorer de 30 à 40 pour cent le taux d'assimilation de l'azote, grâce principalement à une meilleure gestion de l'azote. Dans tous les sites et sur quatre récoltes successives, la rentabilité de la riziculture s'est améliorée en moyenne de 12 pour cent.

Dans plusieurs provinces de Chine, les agriculteurs ont réussi, grâce au système de gestion des nutriments en fonction de chaque site, à réduire d'un tiers les quantités d'azote employées, tout en augmentant les rendements de cinq pour cent³⁷. Une stratégie de gestion de l'azote en fonction de chaque site a permis d'augmenter de près de 370 pour cent l'efficacité d'absorption de l'azote dans les plaines du Nord de la Chine⁹. Étant donné que l'absorption moyenne d'azote par les plantes en riziculture intensive est d'environ 30 pour cent, il s'agit d'un résultat remarquable, qui contribue dans une large mesure à réduire les effets négatifs de la riziculture sur l'environnement. La technologie complexe de gestion des nutriments en fonction de chaque site est actuellement simplifiée afin d'en faciliter une plus large adoption auprès des agriculteurs.



riz

La marche à suivre

Les mesures suivantes doivent être prises pour améliorer les pratiques actuelles de gestion des terres et jeter les bases voulues pour l'intensification durable des cultures. Ce sont les partenaires nationaux qui doivent prendre l'initiative, avec l'aide de la FAO et d'autres organismes internationaux.

Établissement de réglementations nationales pour une bonne gestion des terres. Un train de mesures favorables devrait encourager les agriculteurs à adopter des systèmes durables d'exploitation agricole, sur la base de sols sains. Des capacités de commandement sont nécessaires pour établir et contrôler les pratiques optimales, avec la participation active des petits agriculteurs et de leurs communautés. Quant aux gouvernements, ils doivent être prêts à réglementer les pratiques agricoles qui entraînent la dégradation des sols et constituent une grave menace pour l'environnement.

Suivi de la santé des sols. Les décideurs et les institutions nationales chargées de l'environnement ont besoin d'outils et de méthodes pour vérifier les effets des pratiques agricoles. Le suivi de la santé des sols est une tâche très difficile, mais on s'efforce actuellement de l'exécuter au niveau mondial³⁸, régional et national³⁹. Le suivi des effets de la production agricole a nettement progressé dans les pays développés mais, dans de nombreux pays en développement, cette activité n'en est encore qu'à ses débuts. La FAO et ses partenaires ont établi une liste de méthodes et d'outils pouvant être utilisés pour la réalisation d'évaluations et pour le suivi⁴⁰. Il convient de distinguer les indicateurs de base sur la qualité du sol, exigeant une élaboration immédiate ou à long terme⁴¹. Les indicateurs prioritaires sont la teneur des sols en matière organique, l'équilibre entre les différents nutriments, les écarts de rendement, l'intensité d'utilisation des sols et leur diversité et enfin le couvert des terres. Les indicateurs qui doivent encore être élaborés se réfèrent à la qualité des sols, à la dégradation des terres et à la biodiversité agricole.

Renforcement des capacités. La gestion de la santé des sols ne peut se faire sans de vastes connaissances et son adoption généralisée exigera un renforcement des capacités, dans le cadre de programmes de formation visant les vulgarisateurs et les agriculteurs. Il faudra également renforcer les compétences des chercheurs, à la fois au niveau national et international, afin de générer les connaissances supplémentaires nécessaires pour soutenir une gestion améliorée des sols dans le cadre de l'intensification durable des cultures. Les décideurs devraient envisager de nouvelles approches, comme les groupes de soutien pour la coopération à la recherche d'adaptation⁴², qui fournissent un appui technique et une formation en cours d'emploi aux instituts nationaux de recherche et transforment les résultats de recherche en directives pratiques pour les petits agriculteurs. Il faudra renforcer les capacités nationales pour entreprendre des recherches au niveau des exploitations, en se concentrant sur la variabilité spatiale et temporelle, par exemple en recourant davantage à la modélisation des écosystèmes.

Diffusion d'informations et mise en commun des éléments utiles. Pour gérer la santé des sols à grande échelle, il faut que les informations nécessaires soient largement disponibles, notamment dans le cadre de réseaux avec lesquels les agriculteurs et les vulgarisateurs sont familiers. Compte tenu de la priorité très élevée accordée à la santé des sols dans l'intensification durable des cultures, les médias utilisés devraient comprendre non seulement les journaux nationaux et les programmes radiophoniques, mais aussi les technologies modernes de l'information et la communication, comme le téléphone portable et l'internet, qui sont des moyens bien plus efficaces pour atteindre les jeunes agriculteurs.



Chapitre 4

Les cultures et variétés

Les agriculteurs auront besoin de toute une gamme de variétés améliorées de plantes cultivées, d'origine génétique diverse, qui soient adaptées à toute une série d'écosystèmes agricoles et de méthodes d'exploitation agricole et capables de s'adapter aux changements climatiques.

Pour intensifier de manière durable les cultures, il faudra que les plantes cultivées et les variétés soient mieux adaptées aux méthodes de production tenant compte de la variabilité écologique, car les plantes et variétés actuelles ont été conçues pour un type d'agriculture à forte intensité d'intrants. L'emploi ciblé d'intrants externes exigera des plantes cultivées qui sont plus productives, qui absorbent les nutriments et l'eau de manière efficace, qui résistent mieux aux insectes nuisibles et aux maladies et qui tolèrent mieux la sécheresse, les inondations, le gel et les températures élevées. Les variétés choisies pour une intensification durable devront être adaptées à des zones géographiques et à des systèmes de production moins favorables, produire des aliments ayant une meilleure teneur nutritionnelle, tout en possédant les caractéristiques organoleptiques souhaitables, et aider à améliorer les services écosystémiques fournis.

Ces nouvelles plantes cultivées et variétés seront introduites dans des systèmes de production de plus en plus variés, où la biodiversité agricole – animaux d'élevage, pollinisateurs, prédateurs des organismes nuisibles, organismes du sol et arbres fixant l'azote – est également un facteur important. Les variétés se prêtant à l'intensification durable devront pouvoir s'adapter à l'évolution des méthodes de production et des systèmes agricoles (voir le chapitre 2) et à la protection intégrée contre les ravageurs (voir le chapitre 6).

L'intensification durable des cultures ira de pair avec l'adaptation aux changements climatiques, qui devraient entraîner une modification du calendrier, de la fréquence et de la quantité des précipitations, provoquant de graves sécheresses dans certaines régions et des inondations dans d'autres. Il est probable que les épisodes météorologiques extrêmes se fassent plus fréquents et que l'on assiste à l'érosion des sols, à la dégradation des terres et à la perte de biodiversité. Nombre des conditions à réunir pour pouvoir s'adapter aux changements climatiques sont identiques à celles nécessaires à l'intensification durable des cultures. L'amélioration de la diversité génétique permettra d'améliorer les capacités d'adaptation, alors que la résistance accrue au stress biotique et abiotique viendra améliorer les facultés d'adaptation du système d'exploitation agricole.

Intensifier durablement les cultures, cela veut dire non seulement mettre au point une nouvelle gamme de variétés, mais aussi élargir l'éventail des variétés en puisant dans un plus grand nombre de cultures qui, de nos jours, sont souvent négligées par les obtenteurs du secteur public ou privé. Les agriculteurs devront également avoir le moyen et la possibilité d'insérer ce matériel végétal dans leurs différents systèmes de production. On comprend donc pourquoi la gestion des ressources phyto-génétiques, la mise au point de nouvelles plantes cultivées et variétés et la fourniture de semences et de matériel de plantation appropriés et de qualité aux agriculteurs revêtent une telle importance pour l'intensification durable des cultures.

Principes, concepts et contraintes

Le système appelé à fournir aux agriculteurs des variétés à haut rendement et bien adaptées se subdivise en trois parties: la *conservation et la distribution des ressources phylogénétiques*, la *mise au point de variétés et la production et la fourniture de semences*. Le bon fonctionnement de tout le système dépendra étroitement de la solidité des liens existant entre les différentes parties. Il faudra disposer de matériel conservé et amélioré pour la mise au point de variétés et celle-ci devra se faire à un rythme suffisant pour répondre à l'évolution de la demande et des besoins. Il est essentiel de fournir, en temps voulu, aux agriculteurs du matériel bien adapté, en qualité et en quantité suffisantes et à un prix abordable. Pour bien fonctionner, le système a besoin d'un cadre institutionnel approprié, ainsi que des politiques et des méthodes appuyant ses composantes et les liens existants entre elles.

Des efforts coordonnés devront être déployés au niveau international, national et local afin d'améliorer la conservation des ressources phylogénétiques – *ex situ, in situ* et à l'exploitation – et de fournir de manière plus efficace du matériel génétique aux différents utilisateurs¹. De nos jours, les banques de gènes du monde entier contiennent environ 7,4 millions d'entrées. Ces collections sont complétées par des variétés traditionnelles et des plantes sauvages apparentées à des variétés cultivées, conservées *in situ* par des programmes nationaux et des agriculteurs, et par du matériel conservé dans des programmes de sélection végétale réalisés par le secteur public et privé². La réussite de l'intensification durable des cultures passe par la mise en place de solides programmes nationaux de conservation, ainsi que par l'amélioration de la disponibilité et de la distribution d'une plus large gamme de variétés inter- et intraspécifiques.

Les questions techniques et institutionnelles, ainsi que les politiques générales, ont une influence sur l'efficacité des programmes d'amélioration des plantes cultivées. Pour la présélection de variétés, il faut disposer d'une vaste gamme de matériel génétique différent. Désormais, les programmes de sélection végétale entrepris par les autorités nationales ou par le secteur privé recourent largement à la génétique moléculaire et à d'autres biotechnologies, qui peuvent contribuer de façon essentielle aux objectifs de sélection en vue de l'intensification durable des cultures³. Quant aux politiques générales et aux aspects réglementaires, ils doivent couvrir la mise sur le marché des variétés, mais prévoir aussi des dispositions de protection de la propriété intellectuelle, une législation semencière et le recours à des technologies de restriction.

Les avantages potentiels de la conservation des ressources phylogénétiques et de la sélection végétale ne pourront pas se concrétiser tant que des semences de qualité de variétés améliorées ne seront pas distribuées aux agriculteurs dans le cadre d'un système efficace de multiplication et de distribution de semences. Les essais de variétés de matériel génétique prometteur, issu des programmes de sélection végétale, devront être suivis par la mise en circulation rapide des meilleures variétés pour la multiplication de semences de sélection précoce. D'autres étapes essen-

tielles doivent avoir lieu avant la vente de semences aux agriculteurs: production certifiée de semences et assurance de qualité fournie par le service semencier national. Les secteurs publics et privés doivent soutenir cette chaîne de valeur et, dans la mesure du possible, des sociétés semencières locales devraient produire des semences certifiées et les vendre aux agriculteurs.

Les petits agriculteurs du monde entier continuent à utiliser très largement les semences conservées à l'exploitation et n'ont guère accès à des systèmes semenciers commerciaux. Dans certains pays, plus de 70 pour cent des semences sont gérés dans le cadre du système semencier des agriculteurs, même dans le cas de plantes très largement cultivées. Les systèmes structurés, comme les systèmes de conservation des semences à l'exploitation, ont un rôle essentiel à jouer dans la distribution de matériel génétique adapté à l'intensification durable. Les différentes méthodes et procédures adoptées à l'appui de l'intensification durable des cultures devront tenir compte des modalités de fonctionnement des systèmes semenciers des agriculteurs et les renforcer afin de fournir aux agriculteurs une masse plus importante de matériel génétique neuf.

Si l'on veut faire que les différentes parties du système de conservation des ressources phytogénétiques et de distribution de semences répondent aux conditions requises pour l'intensification durable, il faut adopter des politiques et un cadre réglementaire efficaces, disposer d'institutions appropriées, réaliser un programme permanent de renforcement des capacités et, surtout, assurer la participation des agriculteurs. Il est également important de mettre en place un programme solide de recherche afin de fournir des informations, de nouvelles techniques et du matériel génétique neuf. Idéalement, un tel programme reflétera les connaissances et les expériences des agriculteurs, renforcera les liens entre les agriculteurs et les chercheurs provenant de différentes disciplines et appuiera la dynamique et l'évolution des besoins des systèmes d'intensification durable.

Des approches pour produire plus avec moins

► Amélioration de la conservation et de l'utilisation des ressources phylogénétiques

Les ressources phylogénétiques – c'est-à-dire la diversité inter- et intraspécifique des plantes cultivées, des variétés et des plantes sauvages apparentées aux espèces cultivées – jouent un rôle central dans le développement de l'agriculture et de l'amélioration des aliments et des autres produits agricoles, d'un point de vue tant quantitatif que qualitatif. Les gènes provenant de variétés traditionnelles et de plantes sauvages apparentées à des plantes cultivées étaient au cœur de la Révolution verte: ils ont donné aux variétés modernes de blé et de riz des caractères semi-nanisants et leur ont conféré une meilleure résistance aux principaux insectes nuisibles et maladies.

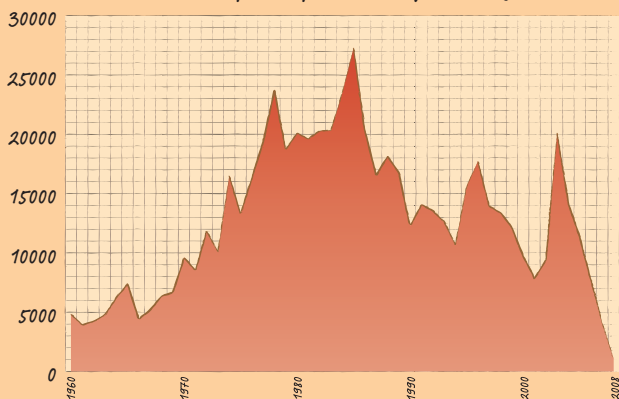
Pour réussir à intensifier les cultures de manière durable, il faudra utiliser plus efficacement les ressources phylogénétiques, en suivant de nouvelles pistes. S'il est vrai que les gènes provenant de variétés locales et de plantes sauvages apparentées à des espèces cultivées revêtent une importance cruciale pour la mise au point de nouvelles variétés, des préoccupations croissantes se font également jour quant à la perte de diversité au niveau planétaire et à la

nécessité de prendre des mesures pour conserver cette diversité. L'importance des ressources phylogénétiques a été reconnue à plusieurs reprises, au niveau international, que ce soit dans les conclusions du Sommet mondial sur la sécurité alimentaire⁴, tenu en 2009, lors de la ratification, par plus de 120 pays, du Traité international sur les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture⁵, ou dans les objectifs stratégiques de la Convention sur la diversité biologique⁶.

Les dimensions internationales joueront un rôle fondamental dans la mobilisation des ressources phylogénétiques pour l'intensification durable des cultures. Le cadre international pour la conservation et l'utilisation durable des ressources phylogénétiques a été nettement renforcé par le Traité international, le Fonds fiduciaire mondial pour la diversité des cultures et le programme de travail de la CDB sur la biodiversité agricole. Un système mondial capable d'appuyer l'intensification durable des cultures est en train de voir le jour. Étant donné qu'une grande partie de la diversité nécessaire pour l'intensification durable peut être conservée dans d'autres pays ou dans des banques de gènes internationales du GCRAI, la participation des pays aux programmes internationaux jouera un rôle essentiel.

Les pays en développement devront renforcer leurs programmes nationaux sur les ressources phylogénétiques, en promulguant des lois appropriées permettant de mettre en application les clauses du Traité international sur les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Des directives ont été préparées pour l'application de ces clauses⁷ et le Secrétariat du Traité, Bioversity et la FAO travaillent sur des questions de mise en application, en collaboration avec environ 15 pays. La mise

Nombre d'entrées recueillies chaque année depuis 1960 et conservées dans les principales banques de gènes



FAO. 2010. The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome.

en application du Plan d'action mondial révisé pour la conservation et l'utilisation durable des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et agriculture et de l'Article 9 du Traité international, concernant le Droit des Agriculteurs, apportera une contribution essentielle à la création de cadres opérationnels nationaux pour l'intensification durable.

Avant d'adopter des stratégies d'intensification durable, les pays devront connaître l'aire d'extension et la répartition des diverses plantes cultivées et des plantes sauvages apparentées. Les technologies permettant de dresser la cartographie de la diversité, ainsi que de localiser la diversité biologique menacée par les changements climatiques, ont été améliorées⁸. Un grand projet appuyé par le Fonds pour l'environnement mondial et réalisé en Arménie, en Bolivie, à Madagascar, à Sri Lanka et en Ouzbékistan a défini et expérimenté des méthodes permettant d'améliorer la conservation et l'utilisation des plantes sauvages apparentées à des espèces cultivées. Dans le cadre de ce projet, on a mis en place des plans de gestion conservatoire par zone et par espèce, identifié les mesures de gestion à prendre, face aux changements climatiques, pour conserver la diversité biologique utile et lancé des programmes de sélection végétale en utilisant les nouveaux matériaux identifiés grâce aux activités de conservation et d'établissement des priorités⁹.

L'intensification exigera une injection accrue de matériel génétique et de variétés prometteuses dans les programmes de sélection. Le système multilatéral d'accès et de mise en commun des bénéfices relevant du Traité international sur les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture fournit le cadre international voulu, même s'il pourrait être nécessaire de l'élargir à un

plus grand nombre de plantes cultivées par rapport à celles actuellement couvertes par l'Annexe 1 du Traité, compte tenu de



banane

l'importance croissante de la diversité pour l'intensification durable. D'un point de vue technique, on dispose d'un certain nombre de procédures pour identifier le matériel utile présent dans les grandes collections, comme la stratégie d'identification ciblée du matériel génétique, actuellement mise au point¹⁰. Pour déplacer le matériel génétique, il faudra également améliorer les capacités et les méthodes phytosanitaires, ainsi que les capacités de distribution des banques de gènes.

La caractérisation et l'évaluation détaillées des collections des banques de gènes au niveau national et local, y compris l'évaluation de matériel génétique potentiellement utile, réalisées avec la participation des agriculteurs, contribueront dans une large mesure à l'amélioration de l'utilisation des ressources phylogénétiques. Pour utiliser les ressources de manière efficace, il faut également disposer de programmes solides de recherche et de présélection. L'initiative mondiale sur la sélection végétale prépare un manuel sur la présélection, qui devrait aider à développer ces capacités. Toutefois, en dernière analyse, les pays et le secteur privé s'occupant de la sélection des plantes devront appuyer le renforcement des capacités nationales



blé sauvage

de recherche agricole, en introduisant des cours universitaires sur la conservation et la sélection des plantes en vue de l'intensification durable des cultures.

► Mettre au point des variétés améliorées et adaptées

Pour intensifier les cultures de manière durable, il faut disposer de variétés de plantes qui soient adaptées aux différentes méthodes agronomiques, aux besoins des agriculteurs dans des écosystèmes agricoles variés sur le plan local et aux effets des changements climatiques. De telles variétés auront comme principales caractéristiques une plus grande tolérance à la chaleur, à la sécheresse et au gel, ainsi qu'une meilleure efficacité en fonction des intrants utilisés et

une plus grande résistance aux ravageurs et aux maladies. Cela exigera la mise au point d'un plus grand nombre de variétés, à partir d'un matériel génétique plus varié.

Étant donné qu'il faut de nombreuses années pour produire de nouvelles variétés, les programmes de sélection végétale devront être stables, dotés de personnel compétent et financés par des crédits suffisants. Le secteur public et les obtenteurs

privés joueront un rôle important dans l'élaboration de ces variétés, le secteur public se concentrant souvent sur les principales cultures et les obtenteurs privés, sur les cultures de rapport. Plus le système sera ouvert et vigoureux et plus grandes seront les chances de mettre effectivement au point de nouvelles variétés.

Un net renforcement du soutien public aux programmes de présélection et de recherche sur la sélection des plantes constituerait un grand pas en avant. L'intensification durable exige de nouvelles variétés, une redéfinition des objectifs et des méthodes de la sélection génétique et enfin l'adoption de méthodes de sélection massale. Des caractéristiques comme la résilience et la stabilité en phase

de production devront être inhérentes et ne pas dépendre d'intrants extérieurs.

Les programmes traditionnels de sélection, qu'ils soient publics ou privés, n'arriveront probablement pas à fournir toutes les nouvelles plantes nécessaires, ni à produire les variétés les plus appropriées, notamment dans le cas des cultures d'importance mineure auxquelles sont attribuées des ressources limitées. La sélection végétale participative peut aider à combler cette lacune.

Par exemple, le Centre international de recherches agricoles dans les régions sèches (ICARDA), conjointement avec la République arabe syrienne et d'autres pays du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord, a mis en œuvre un programme de sélection génétique participative d'orge qui conserve de hauts niveaux de diversité et produit du matériel amélioré permettant d'obtenir de bons rendements même si les précipitations sont faibles (moins de 300 mm par an). Les agriculteurs participent à la sélection du matériel parental et aux évaluations à la ferme. En Syrie, les rendements ont été nettement améliorés, tout comme la résistance des variétés au stress hydrique¹¹.

Il convient d'introduire des politiques et des règlements pour appuyer la production de nouvelles variétés et veiller à ce que des bénéficiaires adéquats puissent être réalisés par le secteur public et privé s'occupant de sélection végétale. Les procédures à mettre en place devraient toutefois être plus ouvertes et plus souples que les procédures actuelles, fondées sur les brevets, ou que les dispositions prises dans le cadre de l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales (UPOV). Les caractéristiques d'uniformité et de stabilité des variétés adaptées à l'intensification durable pourraient être différentes de celles envisagées actuellement dans le cadre de l'UPOV et il pourrait être nécessaire de reconnaître les Droits des agriculteurs, tels que stipulés dans le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Mais les politiques et les règlements doivent, avant tout, appuyer la diffusion rapide de matériel adapté à l'intensification durable des



orge

cultures, car dans de nombreux pays, l'étape d'approbation des nouvelles variétés prend beaucoup trop de temps.

Dans un certain nombre de pays, le cadre institutionnel disponible pour appuyer la mise au point et la diffusion des variétés reste faible. Il faudra modifier des programmes universitaires et d'autres programmes de formation afin de produire un plus grand nombre d'obteneurs et de chercheurs en sélection végétale, capables d'utiliser des méthodes d'amélioration des plantes en vue de l'intensification durable des cultures. Il faudrait associer plus étroitement les agriculteurs à l'identification des objectifs de sélection, ainsi qu'au processus de sélection. Il conviendra également de renforcer les services de vulgarisation, afin de répondre aux besoins exprimés par les agriculteurs et de fournir des orientations pratiques et avisées sur la culture des nouvelles variétés.

► Amélioration de la production et de la distribution de semences

Une considération fondamentale, lors de la planification de programmes d'intensification durable des cultures, est de déterminer le niveau du système semencier national et sa capacité à fournir des semences de qualité, pour des variétés adaptées aux besoins des agriculteurs. Il faudrait, dans un premier temps, élaborer une politique et des réglementations semencières appropriées, en consultation avec toutes les principales parties prenantes, pour favoriser la diffusion des variétés.

Cette politique devrait établir un cadre permettant de mieux coordonner les secteurs publics et privés, ainsi qu'un plan d'action pour le développement d'une industrie semencière capable de produire les semences de qualité dont ont besoin les agriculteurs. Dans de nombreux pays en développement, cette politique devrait également reconnaître que les agriculteurs mettent de côté des semences, qui sont une source importante de

matériel de propagation. Étant donné que les entreprises semencières locales joueront un rôle important dans l'intensification durable, il est essentiel de créer un environnement favorable à ces entreprises. Quant au plan d'action, il devrait identifier les lacunes et les faiblesses du secteur et préciser les principales mesures à prendre pour y remédier.

Un cadre renforcé pourrait aussi être nécessaire pour la production et le transport des semences. Il est important d'harmoniser les législations entre les différents pays, car les réglementations et la législation doivent favoriser la diffusion rapide de nouvelles plantes et le transfert de nouvelles variétés d'une région à une autre. Par exemple, douze pays membres de la Communauté économique des États d'Afrique de l'Ouest ont adopté des lois harmonisées sur les semences. Les systèmes de gestion de la qualité des semences peuvent éprouver des difficultés à maintenir et utiliser un grand nombre de variétés; l'élaboration d'un système de semences de qualité déclarée permettra donc de préserver la qualité lors du processus d'adaptation des méthodes semencières en vue de l'intensification durable.

L'une des conséquences probables de l'intensification durable des cultures sera l'importance accrue accordée aux producteurs locaux de semences, ainsi qu'aux marchés locaux pour l'approvisionnement des agriculteurs. On reconnaît de plus en plus le rôle joué par les marchés dans la préservation de la diversité¹². On peut soutenir les marchés en lançant des initiatives telles que les foires locales de la diversité, des banques de semences locales et des registres communautaires de la diversité biologique, qui encouragent la préservation et la distribution de matériel local et facilitent l'amélioration de sa qualité⁸.



La marche à suivre

Les mesures prises dans les domaines techniques et institutionnels, ainsi que dans celui des politiques d'orientation, peuvent faire en sorte que les systèmes d'utilisation des ressources phytogénétiques et de livraison des semences fonctionnent de manière efficace, à l'appui de l'intensification durable des cultures. Même si elles supposent l'intervention de plusieurs institutions et sont prises à différents niveaux, les mesures nécessaires auront un effet maximal si elles sont coordonnées. Les mesures suivantes sont recommandées:

- ▶ *Renforcer les liens entre la conservation des ressources phytogénétiques et l'utilisation de la diversité dans les activités de sélection végétale*, moyennant notamment l'amélioration de la définition et de l'évaluation des caractères se rapportant à l'intensification durable des cultures, parmi une plus large gamme de plantes cultivées, l'appui accru à la présélection et à l'amélioration par sélection massale et enfin le net renforcement de la collaboration entre les institutions s'occupant de la conservation et de la sélection.
- ▶ *Renforcer la participation des agriculteurs à la conservation, à l'amélioration des plantes cultivées et à la fourniture de semences*, à l'appui d'activités portant sur une plus large gamme de plantes, pour faire en sorte que les nouvelles variétés soient compatibles avec les méthodes utilisées par les agriculteurs et avec leur expérience, et pour renforcer la conservation des ressources phytogénétiques à l'exploitation, ainsi que les systèmes paysans d'approvisionnement semencier.
- ▶ *Améliorer les politiques et les législations portant sur l'élaboration et la diffusion des variétés*, y compris mettre en application, au niveau national, des dispositions du Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, élaborer une législation souple concernant la diffusion des variétés et établir ou réviser des politiques et des législations semencières.
- ▶ *Renforcer les capacités* en créant une nouvelle génération d'agents qualifiés pour appuyer les activités élargies de sélection végétale, le travail avec les agriculteurs et la mise à profit des cultures et variétés pour contribuer au succès de l'intensification.
- ▶ *Redynamiser le secteur public et étendre son rôle* dans l'élaboration de nouvelles variétés de plantes cultivées, en créant un environnement favorisant le développement du secteur semencier et en faisant en sorte que les agriculteurs disposent des connaissances requises pour utiliser concrètement ces nouvelles variétés.
- ▶ *Appuyer l'apparition d'entreprises semencières locales du secteur privé* en appliquant une démarche intégrée, où sont pris en considération les organisations de producteurs, les liens avec le marché et la valeur ajoutée.
- ▶ *Coordonner les liens avec d'autres composantes essentielles de l'intensification durable* comme les pratiques agronomiques appropriées, la gestion des sols et des eaux, la protection intégrée contre les ravageurs, le crédit et la commercialisation.

Plusieurs pays et institutions sont déjà en train de prendre nombre de ces mesures. Le défi à relever est de mettre en commun les expériences, de se fonder sur les pratiques optimales qui ont été identifiées et testées et de se concentrer sur leur adaptation, en fonction des objectifs et des méthodes spécifiques de l'intensification durable. On pourra ainsi veiller à ce que la diversité biologique requise pour l'intensification durable, qui est déjà disponible dans les banques de gènes et les champs des agriculteurs, soit effectivement et efficacement mobilisée, dans les meilleurs délais.