



# PRODUIRE PLUS AVEC MOINS

GUIDE À L'INTENTION DES DÉCIDEURS  
SUR L'INTENSIFICATION DURABLE  
DE L'AGRICULTURE PAYSANNE

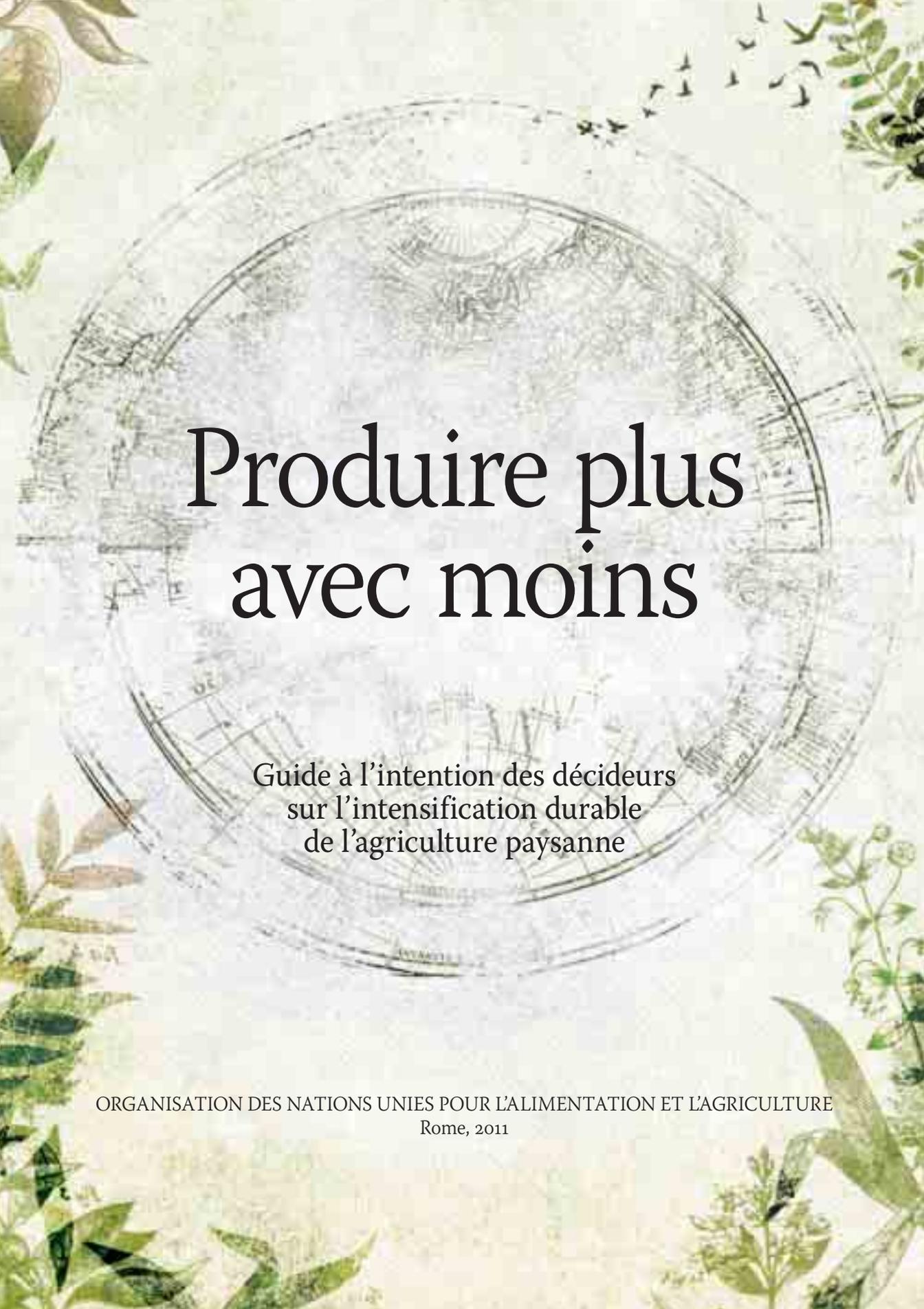


A detailed botanical illustration of a plant, likely a legume, with pinnate leaves and a seed pod. The plant is shown in a vertical orientation, with the seed pod on the left and the leaves extending to the right. The background is a light, textured green.

Le modèle actuel d'intensification de la production ne permet pas de relever les défis du nouveau millénaire. Il va falloir apprendre à *produire plus avec moins*. Le présent ouvrage présente un nouveau modèle: l'intensification durable des cultures, qui permet d'accroître la production sur une même superficie tout en préservant les ressources, en réduisant l'impact négatif sur l'environnement et en améliorant le capital naturel et le flux des services environnementaux.

*«La consommation non durable des ressources naturelles fait peser une grave menace sur la sécurité alimentaire. Cet ouvrage montre qu'il serait possible de lancer une révolution encore plus verte qui permettrait d'accroître de façon permanente la productivité sans nuire à l'environnement. Souhaitons qu'il rencontre un large écho.»*

**M. S. Swaminathan**  
Père de la Révolution verte en Inde



# Produire plus avec moins

Guide à l'intention des décideurs  
sur l'intensification durable  
de l'agriculture paysanne

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE  
Rome, 2011

Réimpression 2011, 2012, 2013

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

ISBN 978-92-5-206871-6

Tous droits réservés. La FAO encourage la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Les utilisations à des fins non commerciales seront autorisées à titre gracieux sur demande. La reproduction pour la revente ou d'autres fins commerciales, y compris pour fins didactiques, pourrait engendrer des frais. Les demandes d'autorisation de reproduction ou de diffusion de matériel dont les droits d'auteur sont détenus par la FAO et toute autre requête concernant les droits et les licences sont à adresser par courriel à l'adresse [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org) ou au: Chef de la Sous-Division des politiques et de l'appui en matière de publications, Bureau de l'échange des connaissances, de la recherche et de la vulgarisation, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome (Italie).

© FAO 2011

# Avant-propos

Avec la publication, en 2011, de *Produire plus avec moins*, la FAO a proposé un nouveau modèle de production agricole intensive, à la fois très productif et durable sur le plan de l'environnement. L'Organisation a constaté que, au cours de ces cinquante dernières années, une agriculture basée sur l'utilisation intensive d'intrants avait permis d'accroître la production mondiale d'aliments et la consommation alimentaire moyenne par habitant. Ce faisant, toutefois, ce type d'agriculture a entraîné la surexploitation de bon nombre d'écosystèmes, mettant en péril la productivité future, et provoqué une augmentation des émissions des gaz à effet de serre responsables du changement climatique. Elle n'a en outre pas permis de réduire le nombre de personnes qui souffrent de faim chronique, nombre aujourd'hui estimé à 870 millions.

Nous devons faire en sorte d'asseoir la production et la consommation alimentaires sur une base véritablement durable. D'ici à 2050, d'après les projections, la population de la planète passera de 7 milliards à 9,2 milliards d'habitants, ce qui exigera une augmentation de la production alimentaire mondiale de l'ordre de 60 pour cent si les tendances actuelles se confirment. Étant donné la diminution des surfaces de terre inutilisées présentant un bon potentiel agricole, il faudra, pour répondre à cette demande, accroître sans cesse le rendement des cultures et, ce, dans un contexte de concurrence de plus en plus féroce autour des ressources foncières et hydriques, de hausse des prix des carburants et des engrais et de lutte contre les effets du changement climatique.

**La publication *Produire plus avec moins*** aborde la question de la production d'aliments dans le contexte d'une gestion durable des denrées alimentaires. En substance, elle appelle à une révolution encore plus verte moyennant une approche écosystémique qui mette à profit la contribution de la nature à la croissance des plantes: matières organiques du sol, régulation des débits d'eau, pollinisation et lutte biologique contre les maladies et les insectes ravageurs. Elle propose une boîte à outils qui offre une panoplie complète de pratiques à la fois pertinentes, adoptables et adaptables s'appuyant sur l'écosystème, qui peuvent aider les 500 millions de petites exploitations familiales à accroître leur productivité et leur rentabilité et à faire un usage plus efficace des ressources, tout en renforçant le capital naturel.

Ces pratiques agricoles respectueuses de l'environnement allient souvent connaissances traditionnelles et technologies modernes adaptées aux besoins des petits producteurs. Elles encouragent également le recours à l'agriculture de conservation, qui stimule les rendements tout en améliorant la qualité du sol. Elles permettent de maîtriser les insectes ravageurs en protégeant leurs ennemis naturels plutôt qu'en pulvérisant des pesticides sur les cultures sans discrimination. Grâce à une utilisation judicieuse des engrais minéraux, elles évitent de nuire indirectement à la qualité de l'eau. Elles mettent à profit l'irrigation de précision afin d'apporter la juste quantité d'eau au bon endroit et au bon

moment. L'approche *Produire plus avec moins* est parfaitement cohérente avec les principes d'une agriculture raisonnée au regard du climat: elle renforce la capacité de résistance face au changement climatique et réduit les émissions de gaz à effet de serre, par exemple grâce à une plus grande rétention de carbone dans le sol.

**Pour qu'une telle approche holistique** soit adoptée, ses seules vertus environnementales ne suffisent pas: les agriculteurs doivent y voir des avantages concrets, tels qu'une augmentation de leurs revenus, une réduction de leurs frais et des perspectives de moyens de subsistance durables, ainsi qu'une compensation pour les avantages environnementaux qu'ils procurent. Les responsables politiques doivent mettre en place des mesures d'incitation, par exemple en récompensant la bonne gestion des systèmes agroécologiques et en développant la recherche financée et gérée par le secteur public. Il faut agir pour asseoir et protéger les droits aux ressources, en particulier au profit des plus vulnérables. Les pays développés peuvent soutenir une intensification agricole durable en fournissant aux pays en développement une aide appropriée, et il y a beaucoup à gagner également d'un partage de l'expérience acquise entre pays en développement, grâce à la coopération Sud-Sud.

Nous devons aussi prendre conscience que la durabilité de la production alimentaire n'est que l'une des facettes du défi qui nous attend. Du côté de la consommation, nous devons amorcer une transition vers des régimes nutritifs à plus faible empreinte écologique et réduire les pertes et le gaspillage de produits alimentaires, qui sont actuellement estimés à 1,3 milliard de tonnes par an. Enfin, nous ne réussirons à vaincre la faim et à mettre en place des modes de production et de consommation durables qu'en instaurant des systèmes de gouvernance alimentaire et agricole transparents, participatifs, axés sur les résultats et responsables, du niveau mondial au niveau local.

**Cette troisième réimpression** de *Produire plus avec moins* paraît dans le sillage de la Conférence Rio+20, réunie en juin 2012, et du lancement du «Défi Faim Zéro» par le Secrétaire général des Nations Unies, Ban Ki-moon. Le défi comporte cinq axes: garantir un accès à une nourriture adéquate tout au long de l'année, reléguer au passé le retard de croissance chez l'enfant, doubler la productivité des petits exploitants, encourager les systèmes de production alimentaire durable, et réduire à néant le gaspillage et les pertes alimentaires. En aidant les pays à adopter les politiques et les approches exposées dans *Produire plus avec moins*, la FAO entend relever ce défi et contribuer à bâtir le monde sans faim que nous souhaitons tous.



**José Graziano da Silva**

*Directeur général*

*Organisation des Nations Unies*

*pour l'alimentation et l'agriculture*

# Table des matières

Avant-propos	<b>iii</b>
Remerciements	<b>vi</b>
Aperçu général	<b>vii</b>
<i>Chapitre 1: Le défi</i>	<b>1</b>
<i>Chapitre 2: Les systèmes d'exploitation agricole</i>	<b>15</b>
<i>Chapitre 3: La santé des sols</i>	<b>27</b>
<i>Chapitre 4: Les cultures et variétés</i>	<b>39</b>
<i>Chapitre 5: La gestion de l'eau</i>	<b>51</b>
<i>Chapitre 6: La protection des plantes</i>	<b>65</b>
<i>Chapitre 7: Les politiques et institutions</i>	<b>77</b>
Sources	<b>95</b>
Abréviations	<b>102</b>

## Remerciements

Le présent ouvrage a été publié sous la direction de Shivaji Pandey, Directeur de la Division de la production végétale et de la protection des plantes de la FAO. Des lignes directrices ont été fournies par un Comité directeur et un Groupe technique consultatif. La mise en forme finale, sur le plan technique, a été assurée par Mangala Rai (Président de l'Académie nationale des sciences de l'Inde), Timothy Reeves (ex-Directeur général du Centre international d'amélioration du maïs et du blé) et Shivaji Pandey.

### Auteurs

#### *Auteurs principaux:*

Linda Collette (FAO), Toby Hodgkin (Bioversity International), Amir Kassam (Université de Reading, Royaume-Uni), Peter Kenmore (FAO), Leslie Lipper (FAO), Christian Nolte (FAO), Kostas Stamoulis (FAO), Pasquale Steduto (FAO)

#### *Collaborateurs:*

Manuela Allara (FAO), Doyle Baker (FAO), Hasan Bolkan (Campbell Soup Co., États-Unis d'Amérique), Jacob Burke (FAO), Romina Cavatassi (FAO), Mark L. Davis (FAO), Hartwig De Haen (Université de Göttingen, Allemagne), João Carlos de Moraes Sá (Université d'État de Ponta Grossa, Brésil), Marjon Fredrix (FAO), Theodor Friedrich (FAO), Kakoli Ghosh (FAO), Jorge Hendrichs (FAO/AIEA), Barbara Herren (FAO), Francesca Mancini (FAO), Philip Mikos (CE), Thomas Osborn (FAO), Jules Pretty (Université d'Essex, Royaume-Uni), David Radcliffe (CE), Timothy Reeves (Timothy G. Reeves and Associates P/L, Australie), Mike Robson (FAO), Amit Roy (Centre international de développement des engrais), Francis Shaxson (Association d'agriculture tropicale, Royaume-Uni), Hugh Turrall (RPF P/L, Australie), Harry Van der Wulp (FAO)

### Comité directeur

*Président:* Shivaji Pandey (FAO)  
Rodney Cooke (FIDA), Dennis Garrity (Centre mondial d'agroforesterie), Toby Hodgkin (Bioversity International), Philip Mikos (CE), Mohammad Saeid Noori Naeini (Iran), Timothy Reeves (Timothy G. Reeves and Associates P/L, Australie), Amit Roy (Centre international de développement des engrais), M. S. Swaminathan (Fondation de recherche M. S. Swaminathan, Inde)

### Groupe technique consultatif

Hasan Bolkan (Campbell Soup Co., États-Unis d'Amérique), Anne-Marie Izac (Future Harvest Alliance, France), Louise Jackson (Université de Californie, Davis, États-Unis d'Amérique), Janice Jiggins (Université et Centre de recherche de Wageningen, Pays-Bas), Patrick Mulvany (Groupe de développement des technologies intermédiaires), Wayne Powell (Université d'Aberystwyth, Royaume-Uni), Jessie Sainz Binamira (Département de l'agriculture, Philippines), Bob Watson (Université d'East Anglia, Royaume-Uni)

# Aperçu général

## 1. Le défi

*Pour nourrir une population mondiale, en pleine expansion, nous n'avons pas d'autre choix que d'intensifier les cultures. Mais les agriculteurs sont confrontés à des contraintes sans précédent. Il leur faudra donc apprendre à produire plus avec moins.*

La Révolution verte a permis d'accroître de manière substantielle la production alimentaire et de renforcer la sécurité alimentaire dans le monde. Mais dans de nombreux pays, l'agriculture intensive a épuisé les ressources naturelles, compromettant sa productivité future. Pour faire face à la demande dans les 40 prochaines années, les agriculteurs des pays en développement devront produire deux fois plus, une gageure quand on sait qu'ils seront confrontés aux effets combinés des changements climatiques et de la concurrence accrue pour l'accès à la terre, à l'eau et à l'énergie. Le présent ouvrage présente un nouveau modèle: l'intensification durable des cultures, qui permet d'accroître la production sur une même superficie tout en préservant les ressources, en réduisant l'impact négatif sur l'environnement et en améliorant le capital naturel et le flux des services environnementaux.

## 2. Les systèmes d'exploitation agricole

*L'intensification durable des cultures sera fondée sur des systèmes d'exploitation assurant aux producteurs et à la société dans son ensemble des gains de productivité et des avantages socioéconomiques et environnementaux.*

L'approche écosystémique de la production agricole régénère les terres agricoles et les maintient en bon état. Les systèmes d'exploitation utilisés pour l'intensification durable seront fondés sur les méthodes de l'agriculture de conservation, l'utilisation de variétés de semences de qualité et à haut rendement, la protection intégrée, la nutrition des plantes sur des sols sains, la gestion efficace de l'eau, ainsi que l'intégration des cultures, des pâturages, des arbres et du bétail. Les systèmes de production durables sont, par nature, dynamiques: ils devraient être en mesure de proposer aux agriculteurs de nombreuses méthodes, qu'ils pourront combiner et adapter en fonction des conditions de production et des contraintes locales. Ces systèmes sont fondés sur l'accumulation des savoirs. Les politiques qui encouragent l'intensification devraient renforcer les capacités au moyen de la vulgarisation, par exemple les écoles pratiques d'agriculture, et encourager la production locale d'outils agricoles spécifiques.

### 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.*

**D**es sols riches en biotes et en matières organiques sont une base essentielle pour l'accroissement de la productivité des cultures. On obtient les meilleurs rendements lorsque les nutriments proviennent à la fois d'engrais minéraux et de sources naturelles (fumier et cultures et arbres que fixent l'azote). Un emploi judicieux des engrais minéraux aide à épargner de l'argent et à faire en sorte que les nutriments parviennent bien aux plantes et ne vont pas polluer l'air, les sols et les cours d'eau. Les politiques de promotion de la santé des sols devraient encourager l'agriculture de conservation ainsi que l'association entre cultures, élevage et systèmes agroforestiers pour améliorer la fertilité des sols. Ces politiques devraient éliminer les stimulants qui encouragent les labours mécaniques et l'utilisation excessive d'engrais et transférer aux agriculteurs des méthodes de précision comme l'enfouissement profond de l'urée et la gestion des nutriments en fonction de chaque site.

### 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.*

**O**n doit aux variétés améliorées de céréales environ 50 pour cent des augmentations de rendement relevées au cours des dernières décennies. Les obtenteurs doivent atteindre des résultats similaires à l'avenir. Il n'empêche que pour livrer des variétés à haut rendement aux agriculteurs, en temps voulu, il faut considérablement améliorer le système qui relie les collections de matériel génétique, les activités de sélection végétale et la livraison des semences. Le siècle dernier, environ 75 pour cent des ressources phylogénétiques ont été perdus et un tiers de la diversité biologique actuelle pourrait disparaître d'ici à 2050. Il est donc essentiel de renforcer l'appui fourni à la collecte, à la conservation et l'utilisation des ressources phylogénétiques. Des financements sont aussi nécessaires pour redynamiser les programmes publics de sélection végétale. Les politiques devraient contribuer à relier les systèmes classiques et ceux qui utilisent des semences conservées à la ferme et à encourager la création d'entreprises semencières locales.

## 5. La gestion de l'eau

*L'intensification durable nécessite des systèmes d'irrigation plus efficaces et précis, ainsi que des systèmes d'exploitation agricole utilisant une approche écosystémique pour préserver les ressources en eau.*

Les villes et les industries sont en forte concurrence avec l'agriculture pour l'utilisation de l'eau. Même si l'irrigation permet une productivité élevée, des pressions sont actuellement exercées pour l'amener à réduire ses retombées environnementales, y compris la salinité des sols et la contamination des aquifères par les nitrates. Des techniques très importantes pour l'intensification durable seront l'irrigation de précision, axée sur les savoirs, qui permet une application fiable et souple de l'eau, ainsi que l'irrigation déficitaire et la réutilisation des eaux usées. Les politiques devront éliminer les subventions perverses qui encouragent les agriculteurs à gaspiller l'eau. Dans les zones cultivées en sec, les changements climatiques menacent des millions de petits agriculteurs et pour y accroître la productivité, il faudra utiliser des variétés améliorées, résistant à la sécheresse, ainsi que des méthodes de gestion permettant d'économiser l'eau.

## 6. La protection des plantes

*Les pesticides éliminent les ravageurs, mais aussi leurs ennemis naturels, et une utilisation excessive peut présenter des dangers pour les agriculteurs, les consommateurs et l'environnement. La première ligne de défense est un écosystème agricole sain.*

Dans les systèmes d'exploitation agricole bien gérés, les pertes de récolte dues aux insectes peuvent souvent être maintenues à un niveau minimum acceptable, en utilisant des variétés résistantes, en conservant les prédateurs et en gérant les nutriments des plantes de manière à réduire les reproductions d'insectes. Les mesures recommandées pour lutter contre les maladies comprennent l'utilisation de matériel de plantations sain, la rotation des cultures pour éliminer les agents pathogènes et l'élimination des plantes hôtes infectées. Pour lutter efficacement contre les adventices, il faut désherber à la main au bon moment, réduire au minimum les labours et couvrir le sol de résidus de végétaux. Si cela s'avère nécessaire, on utilisera des pesticides de synthèse présentant peu de risques, pour des activités de lutte ciblées, au dosage voulu et au bon moment. La protection intégrée contre les ravageurs peut être enseignée dans les écoles pratiques d'agriculture, et être encouragée par la production locale d'agents de lutte biologique, la réglementation stricte des pesticides et l'élimination des subventions.

## 7. Les politiques et institutions

*Pour encourager les petits exploitants à intensifier durablement leurs cultures, il faut modifier en profondeur les politiques et les institutions de développement agricole.*

L'agriculture doit avant tout être rentable: les petits exploitants doivent être en mesure d'acheter des intrants et de vendre leur récolte à un prix correct. Certains pays protègent les revenus en fixant des prix minimums pour les produits de base, alors que d'autres étudient des «subventions intelligentes» pour l'achat d'intrants, destinées aux producteurs à faible revenu. Les décideurs doivent également prévoir des stimulants pour encourager les petits agriculteurs à exploiter judicieusement les ressources naturelles (par exemple au moyen de paiements pour les services environnementaux ou de modes de faire-valoir qui permettent aux agriculteurs de bénéficier de l'augmentation de valeur du capital naturel) et réduire les coûts de transactions liées à l'accès au crédit, mesure nécessaire de toute urgence pour faciliter les investissements. Dans de nombreux pays, il faut introduire des réglementations pour protéger les agriculteurs contre les négociants peu scrupuleux qui leur vendent des semences et d'autres intrants contrefaits. Des investissements massifs seront nécessaires pour remettre en état les capacités de recherche et de transfert de technologies dans les pays en développement afin de fournir des technologies appropriées aux agriculteurs et d'améliorer leurs compétences dans le cadre des écoles pratiques d'agriculture.



Chapitre 1

## Le défi

*Pour nourrir une population mondiale, en pleine expansion, nous n'avons pas d'autre choix que d'intensifier les cultures. Mais les agriculteurs sont confrontés à des contraintes sans précédent. Il leur faudra donc apprendre à produire plus avec moins.*



L'histoire de l'agriculture peut être vue comme un long processus d'intensification<sup>1</sup>, à mesure que la société s'efforçait d'améliorer la productivité agricole de manière à satisfaire ses besoins toujours croissants en aliments, pour la consommation humaine et animale, et en fibres. Au cours des millénaires, les agriculteurs se sont appliqués à sélectionner et à cultiver des espèces végétales présentant un rendement plus élevé et une meilleure résistance à la sécheresse et aux maladies; ils ont construit des terrasses sur les versants des collines afin de conserver les sols et des canaux pour assurer la distribution de l'eau à travers leurs champs; ils ont remplacé la houe manuelle par la charrue tirée par des bœufs et se sont mis à utiliser le fumier animal comme engrais et le soufre contre les ravageurs.

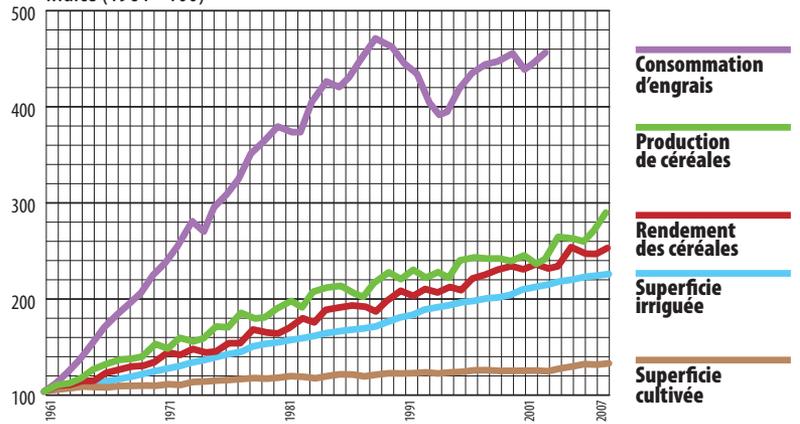
L'intensification de l'agriculture au XX<sup>e</sup> siècle, qui recourt à la biochimie et à l'ingénierie modernes, a représenté un changement de paradigme par rapport aux systèmes agricoles traditionnels, qui s'appuyaient en grande partie sur la gestion des ressources naturelles et des services écosystémiques. S'inspirant du modèle qui avait révolutionné la production manufacturière, le secteur agricole du monde industrialisé s'est mécanisé et standardisé, il a adopté des méthodes permettant d'économiser la main-d'œuvre et s'est mis à utiliser des produits chimiques pour nourrir et protéger les cultures. Le recours à des machines et à des équipements agricoles lourds fonctionnant aux combustibles fossiles, le travail intensif du sol, l'emploi de variétés végétales à haut rendement, l'irrigation, les intrants de fabrication industrielle et une intensité de capital de plus en plus forte sont autant de facteurs qui ont permis de réaliser des gains impressionnants de productivité<sup>2</sup>.

**Dans le monde en développement**, l'intensification de la production agricole a véritablement commencé avec ce que l'on a appelé la Révolution verte. Dès les années 50, on a vu s'amorcer puis s'étendre au cours de la décennie suivante à l'ensemble de la planète, un mouvement de modification des espèces cultivées et des pratiques agricoles<sup>3</sup>. Le modèle de production, initialement axé sur l'introduction, dans des régions à fort potentiel, de variétés de blé, riz et maïs de qualité supérieure et offrant un meilleur rendement<sup>4,5</sup>, avait comme maître mot l'homogénéité: le choix se portait sur des variétés présentant une uniformité génétique, cultivées à l'aide de volumes importants d'intrants complémentaires sous diverses formes (irrigation, engrais et pesticides), qui remplaçaient souvent le capital naturel. Le recours aux engrais est venu remplacer la gestion de la qualité des sols, tandis que les herbicides offraient une solution de rechange aux rotations culturales pour lutter contre les plantes adventives<sup>6</sup>.

On attribue bien des mérites à la Révolution verte, notamment en Asie: elle a donné un coup de fouet aux économies, atténué la pauvreté rurale, sauvé de vastes étendues de terres fragiles de la conversion à l'agriculture extensive et contribué à éviter que ne se vérifient les théories malthusiennes en matière de croissance démographique à l'échelle mondiale. Entre 1975 et 2000, les rendements céréaliers ont augmenté de plus de 50 pour cent en Asie du Sud-Est, tandis que la pauvreté

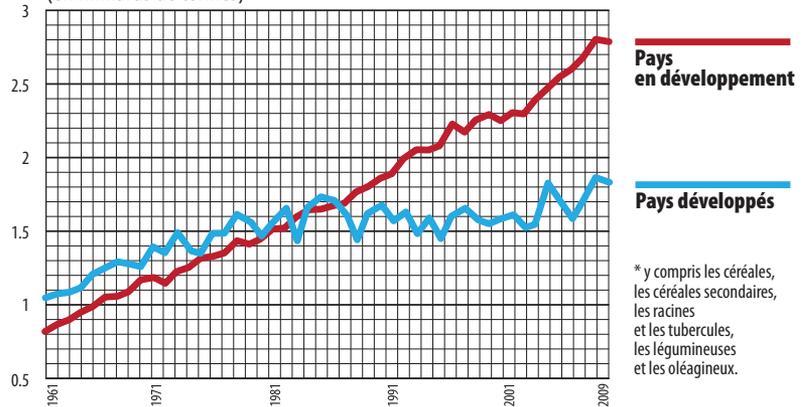
**Indicateurs d'intensification de la production agricole mondiale, 1961-2007**  
Indice (1961=100)

FAO. 2011.  
Base de données statistiques  
FAOSTAT  
(<http://faostat.fao.org/>).



**Production mondiale des principales cultures\*, 1961-2009**  
(en milliards de tonnes)

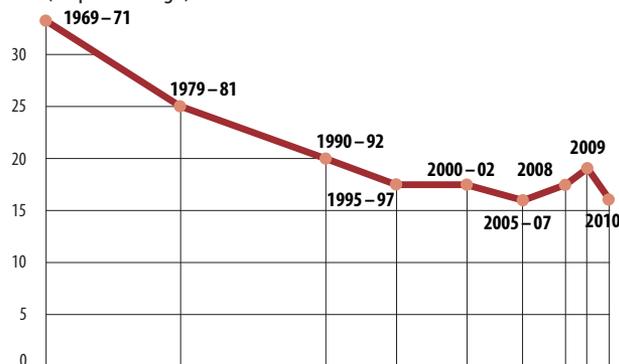
FAO. 2011.  
Base de données statistiques  
FAOSTAT  
(<http://faostat.fao.org/>).



\* y compris les céréales, les céréales secondaires, les racines et les tubercules, les légumineuses et les oléagineux.

**Personnes sous-alimentées dans la population des pays en développement, de 1969 à 2010**  
(en pourcentage)

FAO. 2010. *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde: Crises économiques – répercussions et enseignements.* Rome.



reculait de 30 pour cent<sup>7</sup>. Au cours des 50 dernières années, depuis la Révolution verte, la production mondiale annuelle de céréales, de céréales secondaires, de racines et de tubercules, de légumineuses et de cultures oléagineuses est passée de 1,8 à 4,6 milliards de tonnes<sup>8</sup>. L'augmentation des rendements ainsi que la baisse des cours des produits céréaliers ont considérablement atténué l'insécurité alimentaire au cours des années 70 et 80, au cours desquelles on a assisté à une réduction effective du nombre de personnes souffrant de sous-alimentation et ce, en dépit d'une croissance démographique relativement rapide. C'est ainsi qu'entre 1969-1971 et 2000-2002, la proportion des personnes souffrant de sous-alimentation au sein de la population mondiale est tombée de 26 à 14 pour cent<sup>9</sup>.

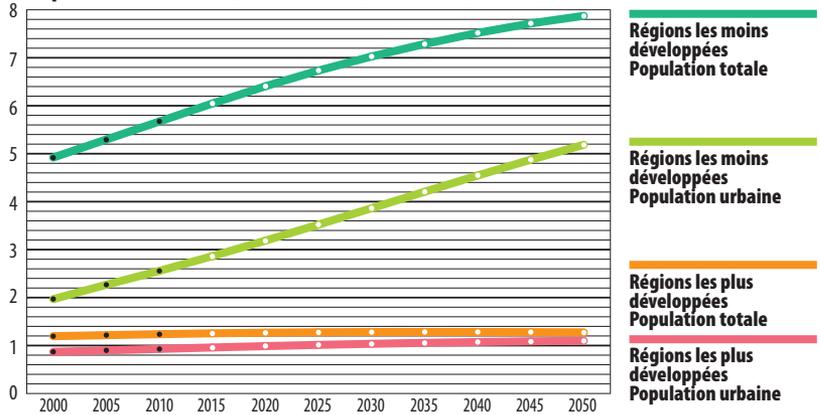
## La tempête menace

**F**orce est maintenant de constater que ces gains considérables de production et de productivité ont souvent eu des effets tellement négatifs sur les ressources naturelles agricoles qu'ils compromettent leur potentiel de production. On peut citer, parmi les «externalités négatives» liées à l'intensification, la dégradation des terres, la salinisation des zones irriguées, l'extraction excessive imposée aux nappes aquifères souterraines, le renforcement des résistances des ravageurs et l'érosion de la biodiversité. L'agriculture a également causé des dégâts à l'environnement au sens élargi, comme le déboisement, les émissions de gaz à effet de serre et la pollution des masses d'eau par les nitrates<sup>10, 11</sup>.

Il est évident que les systèmes actuels de production et de distribution des produits alimentaires ne réussissent pas à nourrir le monde. On estime que le nombre total de personnes souffrant de sous-alimentation en 2010 s'élève à 925 millions d'individus, soit plus qu'il y a quarante ans; dans l'ensemble des pays en développement, la prévalence de la sous-alimentation se chiffre à 16 pour cent de la population totale<sup>12</sup>. Environ 75 pour cent des personnes les plus touchées vivent dans les zones rurales des pays en développement et dépendent directement ou indirectement de l'agriculture pour leurs moyens d'existence<sup>13</sup>. On compte, dans leurs rangs, un bon nombre du demi-milliard de petits agriculteurs pauvres et leurs familles, qui produisent 80 pour cent des disponibilités alimentaires dans les pays en développement. Ensemble, les petits agriculteurs utilisent et gèrent plus de 80 pour cent des terres agricoles – et des proportions similaires d'autres ressources naturelles – en Asie et en Afrique<sup>14</sup>.

**Au cours des 40 prochaines années**, un certain nombre de phénomènes viendront menacer la sécurité alimentaire mondiale. On estime que la population mondiale, qui était de 6,9 milliards d'individus en 2010, passera à environ 9,2 milliards en 2050; elle augmentera essentiellement dans les régions les moins développées, les taux de croissance démographique les plus élevés se situant dans les pays les moins avancés<sup>15</sup>. En 2050, 70

**Population mondiale, 2000-2050 (en milliards)**



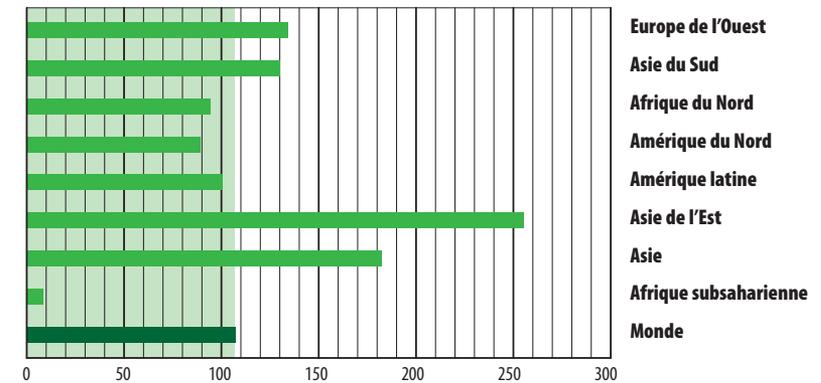
Nations Unies.  
*World urbanization prospects,  
 the 2009 revision population database*  
 (<http://esa.un.org/wup2009/unup/>).

**Rendement moyen des principales céréales,  
 1961-2009 (en t/ha)**



FAO. 2011.  
 Base de données statistiques  
 FAOSTAT  
 (<http://faostat.fao.org/>).

**Application moyenne d'engrais minéraux, 2008/2009  
 (en kg d'éléments nutritifs par ha)**



IFDC,  
 d'après la base de données statistiques  
 FAOSTAT  
 (<http://faostat.fao.org/>).

pour cent de la population vivra dans des villes, contre 50 pour cent à l'heure actuelle. Si la tendance se poursuit, cette urbanisation conjuguée à l'augmentation des revenus dans les pays en développement entraînera une augmentation de la consommation de viande, ce qui intensifiera la demande de céréales fourragères, parallèlement à une utilisation sans cesse accrue de denrées agricoles pour la production de biocarburants. D'ici 2020, les pays industrialisés pourraient consommer jusqu'à 150 kilos de maïs par habitant et par an en vue de la transformation en éthanol – à parité avec la consommation alimentaire de céréales dans les pays en développement<sup>16</sup>.

Cette évolution de la demande ne manquera pas d'aiguillonner la production de toutes les principales cultures vivrières et fourragères. Selon les projections de la FAO, il faudra, d'ici 2050, parvenir à une augmentation de 70 pour cent de la production agricole à l'échelle mondiale – et de près de 100 pour cent dans les pays en développement – rien que pour répondre à l'augmentation des besoins alimentaires, c'est-à-dire en excluant la demande supplémentaire de denrées agricoles utilisées comme matières premières pour la production de biocarburants. Si l'on fait une comparaison avec la production obtenue entre 2005 et 2007, il faut donc prévoir de produire chaque année, d'ici 2050, un milliard de tonnes supplémentaires de céréales et 200 millions de tonnes de viande en plus<sup>10</sup>.

**Dans la plupart des pays en développement**, les terres se prêtant à une expansion des superficies cultivées sont rares. Elles sont pratiquement inexistantes en Asie du Sud-Est et au Proche-Orient/Afrique du Nord. Les terres disponibles à cet effet en Afrique subsaharienne et en Amérique latine présentent, dans plus de 70 pour cent des cas, des contraintes au niveau du sol et du terrain. Selon les estimations, entre 2015 et 2030, environ 80 pour cent de l'augmentation nécessaire de la production alimentaire devront venir de l'intensification de la production, qu'il s'agisse de l'amélioration des rendements ou d'un accroissement de l'intensité culturale<sup>17</sup>. Or, on observe parallèlement un ralentissement général des taux de croissance du rendement des principales cultures alimentaires, à savoir le riz, le blé et le maïs. Ainsi, la croissance annuelle des rendements du blé a chuté de cinq pour cent par an en 1980 à deux pour cent par an en 2005; quant à celles du riz et du maïs, elles sont tombées de plus de trois pour cent à environ un pour cent au cours de la même période<sup>18</sup>. En Asie, la détérioration des sols ainsi que l'accumulation de toxines dans les rizières de culture intensive a soulevé la perspective inquiétante d'un ralentissement de la croissance des rendements dû à une détérioration des milieux de culture<sup>4</sup>.

Par ailleurs, la perte de qualité des ressources foncières et hydriques nécessaires à la production agricole a des conséquences marquées pour l'avenir. À ce propos, le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) a estimé que la poursuite de pratiques non durables en matière d'utilisation des terres cultivables entraîne, au niveau mondial, une perte de productivité de 0,2 pour cent par an en moyenne<sup>19</sup>. La détérioration des ressources entraîne une réduction de productivité des

intrants, qu'il s'agisse des engrais ou de l'irrigation. Il faudra réussir, au cours des prochaines années, à intensifier la production vivrière dans des régions plus marginales où les conditions d'exploitation sont moins fiables, du fait notamment de la moindre qualité du sol, d'un accès plus difficile à l'eau et de conditions climatiques moins favorables.

Ainsi, les efforts visant à augmenter la production vivrière se dérouleront dans des conditions environnementales et socioéconomiques en mutation rapide et souvent imprévisibles. Parmi les principaux défis à relever figure, au premier plan, la nécessité de s'adapter aux changements climatiques, lesquels ne manqueront pas, sous forme d'altération de la température, des précipitations et de l'incidence des ravageurs, d'affecter le choix possible de cultures à entreprendre ainsi que le moment de la mise en culture et les rendements potentiels<sup>13</sup>. À court terme, on prévoit pour l'ensemble des régions une accentuation de la variabilité climatique et des phénomènes météorologiques extrêmes<sup>20-23</sup>, avec des conséquences négatives pour l'amélioration des rendements et la sécurité alimentaire, notamment en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud-Est et ce, jusqu'à l'horizon 2030<sup>24</sup>. Lorsqu'on y associe les effets du déboisement, l'agriculture compte pour environ un tiers des émissions de gaz à effet de serre; c'est pourquoi un rôle de premier plan lui incombe en matière d'atténuation des effets des changements climatiques<sup>21</sup>. S'il est vrai qu'il est possible d'adapter les cultures aux mutations environnementales, la nécessité de réduire les émissions ne manquera pas de remettre de plus en plus en question les systèmes agricoles conventionnels, à forte intensité en ressources<sup>3</sup>.

Il convient d'évoquer une autre source importante d'incertitude face à l'avenir, à savoir le prix et la disponibilité de l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une culture mécanisée et à la production des principaux intrants, en premier lieu les engrais. À mesure que décline la production de combustibles fossiles, leur prix augmente, entraînant une hausse des intrants, et par conséquent une augmentation générale des coûts de production agricole. Il s'ensuit que les combustibles fossiles ne peuvent plus constituer la source unique d'énergie si l'on veut augmenter la productivité. Il convient, au contraire, de diversifier considérablement les sources d'énergie afin de réduire le coût du carburant nécessaire à une agriculture plus intensive.

**L'on voit donc que le défi qui consiste à satisfaire la future demande alimentaire de façon durable apparaît encore plus redoutable en raison de l'effet conjugué des changements climatiques, de la pénurie d'énergie et de la détérioration des ressources.** À ce propos, la flambée des prix des denrées alimentaires au cours de l'année 2008, et les niveaux record qu'ils ont atteints au début de l'année 2011 sont des phénomènes annonciateurs de menaces plus aiguës et plus fréquentes pour la sécurité alimentaire mondiale<sup>25</sup>. Après avoir passé en revue un large éventail de scénarios vraisemblables dans les domaines économiques, démographiques et climatiques, l'Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI) a estimé que l'on assisterait, au cours de la période allant de 2010 à 2050, à une augmentation des prix réels de

59 pour cent pour le blé, de 78 pour cent pour le riz et de 106 pour cent pour le maïs. L'étude conclut que l'augmentation des prix est le reflet des «pressions sous-jacentes que subit sans trêve le système alimentaire mondial», pressions qui résultent de la croissance démographique et des revenus, ainsi que de la réduction de la productivité<sup>26</sup>.

C'est surtout dans les pays en développement à faible revenu que l'insécurité alimentaire risque de perdurer sur le long terme. Le taux d'accroissement des pressions sur les ressources et sur l'environnement en général, du fait de l'expansion et de l'intensification de l'agriculture, sera de plus en plus concentré dans les pays ayant une consommation alimentaire faible, des taux de croissance démographique élevés et souvent peu de ressources agricoles<sup>27</sup>. Dans ces pays, les petits agriculteurs, qui sont hautement tributaires des biens et des services de l'écosystème pour fournir des aliments, des combustibles et des fibres à leurs familles et au marché sont plus vulnérables devant la baisse de la qualité et de la quantité des ressources naturelles et devant les changements climatiques<sup>14</sup>. Si aucune mesure n'est prise pour améliorer la productivité de l'agriculture paysanne dans ces pays, on n'arrivera probablement pas à atteindre le premier Objectif du Millénaire pour le développement, qui est de réduire de moitié la proportion de personnes souffrant de la faim et de la pauvreté, pour 2015 au plus tard.

## Un autre changement de paradigme

À la lumière des défis de l'heure et de ceux qui se profilent à l'horizon pour notre approvisionnement alimentaire et pour l'environnement, l'intensification *durable* des cultures en vient à être considérée comme une priorité de premier plan par les responsables de l'élaboration des politiques<sup>28</sup> comme par les partenaires du développement international<sup>7, 14</sup>. L'intensification durable, c'est le fait de produire davantage à partir d'une même superficie de terres cultivables, tout en réduisant les retombées environnementales négatives et en augmentant les apports au capital naturel ainsi que le flux de services environnementaux<sup>29</sup>.

L'intensification durable des cultures est le premier objectif stratégique de la FAO. Afin de l'atteindre, celle-ci a entériné l'«approche écosystémique» en matière de gestion agricole<sup>30</sup>. Cette approche consiste essentiellement à utiliser des intrants tels que la terre, l'eau, les semences et les engrais comme complément des processus naturels qui soutiennent la croissance des espèces végétales, y compris la pollinisation, la régulation naturelle des populations de ravageurs par leurs prédateurs et l'action des biotes du sol qui aident les plantes à accéder aux nutriments<sup>31</sup>.

**Il est aujourd'hui largement admis** que l'intensification de la production agricole doit être sous-tendue par une approche écosystémique. Une étude de grande envergure portant sur l'alimentation et l'agriculture à l'horizon 2050 préconisait des changements substantiels au système alimentaire à l'échelle mondiale, y compris une intensification durable

visant à obtenir, de façon simultanée, l'augmentation des rendements, l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des intrants et la réduction des retombées négatives de la production alimentaire sur l'environnement<sup>32</sup>. La récente Évaluation internationale des connaissances agricoles, de la science et de la technologie pour le développement a également plaidé en faveur d'une réorientation des pratiques agricoles actuelles en faveur de systèmes d'agriculture durable, capables d'augmenter de façon sensible la productivité et d'améliorer les services écosystémiques<sup>33</sup>.

Les évaluations conduites dans les pays en développement ont montré que les pratiques agricoles qui conservent les ressources contribuent à améliorer la fourniture de services environnementaux et à augmenter la productivité. On a constaté, lors d'un examen de projets de développement agricole réalisés dans 57 pays à faible revenu, que l'utilisation plus efficace de l'eau, le recours réduit à des pesticides ainsi que l'amélioration de la santé des sols avaient permis d'augmenter en moyenne les rendements de 79 pour cent<sup>34</sup>. Une autre étude est parvenue à la conclusion que les systèmes agricoles qui conservent les services écosystémiques, en ayant recours à des pratiques telles que le labour de conservation, la diversification des cultures, l'intensification des cultures de légumineuses et la lutte biologique contre les ravageurs donnent des résultats comparables à ceux obtenus par les systèmes d'agriculture intensive et à haut niveau d'intrants<sup>35, 36</sup>.

**L'intensification durable des cultures**, une fois mise en œuvre et appuyée de façon efficace, représentera pour tous la formule gagnante pour relever le double défi qui consiste à nourrir la population mondiale et à sauver la planète. L'intensification durable permettra aux pays de planifier, de développer et de gérer la production agricole en répondant aux besoins et aux aspirations de la société, sans pour autant mettre en danger le droit des générations futures à profiter de l'éventail complet des biens et services environnementaux. On peut citer, comme exemple de situation «gagnante sur tous les tableaux» – c'est-à-dire apportant des avantages économiques aux agriculteurs tout en bénéficiant à l'environnement – la réduction de la surutilisation d'intrants, tels que les engrais minéraux, parallèlement à une amélioration de la productivité.

Outre le fait qu'elle comporte des avantages multiples en matière de sécurité alimentaire et d'environnement, l'intensification durable a beaucoup à offrir aux petits agriculteurs et à leurs familles, qui représentent plus d'un tiers de la population mondiale, en renforçant leur productivité, en réduisant les coûts, en améliorant la résilience au stress et en renforçant leurs capacités de gestion du risque<sup>34</sup>. Par ailleurs, en réduisant les dépenses consacrées aux intrants agricoles, on libérera des ressources utiles pour les investissements dans les exploitations agricoles, mais on pourra aussi améliorer l'alimentation, la santé et l'éducation des familles paysannes<sup>29</sup>. Ainsi, l'augmentation des revenus nets des exploitants agricoles sera obtenue à un moindre coût environnemental, ce qui permettra d'obtenir des avantages d'ordre tant privé que public<sup>31</sup>.

## Les principes fondamentaux

**A**u cours des vingt dernières années, l'intensification des cultures a commencé à se faire selon des approches écosystémiques, à mesure que les agriculteurs ont commencé à adopter des méthodes durables, comme la protection intégrée et l'agriculture de conservation, souvent en partant de techniques traditionnelles. L'intensification durable des cultures se caractérise par une approche plus systémique de la gestion des ressources naturelles et se fonde sur des principes scientifiques d'ordre environnemental, institutionnel et social.

### Les principes d'ordre environnemental

Si l'on veut promouvoir l'efficacité et renforcer le système alimentaire à l'échelle mondiale, il faut appliquer l'approche écosystémique à l'ensemble de la filière alimentaire. S'agissant des systèmes de culture, la gestion doit être basée sur des processus biologiques et sur l'intégration de toute une gamme d'espèces végétales, de même que sur l'utilisation judicieuse d'intrants externes tels que les engrais et les pesticides. L'intensification durable des cultures repose sur des systèmes de production agricole et sur des méthodes de gestion que nous décrivons dans les chapitres suivants et qui comprennent notamment:

- ▶ le maintien de la santé des sols pour favoriser une meilleure nutrition des plantes;
- ▶ la mise en culture d'une gamme élargie d'espèces et de variétés végétales selon des régimes de rotation, d'association et de successions culturales;
- ▶ l'utilisation de variétés bien adaptées et à haut rendement et de semences de qualité;
- ▶ la protection intégrée contre les ravageurs, les maladies et les plantes adventices;
- ▶ la gestion efficiente des ressources en eau.

Afin que l'intensification durable produise un effet optimal sur la productivité et la durabilité, il faudra qu'elle puisse être appliquée à un large éventail de systèmes d'exploitation agricole, et adaptée à des contextes agroécologiques et économiques spécifiques. Il est généralement admis que les bonnes pratiques en matière de gestion jouent un rôle essentiel dans l'obtention des avantages offerts par les services écosystémiques, tout en réduisant les retombées négatives des activités agricoles<sup>36</sup>.

### Les principes institutionnels

L'on ne saurait espérer de façon réaliste que les agriculteurs adoptent des pratiques durables pour la simple raison qu'elles sont plus respectueuses de l'environnement. Si l'on veut transposer les principes environnementaux en programmes d'action de grande envergure, appliqués de façon coordonnée, il convient d'obtenir le soutien des institutions à l'échelle nationale comme à l'échelon local. Le défi consiste donc, pour les instances gouvernementales, à améliorer la coordination et la communication dans tous les sous-secteurs de l'agriculture, c'est-à-dire depuis la production jusqu'à la commercialisa-

tion en passant par la transformation. Pour ce faire, il convient de mettre en place des mécanismes ayant pour effet de renforcer les liens institutionnels, de manière à améliorer la formulation des politiques et des stratégies d'intensification durable, tout en soutenant l'expansion des études pilotes, le renforcement de l'expérience des agriculteurs et la promotion des savoir-faire locaux et traditionnels.

À l'échelon local, les organisations d'agriculteurs jouent un rôle important pour ce qui est de faciliter l'accès aux ressources – notamment à la terre, à l'eau, au crédit et au savoir – et de veiller à ce que la voix des agriculteurs soit entendue<sup>37</sup>. Il faut également ménager aux petits producteurs un accès à des marchés fonctionnant de façon efficiente et équitable, tout en leur donnant les incitations propres à les encourager à gérer d'autres services écosystémiques, parallèlement à la production alimentaire. Les agriculteurs décideront d'intensifier durablement leur production agricole s'ils peuvent en retirer des avantages concrets, tels que l'augmentation du revenu et la réduction du volume de travail requis. Dans la mesure où le système économique saura refléter les coûts de manière adéquate – y compris les coûts environnementaux élevés de pratiques non durables – l'aiguille de la balance penchera en faveur de l'intensification durable des cultures.

### Les principes sociaux

On a décrit l'intensification durable comme un processus d'«apprentissage social», étant donné qu'elle suppose généralement un volume de connaissances supérieur à celui utilisé dans la plupart des systèmes conventionnels d'exploitation agricole<sup>14</sup>. L'intensification durable nécessitera par conséquent un renforcement marqué des services de vulgarisation, qu'ils soient d'origine traditionnelle ou non traditionnelle, à l'appui de son adoption par les agriculteurs. À ce sujet, les écoles pratiques d'agriculture\* se distinguent parmi les méthodes de vulgarisation ayant fait leurs preuves pour ce qui est de former les agriculteurs pour les amener à incorporer à leur système d'exploitation des pratiques durables de gestion des ressources<sup>38</sup>.

La mobilisation du capital social en faveur de l'intensification durable implique une participation populaire à la prise de décisions, des conditions de travail décentes et équitables pour les agriculteurs et avant tout la reconnaissance du rôle déterminant que les femmes jouent dans l'agriculture. Des études menées en Afrique subsaharienne ont conclu de manière irréfutable que l'écart entre les rendements obtenus par les hommes et les femmes tient avant tout aux disparités en matière d'accès aux ressources et aux services de vulgarisation. Supprimer ces disparités pourrait améliorer la productivité et, entre autres effets positifs, accroître les revenus des femmes et les disponibilités alimentaires<sup>39</sup>.

\* La démarche des écoles pratiques d'agriculture, qui avait été introduite en Asie du Sud-Est à la fin des années 80 dans le cadre du programme régional de la FAO de protection intégrée (PI) contre les ravageurs du riz, a été adoptée dans plus de 75 pays et couvre aujourd'hui un éventail sans cesse plus large de cultures et de problèmes liés à la production agricole.

## La marche à suivre

Si elle bénéficie du soutien des politiques et d'un financement suffisant, l'intensification durable devrait pouvoir être appliquée, dans des délais relativement brefs, dans de vastes zones de production. Le défi que devront relever les responsables des politiques consiste à élaborer des démarches efficaces d'expansion de l'intensification durable afin que le processus puisse, à terme, bénéficier à des centaines de millions de personnes<sup>32</sup>. De façon concrète, ce processus comprendrait les principales étapes suivantes de mise en œuvre:

- ▶ Évaluer les retombées potentiellement négatives des façons culturales actuelles sur l'écosystème agricole. Il pourra être nécessaire, à cette fin, d'effectuer des évaluations quantitatives d'indicateurs spécifiques et de passer en revue la planification avec les parties prenantes au niveau des districts ou de la province.
- ▶ Décider, au niveau national, quels sont les systèmes de production risquant de ne pas répondre aux critères de durabilité et qui, de ce fait, nécessitent une attention prioritaire, et quels domaines méritent d'être désignés comme prioritaires en vue d'une intervention au titre de la durabilité de l'écosystème, qu'il s'agisse par exemple de la santé des sols, de la qualité de l'eau ou de la conservation de la biodiversité.
- ▶ Coopérer avec les exploitants agricoles afin de valider et d'adapter les technologies de façon intégrée, en fonction des priorités, mettre à profit l'expérience acquise pour établir des plans d'investissement, élaborer des politiques et mettre sur pied des institutions en fonction des besoins.
- ▶ Mettre en œuvre des programmes (avec l'assistance technique et les politiques d'exécution nécessaires) basés sur les approches et sur les technologies décrites dans ce volume.
- ▶ Suivi, évaluation, examen des progrès accomplis et ajustements si nécessaire.

Ce processus, qui pourra prendre une forme itérative, repose de toute façon sur la gestion de l'interaction entre, d'une part, les politiques et les institutions nationales, et de l'autre, l'expérience, au niveau local, des agriculteurs et des consommateurs. On pourra, grâce au suivi des variables clés de l'écosystème, adapter et affiner les initiatives en matière d'intensification durable.

**Durant la phase d'élaboration des programmes**, les responsables des politiques devront peut-être prendre en compte les questions qui affectent aussi bien l'intensification durable que le développement de l'ensemble du secteur agricole. À titre d'exemple, il conviendra d'éviter que les politiques visant à réaliser des économies d'échelle à travers un processus de développement des chaînes de création de valeur et de regroupement des propriétés foncières, n'arrivent à exclure les petits agriculteurs ou à réduire leur accès à des ressources productives. L'amélioration de l'infrastructure des transports permettra aux agriculteurs de se procurer plus facilement les engrais et les semences, qui sont

deux intrants essentiels de l'intensification durable, et d'accéder plus facilement aux marchés. Étant donné le taux élevé de pertes le long de la filière alimentaire – de 30 à 40 pour cent de la production alimentaire mondiale, selon les estimations, par suite du gaspillage et de la détérioration des produits – les investissements en matière de transformation, d'entreposage et de chaîne du froid permettront aux agriculteurs de retirer davantage de profits de leur production. Par ailleurs, les responsables de l'élaboration des politiques peuvent également promouvoir la participation des petits agriculteurs à l'intensification durable en améliorant leur accès aux informations relatives à la production et au marché, en s'appuyant sur les technologies modernes d'information et de communication.

Il conviendra peut-être d'harmoniser, d'améliorer et d'appliquer de façon plus efficace les instruments internationaux, les conventions et les traités ayant une incidence sur l'intensification durable des cultures. Il faudra, dans cette optique, établir une collaboration entre les organisations internationales concernées par le développement rural et les ressources naturelles\* ainsi que les instances gouvernementales, les organisations de la société civile et les associations d'agriculteurs. Il est en outre urgent de disposer des capacités nécessaires à la mise en œuvre, aux niveaux régional, national et local, des mécanismes de gouvernance agréés à l'échelle internationale\*\*.

Parallèlement, un certain nombre d'instruments internationaux, non contraignants sur le plan juridique, incarnent la coopération en vue de l'amélioration et de l'utilisation durable des ressources naturelles. Ces instruments comprennent notamment des lignes directrices et des codes – tels que le Code de conduite international pour la distribution et l'utilisation des pesticides – qui visent à améliorer la gestion des menaces transfrontalières pour la production, l'environnement et la santé humaine. Enfin, le Rapporteur spécial des Nations unies pour le Droit à l'alimentation a publié des principes directeurs en matière de baux ruraux et de spéculation sur les denrées alimentaires et a lancé un appel en faveur de l'intensification des approches écologiques dans le domaine agricole.

**L'approche écosystémique** en matière d'intensification durable des cultures se décline de bien des façons. Cependant, une large gamme de pratiques et de technologies agricoles, souvent adaptées au contexte géographique, a déjà été mise au point. On trouvera, aux chapitres 2, 3, 4, 5 et 6, une description de cette boîte à outils qui offre toute une panoplie de pratiques à la fois pertinentes, adoptables et adaptables s'appuyant sur l'écosystème; ces pratiques, qui renforcent la productivité agricole, peuvent servir de pierre angulaire aux programmes nationaux et régionaux. Quant au chapitre 7, il décrit en détail le contexte de l'élaboration des politiques ainsi que les mécanismes institutionnels destinés à faciliter l'adoption et la mise en œuvre de l'intensification durable des cultures sur grande échelle.

\* telles que la FAO, le Fonds international de développement agricole (FIDA), le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), l'Organisation mondiale du commerce (OMC) et le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI).

\*\* tels que le Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, la Convention internationale pour la protection des végétaux, la Convention sur la diversité biologique, le Codex Alimentarius, la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification et les accords connexes en matière de biodiversité.



Chapitre 2

# Les systèmes d'exploitation agricole

*L'intensification durable des cultures  
sera fondée sur des systèmes d'exploitation  
assurant aux producteurs et à la société  
dans son ensemble des gains de productivité  
et des avantages socioéconomiques  
et environnementaux.*



**L**es systèmes de production végétale présentent une très grande diversité. À l'une des extrémités de cette vaste gamme, se situe l'approche interventionniste, pour laquelle la plupart des aspects liés à la production sont maîtrisés par les interventions technologiques telles que le travail du sol, la lutte préventive ou curative contre les ravageurs et les plantes adventices à l'aide de produits agrochimiques et l'application d'engrais minéraux pour la nutrition des plantes; à l'autre extrémité, on trouve les systèmes de production qui adoptent une approche principalement écosystémique et qui, tout en restant productifs, sont mieux inscrits dans la durée. En règle générale, ces systèmes agroécologiques sont peu perturbateurs pour l'écosystème, ils assurent la nutrition des plantes à partir de sources organiques et non organiques et s'appuient aussi bien sur la biodiversité naturelle que sur la biodiversité programmée pour produire des denrées alimentaires, des matières premières et d'autres services écosystémiques. La production agricole basée sur l'approche écosystémique tend à préserver la santé des terres agricoles déjà exploitées, tout en régénérant celles qui ont été détériorées par des modes d'exploitation nocifs<sup>1</sup>.

Les systèmes d'exploitation agricole conçus pour l'intensification durable offriront aux agriculteurs comme à l'ensemble de la société toute une série d'avantages, non seulement en termes de productivité mais également dans les domaines socioéconomique et environnemental, tels que: une production et une rentabilité à la fois stables et élevées; une capacité d'adaptation liée à une vulnérabilité réduite aux changements climatiques; un meilleur fonctionnement de l'écosystème et des services qui y sont associés; enfin, une réduction des émissions de gaz à effet de serre par le secteur agricole et, partant, de son empreinte écologique.

**Ces systèmes d'exploitation agricole** reposeront sur trois principes techniques:

- ▶ augmentation de la productivité agricole, allant de pair avec une amélioration du capital naturel et des services environnementaux;
- ▶ l'utilisation plus efficiente des principaux intrants, et notamment de l'eau, des nutriments, des pesticides, de l'énergie, de la terre et de la main-d'œuvre;
- ▶ le recours à la biodiversité naturelle et programmée afin de renforcer la résilience systémique au stress d'origine biotique, abiotique et économique.

**S'il est vrai que les pratiques agricoles** nécessaires à la mise en œuvre de ces principes varieront en fonction des conditions et des besoins locaux, elles n'en devront pas moins, dans tous les cas, viser à:

- ▶ *atténuer autant que possible les perturbations causées au sol en réduisant le labour mécanique* de manière à préserver la matière organique du sol, sa structure et sa santé en général;
- ▶ *renforcer et maintenir une couverture organique de protection* à la surface des sols au moyen de cultures, de cultures de couverture ou de résidus culturaux, de manière à protéger les couches de surface, à conserver l'eau et les nutriments, à promouvoir l'activité biologique du

## Contribution de l'intensification durable des pratiques agricoles à des services écosystémiques importants

Objectif	Composante			
	Paillage du sol	Labour zéro ou labour réduit au minimum	Légumineuses pour la nutrition des plantes	Rotation des cultures
Simuler les conditions optimales du «tapis forestier»	*	*		
Réduire les pertes d'humidité, par évaporation, de la couche superficielle du sol	*			
Réduire les pertes d'humidité, par évaporation, des couches supérieures du sol	*	*		
Minimiser l'oxydation des matières organiques du sol et les pertes de CO <sub>2</sub>		*		
Minimiser le compactage du sol	*	*		
Minimiser les fluctuations de température à la surface du sol	*			
Fournir régulièrement des matières organiques comme substrat pour l'activité des organismes du sol	*			
Augmenter ou maintenir les niveaux d'azote dans la zone radicale	*	*	*	*
Augmenter les capacités d'échange de cations de la zone radicale	*	*	*	*
Maximiser l'infiltration de la pluie, minimiser le ruissellement	*	*		
Minimiser les pertes de sol par ruissellement et érosion éolienne	*	*		
Permettre et maintenir la stratification naturelle des horizons, grâce à l'action des biotes du sol	*	*		
Minimiser les adventices	*	*		*
Accroître les taux de production de biomasse	*	*	*	*
Récupérer rapidement la porosité du sol, grâce à ses biotes	*	*	*	*
Réduire l'intensité de travail		*		
Réduire les intrants en combustible/ énergie		*	*	*
Recycler les nutriments	*	*	*	*
Réduire la pression des agents pathogènes				*
Remettre en état et redynamiser les sols endommagés	*	*	*	*
Assurer des services de pollinisation	*	*	*	*

Friedrich, T., Kassam, A.H. et Shaxson, F. 2009. Conservation agriculture. Dans: *Agriculture for developing countries. Science and technology options assessment (STOA) project.* Parlement européen. Karlsruhe, Allemagne, European Technology Assessment Group.

sol et à contribuer à la protection intégrée contre les plantes adventices et les ravageurs;

- ▶ *élargir la gamme des espèces végétales cultivées* – annuelles et pérennes – en association, en succession et en rotation, pour améliorer la nutrition des plantes cultivées et la résilience du système; cet effort portera sur les arbres, les arbustes, les herbages et les cultures.

**Ces trois pratiques essentielles** sont généralement associées à l'agriculture de conservation, laquelle a été largement adoptée, tant dans les régions développées que dans celles en développement\*. Toutefois, pour pouvoir atteindre le niveau d'intensification durable nécessaire à une augmentation de la production alimentaire, ces pratiques doivent être sous-tendues par quatre autres pratiques en matière de gestion:

- ▶ *l'utilisation de variétés bien adaptées et à rendement élevé*, capables de résister au stress biotique et abiotique et de meilleure qualité sur le plan nutritionnel;
- ▶ *une meilleure nutrition des cultures basée sur la bonne santé des sols*, grâce à la rotation et à l'emploi judicieux d'engrais organiques et inorganiques;
- ▶ *la protection intégrée contre les ravageurs, les maladies et les plantes adventices*, à travers des pratiques appropriées, le soutien à la biodiversité et l'emploi sélectif de pesticides à faible risque, en fonction des besoins;
- ▶ *une gestion efficace de l'eau* permettant d'obtenir «une meilleure production par goutte d'eau», tout en préservant la santé des sols et en réduisant autant que possible les externalités.

En théorie, l'intensification durable représente la combinaison de ces sept pratiques appliquées de façon simultanée, opportune et efficiente. Cependant, les systèmes de production durable étant dynamiques par nature, ils devraient offrir aux agriculteurs un grand nombre de combinaisons possibles de pratiques à sélectionner et à adapter en fonction des conditions et des contraintes caractérisant la production locale<sup>2-5</sup>.

Les pratiques recommandées, lorsqu'elles sont appliquées ensemble ou selon des combinaisons diverses, contribuent à l'obtention de services importants et opèrent en synergie de manière à produire des résultats positifs, tant sur le plan des facteurs mis en œuvre que de la productivité globale. À titre d'exemple, pour un volume donné de précipitations, l'humidité du sol dont peuvent effectivement profiter les plantes dépend de la façon dont sont gérés la surface du sol, la matière organique qui le compose et les systèmes racinaires. La productivité de l'eau employée dans des conditions de bonne humidité des sols est renforcée lorsque ces derniers sont en bonne santé et que la nutrition des plantes est adéquate. Par ailleurs, une bonne infiltration de l'eau associée à une couverture adéquate du sol permet de réduire l'évaporation en surface et d'optimiser l'utilisation et la productivité de l'eau – ce dernier facteur étant également influencé par la capacité de la plante à absorber l'eau et à l'utiliser.

\* L'agriculture de conservation est aujourd'hui pratiquée, à l'échelle mondiale, sur environ 117 millions d'hectares, c'est-à-dire environ huit pour cent des terres cultivées. C'est en Australie, au Canada et dans le cône sud de l'Amérique du Sud que les taux d'adoption sont les plus élevés (plus de 50 pour cent des terres en culture), et l'on observe des progrès en Afrique, en Asie centrale et en Chine.

L'une des principales exigences d'une production respectueuse de l'environnement est la bonne santé du sol, afin que la zone racinaire offre les meilleures conditions possibles à l'activité des biotes dans le sol et à l'activité racinaire. Les racines, en captant les nutriments et l'eau utilisés par les végétaux, interagissent avec un ensemble de micro-organismes qui jouent un rôle bénéfique pour la santé des sols et le rendement des cultures<sup>2,6,7</sup>. La préservation ou l'amélioration de la matière organique du sol, de sa structure et de la porosité qui en découle sont des indicateurs critiques de la production durable et d'autres services écosystémiques.

Si l'on veut qu'un système agricole soit vraiment durable, il est essentiel que la perte de matière organique ne dépasse jamais le taux de reconstitution du sol. Dans la plupart des écosystèmes agricoles, il est impossible de respecter ce paramètre lorsque le sol est soumis à des perturbations mécaniques<sup>8</sup>. Il est donc impératif – et c'est là un élément clé de l'intensification durable –, lorsqu'on entreprend l'intensification durable de la production, de préserver la structure du sol et la teneur en matière organique en limitant le recours aux labours mécaniques du sol lors de l'installation de la culture, puis de sa gestion.

Les méthodes de labour minimum et de labour zéro, telles que pratiquées dans le cadre de l'agriculture de conservation, ont considérablement amélioré les conditions du sol, atténué sa dégradation et renforcé la productivité dans de nombreuses régions du monde. Même si la majeure partie des terres agricoles continuent d'être labourées, hersées ou binées à la houe avant toute mise en culture et pendant la croissance des plantes cultivées, et ce afin de détruire les plantes adventices et de faciliter l'infiltration de l'eau ainsi que l'installation de la culture, les perturbations mécaniques imposées à la couche de surface, en enfouissant la couverture du sol, risque d'en déstabiliser la structure, sans parler de l'effet de compaction, qui nuit à la productivité<sup>9</sup>.

**La contribution de l'agriculture de conservation** à l'intensification durable des cultures tient notamment au fait qu'elle atténue les perturbations infligées au sol et qu'elle maintient tous les résidus des cultures précédentes à la surface du sol. L'agriculture de conservation comprend, parmi ses démarches, le travail minimal du sol, qui permet de ne perturber que la couche destinée à contenir le rang de semences, et la technique de labour zéro, également appelée technique sans labours ou semis direct, qui fait l'économie de la perturbation mécanique du sol étant donné que les cultures sont plantées directement dans un lit de semis qui n'a pas été travaillé depuis la récolte précédente<sup>3</sup>.

L'intensification durable appelle une autre considération relative à la gestion, à savoir le rôle de l'énergie et de la mécanisation agricole. Dans de nombreux pays, l'absence de sources d'énergie et de machines agricoles constitue un obstacle majeur à l'intensification de la production<sup>10</sup>. Un agriculteur ayant recours au simple travail manuel peut produire suffisamment pour alimenter, en moyenne, trois autres personnes. S'il a recours à la traction animale, ce nombre double alors, pour être multiplié par 50, voire plus, avec l'utilisation d'un tracteur<sup>11</sup>. Une mécanisation adéquate tend à optimiser le coefficient d'emploi d'énergie pour la pro-

duction végétale, ce qui améliore la durabilité et la capacité productive, tout en atténuant les effets nocifs pour l'environnement<sup>12,13</sup>.

Parallèlement, l'incertitude quant aux perspectives d'évolution des prix et de la disponibilité d'énergie porte à envisager des mesures visant à réduire les besoins énergétiques globaux du secteur agricole. L'agriculture de conservation pourrait entraîner une réduction de 60 pour cent de ces besoins par rapport à l'agriculture conventionnelle. Cette économie s'explique par le fait que la majorité des opérations agricoles à forte consommation d'énergie, telles que le labour, se trouvent éliminées ou réduites, ce qui atténue les goulets d'étranglement en matière de main-d'œuvre et d'énergie, notamment pour la préparation des terres. Les dépenses d'équipement, et en particulier le nombre et la puissance des tracteurs, s'en trouvent sensiblement réduites – même si l'agriculture de conservation nécessite l'acquisition d'équipements appropriés. Les économies s'appliquent également aux petits agriculteurs utilisant le travail manuel ou la traction animale. Des études effectuées en République-Unie de Tanzanie indiquent qu'au cours de la quatrième année de culture du maïs sans labours et avec culture de couverture, les besoins en main-d'œuvre avaient diminué de plus de moitié<sup>14</sup>.

## Les obstacles possibles

Dans certaines régions agricoles, l'introduction de pratiques relevant spécifiquement de l'intensification durable des cultures présente des difficultés particulières. Ainsi, s'agissant de l'agriculture de conservation, l'insuffisance des précipitations dans les zones climatiques subhumides et semi-arides risque de restreindre la production de biomasse, avec comme conséquence une diminution de volume des récoltes et des résidus utilisables comme couverture végétale du sol, comme fourrage ou comme combustible. Cependant, les économies en eau que permettent de réaliser les techniques de labour zéro entraînent généralement une hausse de rendement au cours des premières années de mise en œuvre et ce, malgré le manque de résidus. Dans les régions plus humides, la carence en nutriments des plantes risque également de constituer un facteur limitant; toutefois, l'intensification de l'activité biologique du sol peut, à long terme, augmenter la présence de phosphore et d'autres nutriments<sup>7,15</sup>.

**Les systèmes qui réduisent la perturbation des sols** ou éliminent les labours sont souvent perçus comme inadaptés à l'agriculture sur les sols mal drainés ou compactés, ou encore sur les sols argileux très lourds dans les zones au climat froid et humide. Dans le premier cas, si l'insuffisance de drainage est due à un horizon de sol imperméable, hors de portée du matériel de travail du sol, seuls les moyens biologiques tels que les racines primaires, les vers de terre et les termites sont en mesure de percer des barrières aussi épaisses à la percolation de l'eau. Avec le temps, ces solutions biologiques bénéficient de la réduction des

perturbations imposées au sol. Dans le deuxième cas, les sols recouverts de paillis demandent effectivement plus de temps pour se réchauffer et pour sécher que les terres labourées. Cependant, les agriculteurs canadiens et finlandais obtiennent de bons résultats avec la technique de labour zéro par des températures extrêmement froides, et des études ont confirmé que la température des sols ainsi recouverts chute moins pendant l'hiver<sup>13, 16</sup>.

Les systèmes de réduction ou d'élimination des labours sont également accusés, à tort, d'augmenter l'emploi d'insecticides et d'herbicides. Dans certains systèmes d'agriculture intensive, l'utilisation intégrée du labour zéro, du paillis et de la diversification des cultures a permis, comparativement à l'agriculture basée sur les labours, de réduire l'emploi d'insecticides et d'herbicides, tant en volume total qu'en coefficient d'ingrédients actifs appliqués par tonne produite<sup>12, 13</sup>.

Dans les petites exploitations où prédomine le travail manuel, la protection intégrée contre les plantes adventices peut remplacer les herbicides. À titre d'exemple, depuis que l'agriculture de conservation a été introduite, en 2005, dans le district de Karatu, en République-Unie de Tanzanie, les agriculteurs ont cessé de labourer et de herser, pour se tourner vers les cultures mixtes en semis direct de maïs, de dolique d'Égypte et de pois cajan. Ce système donne un bon paillis de surface, si bien que la gestion des adventices peut se faire à la main, sans recours aux herbicides. Au bout de quelques années, on passe par rotation à la culture du blé. Les résultats d'ensemble ont été positifs, et le rendement moyen du maïs est passé de 1 tonne à 6 tonnes à l'hectare. Cette augmentation spectaculaire a été réalisée sans produits agrochimiques, avec utilisation du fumier animal comme agent d'amendement et de fertilisation du sol<sup>17</sup>.

L'adoption élargie de l'agriculture de conservation risque également d'être entravée par le manque d'équipements adéquats tels que les semoirs et plantoirs pour semis direct, instruments qui manquent souvent aux petits agriculteurs des pays en développement et qui, même lorsqu'ils sont disponibles à la vente, coûtent plus cher que les équipements conventionnels et exigent un investissement initial considérable de la part de l'agriculteur. Il est possible de pallier ces goulets d'étranglement en encourageant la mise en place de filières d'approvisionnement en intrants et de manufactures locales d'équipements, et en promouvant les initiatives de services contractuels ou de partage d'équipement au sein des groupements agricoles, de manière à en réduire les coûts. On trouve d'excellents exemples de ces approches dans la plaine indo-gangétique. Dans la plupart des cas de figure applicables aux petites exploitations, les plantoirs pour semis direct, combinés à la traction animale, couvrent largement les besoins d'un seul agriculteur.

## Des systèmes d'exploitation pour produire plus avec moins

L'intensification des cultures selon l'approche écosystémique prend toute son efficacité lorsqu'on applique de façon concomitante des pratiques appropriées et se renforçant mutuellement. Même lorsqu'il n'est pas possible d'appliquer toutes les pratiques recommandées au même moment, il convient d'encourager les progrès dans ce sens. Il est possible d'intégrer sans délai les principes de l'intensification durable à des systèmes d'exploitation agricole présentant des caractéristiques communes avec les approches axées sur l'écosystème, ou pouvant être améliorés à l'aide de principes analogues.

### ► La production intégrée de cultures et de bétail

La production intégrée de cultures et de bétail est pratiquée par la majorité des petits agriculteurs des pays en développement. Rappelons que les pâturages remplissent d'importantes fonctions écologiques: ils contiennent un pourcentage élevé de graminées vivaces, qui piègent et fixent d'importants volumes de carbone dans le sol, nettement plus que les cultures annuelles. Cette capacité peut être encore renforcée par une gestion judicieuse – par exemple en remplaçant les nutriments extraits, en préservant la diversité des espèces végétales et en accordant des périodes suffisantes de reconstitution entre les utilisations pour le pâturage ou le fauchage.

Les systèmes traditionnels d'exploitation agricole établissent une nette distinction

entre les terres arables et les pâturages. L'intensification durable, en revanche, abolit cette distinction, et les cultures annuelles peuvent faire l'objet d'une rotation avec les pâturages sans que soit nécessaire l'intervention destructrice du labour. Les «pâturages cultivés» sont une innovation prometteuse dans bon nombre de pays. En Australie par exemple, le système des pâturages cultivés prévoit le semis direct de cultures d'hiver, telles que l'avoine, dans des pâturages d'été composés essentiellement d'espèces autochtones. Les expérimentations de terrain font état d'avantages tels que la réduction du risque d'engorgement, de lessivage des nitrates et d'érosion du sol<sup>18</sup>.

Certaines innovations ont permis d'exploiter les synergies entre l'agriculture, l'élevage et l'agroforesterie afin d'améliorer la durabilité économique et écologique, tout en fournissant une série de services écosystémiques d'une grande utilité. Grâce à l'élargissement de l'éventail biologique, au recyclage efficient des nutriments, à l'amélioration de la santé des sols et à la conservation forestière, ces systèmes

renforcent la résilience environnementale et favorisent l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de leurs effets. Ces systèmes facilitent en outre la diversification et l'efficacité des modes d'existence, en optimisant l'emploi des intrants de production, dont la main-d'œuvre, et en renforçant la résilience au stress économique<sup>19</sup>.



luzerne

## ► La production durable riz-blé

Les systèmes de productivité durable riz-blé ont été expérimentés pour la première fois dans la plaine indo-gangétique du Bangladesh, de l'Inde, du Népal et du Pakistan par le *Rice-Wheat Consortium*, une initiative des centres de recherches du GCRAI et des centres de recherche agricoles nationaux. L'initiative a été lancée dans les années 90, en réponse à des signes de plafonnement de la productivité agricole, de perte de matière organique des sols et de régression des nappes phréatiques<sup>20</sup>.

Ce système prévoit de planter le blé après le riz au moyen d'un semoir tracté qui, en un seul passage, dépose la semence directement dans le champ non labouré. Étant donné que les machines agricoles spécialisées nécessaires à l'opération n'étaient pas, initialement, disponibles en Asie du Sud, la diffusion de cette technologie reposait sur la création d'une capacité manufacturière locale en mesure de fournir, à un prix abordable, des semoirs adaptés aux techniques culturales sans labour. La culture du blé selon la technique de labour zéro est une source d'avantages économiques immédiats, identifiables et démontrables. Elle permet d'amorcer plus tôt la campagne de semis, elle aide à lutter contre les plantes adventices et favorise de façon marquée la conservation des ressources en réduisant notamment la consommation de diesel et d'eau d'irrigation. Les économies ainsi réalisées, estimées à 52 dollars USD par



blé

hectare, tiennent principalement à la réduction draconienne de l'utilisation des tracteurs – et donc de carburant – pour la préparation du sol et l'implantation du blé.

Ce système a été adopté sur 1,8 million d'hectares de la plaine indo-gangétique par quelque 620 000 agriculteurs, qui en retirent un revenu moyen de 180 à 340 dollars USD par foyer. Il faudra, si l'on veut reproduire cette approche dans d'autres contextes, lancer sur le terrain des programmes participatifs et adaptatifs de recherche-développement, créer des liens entre les exploitants agricoles et les fournisseurs de technologies, et, surtout, mettre en place des mécanismes attractifs au plan financier<sup>21</sup>.

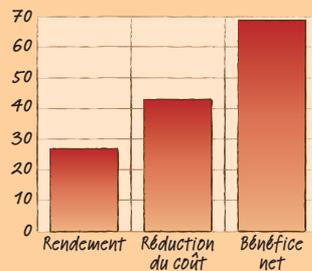


tagasaste

## ► L'agroforesterie

On voit aujourd'hui se diffuser de plus en plus, sur des terres dégradées, l'établissement de systèmes agroforestiers axés sur les plantes vivaces ligneuses et les cultures annuelles, généralement en association avec des légumineuses vivaces. L'agriculture de conservation donne de bons résultats lorsqu'elle est combinée à l'agroforesterie et à plusieurs systèmes d'arboriculture, si bien que les agriculteurs des régions en développement comme des pays développés la mettent en pratique sous une forme ou sous une autre. Il est en outre possible d'améliorer encore ces systèmes en perfectionnant les combinaisons culturales, notamment en y incorporant des légumineuses et en y intégrant l'élevage. Dans ce domaine, les cultures en allées représentent une innovation porteuse de meilleurs rendements, ainsi que d'avantages

*Avantage économique du labour zéro par rapport au labour conventionnel, dans l'État d'Haryana, en Inde (USD/ha)*



Erenstein, O. 2009. Adoption and impact of conservation agriculture based resource conserving technologies in South Asia. Dans: Proceedings of the 4th world congress on conservation agriculture, 4-7 février 2009, New Delhi, Inde. New Delhi, World Congress on Conservation Agriculture.

économiques et environnementaux pour les agriculteurs<sup>22</sup>. On peut citer également l'utilisation de densités variables d'«arbres fertilisants» qui améliorent la fixation biologique de l'azote, conservent l'humidité et augmentent la production de biomasse utilisable comme couverture végétale (voir le Chapitre 3, *La santé des sols*).

### ► Utilisation d'une défonceuse-sillonneuse en Namibie

Dans le nord de la Namibie, les agriculteurs pratiquent l'agriculture de conservation pour produire des cultures résistantes à la sécheresse, notamment le mil, le sorgho et le maïs. Ils utilisent une défonceuse-sillonneuse montée sur tracteur qui lacère la couche dure jusqu'à 60 cm de profondeur et creuse des sillons pour recueillir l'eau de pluie. Cette eau se concentre dans la zone racinaire des cultures, qui sont plantées dans les sillons avec un mélange d'engrais et de fumier. On utilise des tracteurs la première année, mais à partir de l'année suivante, les agriculteurs plantent directement les cultures dans les sillons à l'aide d'une semeuse tractée par un animal de trait.

Les résidus de récolte servent essentiellement à nourrir le bétail, mais comme ce système accroît la production de biomasse, ils font aussi fonction de paillage. On encourage les agriculteurs à pratiquer la rotation avec des légumineuses. Ces techniques allongent la période de croissance et améliorent la structure du sol, sa fertilité et sa capacité de rétention de l'eau. Elles ont permis de faire passer le rendement moyen du maïs de 300 kg/ha à plus de 1,5 tonne.

### ► Les autres systèmes culturaux

*L'agriculture biologique*, lorsqu'elle est associée à l'agriculture de conservation, peut contribuer à améliorer la santé et la productivité des sols, tout en promouvant l'utilisation efficiente de la matière organique et les économies d'énergie. L'agriculture de conservation biologique, qui dessert un grand nombre de créneaux de marché spécialisés, est pratiquée dans certaines régions du Brésil, d'Allemagne et des États-Unis d'Amérique, de même que par des producteurs pratiquant l'agriculture



maïs

de subsistance en Afrique. *La culture itinérante* nécessite le déboisement préalable de terres forestières, qui sont ensuite abandonnées pour permettre le reboisement naturel et la reconstitution des nutriments végétaux. Bien que la culture itinérante soit souvent perçue de façon négative, il est possible de l'adapter pour la rendre conforme aux principes de l'intensification durable des cultures. Les agriculteurs qui la pratiquent peuvent substituer l'agriculture sur brûlis par l'exploitation du paillis: de la sorte, le recours à des cultures diversifiées, comprenant notamment des légumineuses et des plantes vivaces, réduit le besoin de défrichage des terres. D'autres approches écosystémiques, telles que le *Système d'intensification du riz*, ont également fait leurs preuves dans certaines circonstances particulières comme plates-formes d'intensification durable<sup>23</sup>.

## La marche à suivre

Les systèmes d'exploitation agricole consacrés à l'intensification durable des cultures seront constitués sur la base des trois grands principes techniques énoncés dans ce chapitre, et mis en œuvre en s'inspirant des sept pratiques recommandées en matière de gestion: travail minimal du sol, couverture organique permanente des sols, diversification des espèces cultivées, utilisation de variétés adaptées à haut rendement provenant de bonnes semences, protection intégrée contre les ravageurs, nutrition des plantes basée sur des sols sains et gestion efficace des eaux. L'intégration des pâturages, des arbres et du bétail aux systèmes de production, de même que l'utilisation adéquate et appropriée des équipements agricoles et de leurs sources d'énergie sont des composantes essentielles de l'intensification durable des cultures.

Le passage au système d'intensification durable des cultures peut se faire rapidement lorsqu'il existe un environnement porteur, ou de façon graduelle dans les régions où les agriculteurs sont confrontés à des difficultés particulières, notamment la pénurie d'équipements, liées aux aspects agroécologiques ou socioéconomiques, ou encore aux politiques appliquées. Même si, à court terme, il est possible d'apporter certains avantages économiques et environnementaux, il faudra obtenir l'engagement prolongé de toutes les parties prenantes pour tirer pleinement profit de tels systèmes.

Il sera en outre essentiel d'assurer le suivi des progrès réalisés dans l'application des pratiques associées aux systèmes cultureux et de leurs résultats. Rappelons, à ce propos, les indicateurs socioéconomiques les plus pertinents: les bénéfices d'exploitation, la productivité des différents facteurs, la quantité d'intrants externes employée par unité produite, le nombre d'agriculteurs appliquant les systèmes d'intensification durable, la surface cultivée et la stabilité de la production. Et parmi les indicateurs pertinents de services écosystémiques, il convient de citer: des niveaux satisfaisants de matières organiques dans les sols, un approvisionnement en eau saine provenant d'une zone d'agriculture intensive, l'atténuation de l'érosion, le renforcement de la biodiversité et de la vie naturelle au sein des paysages à vocation agricole, et la réduction de l'empreinte écologique comme des émissions de gaz à effet de serre.

Les systèmes cultureux liés à l'intensification durable réservent une place importante aux connaissances, si bien que leur apprentissage et leur mise en application sont relativement complexes. Pour la plupart des agriculteurs, des vulgarisateurs, des chercheurs et des responsables de l'élaboration des politiques, ces systèmes représentent une nouvelle façon d'opérer. En conséquence, il est urgent de renforcer les capacités et d'offrir des démarches d'apprentissage (par exemple à travers les écoles pratiques d'agriculture) ainsi qu'un soutien technique, de manière à améliorer les qualifications des parties prenantes. Il faudra, pour cela, pouvoir compter sur un soutien coordonné à l'échelle internationale et au niveau régional, afin de renforcer les institutions nationales et locales. À cette fin, les institutions dispensant une éducation et une formation structurée aux niveaux tertiaire et secondaire devront adapter leurs programmes d'enseignement de manière à ce qu'ils incorporent les principes et les pratiques d'intensification durable des cultures.



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.*



**L**e 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 naturel<sup>1</sup>. 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 cultures<sup>2-5</sup>.

Avant la découverte des engrais minéraux azotés, il fallait des siècles pour que l'azote s'accumule dans le sol<sup>6</sup>. 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 tonnes<sup>7</sup>. 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 années<sup>8</sup>.

**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 maraîchères<sup>9</sup>. 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 FAO<sup>10-12</sup> et par un grand nombre d'autres institutions<sup>13-20</sup>, 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»<sup>21</sup>. 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 sains<sup>22</sup>, 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 fertiles<sup>23</sup>.

La diversité biotique du sol est plus grande sous les tropiques que dans les climats tempérés<sup>24</sup>. 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.

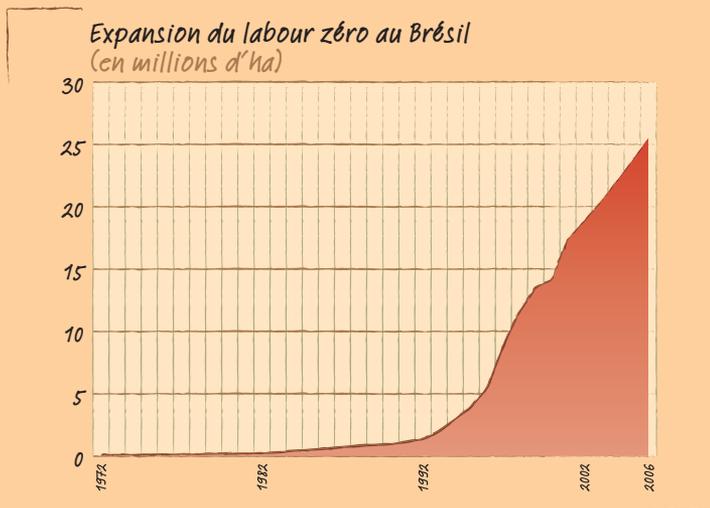
La combinaison des processus écosystémiques et de l'utilisation judicieuse d'engrais minéraux constitue le fondement d'un système durable de gestion de la santé des sols, capable de donner des rendements plus élevés, tout en utilisant une moindre quantité d'intrants externes.

## 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>).



### ► 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)<sup>17, 25</sup>, de même que par les déficiences en micronutriments tels que le zinc et le molybdène. 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 maïs<sup>17</sup> 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 système<sup>26</sup>, 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<sup>10, 27</sup>.

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

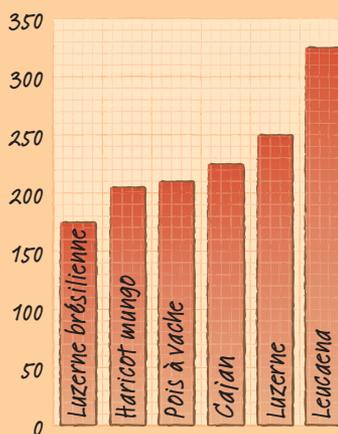
hectare, entre 100 et 200 kilos d'azote – dont les deux tiers proviennent de la fixation de l'azote. Parallèlement à l'application ultérieure d'engrais minéraux, ces jachères améliorées fournissent une quantité d'azote pouvant suffire aux besoins de trois récoltes ultérieures de maïs, ce qui permet de 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 exploitation<sup>28</sup>. 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/ha/an)



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 acacias<sup>29</sup>. 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.

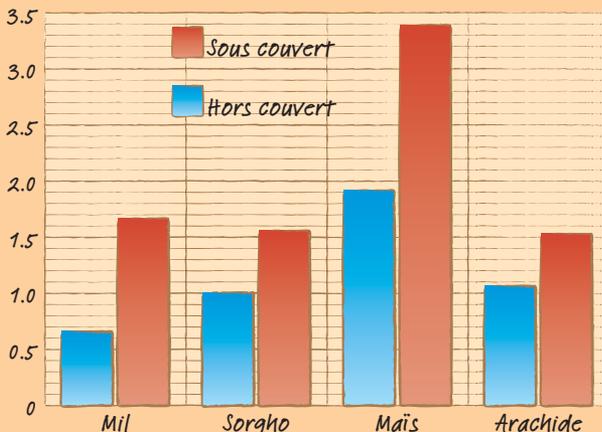
Au Burkina Faso, des milliers de petites exploitations pratiquant l'agriculture en sec adoptent progressivement ces systèmes d'agriculture toujours plus verte.

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

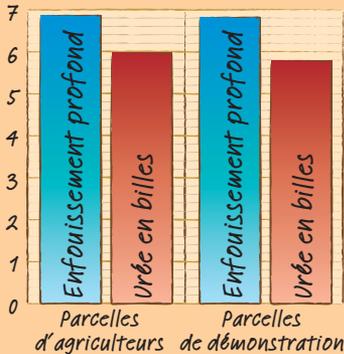
Partout en Asie, les riziculteurs appliquent des engrais azotés dans les rizières avant le repiquage du riz, en répandant à la volée de l'urée sur les sols humides ou immergés; ils procèdent ensuite à une ou plusieurs applications d'urée en surface entre le repiquage et le stade de la floraison. Or, 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 fournis<sup>30</sup>, 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 plants<sup>31-35</sup>, 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 Sidsr-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 ans<sup>36</sup>. 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 cent<sup>37</sup>. 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 Chine<sup>9</sup>. 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 mondial<sup>38</sup>, régional et national<sup>39</sup>. 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 suivi<sup>40</sup>. Il convient de distinguer les indicateurs de base sur la qualité du sol, exigeant une élaboration immédiate ou à long terme<sup>41</sup>. 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'adaptation<sup>42</sup>, 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.*



**P**our 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 phylogénétiques, 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 utilisateurs<sup>1</sup>. 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 privé<sup>2</sup>. 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 cultures<sup>3</sup>. 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 phylogénétiques 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 phytogénétiques

Les ressources phytogénétiques – 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.

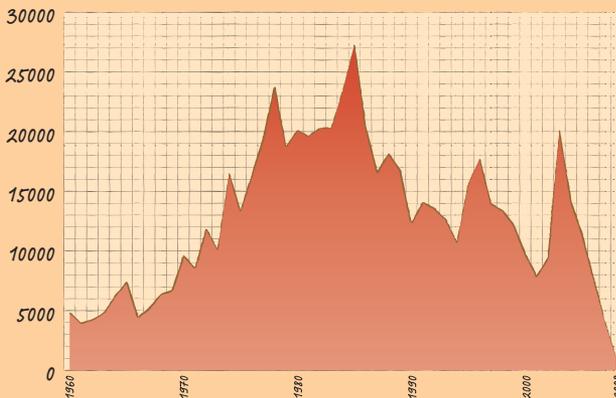
Pour réussir à intensifier les cultures de manière durable, il faudra utiliser plus efficacement les ressources phytogénétiques, en suivant de nouvelles pistes. S'il est vrai que les gènes provenant de variétés locales et de plantes sauvages apparentées à des espèces cultivées revêtent une importance 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 phytogénétiques a été reconnue à plusieurs reprises, au niveau international, que ce soit dans les conclusions du Sommet mondial sur la sécurité alimentaire<sup>4</sup>, tenu en 2009, lors de la ratification, par plus de 120 pays, du Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture<sup>5</sup>, ou dans les objectifs stratégiques de la Convention sur la diversité biologique<sup>6</sup>.

Les dimensions internationales joueront un rôle fondamental dans la mobilisation des ressources phytogénétiques pour l'intensification durable des cultures. Le cadre international pour la conservation et l'utilisation durable des ressources phytogénétiques 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 GCRAL, la participation des pays aux programmes internationaux jouera un rôle essentiel.

Les pays en développement devront renforcer leurs programmes nationaux sur les ressources phytogénétiques, en promulguant des lois appropriées permettant de mettre en application les clauses du Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Des directives ont été préparées pour l'application de ces clauses<sup>7</sup> 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 améliorées<sup>8</sup>. 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 priorités<sup>9</sup>.

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 point<sup>10</sup>. 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 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



orge

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 hydrique<sup>11</sup>.

Il convient d'introduire des politiques et des règlements pour appuyer la production de nouvelles variétés et veiller à ce que des bénéfices 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

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

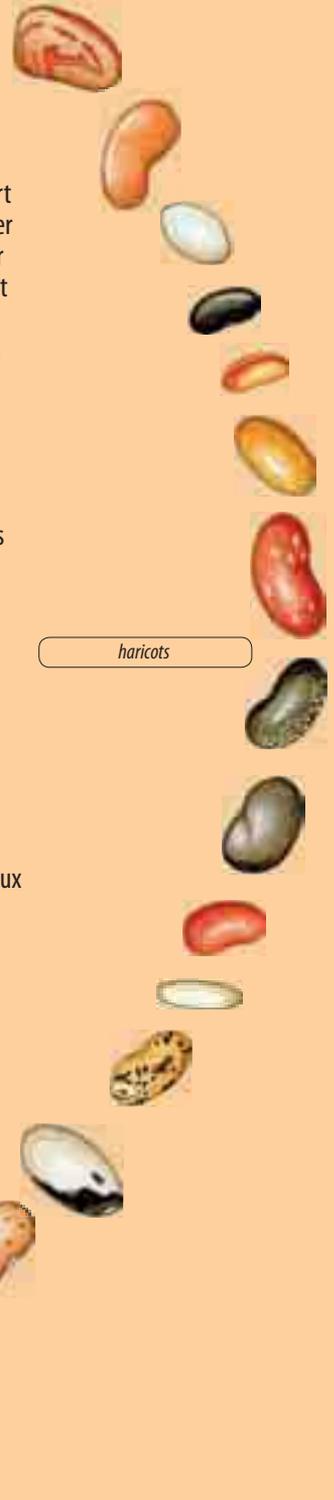
Une considération fondamentale, lors de la planification de programmes d'intensification durable des cultures, est de déterminer le niveau du système semencier national et sa capacité à fournir des semences de qualité, pour des variétés adaptées aux besoins des agriculteurs. Il faudrait, dans un premier 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 diversité<sup>12</sup>. 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 qualité<sup>8</sup>.



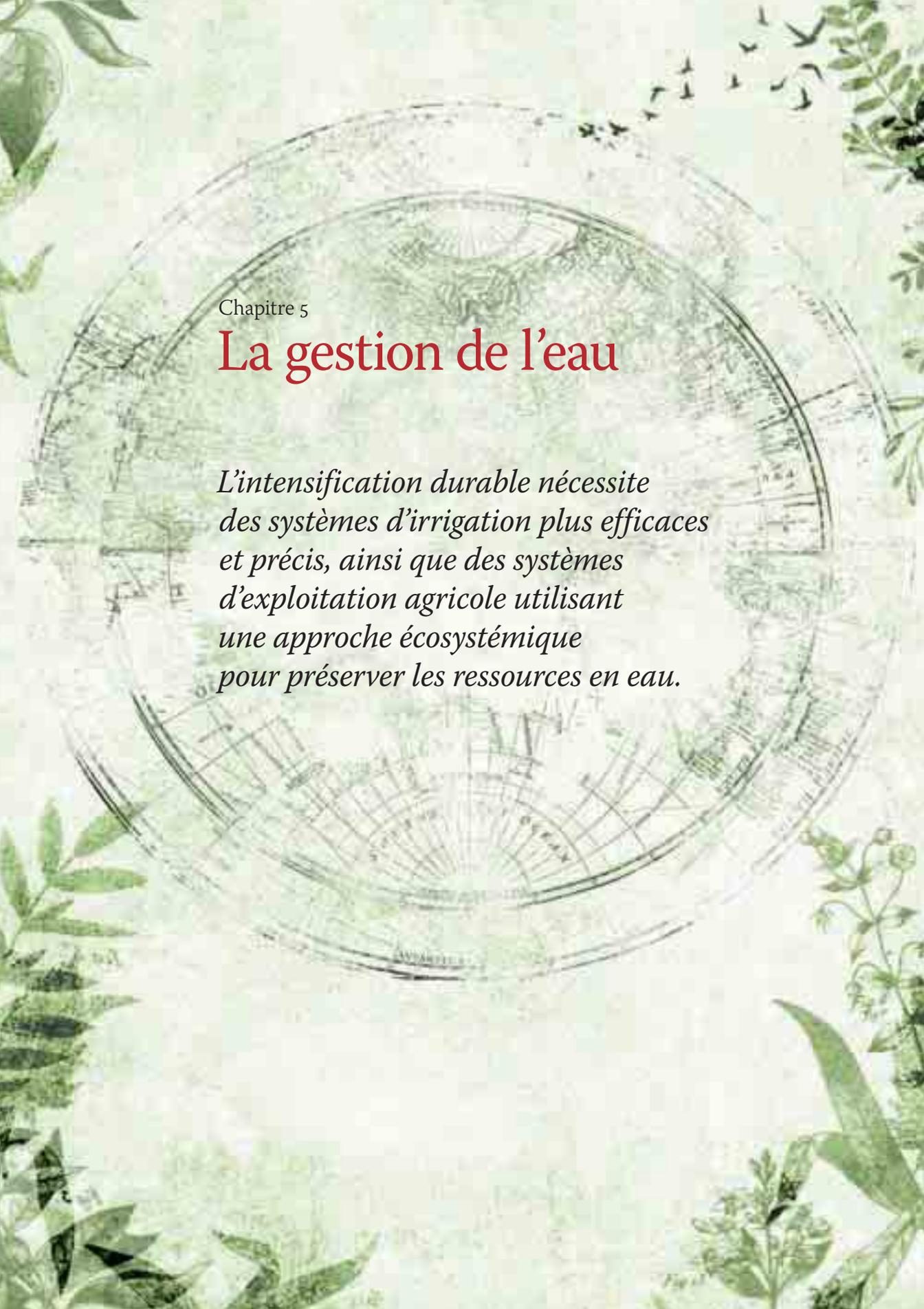
## La marche à suivre

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.





Chapitre 5

# La gestion de l'eau

*L'intensification durable nécessite des systèmes d'irrigation plus efficaces et précis, ainsi que des systèmes d'exploitation agricole utilisant une approche écosystémique pour préserver les ressources en eau.*



Les plantes sont cultivées selon différents régimes de gestion de l'eau, allant du simple travail du sol pour accroître l'infiltration des pluies jusqu'aux technologies d'irrigation et méthodes de gestion de pointe. La superficie totale des terres cultivées est estimée à 1,4 milliard d'hectares, au niveau mondial, et environ 80 pour cent de cette superficie est cultivée en sec; elle assure environ 60 pour cent de la production agricole mondiale<sup>1</sup>. En agriculture non irriguée, la gestion de l'eau consiste à contrôler la quantité d'eau disponible pour une culture en déviant de façon opportuniste les écoulements d'eau de pluie afin d'accroître l'humidité du sol dans la zone des racines des plantes. Il n'empêche que le calendrier d'arrosage reste dicté par les précipitations et non pas par les agriculteurs.

Les terres irriguées, qui couvrent environ 20 pour cent des terres cultivées au niveau mondial, assurent environ 40 pour cent de la production agricole totale<sup>1</sup>. Ce niveau élevé de productivité s'explique par une plus forte intensité de culture et par l'accroissement des rendements moyens. L'irrigation contrôle la quantité et le calendrier des arrosages dans les champs et elle encourage ainsi la concentration d'intrants pour accroître la productivité des terres. Les agriculteurs arrosent les cultures pour stabiliser et accroître les rendements et augmenter le nombre de récoltes par an. Globalement, l'irrigation des cultures permet de multiplier les rendements par deux ou trois. C'est pourquoi une irrigation adaptée et ajustable est vitale pour les cultures de valeur et à forte intensité d'intrants. Mais les risques économiques qu'elle implique sont plus graves que ceux des cultures non irriguées à faible intensité d'intrants. L'irrigation peut aussi avoir des effets négatifs sur l'environnement, entraînant notamment la salinisation des sols et la pollution des aquifères par les nitrates.

**Du fait de pressions croissantes**, venant de la concurrence pour l'utilisation de l'eau et des impératifs écologiques, l'agriculture se trouve obligée de «produire plus avec moins d'eau» et avec un impact réduit sur l'environnement. Il s'agit là d'un défi de taille, qui exige que la gestion de l'eau pour l'intensification durable anticipe une agriculture de précision, plus intelligente. La gestion de l'eau en agriculture devra également être mieux à même de rendre compte de son utilisation de l'eau en termes économiques, sociaux et environnementaux.

Les perspectives de l'intensification durable varient considérablement selon les divers systèmes de production et différents facteurs externes influent sur la demande. Toutefois, en général, l'intensification durable des cultures, irriguées ou non, dépendra de l'adoption d'approches écosystémiques comme l'agriculture de conservation ou d'autres pratiques fondamentales, comme l'utilisation de variétés à haut rendement et de semences de qualité et la protection intégrée contre les ravageurs.

## Systèmes de production en sec

De nombreuses variétés cultivées en sec sont adaptées pour exploiter l'humidité présente dans la zone des racines. Il est possible d'améliorer les systèmes de production en sec, en prenant notamment les mesures suivantes: utilisation, dans les rotations, de plantes à enracinement profond, adaptation des plantes pour les amener à s'enraciner en profondeur, augmentation de la capacité de stockage d'eau des sols, amélioration de l'infiltration de l'eau et réduction au minimum de l'évaporation, en recouvrant le sol de matières organiques. Le captage des écoulements d'eau provenant de terres adjacentes non cultivées peut également prolonger l'humidité des sols. L'amélioration de la production de l'agriculture non irriguée dépend, dans une large mesure, de l'amélioration des soins donnés à la terre, pour tous les aspects de la gestion des cultures. Des facteurs comme la présence d'organismes nuisibles et la disponibilité limitée de nutriments du sol peuvent limiter les rendements, bien plus que la disponibilité d'eau en soi<sup>2,3</sup>. Les principes de réduction des labours, de couverture du sol à l'aide de matières organiques et d'utilisation de la biodiversité, naturelle ou programmée (voir le Chapitre 2, *Les systèmes d'exploitation agricole*) revêtent une importance fondamentale si l'on veut assurer un bon aménagement des terres.

**La possibilité d'intensifier durablement les cultures**, en l'absence d'irrigation, dépendra donc de l'application d'approches écosystémiques, qui maximisent la concentration de l'humidité autour des racines des plantes. S'il est vrai que ces approches peuvent faciliter l'intensification des cultures, le système n'en demeure pas moins exposé aux caprices des précipitations. Du fait des changements climatiques, la production agricole sera en effet exposée à des risques accrus, et c'est précisément dans le secteur de l'agriculture non irriguée qu'il faudra surtout, de toute urgence, élaborer des stratégies efficaces d'adaptation aux changements climatiques<sup>4</sup>.

D'autres mesures doivent donc être prises pour vaincre l'aversion aux risques des agriculteurs: meilleures prévisions concernant les précipitations et les disponibilités en eau, par saison et par an, gestion des inondations à la fois pour atténuer les changements climatiques et, dans l'immédiat, pour améliorer la résilience des systèmes de production. On peut intervenir de manière plus élaborée au niveau de la gestion de l'eau pour réduire les risques planant sur la production, mais pas nécessairement pour intensifier davantage la production en sec. Par exemple, il est possible de transformer certains systèmes de production en sec en systèmes à irrigation d'appoint, à faible intensité d'intrants, afin d'arroser lors de brèves vagues de sécheresse, à des stades critiques de la croissance des plantes<sup>5</sup>, même si de tels systèmes resteront tributaires du calendrier et de l'intensité des précipitations.

Dans des climats de transition comme ceux de la Méditerranée et de certaines parties du Sahel, on a appliqué avec succès, dans les exploitations, la gestion des eaux de ruissellement, y compris la construction de digues dans les zones cultivées, afin de prolonger l'humidité du sol

après chaque pluie. La gestion des eaux de ruissellement en dehors des exploitations, y compris la concentration des ruissellements dans des eaux souterraines peu profondes ou dans des réservoirs gérés par les agriculteurs, permet de disposer d'une irrigation d'appoint limitée. Toutefois, lorsqu'elles ont lieu sur de vastes superficies, ces interventions ont un impact sur les usagers situés en aval et sur les bilans d'ensemble des bassins hydrographiques.

S'agissant des technologies, la possibilité d'étendre les avantages des approches écosystémiques (effet positif sur l'environnement et conservation de l'humidité des sols) dépendra souvent du niveau de mécanisation agricole, des machines étant en effet nécessaires pour tirer profit des précipitations. Des technologies plus simples, y compris la mise en culture opportuniste tirant profit des eaux de ruissellement, resteront fondamentalement risquées, notamment dans les zones où le régime des précipitations est plus irrégulier. Il s'agit également de solutions exigeant une forte intensité de main-d'œuvre.

Les décideurs devront évaluer avec précision la contribution relative de la production irriguée et non irriguée au niveau national. S'il est possible de stabiliser la production non irriguée en améliorant la conservation de l'humidité des sols, il conviendra d'identifier et de définir avec précision dans quelles conditions physiques et socioéconomiques une telle stabilisation est possible. Les avantages respectifs d'investissements de faible ampleur dans l'intensification durable sur de vastes superficies non irriguées, par opposition à des investissements localisés mais très intensifs dans des systèmes pleinement irrigués, doivent faire l'objet d'une évaluation socioéconomique méticuleuse, en fonction des objectifs de développement fixés.

Sur le plan institutionnel, il faut réorganiser et renforcer les services consultatifs fournis aux agriculteurs pratiquant l'agriculture non irriguée et redoubler d'efforts afin de promouvoir l'assurance récolte visant les petits exploitants. On aura besoin d'une analyse affinée des régimes pluviométriques et des déficits d'humidité du sol pour stabiliser la production dans les systèmes actuels d'agriculture non irriguée soumis aux effets des changements climatiques.

## Systemes d'agriculture irriguée

La superficie totale des terres irriguées dans le monde dépasse désormais 300 millions d'hectares<sup>6</sup>, et la superficie totale récoltée est encore supérieure, selon les estimations, car deux ou trois récoltes annuelles peuvent parfois être faites sur les mêmes terres. Le développement de l'irrigation est principalement concentré en Asie, où la riziculture irriguée couvre environ 80 millions d'hectares, avec des rendements moyens de cinq tonnes à l'hectare (contre 2,3 tonnes à l'hectare pour les rizières non irriguées, qui s'étendent sur 54 millions d'hectares). En revanche, en Afrique, l'agriculture irriguée ne couvre que quatre pour cent des terres cultivées, en raison principalement d'un manque d'investissements.

L'irrigation est souvent utilisée comme une base de départ pour l'intensification, car elle offre un point concret où concentrer les intrants. Toutefois, la *durabilité* de cette intensification dépendra de l'endroit où l'eau est prélevée, ainsi que de l'adoption d'approches écosystémiques – conservation des sols, variétés améliorées et protection intégrée contre les ravageurs – qui sont à la base même de l'intensification durable. L'uniformité de distribution et l'efficacité d'application de l'irrigation varient en fonction des technologies utilisées, des types de sol et du relief (principalement pour l'infiltration), mais aussi selon la qualité de la gestion.

*L'irrigation de surface* par planches, par bassin ou par rigoles est souvent moins efficace et moins uniforme que l'aspersion en hauteur (c'est-à-dire par aspersion, au goutte-à-goutte ou par gaine perforée). La *micro-irrigation* a été perçue comme une solution technologique au problème du mauvais fonctionnement de l'irrigation de plein champ et comme un moyen d'épargner l'eau. Elle est de plus en plus adoptée par les horticulteurs commerciaux, tant dans les pays développés que dans les pays en développement, malgré le coût élevé des investissements nécessaires.

*L'irrigation déficitaire* et ses variantes, comme *l'irrigation déficitaire régulée* (IDR), sont de plus en plus utilisées pour l'arboriculture commerciale et certaines cultures de plein champ qui réagissent positivement au stress hydrique contrôlé, à des stades critiques de leur croissance. L'irrigation déficitaire régulée est souvent pratiquée en même temps que la micro-irrigation et l'irrigation fertilisante, qui prévoit l'application d'engrais dans le système de micro-irrigation, directement dans la zone où se développent la plupart des racines. Cette méthode a été adaptée à partir du système plus rudimentaire d'irrigation par rigoles, utilisé en Chine. Les avantages, en termes de réduction de la consommation d'eau, sont évidents, mais ce système n'est utilisable que si l'approvisionnement en eau est très fiable.

**L'irrigation de précision**, fondée sur le savoir, offre aux agriculteurs des possibilités souples et fiables d'irrigation; c'est une composante importante de l'intensification durable des cultures. On a testé des systèmes automatisés utilisant à la fois des arroseurs fixes et des dispositifs de micro-irrigation qui contrôlent l'humidité du sol et la température de la partie aérienne des plantes pour définir le niveau d'irrigation à appliquer, en différents endroits du champ. L'irrigation de précision et l'application de précision d'engrais dans l'eau irrigation sont, dans un cas comme dans l'autre, des atouts futurs pour les cultures de plein champ et les cultures horticoles, mais les problèmes potentiels ne manquent pas. Récemment, des simulations par ordinateur ont montré qu'en horticulture, la gestion de la salinité est un facteur critique pour la durabilité de la production.

En agriculture irriguée, les considérations économiques sont importantes. Le recours à des technologies utilisant des arroseurs et des dispositifs de micro irrigation, ainsi que l'automatisation des périmètres d'irrigation de surface supposent des investissements à long terme et l'existence de budgets d'exploitation. Les canons à eau sont l'une des

options les moins chères pour l'irrigation de grandes surfaces par voie aérienne, mais les coûts d'exploitation sont en général élevés. D'autres systèmes d'irrigation par voie aérienne coûtent cher et ne sont pas adaptés à des petites exploitations agricoles, en l'absence de subventions à la production.

Dans nombre de périmètres irrigués publics, les services laissent à désirer, en raison de carences au niveau de leur conception, de leur entretien et de leur gestion. Il est possible de moderniser, dans une large mesure, les systèmes et leur gestion, à la fois en introduisant des réformes institutionnelles et en séparant la fourniture des services d'irrigation du contrôle d'ensemble et de la régulation des ressources hydriques.

Le drainage est un complément essentiel, mais souvent négligé, de l'irrigation, notamment lorsque les nappes phréatiques sont près de la surface et que la salinité des sols est un problème. Il faudra investir dans le drainage pour améliorer la productivité et la durabilité des systèmes d'irrigation et assurer une bonne gestion des intrants agricoles. Toutefois, l'amélioration du drainage augmente les risques d'exportation des matières polluantes, provoquant la dégradation des cours d'eau et des écosystèmes aquatiques qui y sont liés.

Les cultures protégées, principalement en serres froides, se répandent de plus en plus dans de nombreux pays, y compris en Chine et en Inde, principalement pour la production de fruits, de légumes et de fleurs. À long terme, des systèmes de production intensive à cycle fermé, utilisant des méthodes conventionnelles d'irrigation ou recourant à la culture hydroponique ou aéroponique, se généraliseront progressivement, notamment dans les zones périurbaines reliées à des marchés actifs et confrontées à des pénuries croissantes d'eau.

L'utilisation de l'eau à des fins d'irrigation réduit les débits des eaux de ruissellement, modifie leur apparition et crée des conditions propices à des chocs comme la prolifération d'algues toxiques. Les effets secondaires comprennent la salinisation, ainsi que la pollution des cours d'eau et plans d'eau par les nutriments et les pesticides. Les systèmes irrigués obligent à faire d'autres arbitrages pour l'environnement; les rizières fixent un niveau supérieur de matières organiques par rapport aux terres arides, ont moins d'eaux de ruissellement chargées en nitrate et ont des émissions plus faibles d'oxyde nitreux ( $N_2O$ ). En revanche, les rizières ont des émissions assez importantes de méthane (de trois à dix pour cent des émissions totales) et d'ammoniac.

Normalement, les cultures utilisent moins de 50 pour cent de l'eau d'irrigation qu'elles reçoivent et l'efficacité des systèmes d'irrigation situés dans un bassin versant où l'eau est pleinement allouée, voire surallouée, est médiocre. En termes comptables, il faut préciser les quantités d'eau consommées de façon productive et non productive. L'utilisation productive de l'eau par les plantes – l'évapotranspiration – est le but même de l'irrigation: idéalement, la transpiration devrait représenter la totalité de la consommation d'eau, sans aucune évaporation du sol et de l'eau. Il est possible d'améliorer la productivité de l'eau en réduisant les pertes non productives résultant de l'évaporation.

Les efforts d'amélioration de la productivité de l'eau au niveau du bassin versant viseront donc à réduire la consommation d'eau, là où elle n'a aucun effet bénéfique<sup>7</sup>. Toutefois, les prélèvements croissants d'eau pour l'agriculture ne sont pas sans effets: on a noté une forte réduction des eaux de ruissellement annuelles provenant de zones «améliorées» situées en amont, où des méthodes de collecte de l'eau avaient été appliquées à grande échelle, en certains endroits de la péninsule indienne<sup>8</sup>.

La gestion de l'eau est un facteur fondamental pour réduire au minimum les pertes et les exportations d'azote des exploitations agricoles. Dans les sols drainés naturellement, la nitrification est partiellement interrompue, provoquant l'émission de  $N_2O$ , alors que dans des conditions saturées (anoxiques), les composés de l'ammonium et l'urée se transforment partiellement en ammoniac, surtout en riziculture. Des pertes atmosphériques d'urée peuvent donc se produire lorsque l'ammoniac et le  $N_2O$  se libèrent au cours des cycles de mouillages et de séchage de l'irrigation. L'azote doit se présenter sous forme de nitrate pour être absorbé par les racines, mais peut facilement se déplacer ailleurs en solution. Un certain nombre d'éléments fertilisants à diffusion lente sont actuellement élaborés pour différentes situations (voir le Chapitre 3, *La santé des sols*).

La dynamique de la mobilisation et du transport du phosphate dans les canaux d'irrigation et les cours d'eau est un phénomène complexe. L'exportation des phosphates en agriculture peut se produire dans des périmètres irrigués, lorsque l'on applique des débits érosifs dans l'irrigation en rigoles ou lorsque des sols sodiques se dispersent. Les phosphates et, dans une moindre mesure, les nitrates peuvent être piégés par les bandes-tampons placées à extrémité des champs et le long des fleuves, empêchant ainsi le déversement de ces substances dans les cours d'eau. En conséquence, si l'on combine de bonnes méthodes de gestion de l'irrigation, le recyclage de l'eau d'aval et l'enfouissement des phosphates dans le sol, on peut réduire pratiquement à néant les exportations de phosphate dans les terres irriguées.

Pour assurer la durabilité de l'agriculture irriguée intensive, il faut réduire au minimum des externalités telles que la salinisation et l'exportation des agents polluants, préserver la santé des sols et maintenir de bonnes conditions de croissance. Ces impératifs, qui doivent retenir toute l'attention des exploitations agricoles (choix des façons culturales et des technologies et prises de décision), ne font que confirmer la nécessité d'une meilleure comptabilité de la consommation d'eau et d'une allocation plus judicieuse de l'eau au niveau du bassin versant ou du bassin d'alimentation, ainsi que d'une meilleure compréhension des interactions hydrologiques entre différents systèmes de production.

## Des technologies pour produire plus avec moins

### ► Récolte de l'eau de pluie dans le Sahel<sup>9</sup>

Dans le Sahel, en Afrique, il existe de nombreux systèmes traditionnels et novateurs de récupération de l'eau de pluie. Dans les zones semi-arides du Niger, les petits exploitants recueillent l'eau de pluie dans des cuvettes de plantation, afin de remettre en état les terres dégradées



mil à chandelle

pour y cultiver du mil et du sorgho. Cette technique améliore l'infiltration et accroît la disponibilité d'éléments nutritifs dans les sols sableux et limoneux; elle entraîne une augmentation considérable des rendements, une amélioration de la couverture du sol et une réduction des inondations en aval. Les cuvettes de plantation sont des trous creusés manuellement

de 20-30 cm de diamètre et 20-25 cm de profondeur, à 1 mètre environ d'intervalle. En creusant un petit billon, on optimise la rétention d'eau de pluie et le ruissellement. Le cas échéant, on ajoute du fumier dans chaque cuvette tous les deux ans. Les semences sont semées directement dans les cuvettes au début de la saison des pluies; tous les ans, on ôte le limon grossier et le sable. C'est en général la deuxième année après l'application du fumier que l'on obtient les meilleurs rendements.

Dans l'est de l'Éthiopie, les agriculteurs construisent des remblais temporaires de pierre et de terre pour recueillir les eaux de crue et de ruissellement des rivières éphémères, des routes et des versants. L'eau est ensuite distribuée, au moyen d'un réseau de canaux creusés à la main mesurant jusqu'à 2 km de long, dans les champs où sont cultivés des légumes et des fruits de valeur. Cette technique permet d'accroître de 400 pour cent la valeur de la production brute

à partir de la quatrième année, d'améliorer l'humidité et la fertilité des sols et de réduire les inondations en aval.

### ► Irrigation déficitaire pour obtenir de hauts rendements et optimiser les bénéfiques nets<sup>10</sup>

Pour optimiser les rendements, il faut utiliser des variétés à haut rendement, disposer d'un approvisionnement en eau optimal et de sols fertiles et protéger les cultures. Mais on peut aussi obtenir de bons résultats même si l'approvisionnement en eau est limité. Dans des conditions d'irrigation déficitaire, les besoins des cultures ne sont pas totalement couverts et un léger stress hydrique est autorisé durant les phases de croissance moins sensibles au manque d'humidité. Le rendement baissera légèrement, mais l'eau ainsi économisée servira à irriguer d'autres cultures. L'irrigation déficitaire exige toutefois une bonne connaissance du bilan de salinité du sol et de l'eau ainsi que du comportement des cultures, étant donné qu'elles réagissent de manière différente au stress hydrique.

Selon une étude menée pendant six ans sur la production de blé d'hiver dans la Grande Plaine de la Chine du Nord, on peut réduire de plus de 25 pour cent la consommation d'eau en pratiquant l'irrigation déficitaire à divers stades de croissance. En temps normal, il suffit de deux apports de 60 mm d'eau (au lieu de quatre habituellement) pour obtenir des rendements relativement élevés et optimiser les bénéfiques nets. Une étude menée dans le Pendjab, au Pakistan, sur les effets à long terme de l'irrigation déficitaire sur le blé et le coton, a montré que les rendements peuvent baisser de 15 pour cent lorsque l'irrigation couvre seulement 60 pour cent de l'évapotranspiration totale de la culture. L'étude souligne en outre que le lessivage est indispensable afin d'éviter à long terme le risque de salinisation. Des études



coton

conduites en Inde sur les cultures irriguées d'arachides montrent que l'on peut accroître la production et la productivité de l'eau, même si l'on impose un stress hydrique passager durant la phase végétative, 20 à 45 jours après les semis. Le stress hydrique durant la phase végétative a probablement un effet positif sur la croissance des racines et contribue à une utilisation plus efficace de l'eau située plus en profondeur. Les économies d'eau sont plus importantes dans la culture des arbres fruitiers que dans celle des herbacées. Dans le sud-est de l'Australie, l'irrigation déficitaire réglementée des arbres fruitiers a permis d'accroître la productivité de l'eau de quelque 60 pour cent et d'obtenir des fruits de meilleure qualité, sans baisse de rendement.

### ► Irrigation supplémentaire des terres arides non irriguées<sup>11, 12</sup>

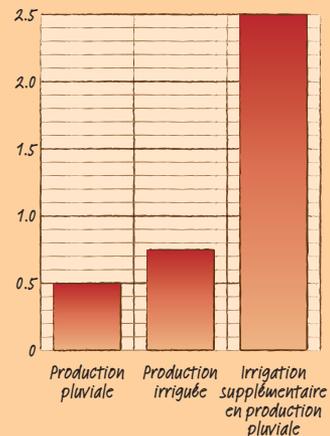
Les agriculteurs des zones arides qui cultivent des céréales sont tributaires des précipitations et peuvent avoir recours à l'irrigation pour accroître leurs rendements. Ils recueillent l'eau de ruissellement dans des étangs, des cuves ou de petits barrages de manière à pouvoir irriguer durant les étapes critiques de croissance des cultures. Cette irrigation supplémentaire permet notamment une plantation précoce. Alors que dans l'agriculture non irriguée, cette dernière dépend du début des pluies, l'irrigation supplémentaire permet de choisir la date de plantation avec précision, ce qui peut accroître considérablement la productivité. Par exemple, dans les pays méditerranéens, le blé semé en novembre

assure des rendements nettement plus élevés et réagit mieux à l'irrigation et aux engrais azotés que le blé semé en janvier.

La productivité moyenne de l'eau de pluie dans les zones arides d'Afrique du Nord et d'Asie de l'Ouest varie de 0,35 à 1 kg environ de blé par mètre cube d'eau. Le Centre international de recherches agricoles dans les régions sèches (ICARDA) estime que ce même volume d'eau, utilisé en tant qu'irrigation supplémentaire et associé à de bonnes pratiques de gestion, peut porter la productivité à 2,5 kg. La raison principale de cette amélioration: il suffit d'un faible volume d'eau pour remédier à un stress hydrique important.

En République arabe syrienne, l'irrigation supplémentaire a permis d'accroître les rendements moyens de céréales de 1,2 à 3 tonnes par hectare. Au Maroc, 50 mm d'irrigation supplémentaire a entraîné une augmentation du rendement du blé précoce, qui est passé de 4,6 à 5,8 tonnes, et une augmentation de 50 pour cent de la

Productivité de l'eau dans la production de blé (en kg de graines/m<sup>3</sup> d'eau)



ICARDA. 2006. AARINENA water use efficiency network - Proceedings of the expert consultation meeting, 26-27 November 2006. Aleppo, Syria.

productivité de l'eau. En Iran, il a suffi d'une seule irrigation supplémentaire pour que le rendement de l'orge passe de 2,2 à 3,4 t/ha.

Associée à des variétés améliorées et à une bonne gestion du sol et des éléments nutritifs, l'irrigation supplémentaire peut être optimisée en permettant aux cultures de supporter un certain niveau de stress hydrique. Dans le nord de la Syrie, les agriculteurs ont appliqué la moitié du volume total d'irrigation supplémentaire dans les champs de blé, ce qui leur a permis de doubler la superficie cultivée, d'obtenir la productivité maximale par unité d'eau et d'accroître la production totale d'un tiers.

### ► Usages multiples des systèmes d'irrigation<sup>13</sup>

Les systèmes et les infrastructures d'irrigation peuvent être aussi utilisés pour l'approvisionnement en eau destinée à l'usage domestique, la production animale, la production d'électricité et le transport. Une étude de la FAO sur 20 projets d'irrigation a révélé que l'utilisation de l'eau à des fins autres que l'irrigation et les fonctions multiples des projets d'irrigation étaient plutôt la norme que l'exception.

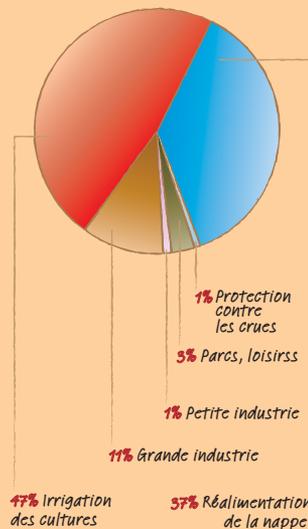
Dans le district d'irrigation de Fenhe, dans la province de Shanxi, en Chine, par exemple, les volumes d'eau utilisés par l'irrigation conventionnelle sont inférieurs à ceux destinés aux services connexes, comme l'aquaculture, la plantation de bois d'œuvre et la protection contre les inondations. Les infrastructures du district, consistant en deux réservoirs, trois barrages de diversion et cinq canaux principaux, datent de 1950. Ces dernières années, la sécheresse, les inondations et la pollution de l'eau se sont aggravées dans la province de Shanxi, ainsi que la concurrence pour l'eau entre utilisations industrielle et domestique. En raison de la pénurie d'eau, les superficies cultivées avec une irrigation de surface se limitent essentiellement à la culture



du blé d'hiver et du maïs. Nombre d'exploitants ont par conséquent diversifié leur production et remplacé les cultures de base par la production intensive de cultures commerciales, irriguées essentiellement par les eaux souterraines; la zone desservie par le projet, qui couvrait 86 000 hectares à l'origine, a été réduite d'environ 50 pour cent.

Dans cette zone réduite du district, l'eau tirée du Fleuve Jaune remplit de multiples fonctions. Elle est destinée aux activités de production (irrigation des cultures, aquaculture, production d'énergie hydraulique, plantation de bois d'œuvre et usages industriels) et aux équipements collectifs (protection contre les crues, réalimentation des nappes souterraines, aménagement de parcs). Ainsi, l'intensification de l'utilisation de l'eau est associée à la conservation des services environnementaux.

Utilisation de l'eau d'irrigation, district de Fenhe (Chine) (en pourcentage)



FAO. 2010. Mapping systems and service for multiple uses in Fenhe irrigation district, Shanxi Province, China. Rome.

## La marche à suivre

La durabilité de l'agriculture irriguée – mais aussi de l'agriculture non irriguée et des systèmes améliorés de production en sec – suppose des choix difficiles en ce qui concerne l'utilisation des terres, le partage de l'eau dans son sens le plus large et le maintien des services écosystémiques d'appui. Or, ces choix deviennent de plus en plus complexes et ont des répercussions sur le plan social, économique et politique.

La gouvernance d'ensemble des allocations des terres et des eaux aura une influence déterminante sur l'ampleur des investissements à long terme dans l'intensification durable de la production irriguée, étant donné que l'agriculture irriguée exige des investissements plus importants et des intrants plus onéreux. Les demandes concurrentes pour l'utilisation de l'eau provenant d'autres secteurs économiques et des services et aménagements environnementaux sont appelées à s'intensifier. La gestion de l'eau en agriculture devra s'adapter à un volume inférieur d'eau par hectare et internaliser le coût de la pollution venant des terres agricoles.

S'agissant des politiques générales, force est de constater que la nature de l'agriculture évolue dans de nombreux pays, à mesure que s'accroissent l'exode rural et l'urbanisation. Les politiques qui ont les plus fortes chances de succès sont les mesures incitatives qui se concentrent sur les externalités environnementales les plus urgentes, tout en laissant entrevoir aux agriculteurs de meilleurs profits.

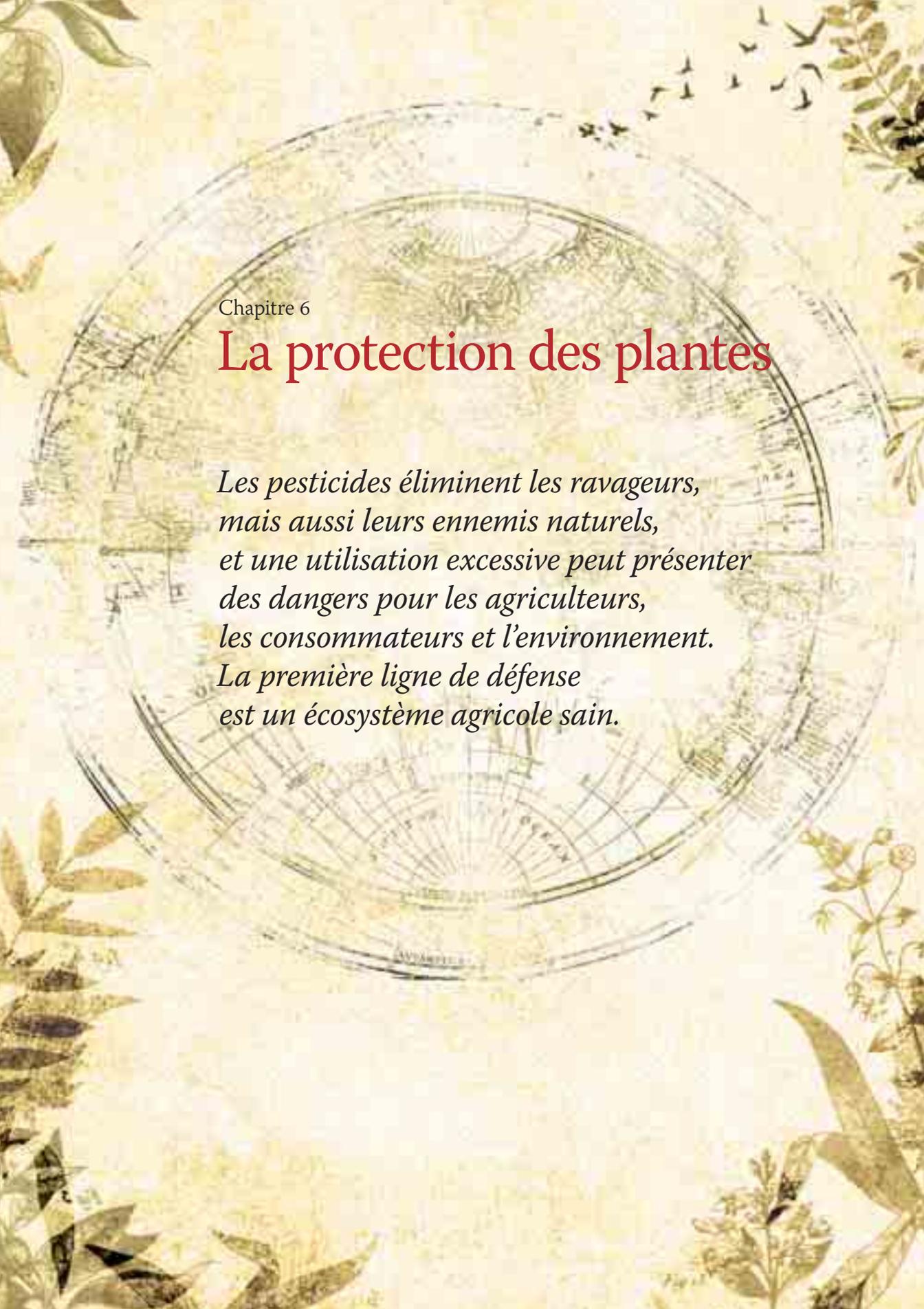
Par exemple, lorsque la pollution agrochimique des cours d'eau et des écosystèmes aquatiques atteint un niveau critique, l'interdiction de produits chimiques dangereux pourrait être accompagnée d'un renchérissement des prix des engrais, d'avis objectifs fournis aux agriculteurs sur les taux de fertilisation et d'une suppression des stimulants pervers qui les amènent à appliquer trop d'engrais. Des mesures de suivi pourraient encourager une gestion des engrais aux niveaux «requis ou recommandés» et chercher à accroître la productivité d'une autre manière, en utilisant moins d'intrants extérieurs. Dans pareil cas, il faudrait renforcer les investissements publics afin d'améliorer la surveillance de l'état des écosystèmes.

À l'avenir, les technologies d'irrigation fertilisante (y compris l'utilisation d'engrais liquides), l'irrigation déficitaire et la réutilisation des eaux usées seront mieux intégrées au sein des systèmes d'irrigation. Si l'introduction de nouvelles technologies dans des systèmes de production irriguée a initialement des coûts élevés et exige des dispositions institutionnelles pour leur mise en production et leur entretien, le recours à l'irrigation de précision est, quant à elle, une pratique désormais répandue à l'échelle mondiale. Les agriculteurs des pays en développement adoptent déjà des asperseurs de faible taille pour une irrigation au goutte-à-goutte, lorsqu'ils disposent de créneaux commerciaux, comme celui des produits horticoles. En outre, on prévoit à l'avenir une meilleure disponibilité de produits bon marché, en plastique moulé, ainsi que de bâches en plastique pour la plasticulture. Néanmoins, si l'on veut faciliter l'adoption d'autres solutions, comme les technologies solaires, ou

éviter les technologies polluantes, il faudra alors prendre des mesures réglementaires et en assurer effectivement le respect.

Des lacunes au niveau de la gouvernance de certains investissements effectués dans l'irrigation ont entraîné des problèmes tels que: irrégularités financières au niveau des mises de fonds, recherche du profit maximal lors de la gestion et de la mise en fonctionnement des équipements et coordination médiocre entre les organismes chargés de fournir des services d'irrigation aux agriculteurs. Il faut adopter des approches novatrices afin d'améliorer les cadres institutionnels, qui doivent encourager le développement agricole et la mise en valeur de l'eau, tout en préservant l'environnement. Il reste encore beaucoup de choses à apprendre des initiatives locales de développement institutionnel et il existe toujours de grandes possibilités de gérer les externalités de l'intensification et de réduire ou d'éviter les coûts de transaction. Les solutions viendront probablement des savoirs accumulés, plutôt que d'une utilisation intensive des technologies.





Chapitre 6

## La protection des plantes

*Les pesticides éliminent les ravageurs,  
mais aussi leurs ennemis naturels,  
et une utilisation excessive peut présenter  
des dangers pour les agriculteurs,  
les consommateurs et l'environnement.  
La première ligne de défense  
est un écosystème agricole sain.*



On pense souvent que les ravageurs des plantes sont des facteurs externes, introduits dans la production agricole. Il s'agit là d'une idée erronée car, dans la plupart des cas, les ravageurs sont présents naturellement dans l'écosystème agricole. Les ravageurs et les espèces qui les accompagnent – prédateurs, parasites, pollinisateurs, concurrents et décomposeurs – sont des composantes de la biodiversité agricole associée aux cultures, qui remplissent tout un éventail de fonctions écosystémiques. D'habitude, les recrudescences ou les infestations de ravageurs apparaissent lorsque s'interrompent les processus naturels qui les régulent.

Les stratégies de lutte contre les ravageurs doivent faire partie intégrante de l'intensification durable des cultures, car celle-ci entraînera une augmentation de la nourriture disponible pour les ravageurs. Ces stratégies devront toutefois répondre aux préoccupations concernant les risques posés par les pesticides pour la santé humaine et l'environnement. Il convient donc d'appliquer une approche systémique pour résoudre tout problème de ravageur se posant lors de l'intensification de la production.

Même si des populations de ravageurs potentiels sont toujours présentes dans chaque champ, l'application régulière de mesures telles que la surveillance des cultures et les contrôles ponctuels permet en général d'en limiter les effets. Il faut rappeler que l'éradication totale d'un insecte nuisible réduirait la nourriture disponible pour les ennemis naturels de ce ravageur, qui constituent un élément fondamental concourant à la résilience du système. L'objectif est donc de gérer la lutte contre les insectes nuisibles jusqu'au point où la prédation naturelle fonctionne de manière équilibrée et les pertes de culture dues aux ravageurs sont maintenues à un niveau minimum acceptable.

Lorsque ces mesures semblent insuffisantes, les agriculteurs réagissent souvent en cherchant à mieux protéger leurs cultures contre les menaces perçues. Les décisions que prennent les agriculteurs en matière de lutte contre les ravageurs se fondent sur leurs objectifs et expériences personnels. Certains peuvent décider d'appliquer des mesures de lutte à forte intensité de main-d'œuvre, mais la majorité recourra aux pesticides. En 2010, les ventes mondiales de pesticides devraient dépasser le montant de 40 milliards d'USD. Les herbicides représentent le plus grand segment du marché, alors que la part des insecticides a diminué et que celle des fongicides a progressé au cours des dix dernières années<sup>1</sup>.

L'utilisation excessive de pesticides pour lutter contre les organismes nuisibles mine l'équilibre naturel de l'écosystème agricole: elle perturbe les populations de parasitoïdes et de prédateurs et provoque ainsi des infestations de ravageurs secondaires. Elle engendre également un cycle vicieux de résistance des ravageurs, qui exigera de nouveaux investissements dans la mise au point de pesticides, sans aucun changement du niveau de pertes dues aux ravageurs, qui est estimé de nos jours à 30 à 40 pour cent, soit autant qu'il y a 50 ans<sup>2</sup>. On a donc vu se multiplier les infestations de ravageurs, du fait de l'utilisation inappropriée des pesticides<sup>3</sup>.

L'emploi excessif de pesticides expose également les agriculteurs à de graves risques pour leur santé et à des retombées négatives pour l'environnement et, parfois, pour les rendements des cultures. Il arrive souvent que moins d'un pour cent des pesticides appliqués atteigne effectivement les organismes nuisibles visés, le reste contaminant l'air, les sols et les eaux<sup>4</sup>.

Les consommateurs s'inquiètent de plus en plus de la présence de résidus de pesticides dans les aliments. L'urbanisation rapide a déterminé une expansion de l'horticulture en milieu urbain et périurbain; l'utilisation de pesticides y devient plus évidente et leur application excessive est encore moins acceptable pour le public. Les graves conséquences d'une exposition aux pesticides dans le milieu de travail ont été amplement documentées dans les communautés agricoles, déterminant une plus grande prise de conscience sociale concernant les droits et le bien-être des travailleurs.

**Les préoccupations du public** ont porté à l'adoption de normes plus rigoureuses, tant sur le plan national que dans le commerce international. Les détaillants et les grandes chaînes de supermarchés ont approuvé des normes plus strictes concernant le bien-être des travailleurs, la sécurité sanitaire des aliments, la traçabilité et le respect de l'environnement. Des lacunes dans la réglementation et la gestion des pesticides continuent toutefois à saper les efforts visant à élargir et pérenniser les stratégies à fondement écologique envisageables pour lutter contre les organismes nuisibles. Cela s'explique par le fait que les pesticides font l'objet de campagnes agressives de commercialisation et qu'ils sont donc perçus comme étant l'option la moins chère et la plus rapide pour lutter contre les ravageurs.

Les agriculteurs auraient tout intérêt à mieux connaître le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes, ainsi que le rôle des organismes nuisibles, en tant que partie intégrante de la biodiversité agricole. Les décideurs, auxquels sont souvent adressées des informations complexes concernant les ravageurs des plantes, auraient aussi intérêt à mieux comprendre les effets réels des ravageurs et des maladies dans les écosystèmes agricoles.

## La protection intégrée contre les ravageurs

**A**u cours des 50 dernières années, la protection intégrée s'est imposée, dans le monde entier, comme la principale stratégie holistique de protection des plantes. Depuis son apparition dans les années 60, la protection intégrée se fonde sur l'écologie et le concept des écosystèmes et se donne pour objectif de maintenir les fonctions des écosystèmes<sup>5-7</sup>.

La protection intégrée repose sur l'idée que la première et la principale ligne de défense contre les ravageurs et les maladies en agriculture est un écosystème agricole en bonne santé, où les processus biologiques qui sont à la base de la production sont protégés, encouragés et améliorés.

L'amélioration de ces processus peut en effet accroître les rendements et la durabilité, tout en réduisant le coût des intrants. Dans les systèmes de production intensive, les facteurs environnementaux suivants, liés à la production, affectent les possibilités de protection efficace contre les ravageurs:

- ▶ *Les méthodes de gestion du sol* appliquant une approche écosystémique – paillage, par exemple – peuvent créer des refuges pour les ennemis naturels des ravageurs. L'enrichissement du sol en matières organiques fournit d'autres sources de nourriture aux ennemis naturels non spécialisés et aux antagonistes des maladies des plantes et renforce, en début de campagne, les populations qui limiteront les ravageurs. La solution de problèmes particuliers affectant les sols, comme l'incursion d'eau saumâtre, peut réduire la sensibilité des cultures à des ravageurs comme les mineuses des tiges du riz.
- ▶ *Le stress hydrique* peut accroître la sensibilité des cultures aux maladies. Certains organismes nuisibles, notamment les plantes adventices dans les rizières, peuvent être limités par une meilleure gestion de l'eau dans le système de production.
- ▶ *Pour bien gérer la lutte contre les maladies des plantes* et contre de nombreux insectes nuisibles, il faut absolument pouvoir compter sur la résistance des variétés de plantes cultivées. Les plantes peuvent devenir vulnérables si la résistance des plantes hôtes a une base génétique trop étroite.
- ▶ *Le calendrier et la disposition dans l'espace des cultures* ont une incidence sur la dynamique des ravageurs et de leurs ennemis naturels, ainsi que sur le niveau des services de pollinisation, pour les cultures horticoles dépendant d'un pollinisateur. Comme pour d'autres insectes bénéfiques, la réduction des applications de pesticides et l'augmentation de la diversité dans les exploitations agricoles peuvent accroître le niveau des services de pollinisation.

**La protection intégrée**, en tant que stratégie axée sur l'écosystème, a remporté de grands succès en agriculture, dans le monde entier. De nos jours, des programmes de protection intégrée de grande ampleur, appuyés par les pouvoirs publics, sont réalisés dans plus de 60 pays, y compris le Brésil, la Chine, l'Inde et la plupart des pays développés. Selon un consensus scientifique général – souligné par la récente Évaluation internationale des connaissances agricoles, de la science et de la technologie pour le développement<sup>8</sup> – la protection intégrée est efficace et permet de protéger l'intensification de la production. On trouvera ci-après les principes généraux à respecter pour insérer la protection intégrée dans les programmes d'intensification durable.

- ▶ *Utiliser une approche écosystémique* pour anticiper les problèmes que pourraient causer les ravageurs en production intensive. Par exemple, il faudrait, dans le système de production, utiliser toute une gamme de variétés résistant aux ravageurs, assurer la rotation des cultures, pratiquer les cultures intercalaires, choisir la période optimale pour les semis, et lutter contre les plantes adventices. Pour réduire les pertes,

les stratégies de lutte devront mettre à profit les espèces bénéfiques de prédateurs, parasites et concurrents des ravageurs, ainsi que les bio-pesticides et certains pesticides de synthèse présentant peu de risques. Il faudra également investir dans le renforcement des connaissances et des compétences des agriculteurs.

- ▶ *Planifier les interventions*, pour être prêts lorsqu'arriveront des preuves crédibles annonçant une grave menace d'infestation de ravageurs. Il faudra, dans cette optique, investir dans les systèmes semenciers pour faciliter la diffusion de variétés résistantes, et prévoir des périodes de mise hors culture pour éviter que les populations de ravageurs ne se maintiennent sur les mêmes terres d'une campagne agricole à l'autre. Il faudrait identifier des pesticides sélectifs, sous surveillance réglementaire, et préparer des campagnes spécifiques de communication.
- ▶ *Analyser la nature des causes qui sont à l'origine des infestations de ravageurs*, lors de l'apparition de problèmes et élaborer des stratégies pour y remédier. Des problèmes peuvent être causés par une combinaison de facteurs. Lorsque les problèmes sont dus aux méthodes d'intensification – par exemple, densité inappropriée des plants ou labours qui dispersent les semences de plantes adventices – il faudra modifier ces méthodes. Dans le cas d'invasions de ravageurs, par exemple de criquets, il peut être utile d'appliquer les méthodes de lutte biologique ou d'éradication utilisées dans le lieu d'origine.
- ▶ *Déterminer la part de la production qui est menacée* afin de lancer des campagnes et des activités de lutte d'une ampleur appropriée contre les ravageurs. Des infestations (et non pas des pertes) couvrant plus de dix pour cent de la superficie cultivée totale exigent des interventions rapides. Toutefois, on surestime souvent les risques provenant des ravageurs, car les cultures peuvent, dans une certaine mesure, compenser sur le plan physiologique les dégâts causés par les ravageurs. En d'autres termes, la réaction ne doit pas être disproportionnée.
- ▶ *Assurer la surveillance pour déterminer les tendances des infestations de ravageurs* en temps réel et ajuster, sur cette base, les interventions. Les systèmes géoréférencés de surveillance des ravageurs des plantes utilisent des données provenant de parcelles fixes, ainsi que des données et des cartes de prospection itinérantes et des outils d'analyse.

## Des approches pour produire plus avec moins

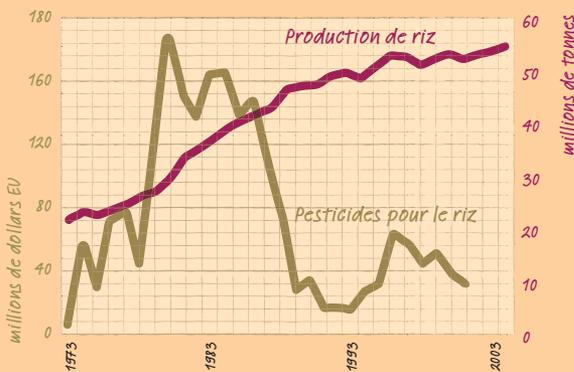
L'application d'approches écosystémiques a contribué au succès de nombreuses stratégies de lutte de grande ampleur contre les ravageurs, dans une série de systèmes d'exploitation agricole. Par exemple:

### Utilisation réduite d'insecticides en riziculture

La majeure partie du riz tropical produit en riziculture intensive n'a pas besoin d'insecticides<sup>9</sup>. Les rendements ont augmenté, de trois à six tonnes à l'hectare, grâce à l'utilisation de variétés améliorées, à l'emploi d'engrais et à l'irrigation. Entre 1988 et 2005, l'Indonésie a fortement réduit ses dépenses de pesticides en riziculture<sup>10</sup>.

Toutefois, au cours des cinq dernières années, la disponibilité de pesticides bon marché et la réduction du soutien aux activités d'éducation des agriculteurs et à la recherche écologique sur le terrain ont déterminé une nouvelle hausse de l'emploi des pesticides, qui a été accompagnée par de vastes infestations de ravageurs, notamment en Asie du Sud-Est<sup>11</sup>.

Changements observés dans la production de riz et les dépenses de pesticides en Indonésie



Gallagher, K.D., Kenmore, P.E. et Sogawa, K. 1994. Judicial use of insecticides deter planthopper outbreaks and extend the life of resistant varieties in Southeast Asian rice. Dans R.F. Denno et T.J. Perfect, eds. *Planthoppers: Their ecology and management*, pp. 599-614.

Oudejans, J.H.M. 1999. Studies on IPM policy in SE Asia: Two centuries of plant protection in Indonesia, Malaysia, and Thailand. *Wageningen Agricultural University Papers 99.1*. Wageningen, Pays-Bas.

Watkins, S. 2003. The world market for crop protection products in rice. *Agrow Report*. Londres, PJB Publications.

### Lutte biologique contre les ravageurs du manioc

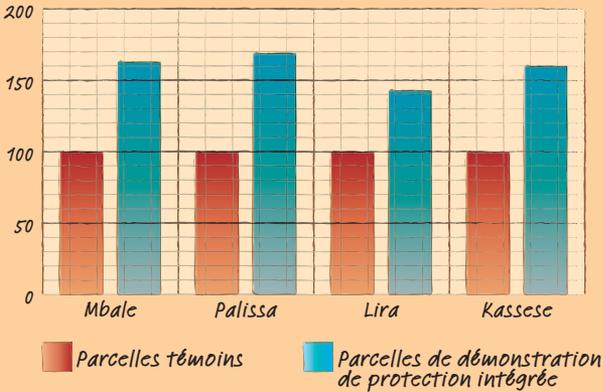
En Amérique latine, où se trouve le centre d'origine du manioc, les infestations d'insectes nuisibles sont normalement maîtrisées grâce à une bonne régulation des populations naturelles. Les ravageurs peuvent toutefois provoquer de graves dégâts lorsque l'on applique des traitements inappropriés à base d'insecticides ou lorsque le manioc et ses ravageurs sont transportés dans une autre région, comme l'Afrique et l'Asie, où il n'existe pas d'ennemis naturels décimant efficacement ces ravageurs. Grâce

à une initiative de lutte biologique lancée par l'IITA, on a réussi à maîtriser le tétranyque et la cochenille du manioc dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne. Pour mener cette lutte biologique, on a utilisé des ennemis naturels de ces ravageurs, qui ont été largement diffusés en Afrique dans les années 80 et sont maintenant introduits en Asie<sup>12, 13</sup>.



manioc

Impact de la protection intégrée et des pratiques agricoles améliorées sur la production de graines de coton dans quatre districts de l'est de l'Ouganda (en pourcentage)



Hillocks, R., Orr, A., Riches, C. et Russell, D. 2006. Promotion of IPM for smallholder cotton in Uganda. DFID Crop Protection Programme, Final Technical Report, Project R8403. Kent, Royaume-Uni, Natural Resources Institute, University of Greenwich.

### ► Ennemis naturels des ravageurs du coton

Les systèmes de production de coton disposent d'une gamme variée d'ennemis naturels, comprenant des prédateurs qui limitent naturellement des insectes suceurs comme l'aleurode et la cicadelle du coton. La tolérance du coton à ces organismes nuisibles évolue au cours du cycle végétatif et les paliers de traitement varient selon le stade de croissance de la plante et la présence d'ennemis naturels. Les diverses cultures situées à proximité du coton jouent un rôle important dans la protection intégrée, car des cultures avoisinantes – comme celles du melon et de la tomate – peuvent être une source de ravageurs, alors que des cultures fourragères comme la luzerne peuvent être une source d'ennemis naturels. De plus, la résistance des plantes hôtes, conférée par le coton Bt transgénique, a permis de réduire sensiblement l'utilisation des insecticides<sup>14</sup>.

### ► Emploi d'une approche écosystémique pour le traitement des maladies des agrumes

Traditionnellement, les producteurs de Chine et du Vietnam manipulent les fourmis pour défendre les agrumes contre un large éventail d'insectes nuisibles. Des foyers d'organismes nuisibles des agrumes sont apparus récemment en Australie, en Érythrée, en Israël et aux États-Unis d'Amérique à la suite d'applications excessives d'insecticides, qui ont perturbé la lutte biologique naturelle. On n'a toujours pas trouvé de remède pour la maladie de Huanglongbing, mais on a réussi à en ralentir les effets, grâce à plusieurs approches écosystémiques: programmes de certification pour les arbres-mères et isolement géographique de la production de pépinière, qui se fait dans des abris grillagés protégeant les arbres contre les insectes. Dans les plantations commerciales, on lutte contre les vecteurs des insectes à l'aide d'insecticides chimiques et, le cas échéant, à l'aide de la lutte biologique et de cultures intercalaires comprenant des plantes répulsives comme le goyavier. Les arbres infestés sont éliminés pour réduire les sources d'inoculum de la maladie de Huanglongbing<sup>15, 16</sup>.



oranges

## ► Lutte contre les maladies virales des tomates

Au cours des 10 à 15 dernières années, des épidémies de maladies virales associées à de fortes concentrations d'aleurodes ont frappé la production de tomates en Afrique de l'Ouest, réduisant fortement les rendements. Dans certains cas, la production de tomates n'est plus viable sur le plan économique. Dans le cadre de recherches internationales auxquelles étaient associées différentes parties prenantes du secteur public et privé, un programme de protection intégrée a été mis en place au Mali; ce programme prévoit une campagne à l'échelle de toute une zone géographique pour éliminer les plantes hôtes infestées, puis la plantation de variétés à haut rendement et à maturation précoce et enfin de vastes efforts d'assainissement visant à enlever et détruire les plants de tomates et de poivrons après la récolte. Le programme a trié et évalué de nouvelles variétés à maturation précoce et résistant aux maladies et s'est fondé sur un suivi mensuel des populations d'aleurodes et de l'incidence des virus afin d'évaluer l'effet des méthodes de lutte. Grâce à ce programme, la production de tomates a tout récemment atteint son niveau le plus élevé des 15 dernières années<sup>17</sup>.



tomates

Les exemples susmentionnés suggèrent différentes tactiques possibles pour contrecarrer ou éviter les ravageurs des plantes dans les systèmes de production intensive:

- **Insectes nuisibles.** Il est important de conserver des prédateurs, les parasitoïdes et les agents pathogènes bénéfiques pour éviter la diffusion de ravageurs secondaires; il faut également gérer les niveaux de nutriments des plantes cultivées pour réduire la reproduction des insectes, diffuser des variétés résistantes et utiliser les insecticides de manière sélective.
- **Maladies des plantes.** Il est important de mettre en place des systèmes semenciers capables de fournir du matériel de plantation sain et de diffuser des variétés résistant durablement aux ravageurs. L'emploi d'eau d'irrigation propre évitera la diffusion d'agents pathogènes, tandis que la rotation des cultures aidera à éliminer les pathogènes et à favoriser la santé des sols et des racines. Les agriculteurs doivent gérer les antagonistes des ravageurs des plantes pour améliorer la lutte biologique.
- **Plantes adventices.** Pour lutter contre les plantes adventices, il faut les éliminer à la main, de manière sélective et en temps voulu, pratiquer la rotation des cultures, semer des cultures de couverture, réduire au minimum les labours, insérer des cultures intercalaires et gérer la fertilité des sols, y compris au moyen d'amendements organiques. Les herbicides ne doivent être utilisés que pour des activités ciblées et sélectives de lutte, en veillant à éviter l'évolution de la résistance aux herbicides.

## La marche à suivre

De nombreux pays et nombre d'agriculteurs ne prennent aucune mesure exceptionnelle en matière de protection contre les ravageurs, ce qui limite leurs possibilités d'intensification durable des cultures. Une meilleure gestion de l'écosystème agricole peut aider à éviter les infestations de ravageurs autochtones, à mieux faire face aux invasions de ravageurs et à réduire les risques découlant des pesticides, à la fois pour la santé humaine et l'environnement. On peut améliorer la lutte contre les ravageurs, fondée sur l'écosystème, dans les circonstances suivantes:

- ▶ Foyer important de ravageurs ou de maladies menaçant la sécurité alimentaire;
- ▶ Préoccupations concernant la sécurité sanitaire des aliments, du fait de la forte teneur des produits agricoles en résidus de pesticides;
- ▶ Incidences de la pollution de l'environnement ou de l'empoisonnement d'êtres humains;
- ▶ Pertes spectaculaires d'espèces bénéfiques comme les pollinisateurs ou les oiseaux sauvages;
- ▶ Mauvaise gestion des pesticides, débouchant par exemple sur la prolifération de stocks de pesticides périmés.

Dans chacun de ces cas, il faut une stratégie de lutte contre les ravageurs qui puisse être poursuivie dans le temps et qui ne produise pas d'effets secondaires négatifs. Quand la protection intégrée permet d'éliminer des invasions de ravageurs, au niveau national ou régional, les décideurs et le personnel technique font d'habitude preuve d'une plus grande ouverture à l'égard de cette approche et sont plus disposés à introduire les changements nécessaires au niveau des politiques et des institutions afin de soutenir cette approche à long terme. On peut citer, parmi ces changements, l'élimination des subventions entourant les pesticides, mise en application plus stricte des réglementations concernant les pesticides et stimulants pour la production locale d'intrants utiles à la protection intégrée, comme les insectariums pour la production de prédateurs naturels.

Lors des processus d'homologation, les pays devraient accorder la préférence aux pesticides les moins dangereux. Ils devraient également veiller à prendre des décisions en toute connaissance de cause sur le plan écologique, afin de déterminer quels pesticides peuvent être vendus, par qui et dans quelles situations. Finalement, il est possible de recourir à des redevances ou à des taxes sur les pesticides, comme décidé pour la première fois en Inde en 1994, pour financer l'élaboration d'autres méthodes possibles de protection contre les ravageurs et d'en subventionner l'adoption.

**Les décideurs peuvent soutenir** l'intensification durable des cultures en appuyant des programmes de protection intégrée au niveau local, régional ou national. Ils doivent toutefois se rendre compte du fait que le succès de la lutte contre les ravageurs, grâce à des techniques de protection intégrée, dépend tout compte fait des agriculteurs. En effet, ce sont eux qui prennent les grandes décisions de gestion pour la lutte

## Changement de perceptions concernant les situations d'urgence causées par des poussées de maladies ou des infestations de ravageurs

Perceptions	«Cours normal des choses»	Approche écosystémique
<b>Urgence</b>	▶ Infestations soudaines et graves de ravageurs	▶ Perte de fonctions de l'écosystème agricole, entraînant de graves infestations de ravageurs
<b>Indicateurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Forte présence de ravageurs</li> <li>▶ Dégâts visibles aux cultures</li> <li>▶ Pertes de rendement et diminution des revenus des agriculteurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Changement de la structure d'âge des populations de ravageurs</li> <li>▶ Apparition de la résistance aux pesticides et infestations anormales de ravageurs secondaires</li> <li>▶ Utilisation toujours plus intense des pesticides</li> <li>▶ Pertes de rendement et diminution des revenus des agriculteurs</li> </ul>
<b>Causes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Résistance aux pesticides</li> <li>▶ Apparition de nouveaux ravageurs</li> <li>▶ Disponibilité insuffisante de pesticides</li> <li>▶ Conditions météorologiques</li> <li>▶ Emploi excessif de pesticides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Mauvaise gestion des cultures</li> <li>▶ Conditions météorologiques</li> <li>▶ Apparition de nouveaux ravageurs</li> </ul>
<b>Réponse</b>	▶ Fournir une plus grande quantité de pesticides, ou des pesticides différents	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Analyse des causes des infestations de ravageurs, élaboration d'une stratégie de rétablissement des fonctions de l'écosystème agricole et remise en état des capacités institutionnelles requises pour guider ce rétablissement</li> <li>▶ Éviter les solutions qui perpétuent ce problème</li> <li>▶ Renforcer les capacités de protection intégrée, en investissant dans le capital humain</li> </ul>

contre les ravageurs et les maladies. Les instruments utilisables à cette fin comprennent:

- ▶ *Activités d'assistance technique et de vulgarisation* en faveur des agriculteurs, pour les aider à appliquer des méthodes de gestion axées sur l'écologie, ainsi qu'à élaborer et adapter les technologies, compte tenu de leurs connaissances locales, des réseaux sociaux d'apprentissage et des conditions en vigueur.
- ▶ *Recherches ciblées* dans des domaines tels que la résistance des plantes hôtes aux ravageurs et aux maladies, les méthodes pratiques de suivi et de surveillance, les approches novatrices de protection intégrée sur le terrain, l'utilisation de pesticides sélectifs (y compris les biopesticides) et la lutte biologique.
- ▶ *Régulation du secteur privé*, y compris systèmes efficaces de gouvernance pour l'homologation et la distribution des pesticides (visés spécifiquement par le Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides).

- ▶ *Élimination des subventions perverses*, comme celles ayant trait au prix ou au transport des pesticides, ou encore à la conservation inutile de stocks de pesticides, qui poussent à la consommation, et retrait des tarifs préférentiels pour les pesticides.

L'adoption à grande échelle d'approches écosystémiques ouvrirait des perspectives intéressantes pour les petites industries locales. La montée en puissance des méthodes écologiques de lutte contre les ravageurs devrait se traduire par une augmentation de la demande d'outils commerciaux de surveillance, d'agents de lutte biologique tels que les prédateurs, les parasitoïdes ou les organismes stériles, de services de pollinisation, de micro-organismes et de biopesticides. Actuellement, les sociétés privées produisent plus de 1 000 produits biologiques, pour une valeur totale de 590 millions d'USD en 2003, à partir de bactéries, de virus, de champignons, de protozoaires et de nématodes<sup>18</sup>. Les industries locales se développeraient fortement si l'on se mettait à privilégier une approche plus axée sur l'écosystème.

Du point de vue des industries de transformation des aliments, des écosystèmes agricoles plus stables et plus durables assureraient un approvisionnement plus fiable et plus homogène en produits agricoles exempts de résidus de pesticides. En outre, l'étiquetage de produits alimentaires sous un label de protection intégrée ou un autre label similaire permettrait aux producteurs d'accéder à de nouveaux marchés.

Pour appuyer les stratégies de protection intégrée, il faut disposer de services consultatifs efficaces, établir des liens avec la recherche et l'orienter en fonction des besoins des agriculteurs, soutenir l'approvisionnement en intrants utilisés en protection intégrée et assurer un contrôle réglementaire efficace de la distribution et de la vente des pesticides chimiques. Les écoles pratiques d'agriculture sont l'un des moyens les plus efficaces pour accroître les connaissances au niveau local; ces écoles appuient l'apprentissage local et encouragent les agriculteurs à adapter les technologies de protection intégrée, en puisant dans les connaissances autochtones. Les communautés d'agriculteurs doivent avoir facilement accès à des informations sur les intrants appropriés à utiliser en protection intégrée. Il est possible d'accélérer l'adoption de méthodes de protection intégrée en utilisant par exemple des téléphones portables pour compléter les méthodes traditionnelles de communication, comme la vulgarisation, les campagnes de médias et les vendeurs locaux d'intrants.



Chapitre 7

# Les politiques et institutions

*Pour encourager les petits exploitants  
à intensifier durablement leurs cultures,  
il faut modifier en profondeur les politiques  
et les institutions de développement agricole.*



**L**es défis sans précédent qui se posent à l'agriculture – y compris la croissance démographique, les changements climatiques, la pénurie énergétique, la dégradation des ressources naturelles et la mondialisation des marchés – soulignent la nécessité de repenser les politiques et les institutions afin d'intensifier les cultures. Les modèles utilisés par le passé pour l'intensification de la production, qui ont souvent eu des coûts environnementaux élevés, doivent être révisés afin d'assurer une plus grande durabilité. Il faut, de toute évidence, changer de cap, mais quelles sont les options disponibles?

Il s'agit ici de définir dans quelles conditions et avec l'aide de quelles politiques et de quelles institutions les petits agriculteurs, en particulier ceux vivant dans les pays en développement à faible revenu, réussiront à intensifier durablement leurs cultures. On examine également, dans ce chapitre, les questions générales qui affectent non seulement l'intensification durable des cultures, mais qui jouent également un rôle important pour le développement d'un secteur agricole au sein duquel l'intensification de la production serait encouragée. On y reconnaît aussi que les programmes visant à encourager l'intensification durable des cultures devront peut-être aller au-delà des institutions «agricoles» pour y associer d'autres centres de décision.

## Expérience passée, scénarios futurs

**L**a Révolution verte a été essentiellement appuyée par des investissements du secteur public, la presque totalité des activités de recherche-développement sur les variétés modernes ayant été réalisées dans des centres nationaux et internationaux de recherche. Quant aux semences, aux engrais et aux produits chimiques à usage agricole, ils ont été distribués par des programmes appuyés par les pouvoirs publics, à des prix subventionnés.

Depuis le milieu des années 80, on a assisté à un recentrage de la recherche-développement agricole, le secteur privé multinational ayant pris la relève du secteur public<sup>1</sup>. Le renforcement de la protection de la propriété intellectuelle pour les plantes innovantes, le progrès rapide de la biologie moléculaire et l'intégration mondiale des marchés des intrants et des produits agricoles ont très fortement encouragé le secteur privé à investir dans la recherche-développement agricole<sup>2</sup>. Jusqu'à présent, les investissements dans le secteur agricole étaient principalement concentrés dans les pays développés. Entre-temps, les investissements du secteur public dans la recherche et le développement agricole des pays en développement ont considérablement diminué. En Afrique subsaharienne, les investissements ont en fait été réduits dans les années 90<sup>3</sup>.

Dans les années 80 et jusqu'au milieu des années 90, de nombreux pays en développement ont réalisé des programmes d'ajustement structurel pour éliminer les activités inefficaces du secteur public et amener un secteur privé dynamique à revitaliser l'agriculture. Les résultats ont été inégaux: dans de nombreux cas, on n'a pas vu apparaître un secteur privé

dynamique, ou alors seulement pour les productions commerciales à haut potentiel, tandis que l'accès aux services et intrants agricoles se réduisait dans les zones plus marginales<sup>4</sup>. Plus récemment, on a redéfini le rôle du secteur public, qui a été chargé d'appuyer le développement du secteur privé et de fournir les biens communs nécessaires au développement<sup>5</sup>.

La croissance des chaînes de valeur alimentaires, organisées et mondialisées, est une autre évolution importante, lourde de conséquences pour l'intensification durable des cultures. Ces chaînes créent de nouvelles possibilités de revenus pour les petits agriculteurs, mais dressent également de nouveaux obstacles limitant leur accès aux marchés. Des préoccupations ont également été exprimées, soulignant que la concentration d'une position de force à des stades spécifiques de la chaîne réduit les revenus des autres acteurs, notamment des petits agriculteurs<sup>6,7</sup>.

Il existe de très bonnes possibilités d'améliorer les résultats économiques des systèmes d'exploitation agricole, tout en réduisant leurs retombées environnementales et sociales. Il faudra toutefois disposer d'autres modèles pour le développement des technologies agricoles et de la commercialisation. On peut certes accroître plus rapidement la productivité dans des systèmes agricoles spécialisés, de grande ampleur et à forte intensité d'intrants, mais ce sont les systèmes de production diversifiés et à petite échelle qui offrent les meilleures possibilités d'amélioration des moyens d'existence et de l'équité<sup>8</sup>.

**Compte tenu de l'incertitude entourant l'offre et la demande futurs**, on peut prévoir tout un éventail de scénarios possibles pour l'intensification durable dans les pays en développement. On ne peut exclure de grands écarts par rapport au scénario de croissance de base, du fait des facteurs importants suivants:

- ▶ *Changements climatiques.* Les changements climatiques peuvent avoir des retombées énormes pour l'agriculture mondiale. Les évaluations sont des tâches complexes, qui exigent une projection des changements potentiels du climat et de leur impact sur la production; il faudra ensuite étudier comment ceux-ci interagissent avec l'évolution de la croissance démographique et des modes de consommation alimentaire, ainsi qu'avec des faits nouveaux ayant trait au marché, au commerce et aux prix<sup>9</sup>. Une analyse récente de l'IFPRI concernant les effets des changements climatiques sur l'agriculture à l'horizon 2050 laissait entrevoir des effets négatifs dramatiques sur la productivité, se traduisant par une réduction des disponibilités alimentaires et du bien-être humain dans toutes les régions en développement. Une telle évolution, combinée à l'augmentation de la demande, sous l'effet de la croissance des revenus et de la population, devrait déterminer une augmentation plus ou moins forte des prix agricoles réels entre 2010 et 2050, selon le scénario choisi. Selon le rapport, il faudrait des financements publics de l'ordre de sept milliards d'USD par an, pour trois catégories d'investissements destinés à améliorer la productivité – recherche biologique, expansion des routes rurales et enfin expansion et efficacité accrue de l'irrigation – pour compenser les pertes de productivité causées par les changements climatiques d'ici

à 2050<sup>10</sup>. Selon d'autres études, les effets des changements climatiques seraient moins dramatiques, puisqu'ils détermineraient une hausse des prix des aliments située entre 7 et 20 pour cent en 2050<sup>11</sup>. Étant donné que l'agriculture est aussi une source importante d'émissions de gaz à effet de serre, il faudra, de plus en plus, prévoir un appui et des stimulants financiers afin de promouvoir une croissance agricole à faibles émissions de gaz à effet de serre. La réduction des émissions par unité de production sera l'un des aspects fondamentaux de l'intensification durable des cultures<sup>12,13</sup>.

- ▶ *Dégradation des ressources naturelles.* La qualité des ressources en terres et en eaux disponibles pour l'intensification des cultures a, dans de nombreuses régions, une incidence fondamentale sur la conception des activités d'intensification. Par le passé, on donnait la priorité aux meilleures zones de production pour l'intensification des cultures<sup>14</sup>. Il faudra de plus en plus intensifier les cultures dans les zones plus marginales, où les conditions de production sont plus variables, y compris la qualité des sols et des eaux, l'accès à l'eau, la topographie et le climat. Dans ce contexte, une question importante s'impose, à savoir la dégradation des écosystèmes, qui réduit la disponibilité et la productivité des ressources naturelles pour l'intensification durable des cultures. La remise en état des écosystèmes dégradés, qui peut être extrêmement longue et coûteuse, exigera des financements à long terme.
- ▶ *Réduction des pertes d'aliments et modification des modes de consommation alimentaire.* Selon la FAO, les pertes d'aliments après récolte peuvent atteindre 50 pour cent. La prévention des pertes après récolte devrait être prévue dans les politiques et les stratégies d'intensification durable des cultures, car elle réduirait la nécessité d'accroître la productivité, ferait baisser les coûts dans toute la filière d'approvisionnement et améliorerait la qualité des produits. Un autre scénario possible, favorisant la durabilité environnementale et la santé humaine, consisterait à ralentir la croissance de la demande de produits animaux, qui à son tour réduirait la croissance de la demande d'aliments du bétail et de fourrages.
- ▶ *Intégration commerciale.* Si l'on veut convaincre les agriculteurs d'intensifier leur production, il faut que les prix soient rémunérateurs sur le marché. Une tendance à la hausse des prix des produits agricoles, stimulée en partie par la pénurie de ressources qui est à l'origine de la stratégie d'intensification des cultures, améliorera la rentabilité des investissements consacrés à l'intensification. D'autre part, une croissance rapide de la productivité au niveau local, dans des conditions de marché captif, risque de produire des excédents qui feront baisser les prix locaux. Les répercussions sur les prix seront également fonction de l'état de la chaîne de valeur. Le développement des chaînes de valeur agricole doit viser à améliorer la capacité des petits agriculteurs à intensifier durablement leur culture et à leur fournir des stimulants.

## Des politiques pour produire plus avec moins

Pour qu'une stratégie d'intensification des cultures porte ses fruits, il faut opérer un changement radical dans la façon de gérer les connaissances traditionnelles et modernes, les institutions, les investissements ruraux et le développement des capacités. Dans tous ces domaines, les politiques devront fournir des stimulants à plusieurs parties prenantes et acteurs, notamment à la population rurale, pour l'associer à l'intensification durable des cultures.

### Prix des intrants et des produits

Pour être rentable, l'intensification durable des cultures a besoin d'un marché dynamique et efficace, capable de fournir les intrants et services voulus et d'écouler les produits finaux. Les prix payés par les agriculteurs pour leurs intrants et ceux qu'ils perçoivent pour leurs produits agricoles sont peut-être le principal facteur déterminant le niveau et le type d'intensification adoptés par ces agriculteurs, et sa durabilité. Les prix des intrants assument une importance particulière pour les stratégies d'intensification durable et des politiques créatives devront encourager l'efficacité et influencer les choix technologiques. On peut citer, comme exemple, la réintroduction de subventions «intelligentes», visant à appuyer le développement de la demande et la participation aux marchés des intrants, moyennant l'utilisation de coupons et de primes. On a cherché, par cette démarche, à éviter les problèmes qui s'étaient posés par le passé avec les subventions, tels qu'inefficacité, effets négatifs sur l'environnement et gaspillage de ressources financières qui devraient être investies dans d'autres biens publics de première importance, comme la recherche et l'infrastructure rurale<sup>5</sup>.

Par ailleurs, il convient d'évaluer soigneusement et, le cas échéant, de reformuler ou d'éliminer les subventions qui ont un effet négatif sur l'environnement, appelées communément «subventions perverses», qui encouragent des utilisations des ressources naturelles qui détruisent la diversité biologique<sup>15</sup>. On estime que les subventions perverses représentent, dans le monde entier, un montant allant de 500 milliards d'USD à 1,5 billion d'USD par an et qu'elles constituent une force puissante favorisant la dégradation de l'environnement et l'inefficacité économique<sup>16</sup>.

Bien évidemment, la plupart des mesures incitatives ne sont pas conçues pour être «perverses», mais plutôt pour procurer des avantages à un secteur social ou économique particulier. Lorsque l'on envisage de les éliminer, il est donc fondamental de prendre en compte les objectifs multiples des mesures incitatives, ainsi que les interactions complexes entre les différents secteurs affectés positivement et négativement par de telles mesures<sup>17</sup>. Certains pays ont réussi dans cette entreprise: la Nouvelle-Zélande a éliminé les subventions agricoles à partir des années 80<sup>18</sup>; le Brésil a réduit l'élevage dans le bassin de l'Amazone; et les Philippines ont éliminé les subventions portant sur les engrais chimiques<sup>17, 19</sup>.

La stabilisation des prix des produits agricoles est, de plus en plus, une condition importante pour l'intensification durable des cultures, compte tenu de la fébrilité des marchés des produits de base au cours

des dernières années. Pour les agriculteurs qui dépendent de leurs revenus agricoles, la fébrilité des prix est synonyme de fortes fluctuations des revenus et d'augmentation des risques. Elle réduit leur capacité à investir dans des systèmes durables et renforce les incitations à liquider du capital naturel, comme source d'assurance.

Les politiques à court terme prises au niveau microéconomique pour remédier à la fébrilité des prix ont souvent échoué. On obtiendra probablement des solutions bien plus efficaces en assurant une meilleure cohérence au niveau macroéconomique – par exemple, transparence concernant les disponibilités exportables et la demande d'importation. Il faut également réformer les instruments existants, comme le mécanisme de financement compensatoire et la facilité de protection contre les chocs exogènes du Fonds monétaire international. Ces instruments pourraient en effet servir de filet de sécurité au niveau mondial, en fournissant des financements ou des garanties à l'importation, sans les assortir de nombreuses conditions<sup>18</sup>.

### Régulation du secteur semencier

Pour réussir à intensifier durablement les cultures, il faut aussi réguler efficacement le secteur semencier, afin que les agriculteurs puissent avoir accès à des semences de qualité, pour les variétés qu'ils désirent, en fonction des exigences de la production, de la consommation et de la commercialisation. Le terme «accès» signifie ici possibilité d'achat à un coût raisonnable, disponibilité d'une gamme variétale appropriée et information concernant les possibilités d'adaptation de chaque variété<sup>21</sup>.

La plupart des petits agriculteurs des pays en développement achètent leurs semences dans le secteur semencier informel, qui fournit des variétés traditionnelles ainsi que des semences de variétés améliorées, produites ou mises de côté à l'exploitation. L'une des principales raisons pour laquelle les agriculteurs font appel au secteur semencier informel est la disponibilité de matériel génétique adapté à leurs conditions de production. Dans les milieux agricoles marginaux, certaines variétés locales peuvent produire plus que les variétés améliorées<sup>22</sup>. L'une des manières d'améliorer l'accès des agriculteurs à du matériel de plantation adapté à l'intensification durable des cultures est précisément d'appuyer le secteur informel.

Toutefois, le secteur semencier informel ne dispose pas de moyens viables pour informer les agriculteurs au sujet des caractéristiques d'adaptation et de production des variétés contenues dans les semences, de leur pureté génétique ou de leurs qualités physiques<sup>23</sup>. Dans certains cas, on obtient l'information nécessaire en observant simplement le rendement des cultures dans le champ d'un voisin. Il ne s'agit toutefois pas d'une option viable pour les échanges avec des étrangers ou pour des sources de semences non locales. Les semences vendues dans les systèmes structurés sont uniformes sur le plan génétique, produites à l'aide de techniques scientifiques de sélection végétale et conformes aux normes exigées pour la certification. Les semences de ce secteur sont en général vendues par des détaillants spécialisés dans la vente de matériel agricole, des sociétés agroalimentaires ou des points de vente

des pouvoirs publics, qui sont assujettis à des règlements. Toute stratégie globale d'amélioration de l'accès des agriculteurs à de nouvelles variétés et à des semences de qualité doit appuyer le secteur semencier structuré, favoriser son élargissement et améliorer ses liens avec le secteur informel.

### **Paiement des services environnementaux**

Comme les services écosystémiques et la diversité biologique n'ont pas de prix sur le marché, les avantages découlant de ces biens sont négligés ou sous-évalués lors de la prise de décisions<sup>24</sup>. Les prix alimentaires ne tiennent pas compte de tous les coûts associés à l'environnement dans lequel sont produits les aliments. Il n'existe pas d'agence chargée de prélever des redevances pour la baisse de qualité de l'eau ou l'érosion des sols. Si les prix à l'exploitation devaient refléter l'ensemble des coûts de production – y compris les redevances payées par les agriculteurs pour tout dommage causé à l'environnement – on assisterait probablement à une hausse des prix des aliments. Les politiques devraient non seulement prévoir des redevances à payer pour les retombées négatives de l'agriculture, mais elles devraient également récompenser les agriculteurs qui produisent durablement, par exemple dans le cadre de programmes de paiement des services environnementaux.

Le recours au paiement des services environnementaux, dans le cadre de la promotion du développement agricole et rural durable, est une option qui bénéficie d'un soutien croissant. La Banque mondiale recommande que les autorités locales et nationales et la communauté internationale appliquent des programmes de paiement des services environnementaux<sup>5</sup>. De tels programmes sont de plus en plus inclus, en tant que source de financement durable, dans des projets de développement rural et de conservation réalisés par le Fonds pour l'environnement mondial et par la Banque mondiale<sup>25</sup>. Selon la FAO, la demande de services environnementaux liés aux paysages agricoles est appelée à augmenter et le paiement des services environnementaux pourrait se révéler un moyen important d'encourager de tels services. Toutefois, la mise en place effective de ces services suppose l'adoption de politiques favorables et la création d'institutions au niveau local et international, ce qui n'est pas le cas actuellement<sup>26</sup>.

Pour le moment, les programmes de paiement des services environnementaux ne jouent qu'un rôle assez limité dans le soutien fourni à l'agriculture durable. Les initiatives de ce type étaient principalement axées sur les programmes de conversion des terres et on a relativement peu d'expérience concernant l'application de ces paiements aux systèmes de production agricole. Pour concrétiser les avantages attendus du paiement des services environnementaux, il faudra couvrir un grand nombre de producteurs et de zones géographiques, de manière à réaliser des économies d'échelle, du point de vue des coûts de transaction et de la gestion des risques. Un moyen important de réduire les coûts de transaction est de mieux intégrer le paiement des services environnementaux dans les programmes de développement agricole.

Étant donné que les financements publics sont limités, il faudra rechercher des formes créatives de financement de remplacement ou d'appoint

après de sources privées, notamment s'il est possible d'identifier des bénéficiaires privés susceptibles de recevoir des paiements pour les services environnementaux rendus. Par exemple, une étude de faisabilité réalisée récemment au Bhoutan a constaté que l'appui fourni par le gouvernement à la protection des forêts et au reboisement représentait environ un tiers du budget du Ministère de l'agriculture<sup>27</sup>. Par ailleurs, la moitié des financements pour la gestion des bassins versants était attribuée aux plantations<sup>28</sup>. Si les sociétés qui bénéficient directement de la protection des forêts devaient prendre à leur charge une part accrue des investissements nécessaires, des fonds publics supplémentaires pourraient être libérés pour des activités recevant des fonds insuffisants – notamment diversification des cultures, amélioration de l'élevage et gestion durable des terres – ce qui améliorerait la productivité agricole et renforcerait les capacités d'adaptation aux changements climatiques<sup>29,30</sup>.

### Investissements agricoles

Pour se lancer dans l'intensification durable, le secteur privé – y compris les agriculteurs, les transformateurs et les détaillants – a besoin d'infrastructures et de services publics adéquats. Ces infrastructures et services sont essentiels, non seulement pour que la production et la commercialisation locales d'aliments puissent concurrencer les importations, mais aussi pour faire en sorte que les consommateurs aient accès à des aliments produits localement, à des coûts raisonnables. Les gouvernements doivent tout particulièrement veiller à ce que les coûts de transaction soient peu élevés pour l'achat d'intrants, la commercialisation des produits, l'accès aux ressources naturelles, l'information, la formation, l'éducation et les services sociaux. Il faudra, pour ce faire, disposer de financements adéquats, à la fois pour l'entretien et les investissements nets.

Pour arriver à intensifier durablement les cultures, le secteur agricole des pays en développement aura besoin d'investissements massifs et soutenus dans le capital humain, naturel, financier et social. Selon des estimations de la FAO, il faudrait des investissements bruts de 209 milliards d'USD par an, aux prix constants de 2009, pour l'agriculture primaire (notamment pour soutenir la fertilité des sols, la mécanisation agricole et l'élevage) et les secteurs en aval (entreposage, commercialisation et transformation), si l'on veut obtenir les augmentations de production nécessaires d'ici 2050. Des investissements publics complémentaires seraient nécessaires dans la recherche-développement agricole, les infrastructures sociales et les dispositifs de protection sociale<sup>21</sup>.

Les investissements actuels dans l'agriculture des pays en développement sont, de toute évidence, insuffisants. Aux financements internes insuffisants s'est ajoutée la réduction de l'aide publique au développement au profit de l'agriculture, constatée à partir de la fin des années 80. Ces deux phénomènes combinés ont déterminé, au cours des deux dernières décennies, une forte baisse des capitaux disponibles pour le développement agricole. Pour que l'intensification durable des cultures soit couronnée de succès, il faudra donc fortement augmenter les investissements dans l'agriculture.

Les financements pour l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de leurs effets présentent le plus haut intérêt pour l'intensification durable des cultures. Par exemple, l'un des principaux moyens recommandés pour s'adapter aux changements climatiques – accroître la résilience des systèmes de production agricole par l'utilisation de nouvelles variétés, produites grâce à l'expansion des systèmes de sélection végétale et de production de semences – est également un élément essentiel de l'intensification durable. Certains financements destinés à l'adaptation aux changements climatiques pourraient donc être alloués à l'intensification durable des cultures. De plus, l'intensification durable pourrait jouer un rôle important dans l'atténuation des effets des changements climatiques, grâce à la meilleure fixation du carbone dans les sols gérés durablement et à la réduction des émissions, due à une utilisation plus efficace des engrais et de l'irrigation.

Il n'existe aucun accord ou cadre international prévu pour canaliser une part non négligeable des fonds destinés à l'atténuation vers l'agriculture des pays en développement. Il s'agit toutefois d'une question à l'étude dans le cadre des négociations de la CCNUCC, dans le contexte des mesures d'atténuation adaptées aux pays en développement<sup>12, 21</sup>.

## Institutions dynamisantes

Une contrainte que l'on rencontre fréquemment dans le secteur agricole des pays en développement et qui limite l'efficacité des politiques au niveau local est le manque de capacités institutionnelles et le mauvais fonctionnement des institutions. Les institutions s'occupant de l'intensification durable auront principalement deux fonctions: veiller à ce que les ressources de base soient disponibles en quantité et qualité voulues – ressources naturelles, intrants sous forme de plantes, connaissances et financements – et faire en sorte que les petits agriculteurs aient accès à ces ressources. On divisera ci-après les institutions en deux grandes catégories: celles s'occupant des ressources de base nécessaires à l'intensification durable et celles qui s'occupent du fonctionnement des marchés des produits agricoles, y compris des chaînes de valeur.

### Accès aux ressources de base

**Terre.** Pour passer à l'intensification durable des cultures, il faut améliorer la fertilité du sol, lutter contre l'érosion et gérer les ressources en eau. Et les agriculteurs ne réaliseront de telles activités que s'ils peuvent bénéficier, pendant une période suffisamment longue, de l'augmentation de valeur du capital naturel. Il arrive toutefois que ces droits soient mal définis, se recourent ou ne soient pas établis en bonne et due forme. L'amélioration des droits des agriculteurs sur les terres et les eaux – notamment ceux des femmes qui sont de plus en plus souvent celles qui prennent les décisions de production – est une mesure incitative fondamentale pour l'intensification durable des cultures.

Dans de nombreux pays en développement, les programmes ayant trait au régime foncier se sont principalement concentrés sur la rédaction en bonne et due forme et la privatisation des droits fonciers, sans vraiment tenir compte des modes coutumiers et collectifs de faire-valoir. Le gouvernement devrait mieux reconnaître de tels modes, car il apparaît de plus en plus clairement que là où ils assurent un certain degré de sécurité de tenure, ils peuvent également stimuler efficacement les investissements<sup>31</sup>. Il faut toutefois noter que des modes coutumiers fondés sur des hiérarchies sociales traditionnelles peuvent être inéquitables et incapables de fournir l'accès requis pour l'intensification durable. Il n'y a pas une pratique optimale unique pour reconnaître les régimes fonciers coutumiers mais une recherche récente décrit, dans les grandes lignes, une typologie pour choisir une réponse, entre différentes options, sur la base de la capacité du régime foncier coutumier<sup>32</sup>.

**Ressources phylogénétiques.** L'amélioration des cultures est un élément fondamental de l'intensification durable. Lors de la Révolution verte, le système international qui a produit de nouvelles variétés de plantes cultivées prévoyait un accès libre aux ressources phylogénétiques. De nos jours, les politiques nationales et internationales appuient de plus en plus la privatisation des ressources phylogénétiques et de la sélection végétale, par le truchement des droits de propriété intellectuelle. Le nombre de pays assurant une protection juridique des variétés végétales a augmenté rapidement à la suite de l'accord de l'OMC sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce, qui prévoit que les membres doivent assurer une protection au moyen de «brevets ou d'un système *sui generis* efficace»<sup>33</sup>.

D'habitude, les systèmes de protection des variétés de plantes cultivées accordent des droits temporaires exclusifs aux obtenteurs de nouvelles variétés pour éviter que d'autres ne reproduisent et ne vendent des semences de cette variété. Ces systèmes peuvent varier d'un système de brevets comportant des règles relativement strictes à un système plus ouvert relevant de l'Union internationale pour la protection des obtentions végétales, qui contient la clause dénommée «exonération de l'obtenteur», qui stipule que «les actes accomplis aux fins de la création de nouvelles variétés ne sont soumis à aucune restriction».

Les droits de propriété intellectuelle ont favorisé une croissance rapide des fonds investis par le secteur privé dans la recherche-développement agricole. Il y a seulement 20 ans, la plupart des activités de recherche-développement étaient réalisées par des universités et des laboratoires publics des pays industrialisés et étaient en général du domaine public. Les investissements sont désormais concentrés dans six grandes sociétés<sup>34</sup>. On voit apparaître un fossé croissant entre d'une part un petit groupe de pays ayant des investissements élevés en recherche-développement et de l'autre, la majorité des pays, ayant peu d'investissement dans ce domaine<sup>3,35</sup>. Il faut ici souligner une question d'importance fondamentale: les transferts technologiques des pays industrialisés vers les pays en développement sont régis par des programmes de recherche axés sur les perspectives commerciales plutôt que sur le bien public maximal.

La concentration croissante des activités de sélection végétale et de production semencière dans le secteur privé et les coûts élevés associés à l'élaboration et au brevetage d'innovations biotechnologiques font craindre que l'introduction de droits de propriété intellectuelle inappropriés ne réduise l'accès aux ressources phytogénétiques nécessaires à la réalisation de nouvelles initiatives de sélection végétale dans le secteur public<sup>34,36</sup>. On a fait valoir que la possession décentralisée des droits de propriété intellectuelle et les coûts de transaction élevés risquaient de déboucher sur un phénomène «anti-biens communs», où les innovations sont sous-utilisées, car couvertes par des droits de propriété fragmentés, ce qui freine le développement de nouvelles variétés<sup>37</sup>.

Il faut donc mettre en place des mécanismes pour sauvegarder l'accès aux ressources phytogénétiques aux fins de l'intensification durable, à la fois aux niveaux mondial et national. On voit apparaître un système mondial pour la conservation et l'utilisation des ressources phytogénétiques, qui constituera le cadre international voulu pour appuyer l'intensification durable (pour de plus amples détails, voir le Chapitre 4, *Les cultures et variétés*). Il existe, à l'échelon national, plusieurs régimes de droits de propriété intellectuelle, avec des degrés d'obligation et d'accès différents<sup>38</sup>. Les pays devraient adopter les régimes de droits de propriété intellectuelle qui garantissent l'accès de leurs programmes nationaux de sélection végétale aux ressources phytogénétiques nécessaires à l'intensification durable des cultures.

**Recherche.** Il faut renforcer l'efficacité de la recherche agricole appliquée pour favoriser la transformation radicale des systèmes d'occupation des sols et d'exploitation agricole, en vue de l'intensification durable. Souvent, les systèmes de recherche agricole ne sont pas suffisamment axés sur le développement et ne tiennent pas compte des besoins et priorités des pauvres. Beaucoup de systèmes de recherche manquent de ressources et même ceux qui sont bien financés ne sont pas suffisamment en prise avec les grands processus de développement<sup>39</sup>. Les principales mesures à prendre pour renforcer la recherche en vue de l'intensification des cultures sont les suivantes:

- ▶ *Augmenter les financements.* Il faut inverser la baisse des financements publics alloués à la recherche-développement. Les fonds consacrés aux centres du GCRAI et aux systèmes nationaux de recherche agricole doivent être fortement augmentés et les liens entre la recherche publique et privée doivent être renforcés.
- ▶ *Renforcer les systèmes de recherche, à partir du niveau local.* Si l'on veut trouver des solutions pertinentes, acceptables et attrayantes pour les populations locales, il faut que les recherches sur les méthodes d'intensification durable soient réalisées d'abord au niveau local et national, avec un appui de la communauté internationale. Même si les activités de recherche du GCRAI sont importantes, elles ne peuvent pas se substituer à des activités complexes et de routine réalisées sur plusieurs fronts, telles que la définition des stratégies, la planification, la mise en œuvre, la solution des problèmes et l'apprentissage, qui sont du seul ressort des institutions et acteurs nationaux<sup>39</sup>. Il existe

d'énormes possibilités de jeter des ponts entre les connaissances traditionnelles des agriculteurs et les innovations scientifiques, dans le cadre d'arrangements institutionnels favorables. Il en va de même de la conception, de la mise en œuvre et du suivi de l'amélioration de la gestion des ressources naturelles, qui relie les initiatives des communautés aux compétences techniques externes.

- ▶ *Axer la recherche sur l'intensification durable, à la fois dans les zones à haut et à faible potentiel.* Dans de nombreux pays, les approvisionnements alimentaires continueront à venir principalement des zones à haut potentiel. Toutefois, dans certaines régions, les capacités productives des terres et des eaux atteignent leurs limites et ne seront pas suffisantes pour garantir la sécurité alimentaire. En conséquence, une bonne partie de la croissance future de la production vivrière devra venir des zones dites à faible potentiel, ou marginales, où vivent des centaines de millions de personnes, parmi les plus pauvres et les plus exposées à l'insécurité alimentaire. L'intensification durable – et l'emploi rural qui l'accompagne – offrent les meilleures possibilités d'améliorer la nutrition et les moyens d'existence de ces populations.
- ▶ *Accorder la priorité aux recherches qui servent les intérêts des petits agriculteurs.* Dans les pays à faible revenu importateurs d'aliments, les petits agriculteurs, les travailleurs agricoles et les consommateurs peuvent profiter directement des recherches axées sur les cultures vivrières de base, en vue de l'intensification durable, car celles-ci bénéficient d'un avantage comparatif. La priorité devrait être accordée à la recherche portant sur la croissance de la productivité agricole et la conservation des ressources naturelles, dans les zones marginales très peuplées, sur la diversification au profit de produits de plus haute valeur, pour accroître et stabiliser les revenus des agriculteurs, et enfin sur l'amélioration des méthodes permettant d'améliorer le rendement des travailleurs ruraux sans terres ou presque dépourvus de terres<sup>40</sup>.
- ▶ *Tirer les enseignements des échecs et des succès.* Une étude récente de l'IFPRI sur les réussites confirmées du développement agricole<sup>40</sup> met en exergue la sélection de variétés de blé résistant à la rouille, l'amélioration du maïs dans le monde entier, l'amélioration de variétés de manioc en Afrique, le «reverdissement du Sahel», à l'initiative des agriculteurs, au Burkina Faso, et le labour zéro en Argentine et dans la plaine indo-gangétique. Ces réussites étaient dues à une combinaison de facteurs, y compris des investissements publics soutenus, des stimulants pour le secteur privé, l'expérimentation, l'évaluation locale, la participation des communautés et le dévouement des dirigeants. Dans tous les cas, la science et la technologie se sont révélées un facteur déterminant.
- ▶ *Établir des liens entre recherche et vulgarisation.* Il faut trouver, à grande échelle, des solutions aux problèmes de faible productivité et de dégradation des ressources naturelles, mais il est difficile de reproduire les méthodes d'intensification durable en raison de la vaste gamme et de la grande diversité des conditions spécifiques à des zones particulières. Il est donc particulièrement important d'établir

des liens entre la recherche locale, nationale et internationale et les services de vulgarisation du terrain. Pour être utiles à l'intensification durable des cultures, les systèmes de recherche et de vulgarisation doivent travailler ensemble et avec les agriculteurs pour résoudre les nombreux défis qui se posent.

**Technologies de l'information.** Pour que l'intensification durable des cultures soit couronnée de succès, il faut que les agriculteurs soient capables de faire des choix technologiques judicieux, en tenant compte de leurs implications à court et à long termes. Il faut également que les agriculteurs aient une bonne compréhension des fonctions des écosystèmes agricoles. Le riche patrimoine des connaissances traditionnelles des agriculteurs et des communautés locales dans le monde entier a été documenté en détail, notamment dans le rapport de l'évaluation internationale des connaissances agricoles, de la science et de la technologie pour le développement<sup>8</sup>. Des institutions doivent être présentes pour protéger ces connaissances et faciliter leur échange et leur utilisation, en vue de l'établissement de stratégies d'intensification durable.

Les institutions doivent également faire en sorte que les agriculteurs aient accès à des connaissances externes pertinentes et les aider à établir le lien entre ces connaissances et leur savoir traditionnel. Les services consultatifs en milieu rural et les services de vulgarisation agricole étaient la principale voie de transmission de nouvelles connaissances aux agriculteurs et pouvaient, dans certains cas, servir aussi à transmettre des informations en retour, provenant des agriculteurs. Toutefois, les systèmes publics de vulgarisation de nombreux pays en développement sont depuis longtemps en déclin et les besoins des producteurs à faible revenu n'ont pas été pris en compte par le secteur privé<sup>12</sup>. Les services publics types de vulgarisation agricole, déterminés par l'offre, qui s'occupent principalement du transfert et de la fourniture de technologies, ont pratiquement disparu dans de nombreux pays, notamment en Amérique latine<sup>41</sup>.

Les activités de vulgarisation ont été privatisées et décentralisées; elles sont désormais réalisées par un large éventail d'acteurs, comme les sociétés agroalimentaires, les organisations non gouvernementales (ONG), les organisations de producteurs et les agriculteurs chargés de la formation d'autres agriculteurs, et peuvent aussi mettre à profit de nouveaux moyens de communication comme les téléphones mobiles et l'internet<sup>42</sup>. Une des principales leçons que l'on peut tirer de cette expérience est que les coûts élevés de transaction des activités de vulgarisation prenant la forme de contacts individuels constituent un obstacle de taille aux efforts visant à atteindre les petits producteurs à faible revenu. Les services consultatifs à l'appui de l'intensification durable devront s'appuyer sur les organisations et les réseaux d'agriculteurs, ainsi que sur des partenariats entre les secteurs public et privé<sup>12</sup>.

La FAO appuie les écoles pratiques d'agriculture, qui assurent de manière participative l'éducation et l'habilitation des agriculteurs. L'objectif est de renforcer les capacités des agriculteurs pour les aider à analyser leurs systèmes de production, identifier les problèmes, expéri-

menter d'éventuelles solutions et adopter des méthodes et technologies appropriées. Les écoles pratiques d'agriculture se sont révélées très efficaces en Asie et en Afrique subsaharienne, notamment au Kenya et en Sierra Leone, où elles couvrent une large gamme d'activités agricoles, y compris la commercialisation de la production; elles se sont avérées durables, même sans un financement des donateurs.

Si l'on veut qu'ils prennent des décisions judicieuses sur le choix des cultures et l'écoulement de leur production, les agriculteurs doivent avoir accès à des informations fiables sur les prix du marché, y compris les tendances à moyen terme. On retrouve, en général, dans les services publics d'information commerciale les mêmes carences que dans les services de vulgarisation<sup>43</sup>. On assiste actuellement à un regain d'intérêt des donateurs et des sociétés privées pour les informations commerciales, qui peuvent désormais être fournies par des messages SMS et par l'internet.

**Ressources financières pour les agriculteurs.** Il est essentiel de disposer de crédit pour mettre en place les capacités techniques et opérationnelles nécessaires à l'intensification durable. Il faut notamment que des prêts à plus long terme soient disponibles pour faciliter les investissements dans le capital naturel, comme la fertilité des sols, de manière à améliorer l'efficacité des opérations, encourager les bonnes pratiques agricoles et stimuler la production. Même si de nombreux types d'institutions se sont répandus récemment dans les zones rurales des pays en développement, comme les mutuelles de crédit, les coopératives d'épargne et les instituts de micro-financement, la plupart des petits agriculteurs n'y ont guère accès. L'incapacité des institutions financières locales de fournir des prêts à plus long terme, combinée au manque de garantie des agriculteurs, freine l'intensification durable des cultures.

Les assurances pourraient certes encourager les agriculteurs à adopter des systèmes de production potentiellement plus productifs et plus rentables, qui comportent néanmoins des risques financiers plus élevés. Au cours des dernières années, des programmes pilotes d'assurance des récoltes ont été introduits dans de nombreuses communautés rurales des pays en développement, en tant qu'outil de gestion du risque. Des produits d'assurance indexée – qui fixent les indemnités sur la base d'un épisode climatique mesurable, comme la sécheresse ou la pluviosité excessive, plutôt qu'en fonction d'une évaluation des pertes sur le terrain – ont reçu l'appui enthousiaste de divers donateurs et gouvernements, mais il reste encore à prouver que l'assurance des petits et moyens agriculteurs est une activité viable. Selon le FIDA et le Programme alimentaire mondial, qui ont évalué 36 programmes pilotes d'assurance indexée, sur la base d'épisodes météorologiques, de tels programmes pourraient être utilisés comme un outil de gestion des risques<sup>44</sup>.

On oublie souvent de prendre en considération d'autres solutions que l'assurance, comme l'accumulation d'épargne et d'autres actifs aliénables. Il faudrait également prendre sérieusement en considération des mesures et des instruments préventifs, à l'exploitation, destinés à réduire les risques.

**Dispositifs de sécurité sociale favorisant la production.** Les programmes de sécurité sociale comprennent des transferts en espèces, ainsi que la distribution d'aliments, de semences et d'outils<sup>45</sup>. Ils garantissent l'accès à des quantités minimales d'aliments et à des services sociaux d'importance vitale. Parmi les initiatives récentes, on peut citer le Programme de sécurité sociale favorisant la production, réalisé en Éthiopie, et le Programme de sécurité sociale pour la lutte contre la faim au Kenya. Un débat est ouvert sur le fait de savoir si de tels programmes risquent ou non de créer un sens de dépendance et affaiblir les marchés locaux. Des informations récentes montrent toutefois que les compensations entre protection et développement ne sont pas très prononcées<sup>46</sup>. Les programmes de sécurité sociale peuvent devenir une forme d'investissement social dans le capital humain – par exemple nutrition et éducation – et dans le capital productif, permettant ainsi aux ménages d'adopter des stratégies plus risquées visant à obtenir des rendements plus élevés<sup>27</sup>.

Les décideurs doivent comprendre les facteurs responsables de la vulnérabilité des ménages et concevoir des dispositifs de sécurité favorisant la production, qui compensent le cercle vicieux qui se crée entre les chocs externes et les stratégies d'adaptation, qui peuvent prendre la forme de la vente d'actifs, de la réduction des investissements dans les ressources naturelles ou du retrait des enfants de l'école, mesures qui minent la durabilité. Les dispositifs de sécurité sociale sont également de plus en plus liés aux approches de la sécurité alimentaire axées sur les droits<sup>47</sup>.

### **Institutions de commercialisation des produits agricoles et chaînes de valeur**

La croissance du secteur de la commercialisation des aliments dans les pays en développement offre de nouvelles perspectives aux petits agriculteurs, en élargissant leur choix des fournisseurs d'intrants et des marchés où écouler leur production, et améliore leur accès au crédit et à la formation<sup>48, 49</sup>. Nombre de petits agriculteurs continuent toutefois d'éprouver des difficultés à accéder aux marchés, que ce soit pour l'achat d'intrants ou la vente de leur production, et ils restent ainsi en marge de la nouvelle économie agricole<sup>50-53</sup>.

L'intégration des petits agriculteurs à la chaîne de valeur d'un produit agricole spécifique dépend dans une large mesure de la structure des coûts de cette chaîne de valeur, ainsi que de leur processus de production agricole<sup>54</sup>. L'avantage des petits agriculteurs, au niveau des coûts, tient à leur aptitude à fournir un travail bon marché pour des cultures à forte intensité de main-d'œuvre. Lorsque les petits agriculteurs ne bénéficient pas d'un avantage comparatif apparent au niveau de la production, les sociétés agroalimentaires peuvent faire appel à d'autres structures pour organiser la production, comme l'intégration verticale ou l'achat direct à de gros producteurs. Dans de tels cas, il faudra s'efforcer de créer des avantages comparatifs pour les petits agriculteurs ou de réduire les coûts de transaction liés à l'achat de faibles quantités de produits à un grand nombre d'agriculteurs. S'ils veulent se relier à des marchés à haute valeur, les petits agriculteurs doivent se regrouper au sein d'institutions pour

réduire les coûts de transaction et avoir accès à des informations sur les exigences de ces marchés<sup>48, 49, 54, 55</sup>.

L'agriculture contractuelle constitue un mécanisme de coordination verticale entre les agriculteurs et les acheteurs, qui garantit un degré d'assurance évident pour certains des principaux paramètres négociés: prix, qualité, quantité et date de livraison<sup>56</sup>. S'il est vrai que les agriculteurs ont tiré profit des accords contractuels, des preuves substantielles indiquent que les plus petits agriculteurs n'ont souvent pas été en mesure de conclure des accords en bonne et due forme<sup>55</sup>. Une amélioration du cadre juridique et institutionnel des contrats permettrait de réduire fortement les coûts de transaction<sup>55, 57</sup>. Un remembrement des exploitations agricoles apparaît inévitable, à mesure que l'emploi rural non agricole gagnera du terrain ou que certains travailleurs désertent les campagnes.

Il est également possible d'améliorer l'accès des petits agriculteurs aux marchés par une meilleure organisation et coopération de la part des agriculteurs, mais aussi d'un grand nombre de parties prenantes, comme les fournisseurs de services d'appui agricole, les ONG, les chercheurs, les universités, les autorités locales et les donateurs internationaux. On peut citer l'exemple de la *Plataforma de Concertación* de l'Équateur, qui a aidé les agriculteurs à accroître leurs rendements et leurs marges brutes, tout en réduisant l'utilisation de pesticides toxiques. Il reste toutefois à vérifier la capacité d'autofinancement de ce mécanisme<sup>54</sup>.

## La marche à suivre

Les décideurs doivent, dès maintenant, examiner en détail les enseignements que l'on peut tirer des activités passées et présentes d'intensification, afin d'identifier des options claires, ainsi que les mesures à prendre dans l'immédiat pour encourager l'intensification durable. Il n'y a pas une seule série de recommandations pour guider le choix des politiques et des institutions les plus appropriées, mais il est possible de préciser les principales caractéristiques d'un environnement politique et institutionnel favorisant l'intensification durable:

- ▶ *Combiner l'appui du secteur public et du secteur privé.* Le secteur privé et la société civile ont un rôle important à jouer dans l'augmentation des fonds d'investissement disponibles, la promotion d'une meilleure efficacité et redevabilité des institutions, et la mise en place d'un processus participatif et transparent d'élaboration des politiques. Lors de la mobilisation des ressources, il faudrait tenir compte de toute la gamme des services et produits dus à l'intensification durable. Une source importante de ressources destinées à l'investissement pourrait venir des paiements pour les services écosystémiques issus d'un système de production durable.
- ▶ *Incorporer la valeur des ressources naturelles et des services écosystémiques dans les politiques concernant les prix des intrants et des produits agricoles.* On peut, dans cette optique, établir des normes environnementales réalistes, éliminer les stimulants pervers, tels

- que les subventions sur les engrais, l'eau et les pesticides, et créer des stimulants positifs, comme les paiements pour les services environnementaux ou l'étiquetage environnemental dans les chaînes de valeur.
- ▶ *Accroître la coordination et réduire les coûts de transaction.* Pour associer pleinement les petits agriculteurs au développement de l'intensification durable, il faut prendre des mesures coordonnées pour réduire les coûts de transaction liés à l'accès aux marchés des intrants et des produits agricoles, à la vulgarisation et aux paiements pour les services environnementaux. Il est donc essentiel de disposer d'institutions et de technologies qui facilitent la participation – y compris groupes d'agriculteurs, organisations communautaires, actions collectives de type coutumier et technologies modernes de la communication – pour appuyer l'intensification durable.
  - ▶ *Mettre en place des systèmes réglementaires, consultatifs et de recherche pour un large éventail de conditions de production et de commercialisation.* L'intensification durable des cultures représente un changement par rapport au modèle hautement normalisé et homogène de production agricole, en introduisant des cadres réglementaires qui permettent et encouragent l'hétérogénéité – par exemple inclusion des systèmes semenciers informels dans les politiques réglementaires sur les semences et intégration des connaissances traditionnelles dans la recherche et la vulgarisation.
  - ▶ *Reconnaître et intégrer des méthodes coutumières relatives à l'accès et à la gestion dans les initiatives d'intensification durable.* Il faudra évaluer et renforcer les capacités actuelles des systèmes coutumiers d'accès aux intrants nécessaires à l'intensification durable, mais aussi celles des systèmes autochtones de gestion agricole.

Les politiques et les programmes d'intensification durable des cultures intéresseront plusieurs secteurs et exigeront la participation d'une série de parties prenantes. En conséquence, une stratégie d'intensification durable intéressera, transversalement, plusieurs secteurs couverts par une stratégie nationale de développement. Les décideurs soucieux d'encourager l'intensification durable devront, entre autres mesures essentielles, lancer un processus d'intégration des stratégies d'intensification durable dans les objectifs nationaux de développement. L'intensification durable des cultures devrait être une partie intégrante des programmes de développement pris en main par les pays, comme les documents de stratégie pour la réduction de la pauvreté et les stratégies et investissements consacrés à la sécurité alimentaire, y compris le suivi des engagements pris en faveur de la sécurité alimentaire par le Groupe des Huit, au Sommet de L'Aquila (Italie), tenu en 2009.

La mise en application des programmes et des plans d'intensification durable dans les pays en développement exige une action concertée au niveau international et national, avec la participation des gouvernements, du secteur privé et de la société civile. Les processus impliquant diverses parties prenantes sont désormais considérés comme un facteur essentiel de la sécurité alimentaire, à tous les niveaux. Au niveau mondial, la FAO et ses partenaires joueront un rôle d'appui important.

# Sources

## Chapitre 1: Le défi

1. FAO. 2004. *Ethique et intensification agricole durable*. Collection FAO: Questions d'éthique, No. 3. pp. 3-5. Rome.
2. Kassam, A. et Hodgkin, T. 2009. *Rethinking agriculture: Agrobiodiversity for sustainable production intensification*. Platform for Agrobiodiversity Research (<http://agrobiodiversityplatform.org/climatechange/2009/05/14/rethinking-agriculture-agrobiodiversity-for-sustainable-production-intensification/>).
3. Royal Society. 2009. *Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture*. RS Policy document 11/09. Londres.
4. Hazell, P.B.R. 2008. *An assessment of the impact of agricultural research in South Asia since the green revolution*. Rome, Secrétariat du Conseil Scientifique.
5. Gollin, D., Morris, M. et Byerlee, D. 2005. Technology adoption in intensive post-green revolution systems. *Amer. J. Agr. Econ.*, 87(5): 1310-1316.
6. Tilman, D. 1998. The greening of the green revolution. *Nature*, 396: 211-212. DOI: 10.1038/24254
7. Banque mondiale. 2007. *Rapport sur le développement dans le monde 2008*. Washington, DC, Banque internationale pour la reconstruction et le développement et Banque mondiale.
8. FAO. 2011. Base de données statistiques FAOSTAT (<http://faostat.fao.org/>).
9. FAO. 2009. *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde: Crises économiques – répercussions et enseignements*. Rome.
10. Bruinsma, J. 2009. *The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?* Document présenté à la Réunion d'experts sur le thème Comment Nourrir le Monde en 2050, 24-26 juin 2009. Rome, FAO.
11. Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. et Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671-677.
12. FAO. 2010. *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde: Combattre l'insécurité alimentaire lors des crises prolongées*. Rome.
13. FAO. 2009. *Food security and agricultural mitigation in developing countries: Options for capturing synergies*. Rome.
14. FIDA. 2010. *Le Rapport sur la pauvreté rurale 2011. Nouvelles réalités, nouveaux défis: de nouvelles chances pour la prochaine génération*. Rome.
15. Nations Unies. *World urbanization prospects, the 2009 revision population database* (<http://esa.un.org/wup2009/unup/>).
16. Rosegrant, M.W., Ringler, C. et Msangi, S. 2008. *International model for policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT): Model description*. Washington, DC, IFPRI.
17. FAO. 2003. *Agriculture mondiale: horizon 2015/2030*, par J. Bruinsma, éd. Royaume-Uni, Earthscan Publications Ltd et Rome, FAO.
18. FAO. 2009. *Nourrir le monde, éliminer la faim*. Document introductif du Sommet mondial sur la sécurité alimentaire, Rome, novembre 2009. Rome.
19. Nellemann, C., MacDevette, M., Manders, T., Eickhout, B., Svihus, B., Prins, A.G. et Kaltenborn, B.P., éd. 2009. *Crise alimentaire et environnement – Rôle de l'environnement dans la prévention des crises alimentaires. Evaluation de la capacité d'intervention rapide du PNUE*. Norvège, Programme des Nations Unies pour l'environnement et GRID-Arendal.
20. GIEC. 2001. *Climate Change 2001: Synthesis report. A contribution of working groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, par R.T. Watson and the Core Writing Team, éd. Royaume-Uni, Cambridge et New York, NY, États-Unis d'Amérique, Cambridge University Press.
21. GIEC. 2007. *Changements Climatiques 2007: Rapport de synthèse. Un rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Genève, Suisse.
22. Rosenzweig, C. et Tubiello, F.N. 2006. Adaptation and mitigation strategies in agriculture: An analysis of potential synergies. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 12: 855-873.
23. Jones, P. et Thornton, P. 2008. Croppers to livestock keepers: Livelihood transitions to 2050 in Africa due to climate change. *Environmental Science & Policy*, 12(4): 427-437.
24. Burney, J.A., Davis, S.J. et Lobell, D.B. 2010. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 107(26): 12052-12057.
25. FAO. 2010. *La volatilité des prix sur les marchés agricoles: État des lieux, répercussions sur la sécurité alimentaire, réponses politiques*. Perspectives Economiques et Sociales Synthèses No. 12. Rome.
26. Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., Robertson, R., Tokgoz, S., Zhu, T., Sulser, T.B., Ringler, C., Msangi, S. et You, L. 2010. *Food security, farming, and climate change to 2050: Scenarios, results, policy options*. Washington, DC, IFPRI.
27. FAO. 2006. *World agriculture: Towards 2030/2050. An FAO perspective*. Rome.
28. CE. 2007. *Food security thematic programme: Thematic strategy paper and multiannual indicative programme 2007-2010*. Bruxelles.

29. Godfray, C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. et Toulmin, C. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812-818.
30. FAO. 2010. *Rapport de la vingt-deuxième session du Comité de l'agriculture, Rome, 29 novembre – 3 décembre 2010*. Rome.
31. FAO. 2010. *Intensification durable de la production agricole grâce à une approche écosystémique et à un environnement porteur: Obtenir des gains d'efficacité par le biais des services écosystémiques et de la gestion des écosystèmes*. Rome.
32. Foresight. 2011. *The future of food and farming: Challenges and choices for global sustainability*. Rapport final du projet. Londres, the Government Office for Science.
33. EICASTD. 2009. *Agriculture at the crossroads*, par B.D. McIntyre, H.R. Herren, J. Wakhungu et R.T. Watson, édés. Washington, DC.
34. Pretty, J.N., Noble, A.D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R.E., de Vries, F. et Morison, J.I.L. 2006. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environ. Sci. Technol.*, 40: 1114-1119.
35. Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M., Aviles-Vazquez, K., Samulon, A. et Perfecto, I. 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renew. Agric. Food Syst.*, 22: 86-108.
36. Power, A.G. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 365(1554): 2959-2971.
37. Warner, K.D. 2006. Extending agroecology: Grower participation in partnerships is key to social learning. *Renewable Food Agric. Syst.*, 21(2): 84-94.
38. Swanson, B.E. et Rajalahti, R. 2010. *Strengthening agricultural extension and advisory systems: Procedures for assessing, transforming, and evaluating extension systems*. Agriculture and Rural Development Discussion Paper 45. Washington, DC, Banque internationale pour la reconstruction et le développement et Banque mondiale.
39. FAO. 2011. *La Situation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture: Le rôle des femmes dans l'agriculture - Comblent le fossé entre les hommes et les femmes pour soutenir le développement*. Rome.

## Chapitre 2: Les systèmes d'exploitation agricole

1. Doran, J.W. et Zeiss, M.R. 2000. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15: 3-11.
2. Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Phil Trans Royal Society of London*, B 363(1491): 447-466.
3. Kassam, A.H., Friedrich, T., Shaxson, F. et Pretty, J. 2009. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. *Int. Journal of Agric. Syst.*, 7(4): 292-320.
4. Godfray, C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. et Toulmin, C. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812-818.
5. Pretty, J., Toulmin, C. et Williams, S. 2011. Sustainable intensification in African agriculture. *Int. Journal of Agric. Syst.*, 9.1. (Sous presse)
6. Shaxson, F., Kassam, A., Friedrich, T., Boddey, R. et Adekunle, A. 2008. *Underpinning the benefits conservation agriculture: Sustaining the fundamental of soil health and function*. Main document for the Workshop on Investing in Sustainable Crop Intensification: The case of soil health, 24-27 juillet. Rome, FAO.
7. Uphoff, N., Ball, A.S., Fernandes, E., Herren, H., Husson, O., Laing, M., Palm, C., Pretty, J., Sanchez, P., Sanginga, N. et Thies, J., édés. 2006. *Biological approaches to sustainable soil systems*. Boca Raton, Florida, États-Unis d'Amérique, CRC Press, Taylor & Francis Group.
8. Montgomery, D. 2007. *Dirt, the erosion of civilizations*. Berkeley et Los Angeles, États-Unis d'Amérique, University California Press.
9. FAO. 2003. *World agriculture: Towards 2015/2030*, par J. Bruinsma, éd. Royaume-Uni, Earthscan Publications Ltd et Rome, FAO.
10. Mrema, G.C. 1996. *Agricultural development and the environment in Sub-Saharan Africa: An engineer's perspective*. Keynote paper presented at the First International Conference of SEASAE, 2-4 octobre, 1996, Arusha, Tanzanie.
11. Legg, B.J., Sutton, D.H. et Field, E.M. 1993. *Feeding the world: Can engineering help? Fourth Erasmus Darwin Memorial Lecture*, 17 novembre 1993, Silsoe.
12. Baig, M.N. et Gamache, P.M. 2009. *The economic, agronomic and environmental impact of no-till on the Canadian prairies*. Canada, Alberta Reduced Tillage Linkages.
13. Lindwall, C.W. et Sonntag, B., édés. 2010. *Landscape transformed: The history of conservation tillage and direct seeding*. Saskatoon, Canada, Knowledge Impact in Society.
14. Friedrich, T. et Kienzle, J. 2007. *Conservation agriculture: Impact on farmers' livelihoods, labour, mechanization and equipment*. Rome, FAO.
15. Giller, K.E., Murmiwa, M.S., Dhlwayo, D.K.C., Mafongoya, P.L. et Mpeperekhi, S. 2011. Soyabean and sustainable agriculture in Southern Africa. *Int. Journal of Agric. Syst.*, 9(1). (Sous presse)
16. Knuutila, O., Hautala, M., Palojarvi, A. et Alakukku, L. 2010. Instrumentation of automatic measurement and modelling of temperature in zero tilled soil during whole year. Dans: *Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering AgEng 2010, Towards Environmental Technologies, Clermont Ferrand, France, 6-8 septembre*. France, Cemagref.
17. Owenya, M.Z., Mariki, W.L., Kienzle, J., Friedrich, T. et Kassam, A. 2011. Conservation agriculture (CA) in Tanzania: The case of Mwangaza B CA farmer field school (FFS), Rhotia Village, Karatu District, Arusha. *Int. Journal of Agric. Syst.*, 9.1. (Sous presse)

18. Bruce, S.E., Howden, S.M., Graham, S., Seis, C., Ash, J. et Nicholls, A.O. 2005. Pasture cropping: Effect on biomass, total cover, soil water & nitrogen. *Farming Ahead*.
19. Landers, J. 2007. Tropical crop-livestock systems in Conservation Agriculture: The Brazilian experience. *Integrated Crop Management*, 5. Rome, FAO.
20. Joshi, P.K., Challa, J. et Virmani, S.M., éd. 2010. *Conservation agriculture: Innovations for improving efficiency, equity and environment*. New Delhi, New Delhi National Academy of Agricultural Sciences.
21. IFPRI. 2010. Zero tillage in the rice-wheat systems of the Indo-Gangetic Plains: A review of impacts and sustainability implications, par O. Erenstein. Dans D.J. Spielman et R. Pandya-Lorch, éd. *Proven successes in agricultural development: A technical compendium to millions fed*. Washington, DC.
22. Sims, B., Friedrich, T., Kassam, A.H. et Kienzle, J. 2009. *Agroforestry and conservation agriculture: Complementary practices for sustainable agriculture*. Paper presented at the 2nd World Congress on Agroforestry, Nairobi, août 2009. Rome.
23. Kassam, A., Stoop, W. et Uphoff, N. 2011. Review of SRI modifications in rice crop and water management and research issues for making further improvements in agricultural and water productivity. *Paddy and water environment*, 9.
3. de Ridder, N., Breman, H., van Keulen, H. et Stomph, T.J. 2004. Revisiting a "cure against land hunger": Soil fertility management and farming systems dynamics in the West Africa Sahel. *Agric. Syst.*, 80(2): 109-131.
4. Fermont, A.M., van Asten, P.J.A., Tittonell, P., van Wijk, M.T. et Giller, K.E. 2009. Closing the cassava yield gap: An analysis from smallholder farms in East Africa. *Field Crops Research*, 112: 24-36.
5. Howeler, R.H. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. In R.J. Hillocks, M.J. Thresh et A.C. Bellotti, éd. *Cassava: Biology, production and utilization*, pp. 115-147. Wallingford, Royaume-Uni, CABI Publishing.
6. Allen, R.C. 2008. The nitrogen hypothesis and the English agricultural revolution: A biological analysis. *The Journal of Economic History*, 68: 182-210.
7. FAO. 2011. Base de données statistiques FAOSTAT (<http://faostat.fao.org/>).
8. Jenkinson, D.S. Department of Soil Science, Rothamsted Research. Interview with BBC World. 6 novembre 2010.
9. Miao, Y., Stewart, B.A. et Zhang, F.S. 2011. Long-term experiments for sustainable nutrient management in China. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (Sous presse)
10. Bot, A. et Benites, J. 2005. *The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food and production*. Bulletin Pédologique de la FAO No. 80. Rome.
11. Dudal, R. et Roy, R.N. 1995. *Systèmes intégrés de nutrition des plantes*. Bulletin FAO: Engrais et Nutrition Végétale No. 12. Rome.
12. Roy, R.N., Finck, A., Blair, G.J. et Tandon, H.L.S. 2006. *Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management*. Bulletin FAO: Engrais et Nutrition Végétale 16. Rome.
13. Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. et Schuman, G.E. 1997. Soil quality: A concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61: 4-10.
14. USDA-NRCS. 2010. *Soil quality - Improving how your soil works* (<http://soils.usda.gov/sqi/>).
15. EU-JRC. 2006. *Bio-Bio project: Biodiversity-Bioindication to evaluate soil health*, par R.M. Cenci et F. Sena, éd. Institute for Environment and Sustainability. EUR, 22245.
16. Kinyangi, J. 2007. *Soil health and soil quality: A review*. Ithaca, États-Unis d'Amérique, Cornell University. (mimeo)
17. Vanlauwe, B., Bationo, A., Chianu, J., Giller, K.E., Merckx, R., Mokwunye, U., Ohiokpehai, O., Pypers, P., Tabo, R., Shepherd, K.D., Smaling, E.M.A., Wooster, P.L. et Sanginga, N. 2010. Integrated soil fertility management - Operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook on Agriculture*, 39:17-24.
18. Bationo, A. 2009. Soil fertility - Paradigm shift through collective action. *Knowledge for development - Observatory on science and technology* (<http://knowledge.cta.int/en/Dossiers/Demanding-Innovation/Soil-health/Articles/Soil-Fertility-Paradigm-shift-through-collective-action>).
19. IFDC. 2011. *Integrated soil fertility management* ([www.ifdc.org/getdoc/1644daf2-5b36-4191-9a88-ca8a4aab93cb/ISFM](http://www.ifdc.org/getdoc/1644daf2-5b36-4191-9a88-ca8a4aab93cb/ISFM)).
20. Rodale Institute. *Soils* (<http://rodaleinstitute.org/course/M2/1>).
21. FAO. 2008. An international technical workshop Investing in sustainable crop intensification: The case for improving soil health, FAO, Rome: 22-24 juillet 2008. *Integrated Crop Management*, 6(2008). Rome.
22. Weber, G. 1996. Legume-based technologies for African savannas: Challenges for research and development. *Biological Agriculture and Horticulture*, 13: 309-333.
23. Chabi-Olaye, A., Nolte, C., Schulthess, F. et Borgemeister, C. 2006. Relationships of soil fertility and stem borers damage to yield in maize-based cropping system in Cameroon. *Ann. Soc. Entomol. (N.S.)*, 42 (3-4): 471-479.
24. Giller, K.E., Beare, M.H., Lavelle, P., Izac, A. et Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology*, 6: 3-16.

### Chapitre 3: La santé des sols

25. Sanchez, P.A., Shepherd, K.D., Soule, M.J., Place, F.M., Buresh, R.J., Izac, A.-M.N., Mokwunye, A.U., Kwesiga, F.R., Ndiritu, C.G. et Wooster, P.L. 1997. Soil fertility replenishment in Africa: An investment. *Dans* R.J. Buresh, P.A. Sanchez et F. Calhoun, éd. *Replenishing soil fertility in Africa: Proceedings of an international symposium, 6 November 1996*, pp. 1-46. Madison et Indianapolis, États-Unis d'Amérique, Soil Science Society of America Inc.
26. Sanginga, N. et Wooster, P.L. 2009. *Integrated soil fertility management in Africa: Principles, practices, and developmental processes*. Nairobi, TSBF-CIAT.
27. Sanginga, N., Dashiell, K.E., Diels, J., Vanlauwe, B., Lysse, O., Carsky, R.J., Tarawali, S., Asafo-Adjei, B., Menkir, A., Schulz, S., Singh, B.B., Chikoye, D., Keatinge, D. et Ortiz, R. 2003. Sustainable resource management coupled to resilient germplasm to provide new intensive cereal-grain-legume-livestock systems in the dry savanna. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100: 305-314.
28. Sanchez, P.A. 2000. Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82: 371-383.
29. Garrity, D.P., Akinnifesi, F.K., Ajayi, O.C., Wellesemayat, S.G., Mowo, J.G., Kalinganire, A., Larwanou, M. et Bayala, J. 2010. Evergreen agriculture: A robust approach to sustainable food security in Africa. *Food Security*, 2: 197-214.
30. Dobermann, A. 2000. Future intensification of irrigated rice systems. *Dans* J.E. Sheehy, P.L. Mitchel, et B. Hardy, éd. *Re-designing rice photosynthesis to increase yield*, pp. 229-247. Ville de Makati, Philippines et Amsterdam, IRRI / Elsevier.
31. Byrnes, B.H., Vlek, P.L.C. et Craswell, E.T. 1979. The promise and problems of super granules for rice fertilization. *Dans* S. Ahmed, H.P.M. Gunasena et Y.H. Yang, éd. *Proceedings: Final inputs review meeting, Honolulu, Hawaii, 20-24 August 1979*. Hawaii, East-West Center.
32. Craswell, E.T., De Datta, S.K., Obcemea, W.N. et Hartantyo, M. 1981. Time and mode of nitrogen fertilizer application. *Fertilizer Research*, 2: 247-259.
33. Rong-ye, C. et Zhu Zhao Liang. 1982. Characteristics of the fate and efficiency of nitrogen in supergranules of urea. *Fertilizer Research*, 3: 63-71.
34. Roy, R.N. et Misra, R.V. 2003. Economic and environmental impact of improved nitrogen management in Asian rice. *Dans* FAO. *Sustainable rice production for food security. Proceedings of the 20th Session of the International Rice Commission. Bangkok, 23-26 July 2002*. Rome.
35. Thomas, J. et Prasad, R. 1982. On the nature of mechanism responsible for the higher efficiency for urea super granules for rice. *Plant and Soil*, 69: 127-130.
36. Visocky, M. 2010. Fertilizer system revolutionizes rice farming in Bangladesh. *Frontlines*, 12(2010).
37. Peng, S., Buresh, R.J., Huang, J., Zhong, X., Zou, Y., Yang, J., Wang, G., Liu, Y., Hu, R., Tang, Q., Cui, K., Zhang, F.S. et Dobermann, A. 2010. Improving nitrogen fertilization in rice by site-specific N management. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 30(2010): 649-656.
38. Sachs, J., Remans, R., Smukler, S., Winowiecki, L., Sandy, J., Andelman, S.J., Cassman, K.G., Castle, L.D., DeFries, R., Denning, G., Fanzo, J., Jackson, L.E., Leemans, R., Lehmann, J., Milder, J.C., Naeem, S., Nziguheba, G., Palm, C.A., Pingali, P.L., Reganold, J.P., Richter, D.D., Scherr, S.J., Sircely, J., Sullivan, C., Tomich, T.P. et Sanchez, P.A. 2010. Monitoring the world's agriculture. *Nature*, 466: 558-560.
39. Steiner, K., Herweg, K. et Dumanski, J. 2000. Practical and cost-effective indicators and procedures for monitoring the impacts of rural development projects on land quality and sustainable land management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81: 147-154.
40. FAO. 2010. *Climate-smart agriculture: Policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation*. Rome.
41. Dumanski, J. et Pieri, C. 2000. Land quality indicators: Research plan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 81: 93-102.
42. Mutsaers, H.J.W. 2007. *Peasants, farmers and scientists*. New York, États-Unis d'Amérique, Springer Verlag.

## Chapitre 4: Les cultures et variétés

1. Fowler, C. et Hodgkin, T. 2004. Plant genetic resources for food and agriculture: Assessing global availability. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 29: 143-79.
2. FAO. 2010. *The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome.
3. Alexandrova, N. et Atanassov, A. 2010. *Agricultural biotechnologies in developing countries: Options and opportunities in crops, forestry, livestock, fisheries and agro-industry to face the challenges of food insecurity and climate change (ABDC-10)*. Issue paper for the Regional session for Europe and Central Asia – Agricultural biotechnologies in Europe and Central Asia: New challenges and opportunities in a view of recent crises and climate change, Guadalajara, Mexique, 1-4 mars 2010.
4. FAO. 2009. *Déclaration du Sommet Mondial sur la Sécurité Alimentaire, 16-18 novembre 2009*. Rome.
5. FAO. 2009. *Traité international sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: Un traité mondial pour la sécurité alimentaire et l'agriculture durable*. Rome.
6. CDB. 2006. *Perspectives mondiales de la diversité biologique 2*. Montréal, Canada.
7. Moore, G. et Tymowski, W. 2005. *Explanatory guide to the International Treaty for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Gland, Suisse, Cambridge, Royaume-Uni et Bonn, Allemagne, IUCN.

8. Jarvis, D., Hodgkin, T., Bhuwon, S., Fadda, C. et Lopez Noriega, I. 2011. *A heuristic framework for identifying multiple ways of supporting the conservation and use of traditional crop varieties within the agricultural production systems. Critical reviews in plant sciences*. (Sous presse)
9. Hunter, D. et Heywood, V., éd. 2011. *Crop wild relatives. A manual of in situ conservation*. Londres, Biodiversity International, Earthscan.
10. Street, K., Mackay, M., Zeuv, E., Kaul, N., El Bouhssine, M., Konopka, J. et Mitrofanova, O. 2008. *Swimming in the gene pool – A rational approach to exploiting large genetic resource collections. Proceedings 11th International Wheat Genetics Symposium, Brisbane*. Sydney, Sydney University Press.
11. Ceccarelli, S., Grando, S., Shevtsov, V., Vivar, H., Yayaoui, A., El-Bhoussini, M. et Baum, M. 2001. *The ICARDA strategy for global barley improvement*. Aleppo, Syria, ICARDA.
12. Lipper, L., Anderson, C.L. et Dalton, T.J., éd. 2010. *Seed trade in rural markets: Implications for crop diversity and agricultural development*. Rome, FAO et Londres, Earthscan.
- Chapitre 5: La gestion de l'eau**
1. IIASA/FAO. 2010. *Global agro-ecological zones (GAEZ v3.0)*. Laxenburg, Autriche, IIASA et Rome, FAO.
2. French, R.J. et Schultz, J.E. 1984. Water use efficiency of wheat in a Mediterranean type environment. I: The relation between yield, water use and climate. *Australian Journal of Agricultural Research*, 35(6): 743–764.
3. Sadras, V.O. et Angus, J.F. 2006. Benchmarking water use efficiency of rainfed wheat in dry environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57: 847–856.
4. PNUD. 2006. *Rapport mondial sur le développement humain 2006*. New York, États-Unis d'Amérique.
5. Wani, S.P., Rockstrom, J. et Oweis, T., éd. 2009. Rainfed agriculture: Unlocking the potential. *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture 7*. Wallingford, Royaume-Uni, CABI Publishing.
6. FAO. 2011. Base de données statistiques AQUASTAT ([www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm)).
7. Perry, C., Steduto, P., Allen, R. et Burt, C. 2009. Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 96(2009): 1517–1524.
8. Batchelor, C., Singh, A., Rama Rao, M.S. et Butterworth, J. 2005. *Mitigating the potential unintended impacts of water harvesting*. Royaume-Uni, Department for International Development.
9. Liniger, H.P., Mekdaschi Studer, R., Hauert, C. et Gurtner, M. 2011. *Sustainable land management in practice – Guidelines and best practices for Sub-Saharan Africa*. Rome, TerrAfrica, WOCAT et FAO.
10. FAO. 2002. *Deficit irrigation practices*. Water reports No. 32, 51: 87–92.
11. Oweis, T., Hachum, A. et Kijne, J. 1999. *Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas*. SWIM Paper 7. Colombo, Sri Lanka, ICARDA/IMWI.
12. ICARDA. 2010. *ICARDA Annual Report 2009*. Aleppo, Syria.
13. FAO. 2010. *Mapping systems and service for multiple uses in Fenhe irrigation district, Shanxi Province, China*. Rome.
- Chapitre 6: La protection des plantes**
1. Rana, S. 2010. *Global agrochemical market back in growth mode in 2010*. Agrow ([www.agrow.com](http://www.agrow.com)).
2. Lewis, W.J., van Lenteren, J.C., Phatak, S.C. et Tumlinson, III, J.H. 1997. A total system approach to sustainable pest management. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 94(1997): 12243–12248.
3. Wood, B.J. 2002. Pest control in Malaysia's perennial crops: A half century perspective tracking the pathway to integrated pest management. *Integrated Pest Management Reviews*, 7: 173–190.
4. Pimentel, D. et Levitan, L. 1986. Pesticides: Amounts applied and amounts reaching pests. *BioScience*, 36(2): 86–91.
5. Stern, V.M., Smith, R.F., van den Bosch, R. et Hagen, K.S. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia*, 29: 81–101.
6. FAO. 1966. *Actes du symposium mondial organisé par la FAO sur la lutte intégrée contre les ennemis des cultures, Rome, 1965*. Rome, FAO.
7. Smith, R.F. et Doult, R.L. 1971. The pesticide syndrome—diagnosis and suggested prophylaxis. Dans C.B. Huffaker, éd. *Biological Control. AAAS Symposium Proceedings on Biological Control, Boston, December 1969*, pp. 331–345. New York, Plenum Press.
8. EICASTD. 2009. *Agriculture at the crossroads*, par B.D. McIntyre, H.R. Herren, J. Wakhungu et R.T. Watson, éd. Washington, DC.
9. Way, M.J. et Heong, K.L. 1994. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice: A review. *Bulletin of Entomological Research*, 84: 567–587.
10. Gallagher, K., Ooi, P., Mew, T., Borromeo, E., Kenmore, P.E. et Ketelaar, J. 2005. Ecological basis for low-toxicity: Integrated pest management (IPM) in rice and vegetables. Dans J. Pretty, éd. *The Pesticide Detox*, pp. 116–134. Londres, Earthscan.
11. Catindig, J.L.A., Arida, G.S., Baehaki, S.E., Bentur, J.S., Cuong, L.Q., Norowi, M., Rattanakarn, W., Sriratanasak, W., Xia, J. et Lu, Z. 2009. Dans K.L. Heong et B. Hardy, éd. *Planthoppers: New threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia*, pp.191–220, 221–231. Los Baños, Philippines, IRRI.
12. Neuenschwander, P. 2001. Biological control of the cassava mealybug in Africa: A review. *Biological Control*, 21(3): 214–229.

13. Bellotti, A.C., Braun, A.R., Arias, B., Castillo, J.A. et Guerrero, J.M. 1994. Origin and management of neotropical cassava arthropod pests. *African Crop Science Journal*, 2(4): 407-417.
14. Luttrell, R.G., Fitt, G.P., Ramalho, F.S. et Sugonyaev, E.S. 1994. Cotton pest management: Part 1. A worldwide perspective. *Annual Review of Entomology*, 39: 517-526.
15. Bove, J.M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, 88(1): 7-37.
16. Gottwald, T.R. 2010. Current epidemiological understanding of Citrus Huanglongbing. *Annual Review of Phytopathology*, 48: 119-139.
17. Gilbertson, R.L. 2006. *Integrated pest management of tomato virus diseases in West Africa* (www.intpdn.org/files/IPM Tomato Bob Gilbertson UC Davis.pdf).
18. Guillon, M. 2004. *Current world situation on acceptance and marketing of biological control agents (BCAS)*. Pau, France, International Biocontrol Manufacturer's Association.
- Chapitre 7: Les politiques et institutions**
1. Pingali, P. et Raney, T. 2005. *From the green revolution to the gene revolution: How will the poor fare?* ESA Working Paper No. 05-09. Rome, FAO.
2. Pingali, P. et Traxler, G. 2002. *Changing locus of agricultural research: Will the poor benefit from biotechnology and privatization trends*. Food Policy, 27: 223-238.
3. Beintema, N.M. et Stads, G.J. 2010. *Public agricultural R&D investments and capacities in developing countries: Recent evidence for 2000 and beyond*. Note prepared for GCARD 2010.
4. Crawford, E., Kelley, V., Jayne, T. et Howard, J. 2003. *Input use and market development in Sub-Saharan Africa: An overview*. Food Policy, 28(4): 277-292.
5. Banque mondiale. 2007. *World Development Report 2008*. Washington, DC, Banque internationale pour la reconstruction et le développement et Banque mondiale.
6. De Schutter, O. 2010. *Addressing concentration in food supply chains: The role of competition law in tackling the abuse of buyer power*. UN Special Rapporteur on the right to food, Briefing note 03. New York, États-Unis d'Amérique.
7. Humphrey, J. et Memedovic, O. 2006. *Global value chains in the agrifood sector*. Vienna, ONUDI.
8. EICASTD. 2009. *Agriculture at the crossroads*, par B.D. McIntyre, H.R. Herren, J. Wakhungu et R.T. Watson, édés. Washington, DC.
9. Alexandratos, N. 2010. *Expert meeting on "Feeding the World in 2050". Critical evaluation of selected projections*. Rome, FAO. (mimeo)
10. IFPRI. 2010. *Proven successes in agricultural development: A technical compendium to Millions Fed*, par D.J. Spielman et R. Pandya-Lorch, édés. Washington, DC.
11. Fischer, R.A., Byerlee, D. et Edmeades, G.O. 2009. *Can technology deliver on the yield challenge to 2050?* Paper presented at the FAO Expert Meeting: How to Feed the World in 2050, 24-26 juin 2009. Rome, FAO.
12. FAO. 2010. *Climate smart agriculture: Policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation*. Rome.
13. FAO. 2009. *Food security and agricultural mitigation in developing countries: Options for capturing synergies*. Rome.
14. Hazell, P. et Fan, S. 2003. *Agricultural growth, poverty reduction and agro-ecological zones in India: An ecological fallacy?* Food Policy, 28(5-6): 433-436.
15. CDB. 2010. *Perverse incentives and their removal or mitigation* (www.cbd.int/incentives/perverse.shtml).
16. PNUE/IIDD. 2000. *Environment and trade: A handbook*. Canada, IIDD.
17. OCDE. 2003. *Perverse incentives in biodiversity loss*. Paper prepared for the Ninth Meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice (SBSTTA 9). Paris.
18. Rhodes, D. et Novis, J. 2002. *The impact of incentives on the development of plantation forest resources in New Zealand*. Information Paper No. 45. New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry.
19. DNR. 2008. *Environmental harmful subsidies - A threat to biodiversity*. Munich, Allemagne.
20. FAO. 2010. *La volatilité des prix sur les marchés agricoles: État des lieux, répercussions sur la sécurité alimentaire, réponses politiques*. Perspectives Economiques et Sociales Synthèses No. 12. Rome.
21. FAO. 2009. *Nourrir le monde, éliminer la faim*. Document introductif du Sommet mondial sur la sécurité alimentaire, Rome, novembre 2009. Rome.
22. Ceccarelli, S. 1989. Wide adaptation. How wide? *Euphytica*, 40: 197-205.
23. Lipper, L., Anderson, C.L. et Dalton, T.J. 2009. *Seed trade in rural markets: Implications for crop diversity and agricultural development*. Rome, FAO et Londres, Earthscan.
24. TEEB. 2010. *The economics of ecosystems and biodiversity: Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. Malta, Progress Press.
25. Wunder, S., Engel, S.Y. et Pagiola, S. 2008. Payments for environmental services in developing and developed countries. *Ecological economics*, 65(4): 663-852.
26. FAO. 2007. *La Situation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture 2007: Payer les agriculteurs pour les services environnementaux*. Rome.
27. FAO. 2010. *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde: Combattre l'insécurité alimentaire lors des crises prolongées*. Rome.
28. GNHC. 2009. *10th five year plan 2008-2013*. Main document, vol. I. Le Royaume du Bhoutan.
29. Wilkes, A., Tan, J. et Mandula. 2010. The myth of community and sustainable grassland management in China. *Frontiers of Earth Science in China*, 4(1): 59-66.

30. Lipper, L. et Neves, B. 2011. Pagos por servicios ambientales: ¿qué papel ocupan en el desarrollo agrícola sostenible? *Revista Española de Estudios Agrícolas y Pesqueros*, 228(7-8): 55-86.
31. Donnelly, T. 2010. *A literature review on the relationship between property rights and investment incentives*. Rome, FAO. (mimeo)
32. Fitzpatrick, D. 2005. Best practice: Options for the legal recognition of customary tenure. *Development and Change*, 36(3): 449-475. DOI: 10.1111/j.0012-155X.2005.00419.x
33. FAO. 2010. *The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome.
34. Piesse, J. et Thirtle, C. 2010. Agricultural R&D, technology and productivity. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 365(1554): 3035-3047.
35. Pardey, P.G., Beintema, N., Dehmer, S. et Wood, S. 2006. *Agricultural research: A growing global divide?* IFPRI Food Policy Report. Washington, DC, IFPRI.
36. Nations Unies. 2009. *Promotion et protection des droits de l'homme : Questions relatives aux droits de l'homme, y compris les divers moyens de mieux assurer l'exercice effectif des droits de l'homme et des libertés fondamentales* (UN GA Doc A/64/170). New York, États-Unis d'Amérique.
37. Wright, B.D., Pardey, P.G., Nottenberg, C. et Koo, B. 2007. Agricultural innovation: Investments and incentives. Dans R.E. Evenson et P. Pingali, édés. *Handbook of agricultural economics*, vol. 3. Amsterdam, Elsevier Science.
38. Helfer, L.H. 2004. *Intellectual property rights in plant varieties*. Rome, FAO.
39. GAT. 2010. *Transforming agricultural research for development*. Paper commissioned by the Global Forum on International Agricultural Research (GFAR) as an input into the Global Conference on Agricultural Research for Development (GCARD), Montpellier, 28 - 31 mars 2010.
40. Hazell, P., Poulton, C., Wiggins, S. et Dorward, A. 2007. *The future of small farms for poverty reduction and growth*. 2020 Discussion Paper No. 42. Washington, DC, Institut international de recherche sur les politiques alimentaires.
41. FIDA. 2010. *Le Rapport sur la pauvreté rurale 2011. Nouvelles réalités, nouveaux défis: de nouvelles chances pour la prochaine génération*. Rome.
42. Scoones, I. et Thompson, J. 2009. *Farmer first revisited: Innovation for agricultural research and development*. Oxford, ITDG Publishing.
43. Shepherd, A.W. 2000. *Comprendre et utiliser les informations sur les marchés*. Guides de vulgarisation en matière de commercialisation, No. 2. Rome, FAO.
44. FIDA/PAM. 2010. *The potential for scale and sustainability in weather index insurance for agriculture and rural livelihoods*, par P. Hazell, J. Anderson, N. Balzer, A. Hastrup Clemmensen, U. Hess et F. Rispoli. Rome.
45. Devereux, S. 2002. Can social safety nets reduce chronic poverty? *Development Policy Review*, 20(5): 657-675.
46. Ravallion, M. 2009. *Do poorer countries have less capacity for redistribution?* Policy Research Working Paper No. 5046. Washington, DC, Banque mondiale.
47. FAO. 2006. *The right to food guidelines: Information papers and case studies*. Rome.
48. Shepherd, A.W. 2007. *Approaches to linking producers to markets*. Agricultural Management, Marketing and Finance Occasional Paper, No. 13. Rome, FAO.
49. Winters, P., Simmons, P. et Patrick, I. 2005. Evaluation of a hybrid seed contract between smallholders and a multinational company in East Java, Indonesia. *The Journal of Development Studies*, 41(1): 62-89.
50. Little, P.D. et Watts, M.J., édés. 1994. *Living under contract: Contract farming and agrarian transformation in Sub-Saharan Africa*. Madison, États-Unis d'Amérique, University of Wisconsin Press.
51. Berdegué, J., Balsevich, F., Flores, L. et Reardon, T. 2003. *Supermarkets and private standards for produce quality and safety in Central America: Development implications*. Report to USAID under the RAISE/SPS project, Michigan State University and RIMISP.
52. Reardon, T., Timmer, C.P., Barrett, C.B. et Berdegué, J. 2003. The rise of supermarkets in Africa, Asia, and Latin America. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(5): 1140-1146.
53. Johnson, N. et Berdegué, J.A. 2004. *Collective action and property rights for sustainable development: Property rights, collective action, and agribusiness*. IFPRI Policy Brief, 2004. Washington, DC.
54. Cavatassi, R., Gonzalez, M., Winters, P.C., Andrade-Piedra, J., Thiele, G. et Espinosa, P. 2010. *Linking smallholders to the new agricultural economy: The case of the Plataformas de Concertación in Ecuador*. ESA Working Paper, No. 09-06. Rome, FAO.
55. McCullough, E.B., Pingali, P.L. et Stamoulis, K.G., édés. 2008. *The transformation of agri-food systems: Globalization, supply chains and smallholder farmers*. Rome, FAO et Londres, Earthscan.
56. Singh, S. 2002. Multi-national corporations and agricultural development: A study of contract farming in the Indian Punjab. *Journal of International Development*, 14: 181-194.
57. Dietrich, M. 1994. *Transaction cost economics and beyond: Towards a new economics of the firm*. Londres, Routledge.

## Abréviations

<b>AIEA</b> Agence internationale de l'énergie atomique	<b>IIDD</b> Institut international du développement durable
<b>CNUCC</b> Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	<b>IITA</b> Institut international d'agriculture tropicale
<b>CDB</b> Convention sur la diversité biologique	<b>N</b> azote
<b>CE</b> Commission européenne	<b>N<sub>2</sub>O</b> oxyde nitreux
<b>ICASTD</b> Évaluation internationale des connaissances agricoles, de la science et de la technologie pour le développement	<b>OCDE</b> Organisation de coopération et de développement économiques
<b>FAO</b> Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture	<b>OMC</b> Organisation mondiale du commerce
<b>FIDA</b> Fonds international de développement agricole	<b>ONG</b> Organisation non gouvernementale
<b>GCRAI</b> Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale	<b>P</b> phosphore
<b>GIEC</b> Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat	<b>PAM</b> Programme alimentaire mondial
<b>ha</b> hectares	<b>PI</b> protection intégrée
<b>ICARDA</b> Centre international de recherches agricoles dans les régions sèches	<b>PNUD</b> Programme des Nations Unies pour le développement
<b>IDR</b> Irrigation déficitaire régulée	<b>PNUE</b> Programme des Nations Unies pour l'environnement
<b>IFDC</b> Centre international de développement des engrais	<b>SMS</b> service de messages courts
<b>IFPRI</b> Institut international de recherche sur les politiques alimentaires	<b>t</b> tonnes
	<b>UPOV</b> Union internationale pour la protection des obtentions végétales



Division de la production végétale  
et de la protection des plantes  
Organisation des Nations Unies  
pour l'alimentation et l'agriculture  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Rome, Italie

[www.fao.org/ag/agp](http://www.fao.org/ag/agp)  
[agp@fao.org](mailto:agp@fao.org)

*Conception* Graeme Thomas et Giulio Sansonetti  
*Couverture* Giancarlo de Pol  
*Adjointe à la rédaction* Diana Gutiérrez  
*Illustrations* Alessandra d'Andrea, Cecilia Sanchez



ISBN 978-92-5-206871-6



9 789254 068714

I2215F/4/11.12