

Synthèses

Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture

Étienne Hainzelin, coord.



éditions
Quæ

Cultiver la biodiversité
pour transformer
l'agriculture

Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture

Étienne Hainzelin,
coordinateur

Éditions Quæ

Collection Synthèses

Apprendre à innover dans un monde incertain.

Concevoir les futurs de l'agriculture et de l'alimentation

Émilie Coudel, Hubert Devautour, Christophe-Toussaint Soulard, Guy Faure,
Bernard Hubert, coord.

2012, 248 p.

Odorat et goût. De la neurobiologie des sens chimiques aux applications

Roland Salesse et Rémi Gervais, coordinateurs

2012, 550 p.

Comment l'herbe pousse.

Développement végétatif, structures clonales et spatiales des graminées

Michel Lafarge, Jean-Louis Durand

2011, 184 p.

Grands paysages pédologiques de France

Marcel Jamagne

2011, 598 p.

Production durable de biomasse. La lignocellulose des poacées

Denis Pouzet

2011, 224 p.

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex

© Éditions Quæ, 2013

ISBN : 978-2-7592-1901-8

ISSN : 1777-4624

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction même partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Table des matières

Remerciements	7
Préface	9
<i>Gilles BOEUF</i>	
Introduction	13
<i>Étienne HAINZELIN</i>	
La biodiversité depuis toujours au cœur de l'activité agricole	14
Les enjeux de la transformation de l'agriculture	15
Intensifier les processus écologiques pour transformer les performances agricoles.....	16
L'agrobiodiversité, principal levier de cette intensification écologique....	17
L'intensification écologique, une des priorités stratégiques du Cirad	18
Un ouvrage en six regards	19
Références bibliographiques.....	21
1. La diversité du vivant, moteur du fonctionnement écologique	23
<i>Étienne HAINZELIN et Christine NOUAILLE</i>	
Diversité et unité du vivant : les révolutions successives des sciences biologiques.....	24
Une histoire intimement liée à celle de l'homme	28
Les risques documentés de l'érosion de l'agrobiodiversité	34
Pourquoi vouloir « cultiver » la biodiversité ?	44
Comment mieux comprendre l'extraordinaire complexité du vivant et des agroécosystèmes ?	48
L'agrobiodiversité, enjeu de développement ?	51
Conclusion.....	52
Références bibliographiques.....	52
2. De l'artificialisation à l'écologisation des systèmes de culture	55
<i>Florent MARAUX, Éric MALÉZIEUX et Christian GARY</i>	
Les impasses de l'artificialisation des systèmes de culture.....	55
Les opportunités et les limites de systèmes de culture qui valorisent la biodiversité.....	68

Vers de nouveaux systèmes de culture «écologiquement innovants»	76
Conclusion.....	90
Références bibliographiques.....	90
3. Repenser l'amélioration des plantes	99
<i>Nourollah AHMADI, Benoît BERTRAND et Jean-Christophe GLASZMANN</i>	
L'amélioration des plantes d'hier et d'aujourd'hui	100
Les inflexions et les évolutions récentes.....	106
Les défis de l'agriculture écologiquement intensive	115
Les leviers pour relever les défis de l'intensification écologique	121
Conclusion.....	138
Références bibliographiques.....	139
4. Interactions écologiques au sein de la biodiversité des systèmes cultivés	147
<i>Alain RATNADASS, Éric BLANCHART et Philippe LECOMTE</i>	
Biodiversité et régulation des bioagresseurs	149
La diversité cachée du sol : quelles potentialités pour l'agriculture ?	160
Biodiversité et interactions agriculture-élevage.....	167
Conclusion.....	176
Références bibliographiques.....	176
5. Conserver et cultiver la diversité génétique agricole : aller au-delà des clivages établis	185
<i>Sélim LOUAFI, Didier BAZILE et Jean-Louis NOYER</i>	
Historique de la conservation des ressources génétiques en agriculture	187
Stratégies et politiques internationales en faveur de la mobilisation de la diversité génétique	193
Nécessité de la conservation <i>in situ</i> et complémentarité avec l' <i>ex situ</i>	202
Conclusion : hybridation ou coévolution des modèles de conservation ..	216
Références bibliographiques.....	218
6. Quelles transformations techniques, sociales et institutionnelles pour des systèmes agricoles biodiversés ?	223
<i>Estelle BIÉNABE</i>	
Coévolution entre dynamiques techniques et dynamiques sociales : une analyse depuis l'amont de l'agriculture.....	224
Transformations récentes de l'agriculture et des systèmes alimentaires : dynamiques de marché et nouvelles orientations	238
Conclusion.....	256
Références bibliographiques.....	259
Liste des auteurs	263

Remerciements

Cet ouvrage traite d'une problématique très vaste et, si on a parlé de « six regards », la réflexion s'est appuyée sur de multiples interactions entre de nombreux chercheurs, du Cirad en premier lieu mais également des partenaires. C'est ce que le Cirad aime à appeler son « intelligence collective ». Au-delà donc des auteurs qui ont rédigé chacun des chapitres, les connaissances et l'expertise de nombreuses personnes, en particulier au travers des encadrés et des figures, ont permis d'illustrer le propos. Malgré la longue liste de ces contributeurs, nous voudrions remercier chacun d'entre eux pour leur apport particulier.

Raphaël Achard, Martine Antona, Jacques Avelino, Pierre Bonnet, Patrick Caron, Jacques Chantreau, Marie Chave, Danièle Clavel, Harouna Coulibaly, Michel Crétenet, Benoît Daviron, Peninna Deberdt, Jean-Philippe Deguine, Dominique Dessauw, Marc Dorel, Ghislaine Duqué, Sandrine Dury, Pierre-François Duyck, Hervé Etienne, Guy Faure, Philippe Feldmann, Paula Fernandes, Francis Ganry, Claude Garcia, Frédéric Goulet, Michel Griffon, Hervé Guibert, Henri Hocdé, Olivier Husson, Patrick Jagoret, Hélène Joly, Mamoutou Kouressy, Cheppudira Kushalappa, Marie-Dominique Lafond, Marie-Christine Lambert, Claire Lanaud, Jaques Lançon, Christian Lavigne, Fabrice Le Bellec, Christian Leclerc, Maya Leclercq, Delphine Luquet, Delphine Marie-Vivien, Pascale Moity-Maïzi, Béatrice Moppert, Krishna Naudin, Samuel Nibouche, Marc Piraux, Serge Quilici, Louis-Marie Raboin, Jean-François Rami, Bruno Rapidel, Vincent Requillart, Bernard Reynaud, Jean-Michel Risède, Manuel Ruiz, Éric Sabourin, Éric Scopel, Lucien Séguy, Luciano Silveira, Louis-Georges Soler, Mamy Soumaré, Ludovic Temple, Philippe Tixier, Emmanuel Torquebiau, Jean-Marc Touzard, Bernard Triomphe, Gilles Trouche, Gilles Trystram, Philippe Vaast, Michel Vaksmann, Maryon Vallaud, Isabelle Vagneron, Bernard Vercambre, Robin Villemaine, Christopher Viot et Kirsten Vom Brocke.

Le Cirad est un centre de recherche français qui répond, avec les pays du Sud, aux enjeux internationaux de l'agriculture et du développement. Il produit et transmet, en partenariat avec ces pays, de nouvelles connaissances pour accompagner le développement agricole et contribuer au débat sur les grands enjeux mondiaux de l'agriculture, de l'alimentation et des territoires ruraux. Le Cirad dispose d'un réseau mondial de partenaires et de directions régionales, à partir desquelles il mène des activités de coopération avec plus de 90 pays.

Préface

La biodiversité? C'est la fraction vivante de la nature : nous ne pouvons absolument pas nous en passer ! Comme cela est bien démontré dans l'introduction de cet ouvrage, elle s'en va, elle s'en va de façon redoutablement accélérée depuis quelques dizaines, même centaines d'années, la fameuse époque « anthropocène » proposée par Paul Crutzen en 2000, et ceci dans l'indifférence générale, sous les « coups de boutoir » de l'humanité ! Cette biodiversité s'est bâtie sur la géodiversité, antérieure, en fait là depuis la formation de la Terre il y a quelque 4,6 milliards d'années. La biodiversité est « chevillée » à la planète Terre : ce sont les formes que la vie a été capable de différencier depuis ses origines, à partir de 3,9 milliards d'années dans l'océan ancestral, formes de vie qui se sont « associées », dans tous les sens du terme, pour construire les écosystèmes en relations étroites avec leur environnement. On peut imaginer aujourd'hui que, sur ce laps de temps, le vivant a été capable d'élaborer, apparues puis disparues, certaines encore avec nous, largement plus d'un milliard d'espèces, leur infinité de formes, de tailles, de couleurs, de mœurs, d'adaptations, de fonctions... Nous évaluons à environ 1-1,5 % celles qui nous accompagnent encore aujourd'hui. Les Nations unies avaient déclaré l'année 2010 « Année internationale de la biodiversité », parce qu'un appel fort avait alors été lancé. Mais même après les recommandations de diverses commissions internationales depuis une vingtaine d'années, nous avons été bien incapables de freiner ou de stopper la perte de biodiversité pour 2010, comme cela avait été annoncé, entre autres, au Sommet de la Terre à Johannesburg en août 2002. Aujourd'hui, après la Conférence de Paris de l'Unesco pour l'Année internationale de la biodiversité en janvier 2010 et celle de Rio en juin 2012, nous avons reporté cet objectif à 2020 : projet réaliste ou totale utopie ? En fait, pourquoi réussirions-nous mieux si nous ne changeons pas ?

Il est bien clair que la biodiversité ne saurait être représentée dans sa totalité par le seul inventaire des espèces vivantes peuplant un écosystème particulier. Ceci est la diversité spécifique. Le sens du mot a été diversement explicité mais tourne autour

de quelque chose comme « l'information génétique que contient chaque unité élémentaire de diversité, qu'il s'agisse d'un individu, d'une espèce ou d'une population ». Ceci détermine son histoire, passée, présente et future, et cette histoire est influencée par des processus qui sont eux-mêmes des composantes de la biodiversité. En fait, on regroupe aujourd'hui diverses approches sous ce terme : l'étude des mécanismes biologiques fondamentaux permettant d'expliquer la diversité des espèces et leurs spécificités et nous obligeant à davantage « décortiquer » les mécanismes de la spéciation et de l'évolution ; les approches plus récentes et prometteuses en matière d'écologie fonctionnelle et de biocomplexité, incluant l'étude des flux de matière et d'énergie et les grands cycles biogéochimiques ; les travaux sur la nature « utile » pour l'humanité dans ses capacités à fournir des aliments, des substances à haute valeur ajoutée pour des médicaments, des produits cosmétiques... des sondes moléculaires, ou encore à offrir des modèles plus simples et originaux pour la recherche fondamentale et finalisée, afin de résoudre des questions agromonomiques ou biomédicales ; et enfin la mise en place de stratégies de conservation pour préserver et maintenir un patrimoine naturel constituant un héritage naturellement attendu par/pour les générations futures. Et il faut encore considérablement insister sur le fait qu'inventaires et catalogues sont bien insuffisants pour préciser ce qu'est la biodiversité : beaucoup plus importantes sont les relations établies entre les êtres vivants et avec leur environnement ! La paléobiodiversité (et les paléo-habitats associés) est fondamentale à connaître et à comprendre pour préciser la situation actuelle et la dynamique de cette diversité.

Alors dans tout ceci l'agrobiodiversité ? L'humain actuel a pu se développer à petite échelle en ne faisant que chasser et cueillir, plus récemment pêcher, mais dès le moment où sa démographie a commencé à exploser, au néolithique vers 15 000 à 8 000 ans avant J.-C., tout a changé : d'ailleurs, quelle est la cause, quelle est la conséquence ? Humanité et agriculture sont intimement liées et indissociables : comment expliquer aujourd'hui le succès de l'humanité d'un côté, les graves situations déclenchées par nous-mêmes¹ qui nous guettent de l'autre ?

Étienne Hainzelin et Christine Nouaille écrivent en début d'ouvrage : « ... La diversité du vivant a longtemps été le fondement de l'activité agricole et de ses innovations. Depuis la fin du XIX^e siècle, en particulier dans les pays industrialisés, l'augmentation des rendements a fait appel à des techniques radicalement nouvelles, niant la réalité biologique de l'agriculture et artificialisant les milieux. Cette agriculture fortement intensifiée à partir des ressources fossiles, pétrole en tête, est aujourd'hui dans une impasse du fait de ses impacts sur les écosystèmes, de l'augmentation spectaculaire du prix des intrants et de l'énergie, des inégalités sociales et des exodes ruraux massifs qui en résultent... » Tout le débat est lancé ! Voici pourquoi, issu d'une communauté de scientifiques expérimentés et de « gens de terrain » au fait de ces réalités, l'ouvrage que vous avez sous les yeux est déterminant ! Le Cirad, qui a une mission de recherche finalisée pour le développement dans les pays du Sud, est un organisme clé pour les thèmes abordés dans cet ouvrage ; son travail, en partenariat avec les scientifiques de ces pays, lui donne des compétences uniques et une

1. Toussaint J.-F., Swynghedauw B., Boeuf G. (coordinateurs), 2012. *L'homme peut-il s'adapter à lui-même ?* Versailles, Éditions Quæ, 176 p.

expérience exceptionnelle pour les propos développés dans les six chapitres qui se succèdent dans ce livre.

Sept espèces de pommes de terre et 5 000 variétés cultivées dans les Andes, 92 variétés de riz répertoriées dans les Philippines... Le paysage agricole européen a été profondément modifié par l'arrivée des plantes du Nouveau Monde, tomate, fraise du Chili, pomme de terre, maïs, haricot..., transplantations du cacao, de la banane, de l'hévéa... Parce qu'elle est le moteur du fonctionnement des écosystèmes cultivés, l'agrodiversité est le levier principal d'évolution des agricultures et un enjeu majeur de développement. L'intensification spectaculaire de la production agricole après les années 1950 était fondée sur l'idée qu'elle pouvait être avantageusement réduite à des flux chimiques, et qu'il suffisait de compléter ce que la nature « avait du mal à fournir ». De 1945 à 1985, la consommation de pesticides et d'engrais a ainsi doublé tous les dix ans ! L'usage d'engrais, d'herbicides, d'insecticides et d'antifongiques de synthèse a artificialisé les agrosystèmes en homogénéisant les sols sur le plan trophique, en les accumulant dans les sols et les eaux et en détruisant de nombreuses espèces utiles à leur équilibre. L'un des chapitres de l'ouvrage est intitulé « Repenser l'amélioration des plantes » : ne faut-il pas en effet redéfinir ensemble radicalement ce que l'on met dans le mot « amélioration », par rapport à quelle référence ?

Que représente l'agrodiversité au sein de la biodiversité et quelles sont les relations entre elles ? L'humanité continue intensément à se propager et ses besoins augmentent en permanence, comment demain alimenter neuf milliards d'humains² ? Nous ne saurions « tout simplement » prôner (certains ont déjà franchi le pas !) l'idée de faire de la Terre un gigantesque agrosystème ! De toute façon, je doute que l'océan s'y prête ! Comment concilier une mise en valeur des terres agricoles en harmonie avec la planète ? Comment résoudre cette redoutable équation consistant à produire plus, sans affecter la santé des humains, en diminuant fortement et pourquoi pas même en supprimant les intrants, en ne gaspillant pas l'eau, en partageant les ressources et sans indéfiniment augmenter les surfaces agricoles ? Ainsi que le démontre ce livre, en utilisant et en respectant la biodiversité ! Un système très biodivers pourrait au moins produire autant et freine ou interdit l'arrivée des invasives. L'agrodiversité est essentielle et l'intelligence et la technologie de l'humain doivent y être consacrées. Une infinité de peuples agriculteurs, de situations, de coutumes, d'envies, de pratiques, de techniques, d'espèces, de variétés, de changements... dans un contexte dangereux de globalisation, d'arrogance, de perte de l'harmonie et de non-partage : est-ce soutenable ? Déprise agricole peut être synonyme de perte de diversité biologique, le monde agricole est essentiel pour l'humanité !

Ce livre nous donne des éléments forts, des pensées bien analysées, des développements séduisants et encourageants. Remercions-en les auteurs qui, sans cacher l'urgence à prendre des mesures, nous mettent sur la voie de solutions. Dans tous les cas, nous ne sommes pas en train de vouloir « sauver la planète » (en fait elle ne nous considère pas, quelle déception pour notre ego !), mais de faire en sorte que chacun puisse y trouver sa place sans trop de « mal-être » ! Pour cela, développons du travail intelligent, un usage de nos capacités enfin pour autre chose que la cupidité,

2. Guillou M., Matheron G., 2011. *Neuf milliards d'hommes à nourrir. Un défi pour demain*, François Bourin éditeur, Paris, 421 p.

de l'humilité, un combat constant pour maintenir l'harmonie et... le partage et le respect de l'autre. Ce sera le prix à payer pour réussir, enfin mériter ce nom de «*sapiens*» dont nous nous sommes affublés ! Et agriculture et monde agricole sont indissociables d'une telle volonté, aussi bien au nord qu'au sud, à l'est qu'à l'ouest... dans une infinité de cultures et de diversités...

Gilles BOEUF,
professeur à l'université Pierre et Marie Curie,
président du Muséum national d'histoire naturelle

Introduction

Étienne HAINZELIN

Bien que la biodiversité soit un concept d'invention relativement récente, chacun sait aujourd'hui qu'elle représente l'ensemble de la créativité de la vie sur la planète puisqu'elle englobe tous les « organismes vivants de toute origine et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes » (CDB, 1992). Chacun comprend en même temps combien elle est précieuse aux hommes et combien elle est menacée. En constante évolution, impossible à inventorier de manière exhaustive, se ramifiant en de multiples niveaux, la biodiversité est donc à la fois une source d'émerveillement et d'inquiétude. Chacun peut tenter de mieux comprendre en contemplant cette extraordinaire imbrication de productions (aliments, combustibles, matériaux, etc.), de services indispensables (purification de l'eau, de l'air, régulation du climat, renouvellement de la fertilité des sols, etc.) ou de richesses culturelles ou esthétiques. Émerveillement car, comme moteur des écosystèmes, cette « pellicule de vie » est la source d'un grand nombre de biens et de services indispensables à leur régulation et à l'existence et au bien-être des hommes. Inquiétude aussi car, année après année, les signaux d'alarme retentissent sur les blessures de cette biodiversité, à tel point qu'on parle d'une extinction massive, largement due aux hommes et à leurs activités. Malgré la profusion sans limite, la générosité incroyable de cette diversité du vivant, on commence à en voir poindre la finitude avec des paysages appauvris, des écosystèmes bancals et incomplets ; on se demande si les énormes défis que les hommes se sont créés en générant cette érosion massive ne vont pas se révéler bien au-dessus de leurs propres forces. On n'a probablement pas encore tiré toutes les leçons des risques encourus.

► La biodiversité depuis toujours au cœur de l'activité agricole

Pourtant, depuis le néolithique, les hommes ont apprivoisé la biodiversité ; ils ont domestiqué des plantes pour mieux s'alimenter, se soigner, se vêtir, et des animaux pour leur force, leur lait, leur viande, leur cuir. Ils ont tiré parti de la diversité du vivant dans une très vaste gamme d'activités et de productions agricoles sous toutes les latitudes, sur tous les continents. De même que la biodiversité a façonné la planète pendant des milliards d'années, les agriculteurs ont façonné depuis douze mille ans les paysages agraires en mobilisant et en organisant une « agrobiodiversité ». La planète s'est ainsi progressivement « anthropisée », c'est-à-dire humanisée, sur près de la moitié des terres émergées. L'espace cultivé — c'est-à-dire l'espace où l'homme planifie et pilote directement le couvert végétal — représente aujourd'hui 1,5 milliard d'hectares de cultures annuelles et pérennes, auxquels s'ajoutent 1,4 milliard d'hectares de prairies améliorées et près de 300 millions d'hectares de forêts plantées, soit plus de 20 % des terres émergées.

De tout temps, les paysans ont amélioré leurs techniques, parfois avec de véritables sauts technologiques, comme celui de l'irrigation 5 000 ans avant J.-C. ou des cultures fourragères au XVIII^e siècle, en impliquant le plus souvent la diversité des espèces dans leurs innovations ; nouvelles combinaisons de cultures dans l'espace et le temps, association polyculture-élevage, acclimatation d'espèces exotiques, usage d'espèces auxiliaires... La dernière révolution agricole, basée sur des variétés sélectionnées, les engrais et les pesticides de synthèse ainsi que sur une mécanisation massive dans certains pays, a abouti à une véritable industrialisation de l'agriculture. Faisant largement appel aux ressources fossiles, elle s'est traduite par une artificialisation poussée des parcelles agricoles, où la biodiversité s'est souvent réduite à un couvert végétal uniforme et synchrone, généralement constitué d'un seul génotype, de quelques espèces majeures, tout le reste du vivant étant systématiquement éliminé comme « facteur limitant ». Cette transformation a concerné l'essentiel des terres agricoles des pays développés, mais également une partie des agricultures des pays du Sud, dans la mesure où la révolution verte s'est fondée sur les mêmes principes de simplification et d'artificialisation.

La nature et l'agriculture représentent deux espaces délimités depuis bien longtemps, l'espace cultivé étant régi par des règles différentes de celles de l'espace dit « naturel ». Elles mobilisent des disciplines scientifiques distinctes (agronomie *versus* écologie), et disposent ainsi d'une biodiversité qui leur est propre. Encore récemment, on parlait plutôt de « ressources génétiques » et de variétés sélectionnées quand on parlait des espèces et des espaces agricoles, tandis que la biodiversité relevait de l'espace naturel. Le monde était ainsi compartimenté entre un espace destiné à la production, et condamné en quelque sorte à appauvrir sa diversité pour être plus productif, et un espace naturel à préserver. Pendant un temps, l'homme s'est dit qu'en protégeant la nature, il pouvait d'une certaine façon compenser les dégâts et les externalités négatives de l'espace productif. Mais, avec la prise de conscience des limites de la planète, de la pression anthropique, de la dégradation généralisée des écosystèmes, cultivés ou « naturels », il s'est rendu compte que cela ne pouvait suffire ; la connectivité de tous les écosystèmes et l'intensité des menaces pesant

sur la biodiversité excluent les solutions consistant à mettre la nature sous cloche, par endroits, tandis que l'essentiel des écosystèmes s'appauvrirait. Nous savons bien aujourd'hui qu'aussi utiles soient-ils, les espaces protégés ne suffiront pas à rétablir les écosystèmes dans leurs multiples fonctionnalités et services; ce dont il s'agit aujourd'hui, c'est bien de préserver la biodiversité dans l'ensemble des écosystèmes, cultivés ou non, et dans certains cas, de massivement l'enrichir. Cette nécessaire intégration se manifeste par exemple dans la convergence entre les disciplines agronomiques et écologiques, ou par l'émergence du concept d'agrobiodiversité qui englobe, bien au-delà du peuplement végétal cultivé, la totalité des espèces vivantes et leurs interactions, dans et autour de la parcelle cultivée, qu'elles soient animales, végétales ou microbiennes, agressives ou utiles, telluriques ou aériennes, etc.

► Les enjeux de la transformation de l'agriculture

L'agriculture est la première activité humaine avec 1,3 milliard d'actifs, soit près du quart de la population mondiale et la moitié de la population active. Par le nombre de personnes qui en vivent, par le fait qu'elle produit l'unique biomasse véritablement renouvelable et par son emprise spatiale, l'agriculture est au cœur de bien des grands défis de notre temps. Après être passée pendant des décennies pour une activité archaïque dont il convenait de sortir pour amorcer un développement, on mesure combien elle doit être mobilisée pour contribuer à répondre aux questions centrales d'aujourd'hui : sécurité alimentaire, approvisionnement énergétique, santé humaine, bon fonctionnement des écosystèmes, atténuation du changement climatique, lutte contre la pauvreté, développement rural...

Mais les agricultures du monde participent aussi de la biodiversité et sont, de fait, incroyablement plurielles. Elles peuvent être décrites selon des critères climatiques, historiques ou politiques, ou caractérisées par la taille des exploitations, leur tenure foncière, l'intensité du capital, le type de main-d'œuvre, le niveau de technification, etc. Dès lors qu'on s'intéresse au fonctionnement des parcelles et au rôle que les exploitations attribuent à la biodiversité, l'axe discriminant qui domine est celui qui oppose les agricultures dites modernes — productivistes, industrialisées, connectées aux marchés mondiaux, intensives en capital et utilisant peu de main-d'œuvre — aux agricultures familiales paysannes, souvent taxées d'archaïques — à base de petites exploitations, le plus souvent dynamiques, mais en difficulté faute de compétitivité et d'accès aux marchés. L'éventail est large entre ces deux pôles et comprend bien sûr toutes sortes de situations intermédiaires, mais il existe malgré tout un réel clivage qui transcende largement les écologies et les oppositions Nord-Sud. Ce clivage se rapporte principalement au mode d'intensification qui est directement relié au statut de la biodiversité dans la production. En schématisant, les premières ont choisi la voie de la spécialisation en misant sur une intensification autour d'un nombre très réduit d'espèces, la mécanisation et l'usage massif d'intrants, tandis que les secondes, à l'extrême, n'ont même pas initié de processus d'intensification et restent très « biodiverses ».

Ce qui est éclairant dans cette schématisation, c'est que ces deux agricultures extrêmes sont concernées par la remobilisation de l'agrobiodiversité. Les premières, malgré

leurs performances de production, buttent sur les impasses des dynamiques d'intensification qui ont présidé à leur « modernisation » : bilan énergétique, finitude des ressources, externalités environnementales et sociales considérables, plafonnement des rendements et diminution du capital écosystémique ; elles doivent se transformer radicalement pour devenir plus durables. Les secondes, qui doivent absolument augmenter leur productivité, sont amenées à inventer de nouvelles voies d'intensification qui soient économiquement viables, qui répondent aux défis du revenu et de l'emploi, qui préservent le patrimoine biologique comme une assurance d'adaptation future, et qui n'accroissent pas les dépendances aux technologies exogènes.

De plus, alors même que les agricultures sont appelées globalement à augmenter leur production pour assurer la sécurité alimentaire, elles sont également attendues pour fournir des services écologiques à l'ensemble de la société, qui sont bien mieux reconnus depuis les analyses du Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005). Parce qu'ils occupent, avec l'élevage et la sylviculture, une place importante et structurante dans les territoires, ces services, même non rémunérés, deviennent une de leurs missions à part entière (Griffon, 2007). Les agricultures doivent donc renforcer leur production de biens et de services, tout en se préparant à mieux affronter les risques et les incertitudes, par exemple liés au changement climatique.

► Intensifier les processus écologiques pour transformer les performances agricoles

Il n'est donc plus possible aujourd'hui d'apprécier la performance d'un système de production agricole à l'unique mesure de son rendement ou de son bilan économique. Les nécessités de la durabilité exigent qu'on intègre à l'analyse l'ensemble des productions, des services et des externalités et qu'on les confronte à des critères économiques, environnementaux et sociaux sur des échelles de temps et d'espace suffisantes, ce qui n'est pas toujours facile car tous ces éléments ne sont pas quantifiables.

C'est cette appréciation élargie des performances qui a amené la mise au point de multiples voies alternatives pour transformer les agricultures, parfois mises en œuvre à grande échelle dans différentes régions du monde. La plupart d'entre elles font appel à l'intensification des processus écologiques dans l'espace cultivé pour permettre une alimentation hydrique et minérale des cultures, maximiser l'activité photosynthétique, contrôler les populations de bioagresseurs, activer en boucle les cycles nutritifs en limitant l'usage d'intrants coûteux, éviter au maximum les pertes dans le système parcellaire, etc. Ces systèmes sont fondés tout particulièrement sur une activation de la biologie des sols, siège de très nombreuses régulations utiles à la production, largement négligée et méconnue. Cette intensification, en fonction des services considérés, sera gérée au niveau de la parcelle ou à un niveau supérieur comme celui du paysage. L'apport de fertilisants de synthèse ou l'emploi de pesticides seront subsidiaires par rapport aux apports et aux régulations propres de l'écosystème ; ils ne seront plus centraux dans l'intervention du producteur (IAASTD, 2009).

On pourrait penser que l'exigence de fournir des services écologiques, en plus de la production, handicape le système, qu'un compromis est obligatoire entre production récoltée et génération de ces services; il est étonnant de constater que c'est loin d'être toujours le cas. Comme l'a montré l'expertise collective sur la biodiversité et l'agriculture (Le Roux *et al.*, 2008), les processus de production bénéficient dans la durée d'un enrichissement de la biodiversité dans la parcelle et autour de la parcelle. Les nombreux exemples développés dans cet ouvrage — réintroduction des arbres dans les parcelles céréalières, systèmes agroforestiers à base de caféiers ou de cacaoyers, prairies diversifiées, vergers avec plantes de couverture — montrent que, par divers mécanismes, on peut augmenter le rendement à l'unité de surface des différentes spéculations, en plus d'améliorer les services écologiques fournis.

► L'agrobiodiversité, principal levier de cette intensification écologique

La diversité du vivant sert l'activité agricole depuis ses débuts mais, depuis la dernière révolution agricole où elle était surtout considérée en vue de l'amélioration variétale, on a eu tendance à oublier à quel point, dans les écosystèmes cultivés, elle est le moteur de tous les processus de production et de régulation. Il va falloir mieux connaître et comprendre, remobiliser, enrichir et planifier, en un mot *cultiver* cette biodiversité pour intensifier le fonctionnement écologique de l'agroécosystème. La mobilisation de l'agrobiodiversité, et son pilotage par le producteur, amènera une profonde transformation des agricultures et de ses acteurs tant au Nord qu'au Sud pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, le contexte local, avec ses atouts et ses contraintes, redevient fondamental pour élaborer une stratégie d'intensification. Il ne sera plus possible de mettre au point des solutions passe-partout, des «paquets technologiques» : il sera nécessaire d'ajuster des solutions sur mesure, «intensives en connaissances», qui tiendront compte du milieu, de la biodiversité présente, de sa vitalité fonctionnelle, des ressources mobilisables, mais également du projet et de la stratégie du producteur (Griffon, 2007).

Cette nouvelle importance du contexte local redonne largement la main au producteur pour définir *in fine*, à l'échelle de chacune de ses parcelles, la combinatoire de technologies, d'interventions techniques, d'espèces et de variétés, etc. C'est donc une formidable incitation pour les producteurs à innover et à développer une gestion patrimoniale de leur exploitation, tant sur le plan des ressources que des savoirs.

Le rôle des scientifiques est également transformé par cette évolution puisqu'ils vont devoir faire face à une diversité de situations et à une complexité sans précédent. Les agronomes vont devoir mieux comprendre les processus à l'œuvre dans des biodiversités complexes et être capables de discerner ce qui caractérise des connaissances génériques de ce qui relève d'interactions contextuelles locales. Les améliorateurs, après avoir travaillé durant des décennies sur des prototypes de monoculture, visant la production à tout prix, vont devoir valoriser les énormes avancées dans la connaissance intime du vivant pour «ouvrir le jeu» et imaginer des idéotypes entièrement nouveaux. Les biologistes vont devoir eux aussi décrypter la complexité

des communautés vivantes, et contribuer à ouvrir l'éventail des technologies utiles. Cependant, pour être réellement utile aux producteurs innovateurs, agronomes, améliorateurs et biologistes vont devoir bien plus s'appuyer sur les savoirs locaux et construire avec eux de nouveaux systèmes d'innovation.

Aux échelles régionales ou nationales, les associations de producteurs, l'organisation des marchés et des échanges, l'établissement des normes, l'orientation des politiques publiques sectorielles devront également prendre en compte cette nouvelle mesure de la performance agricole et intégrer des outils de régulation et d'incitation à la durabilité. Ceci est particulièrement vrai dans les pays africains, qui vont devoir encore affronter de forts accroissements démographiques et générer des emplois agricoles en grand nombre.

Cette nouvelle prise en compte de l'agrobiodiversité interpelle donc d'abord les producteurs, les paysans, qui vont devoir définir leur trajectoire d'évolution, mais également les biologistes (génétique, amélioration, pathologie, physiologie, écologie, etc.), les agronomes (intensification écologique, systèmes de cultures, pratiques agricoles, analyse de la performance, etc.) et les chercheurs en sciences humaines et sociales (politiques publiques, actions collectives, etc.). Elle suppose une transformation de notre regard sur les relations entre les sociétés humaines, d'une part, et la nature et ses ressources de l'autre, l'agriculture étant le premier lieu de renouvellement de ce regard. Cet ouvrage montre à quel point cette transformation n'est pas limitée à la parcelle et à sa culture, mais qu'elle touche en fait aux liens profonds entre les communautés paysannes et leur patrimoine vivant, dans leur façon de conserver cette agrobiodiversité et d'innover pour en tirer profit. On est donc loin d'une question purement technique puisque les modèles de l'appropriation du vivant, des systèmes d'innovation de même que l'organisation des marchés, de la distribution et de la consommation imposent des choix et des modèles de production.

► L'intensification écologique, une des priorités stratégiques du Cirad

Nous le savons, les signaux sont nombreux, il y a urgence. Les échéances sont toutes proches pour infléchir les tendances de dégradation de l'agrobiodiversité, qui sont irréversibles. Il nous faut choisir d'agir rapidement pour transformer l'agriculture, et cela fait de la biodiversité un véritable enjeu de développement. Il faut reconnaître que, jusqu'ici, c'est plus les organisations de producteurs, les associations techniques que les chercheurs qui ont exploré ces voies de transformation. Le Cirad, institution de recherche présente dans le monde tropical depuis plusieurs décennies, a pour finalité le développement rural des pays du Sud. Dans sa stratégie scientifique, et selon le diagnostic qu'il fait des agricultures du Sud, le Cirad a choisi depuis plusieurs années de concentrer une large partie de ses moyens à l'intensification écologique. La remobilisation de la biodiversité au sein des agricultures du Sud est une voie fondamentale de cette intensification, qui nécessite un investissement important en recherche. Ce livre rend compte des réflexions et des travaux en cours, mais aussi d'une vision partagée avec les partenaires du Sud, y compris au sein de processus participatifs avec des partenaires de la production.