

Agricultures et biodiversité : des futurs liés

Par Marion GUILLOU* et Claire ROGEL-GAILLARD**

Plus d'un tiers des plantes cultivées dépendent de l'activité des insectes pollinisateurs (abeilles, etc.) pour se reproduire. La contribution des vers de terre au maintien de la fertilité des sols a été évaluée en Irlande à un apport de 700 millions d'euros par an. L'agriculture a besoin de la biodiversité, tout en y contribuant directement. Dans les pays où l'espace est largement exploité par l'homme, les interactions entre les activités de production agricole ou forestière et la diversité du vivant (végétal, animal ou microbien) sont nombreuses et essentielles. Pour favoriser des synergies positives, il est indispensable d'aménager, d'inciter et d'évaluer. C'est un des enjeux des politiques publiques agricoles à visées économiques et environnementales, à développer à l'échelle de l'Europe, comme à celle des territoires.

La biodiversité en agriculture

En choisissant des plantes et des animaux au sein de la diversité naturelle, puis en les sélectionnant et en les cultivant ou les élevant, nos ancêtres chasseurs-cueilleurs ont développé une meilleure capacité alimentaire au cours de la révolution néolithique. Aujourd'hui, seulement 1 % des espèces végétales et 0,1 % des espèces animales sont exploités pour l'agriculture dans le monde. L'activité agricole a en effet influé de manière volontariste sur la diversité génétique afin de privilégier certains de ses services.

Pour les animaux, selon les espèces, les caractères sélectionnés incluent notamment la docilité, l'adaptation à des environnements plus ou moins rustiques, la morphologie, la couleur, le pelage, les qualités maternelles de reproduction et la capacité de production (de viande, de lait, d'œufs, etc.).

Chez les plantes cultivées, selon les espèces, les caractères sélectionnés incluent notamment le rendement de leur culture, leurs qualités nutritionnelles, leur résistance aux maladies, leur adaptation aux températures, aux conditions hydriques et aux terroirs, et leur architecture de croissance.

Pour les arbres, selon les espèces, là encore, les caractères sélectionnés incluent notamment leur vitesse de croissance, la rectitude de leurs troncs, la qualité de leur bois en tant que matériau de construction ou de transformation.

Cette biodiversité domestique est suivie et caractérisée, au sein de chaque espèce, par race (pour les animaux) et par

variété (pour les plantes et pour les arbres) ; elle est accompagnée, dans le domaine des plantes cultivées et des microorganismes, par une réglementation qui permet de définir les variétés et les souches créées. Au-delà, parmi les espèces non domestiquées, considérées comme sauvages ou naturelles, certaines interfèrent avec les systèmes conduits par l'homme ; il en est ainsi des insectes pollinisateurs, mais aussi des mauvaises herbes ou des ravageurs des cultures. Outre le fait qu'elle contribue directement à la production agricole, la biodiversité est bénéfique sur le long terme, non seulement pour assurer la durabilité des systèmes, mais aussi pour préserver une capacité d'adaptation des milieux naturels dans des contextes environnementaux et climatiques changeants.

La biodiversité : une nécessité pour assurer les adaptations futures

Le monde vivant évolue. Gènes, espèces, écosystèmes et paysages interagissent entre eux et changent au fil du temps. À cet égard, la biodiversité est à la fois un réservoir d'adaptabilité (inter-espèces comme intra-espèces) et de fonctions. Elle participe d'un équilibre à un instant donné et constitue un capital unique en termes de capacité et de dynamique d'adaptation. Il est donc essentiel de considérer ce capital comme un patrimoine et un bien public à léguer à nos descendants, qui vivront dans des conditions probablement différentes de celles que nous connaissons aujourd'hui [1].

Le besoin de renouveler les caractéristiques des plantes cultivées en puisant dans la variabilité génétique existante en est une illustration. La sélection de plants de vigne plus résistants à des épisodes de sécheresse ou de variétés de maïs précoces qui réclament de l'eau avant les périodes d'été l'atteste de manière concrète. Robert Barbault [2] cite comme exemple des expériences en vraie grandeur réalisées en Chine : la culture de mélanges de variétés de riz a permis d'augmenter la productivité en luttant efficacement contre la flétrissure, une maladie due à un champignon microscopique, tout en réduisant l'utilisation de fongicides. Plus généralement, dans un contexte prévisible de changements environnementaux globaux, la meilleure garantie de résilience des écosystèmes réside dans le maintien d'une biodiversité abondante.

À l'échelle de la biodiversité domestique, les ressources existantes sont la base de notre aptitude à générer une diversité à partir de laquelle de nouveaux tris seront possibles à des fins de production.

À l'échelle de la biodiversité sauvage, l'enjeu est de préserver une diversité naturelle, qui participe à l'équilibre de la planète et assure une large gamme de services écologiques.

Dans les deux cas, les ressources de la biodiversité nécessitent caractérisation, conservation et valorisation.

En France, la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité, qui a été créée en 2008 suite à la fusion de l'Institut Français de la Biodiversité et du Bureau des Ressources Génétiques, joue un rôle majeur dans les recherches sur la biodiversité domestique et sauvage, en interface avec les partenaires sociaux-économiques impliqués dans sa protection, sa gestion et son utilisation. Les instituts de recherche (comme l'Institut National de la Recherche Agronomique - INRA) contribuent fortement aux travaux scientifiques visant à caractériser la biodiversité liée aux activités issues de l'agriculture, à améliorer nos connaissances sur les interactions entre biodiversité et agriculture, ou encore à estimer les services rendus par les écosystèmes pour les orienter et/ou les préserver.

Conserver des ressources génétiques et biologiques

La notion de ressource génétique a été conceptualisée par O. Frankel en 1967, dans le cadre de l'accompagnement de la révolution verte par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (*Food and Agriculture Organization* - FAO) et par les centres internationaux de recherche agronomique. Lors de la Conférence des Nations Unies sur le développement durable, à Rio-de-Janeiro en 1992, a été signée une Convention sur la diversité biologique, ratifiée par la France en 1993.

Elle définit les ressources génétiques comme du « matériel génétique d'origine végétale, animale ou microbienne contenant des unités fonctionnelles de l'hérédité et ayant une valeur effective ou potentielle ». Ces ressources bénéficient de dispositifs de suivi et de gestion très organisés. À l'échelle mondiale, la commission des ressources génétiques

pour l'agriculture et l'alimentation de la FAO a pour objectif d'assurer la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Dans ses missions s'inscrit la préparation périodique des évaluations de l'état des ressources génétiques dans le monde.

Deux « états du monde des ressources génétiques végétales pour l'agriculture et l'alimentation » ont déjà été produits, dont un pour les ressources génétiques animales. Un premier état concernant les ressources génétiques forestières est, quant à lui, en cours de réalisation ; il devrait être suivi d'un rapport sur les ressources halieutiques, puis d'un autre sur les ressources microbiennes.

Des bases de données sont ainsi régulièrement mises à jour, pour les ressources végétales (<http://apps3.fao.org/wiews/wiews.jsp>) et les ressources animales (<http://dad.fao.org/>). De telles bases sont en cours de constitution pour ce qui concerne les ressources forestières.

Pour la zone Europe, il existe des suivis pour les plantes cultivées (*European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources*, <http://www.ecpgr.cgiar.org/>), pour les animaux domestiques (*European Regional Focal Points*, <http://www.rfp-europe.org/>), et pour les espèces forestières (*European Forest Genetic Resources Programme*, <http://www.euforgen.org/>). Ces dispositifs s'appuient juridiquement sur le traité international sur les ressources phyto-génétiques pour l'alimentation et l'agriculture, qui décline, dans le contexte de l'agriculture, les obligations de la Convention sur la diversité biologique en matière d'accès aux ressources génétiques et de partage des avantages découlant de leur utilisation. Plusieurs modes de conservation complémentaires existent pour les ressources génétiques : la conservation *in situ*, la conservation *ex situ* et la conservation dynamique.

Les catégories retenues en ce qui concerne les plantes sont les espèces sauvages et adventices apparentées, les cultivars locaux primitifs, les variétés obsolètes, les variétés cultivées actuelles et les souches génétiques spéciales. Du point de vue biologique, ces catégories sont en accord avec la notion d'espèce biologique et la possibilité d'échanges de gènes par voie sexuée. Il existe de nombreuses collections de ces plantes. Voici quelques exemples de collections phares de l'INRA ou du CIRAD :

- ✓ la collection d'agrumes du Centre INRA-CIRAD de Corse est classée parmi les cinq plus importantes collections mondiales ; elle contient plus de 1 000 introductions, plus de 680 variétés issues de quatre pays d'origine et trois genres botaniques (citrus, poncirus et fortunella) ;
- ✓ une collection de pommiers (celle du Centre INRA des Pays de Loire), s'inscrivant dans le réseau national « Ressources génétiques des arbres fruitiers à pépins », comprend, quant à elle, 1 500 variétés, dont 570 variétés anciennes et 200 porte-greffes ;
- ✓ une collection de céréales à paille (celle du Centre INRA d'Auvergne) contient plus de 10 000 variétés de blé, 6 300 variétés d'orge, 1 000 variétés de triticale, 800 variétés d'avoine et 50 variétés de seigle.

En ce qui concerne les espèces animales domestiques, les ressources génétiques se déclinent en quatre catégories, basées sur une classification proposée en 1982 par J.J. Lauvergne. Les populations traditionnelles ont des effectifs importants, une grande variabilité phénotypique, des généalogies souvent indéterminées et elles ne sont pas sujettes à des objectifs de sélection collectifs. Gérées par des communautés d'éleveurs, ces populations sont élevées dans des systèmes de production encore très dépendants des milieux naturels.

La consanguinité augmente au fil de la sélection et un enjeu essentiel est le maintien d'une variabilité génétique suffisante. La standardisation de la consommation et de la production a pu, selon les espèces et les pays, réduire le nombre de races élevées ou leurs effectifs.

L'identification d'un risque avéré de la disparition de certaines races a conduit, en France par exemple, à mettre en place des dispositifs garantissant la conservation de l'ensemble des ressources génétiques. Parallèlement à ces mesures en faveur des races menacées, la communauté scientifique s'est aussi préoccupée du devenir de la variabilité génétique au sein de populations soumises à une forte pression de sélection.

In situ, les animaux vivent dans leur contexte habituel d'élevage. *In vivo* ou *ex situ*, les animaux constituent un troupeau conservatoire géré par une association, une col-

lectivité, un parc zoologique ou une autre forme de collectif.

In vitro, les animaux ne sont pas maintenus vivants sur pied. Du matériel biologique (semence, ovocytes, embryons, cellules somatiques,...) est prélevé sur des animaux vivants et conservé dans des cryobanques. La cryobanque nationale française, créée en 1999, conserve du matériel biologique pour trois types de ressources génétiques animales : les animaux issus de races menacées présentant entre eux un maximum de diversité, des animaux issus de races non menacées présentant au sein de leur population des caractéristiques génétiques originales ou extrêmes, et des animaux issus de races non menacées représentatifs de la race au moment de la collecte.

Quant aux ressources génétiques microbiennes, elles ont un contour parfois difficile à dessiner de par leur importance dans des domaines très variés touchant à la santé humaine et animale (microflore digestive, pathogénicité, vaccinologie, synthèse de molécules antibiotiques,...), à la biologie végétale (interactions plantes-sol, bactéries symbiotiques,...), à la qualité de l'environnement (cycles biogéochimiques, pollution et dépollution) et aux biotechnologies (molécules à visée agroalimentaire, épuration, biodégradation...). En réalité, la seule méthode de conservation efficace est la conservation *ex situ*, qui suppose une mise en culture des souches, ce qui n'est possible que pour une très faible partie des microorganismes.



© INRA/Alain FRAVAL

Paysage bourguignon dans la Nièvre : l'aménagement des espaces agricoles contribue à la biodiversité.

Des observatoires pour étudier les changements de la biodiversité

Pour pouvoir étudier la dynamique de la biodiversité, il est essentiel d'obtenir des mesures à de multiples échelles de temps et d'espace. Se mettent ainsi en place des systèmes d'observation et d'expérimentation à court et long terme, qui permettent de quantifier les bénéfices d'une plus grande biodiversité dans les parcelles cultivées, les paysages et les territoires. Ces sites et réseaux sont des points de rencontre entre les mondes scientifique et agricole, les autorités publiques et la société. Y sont étudiées les différentes formes de biodiversité produites et leur évolution dans des systèmes de production variés, avec comme optique la gestion durable des agro-systèmes. La modélisation joue un rôle clé pour comprendre comment les pratiques agricoles agissent sur la biodiversité.

Les observatoires de recherche en environnement (ORE) sur la prairie, la forêt ou les bassins versants permettent d'étudier l'évolution des écosystèmes sous l'action de l'homme sur une durée d'au moins vingt ans.

Ainsi, par exemple, à l'INRA de Lusignan, un ORE est dédié à l'étude de la biodiversité des prairies temporaires (pâturages en alternance avec des cultures). Préalablement à l'expérimentation, la biodiversité initiale (insectes, vers de terre, acariens, microorganismes du sol) a été mesurée, de même que les composantes biologiques, physiques et chimiques de l'écosystème (humidité du sol, température, flux de gaz carbonique, de vapeur d'eau, d'oxyde nitreux...). Différents modes de gestion et d'alternance de prairies temporaires semées et de cultures (maïs, blé, orge) sont étudiés sur les parcelles expérimentales. Les études ciblent plus particulièrement la matière organique et son évolution dans le sol. À l'échelle nationale, l'INRA est associé à une trentaine d'ORE, et d'autres centres de recherche en France sont mobilisés et coordonnés au sein de l'Alliance pour l'Environnement (ALLENVI). D'autres réseaux peuvent quadriller le territoire national, tel celui mis en place pour observer l'évolution du sol et des microorganismes qui y vivent. Le réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS) regroupe ainsi plus de 2 000 sites de 16 m² chacun, répartis sur toute la France. Ce réseau a publié en 2011 un inventaire de l'état des sols en France [3].

Inventaire de l'état des sols en France

En 2011, après dix ans de travaux de collecte et d'analyse coordonnés par le Groupement d'Intérêt Scientifique sur les sols, un bilan qualitatif et quantitatif des sols français a été publié. Il détaille la diversité naturelle des sols jusqu'à l'échelle 1/20 000^e et décrit la fertilité des sols agricoles et la dynamique de certains contaminants. Ce bilan donne, pour la première fois, des éléments de mesure de la vie dans les sols, comme la matière organique présente ou la biomasse microbienne par gramme de sol.

Gérer et valoriser la biodiversité

La nature fournit des produits et des services que le programme d'évaluation des Nations Unies a classés en quatre familles : a) le soutien (fonctionnement des grands cycles biogéochimiques de base, tels les cycles du carbone ou de l'azote), b) l'approvisionnement (nourriture, eau, bois, énergie, ressources génétiques,...), c) les régulations (climat, inondations, érosion, maladies, pollutions,...) et, enfin, d) les services culturels (patrimoine, paysages, divertissement, espèces protégées emblématiques,...) [4]. De fait, la biodiversité peut influencer (ou intervenir dans) chacune de ces familles de services, à des titres divers. Ainsi, les productions agricoles constituent une valorisation de la biodiversité, en plus des autres fonctions économiques, écologiques ou culturelles qu'elles assurent [5].

La diversité végétale influe sur la composition de la communauté microbienne et, en retour, la diversité microbienne facilite l'installation des plantes, améliore leurs performances et peut favoriser le contrôle des microorganismes phyto-pathogènes. De même, le maintien d'une diversité des communautés d'abeilles sauvages et d'autres pollinisateurs permet potentiellement celui d'une diversité des plantes à fleurs, et réciproquement. La flore adventice a, quant à elle, pour originalité d'être à la fois considérée comme un frein majeur à la mise en place de systèmes culturels respectueux de l'environnement et, dans le même temps, comme un maillon indispensable au développement de la biodiversité dans les agro-systèmes. Ainsi, dans les parcelles cultivées comme dans les milieux semi-naturels, la diversité de la flore contribue au maintien en leur sein de communautés diverses d'arthropodes zoophages. En retour, ces derniers protègent les plantes d'impacts trop importants des arthropodes phytophages et permettent le maintien de communautés végétales diversifiées. Enfin, la diversité génétique des espèces végétales cultivées pourrait favoriser le maintien de la diversité spécifique des autres espèces, par exemple des adventices. De fait, les aménagements et pratiques agricoles contribuent directement à la diversité et en bénéficient en retour.

Encourager des pratiques favorables à la biodiversité

Les cultures agricoles et les forêts occupent la majorité des territoires en Europe. Aussi est-il essentiel, pour entretenir une biodiversité comme gage d'adaptation aux conditions futures, de s'assurer que les pratiques agricoles et forestières ne sont pas nuisibles à la biodiversité, et mieux encore, de promouvoir des systèmes respectueux de la biodiversité, voire favorables à son développement.

Des leviers à identifier

Sur 1 200 espèces végétales sauvages présentes dans les champs cultivés (bleuet, coquelicot, pied d'alouette, gypsophile), 300 sont en forte régression. Or, ces plantes pluriannuelles poussant sur les parcelles, comme les plantes

Le monde microbien : un acteur de la biodiversité largement méconnu

Le nombre de cellules bactériennes dans la biosphère se situe entre 4 et 6.10^{30} , et elles constituent une biomasse équivalente à celle des végétaux. Moins de 10 % des bactéries sont représentées dans des environnements accessibles à l'homme, la majorité des bactéries étant localisée dans le sous-sol profond (terrestre ou océanique). Un gramme de sol contient jusqu'à un milliard de bactéries et le nombre de cellules bactériennes vivant dans un organisme humain, en particulier dans le tube digestif, au niveau de la peau et des muqueuses, dépasse le nombre total des cellules humaines (de l'ordre de 10^{14}). La majorité des bactéries est non cultivable : moins de 1 % des bactéries sont capables de se multiplier *in vitro* (sur ou dans un milieu de culture). Cela signifie que *via* les méthodes classiques de caractérisation des bactéries, la majorité de la biodiversité échappe à l'analyse. Le développement de méthodes de séquençage à très haut débit et l'amélioration des capacités d'analyse bioinformatique ont permis de mettre en place des approches totalement novatrices pour appréhender la diversité du monde microbien, en s'affranchissant de la difficulté de mise en culture de la majorité des bactéries. Il ne s'agit pas ici de caractériser le génome d'une bactérie particulière, mais bien celui de l'ensemble des bactéries présentes dans le contenu microbien analysé, d'où cette notion de « méta-génome ». Les nouvelles données obtenues par des approches de méta-génomique révolutionnent ainsi actuellement nos connaissances.

Les recherches en microbiologie ont eu des applications dans le monde industriel, notamment avec la découverte de molécules comme les antibiotiques, les enzymes (protéases, estérases, lipases, amylases, ...). Dans un échantillon de sol, jusqu'à 10 000 espèces de bactéries différentes peuvent être identifiées, soit potentiellement plus d'un million de gènes capables de coder pour des activités enzymatiques présentant un intérêt. Les ruminants ont la capacité de digérer la lignine, et la connaissance des molécules actives dans le contenu microbien du rumen est un enjeu important pour améliorer nos connaissances sur l'efficacité alimentaire et la production de méthane par les animaux. La microbiologie des sols mobilise de nombreuses équipes de recherche de par le monde. Des études récentes montrent que la charge en bétail influe sur la microbiologie des sols et sur l'émission d'oxyde nitreux, un puissant gaz à effet de serre dont le potentiel de réchauffement global est environ 300 fois supérieur à celui du gaz carbonique.

À une biodiversité remarquable du monde microbien (microorganismes vivant dans des environnements exceptionnels) répond une biodiversité ordinaire (microorganismes vivant dans des environnements habités par l'homme), qui participe aux écosystèmes agricoles. L'exploration de cette biodiversité fournit des ressources d'un intérêt majeur : molécules exportables vers le monde industriel, mais également nouveau potentiel de connaissances pour comprendre les mécanismes fins et intimes qui régulent l'efficacité d'un écosystème agricole, notamment au niveau des échanges entre sol et animaux, entre sols et végétaux, entre tube digestif et animal, avec des applications potentielles non négligeables pour lutter contre le réchauffement climatique. Les quelques exemples que nous avons cités ne sont que partiels, mais ils illustrent ce domaine en pleine émergence, dont nous ignorons encore l'impact qu'il aura probablement dans les innovations prochaines dans le domaine de l'agriculture.

pérennes de bordure, constituent des habitats naturels essentiels au maintien de la biodiversité dans son ensemble.

Des travaux sont actuellement conduits pour valoriser les services biologiques fournis par les plantes adventices (ou mauvaises herbes). Des travaux sont également menés pour favoriser des assolements favorables à la coexistence entre les cultures et des variétés adventices nécessaires à l'alimentation de nombreuses espèces (oiseaux, microorganismes du sol, notamment). Le recours à des cultures intercalaires de légumineuses est une voie qui favorise la pro-

ductivité des cultures. Par ailleurs, les bandes enherbées sont testées afin d'étudier leur rôle dans le maintien de la biodiversité et la retenue des eaux de ruissellement.

L'uniformisation génétique des cultures peut être parfois associée à l'émergence d'épidémies dans les monocultures intensives, notamment celles de pommes de terre, de maïs et de tournesol. La recherche porte sur des variétés dont le cycle végétatif est long afin de protéger les sols de l'érosion ou sur l'utilisation de variétés plus rustiques porteuses de résistances multiples. Ont ainsi été sélectionnées des varié-



© INRA/Nicolas MORISON

Abeille domestique butinant une fleur de melon : la biodiversité contribue aux productions agricoles.

tés de blé (Renan) qui présentent un ensemble de caractères de rusticité, comme leur résistance aux attaques fongiques et au froid, et de bonnes qualités boulangères, même si leur rendement est un peu moindre que celui de variétés moins « rustiques ».

L'insertion (ou le maintien) de prairies dans des zones de grandes cultures est lui aussi un enjeu important. En effet, les prairies ont perdu en vingt-cinq ans un quart de leur surface initiale, alors que les pâturages, les zones humides et les haies sont de vastes réservoirs de biodiversité, en zone tempérée, et qu'ils jouent un rôle essentiel de régulateur dans les cycles biogéochimiques de l'eau, de l'azote, du phosphore et du carbone.

Les prairies temporaires semées en herbe, en alternance avec des cultures, constituent une voie intéressante dans ce contexte. Ainsi, par exemple, le trèfle violet est une légumineuse apportant une forte valeur ajoutée à une prairie temporaire, car cette plante fixe l'azote dans le sol, ce qui permet de réduire d'autant les apports d'intrants azotés. Ce trèfle a aussi de bonnes qualités fourragères lorsqu'il est associé à une graminée. Des travaux de sélection ont permis la création de variétés de trèfle plus résistantes aux maladies, d'une meilleure qualité fourragère et d'une pérennité plus longue.

Les prairies permanentes sont généralement associées aux modes de pâturage extensifs, à l'introduction de races

rustiques de bétail et à l'apport de celles-ci en termes de biodiversité animale, mais aussi à la diversité et à la complémentarité génétique existant entre les espèces végétales qui les composent. La diversité botanique des prairies permanentes est un atout, car elle favorise les complémentarités fonctionnelles, notamment entre les légumineuses (qui apportent de l'azote) et les graminées. Dans les zones pastorales de moyenne montagne, les associations végétales stimulent l'appétit des animaux et influent de manière bénéfique sur le goût des fromages (AOC de Comté, Abondance...).

L'agroforesterie, qui est à nouveau encouragée par l'Union européenne, est une technique qui a longtemps été pratiquée par les agriculteurs, en particulier dans le bocage normand. Elle consiste à associer sur une même parcelle des cultures et des arbres espacés, aux pieds desquels poussent des herbes et des fleurs sauvages. Des animaux peuvent également y pâturer. Les études menées sur des parcelles expérimentales ont montré que le rendement y est supérieur à celui obtenu sur des parcelles conduites avec un assolement conventionnel. Elles ont mis en évidence le rôle des auxiliaires (tels les coccinelles et les syrphes), ennemis des ravageurs des cultures, qui trouvent dans les espaces non cultivés les ressources requises pour leur survie.

Dans l'expertise coordonnée par l'INRA relative aux relations entre agriculture et biodiversité [6], de multiples

résultats sont présentés : à l'échelle du champ, à celle d'une exploitation, mais aussi, le plus souvent, à celle d'un paysage. Mais l'identification de solutions techniques n'est qu'une étape puisque c'est l'adoption par les professionnels de ces pratiques favorables qui fera la différence. Parfois, cette adoption, fruit de leurs essais et de leurs expériences, se révèle compatible avec l'équilibre économique et social de la ferme. Mais parfois, cette adoption nécessite une incitation financière temporaire pour favoriser une transition souvent synonyme de prise de risque. Quelquefois, c'est un financement public *ad hoc* qui doit être pensé afin de rémunérer la production de ce bien public qu'est la biodiversité.

Des modèles agricoles durables

Les leviers identifiés montrent que les modèles agricoles durables de demain doivent se démarquer des pratiques agronomiques issues des années 1970, essentiellement basées sur une maîtrise la plus complète possible du milieu physique et chimique pour optimiser la production. En agriculture, le schéma économique conventionnel prend en compte trois facteurs de production que sont la terre (surface agricole), le travail et le capital (coût des intrants par hectare, des bâtiments et du matériel). Pour s'orienter vers des pratiques durables, il est important d'ajouter de nouveaux facteurs à ce schéma économique, telles les informations disponibles sur l'environnement, sur l'état des cultures et des élevages et sur les services rendus par les écosystèmes (apport en eau, action des microorganismes et des auxiliaires, processus d'interaction, de symbiose, de régulation,...).

La biodiversité des espèces cultivées et non cultivées dans un même habitat (espèces présentes et interactions entre elles) est aujourd'hui bien identifiée comme un des éléments clés de la réussite de ces systèmes durables, avec une mise en œuvre possible tant à l'échelle d'une exploitation qu'à celle d'un territoire. De manière générale, il est recommandé une réduction de l'emploi des intrants, une diversification des productions et une meilleure gestion des éléments considérés comme non productifs (jachères, bandes enherbées, arbres, talus, fossés,...), ces éléments très généraux devant être déclinés selon les cas. Pour les systèmes de grandes cultures, les éléments d'évolution à considérer incluent la protection intégrée, basée sur des changements agronomiques (choix de variétés moins sensibles aux maladies, rotations longues, répartition des cultures sur le territoire), associée à un travail du sol qui réduise l'incidence des adventices, et des mesures telles que la réduction de la fertilisation minérale et organique, l'abandon du labour, la diversification des rotations, les associations de cultures, ou encore l'implantation de couverts intermédiaires et de cultures dérobées. Pour les cultures pérennes comme l'arboriculture fruitière et la vigne, les paramètres à considérer incluent non seulement la réduction de l'emploi des pesticides, mais également l'enherbement des vergers et des vignobles, celui-ci permettant la conservation de la teneur en carbone des sols tout en limitant leur érosion hydrique. Pour les prairies perma-

nes, les mesures les plus significatives qui améliorent la biodiversité sur les parcelles comprennent la réduction de la fertilisation, la réduction de la charge animale par hectare et une diminution du rythme des fauches (diminution du nombre de coupes, ou date de la première exploitation repoussée dans le temps). Enfin, la gestion des espaces non productifs doit prendre en compte la biodiversité. Ainsi, par exemple, l'entretien des haies doit être effectué en limitant au strict minimum l'usage d'herbicides et de débroussaillants chimiques.

La France consacre une faible part de sa surface agricole utile à l'agriculture biologique (2 %), en comparaison à d'autres pays européens (4 % en moyenne). Un plan pluriannuel de développement de l'agriculture biologique y a été lancé en 1997. Il a été relayé en 1999 par des contrats territoriaux, qui ont promu l'aide à la conversion, ainsi que par des mesures européennes. La pratique de l'agriculture biologique est exigeante sur le plan technique et humain, et malgré une demande croissante, une bonne image de marque des produits et l'octroi d'une prime de qualité biologique susceptible de compenser les coûts de production supérieurs, l'activité ne se développe pas à la hauteur de cette demande. Il est probable que l'insuffisance des mesures de politique publique, en regard des risques liés à la conversion en agriculture biologique et au maintien de l'activité sur le long terme, soit actuellement un frein.

Des incitations au changement

L'agriculteur qui souhaite faire évoluer ses pratiques doit à la fois acquérir la maîtrise agronomique nécessaire et s'assurer de la viabilité économique de son exploitation. Il est conduit à réorganiser son travail, les solutions qui lui sont proposées demandant souvent davantage d'investissement en temps que les pratiques déjà en place. Il doit aussi adapter son matériel et ses bâtiments, et modifier la structure spatiale de son exploitation, avec par exemple l'installation de haies ou le réaménagement de la taille des parcelles. Outre la motivation individuelle, des mesures incitatives de diverses natures permettent d'accompagner les agriculteurs dans ces changements qui croisent des facteurs techniques, économiques et sociaux.

Les incitations au changement incluent des actions de formation assurées par des acteurs de terrain et des réflexions collectives, qui amènent des groupes d'agriculteurs à agir de manière concertée. Les mesures incitatives publiques qui régissent l'interdépendance entre agriculture et biodiversité relèvent des politiques de protection de l'environnement (eau, air et espaces protégés, prévention des pollutions et des risques) et de la politique agricole. Nous nous en tiendrons ici au rappel de quelques mesures directement liées au secteur agricole, les aspects juridiques et le droit fiscal étant traités dans d'autres articles publiés dans ce numéro, comme notamment celui de Guillaume Sainteny.

La PAC a commencé à prendre en compte l'environnement dès 1985, et le soutien qu'elle apporte dans ce domaine est monté progressivement en puissance, avec l'ajout de

critères environnementaux au premier pilier de la PAC, suite à sa réforme de juin 2003. En France, les mesures agri-environnementales (MAE) issues de la PAC concernent la prime de conversion à l'agriculture biologique et la prime herbagère agri-environnementale. L'agriculteur bénéficiant de cette prime a pour obligation que les éléments considérés comme non productifs, mais sources de biodiversité (haies, alignements d'arbres, fossés, mares, cours d'eau...), représentent l'équivalent de 20 % de la superficie éligible à la prime. Les MAE sont mises en place sous la forme de contrats, ce qui nécessite une volonté des acteurs.

Le réseau Natura 2000, élément clé du dispositif communautaire de protection de l'environnement européen, couvre 20 % du territoire de l'Union européenne des Quinze et comprend 1 753 sites en France. (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Natura-2000,2414-.html>).

Ce réseau désigne des sites permettant d'assurer la conservation d'espèces d'oiseaux (directive « Oiseaux » de 1979) et la conservation de milieux naturels et d'autres espèces (directive « Habitats » de 1992). Pour chaque site est établi un document d'objectifs, qui est élaboré avec les acteurs locaux et un comité de pilotage. Les MAE correspondent à des contrats individuels, alors que les sites Natura 2000 associent plusieurs acteurs sur un même territoire, conduisant ainsi à des actions collectives.

En outre, les aides directes de la PAC sont conditionnées à de bonnes pratiques. Le premier volet de conditionnalité des aides porte sur l'environnement, la santé publique et la santé des plantes et des animaux. Le second volet porte sur le respect de bonnes conditions agricoles et environnementales, dont la protection des sols contre l'érosion, le maintien de la matière organique et de la structure des sols, l'assurance d'un entretien minimum des terres. Le troisième volet, qui engage l'Etat membre ou des régions, porte sur le respect d'un ratio entre la surface agricole totale et la surface en prairies permanentes.

Les effets des mesures engagées en faveur de la biodiversité ne sont pas encore totalement évalués, mais on peut néanmoins dire qu'elles ont au moins favorisé une prise de conscience collective, et que le système de conditionnalité, bien que lourd dans sa mise en place, donne un signal favorable au respect, par les agriculteurs, de pratiques environnementales souhaitables.

Mais cela n'est pas encore assez efficace ni en France ni au niveau mondial.

Vers une rémunération de la production de « biens publics » ?

Pour progresser en matière de protection de la biodiversité et d'arrêt de son érosion, la définition d'objectifs, d'indicateurs et de valeurs de référence est indispensable. L'enjeu est ici d'attribuer des valeurs, monétaires ou non, à la biodiversité et aux fonctions issues des services rendus par celle-ci, afin de les intégrer dans l'évaluation économique des investissements. Ces valeurs de référence peuvent ensuite servir de base pour définir une réglementation, établir des taxes, des quotas, des normes, des subventions.

Il s'agit ici d'établir une économie des écosystèmes et de la biodiversité (voir l'Etude de l'Economie des Ecosystèmes et de la Biodiversité (TEEB), <http://www.teebweb.org/>). Un des objectifs est de quantifier les coûts-bénéfices des actions menées et d'orienter l'action publique, en impliquant la société et en lui signifiant l'effort financier qu'elle doit consentir si elle veut protéger la biodiversité, qui contribue à son bien-être [7].

Quelques exemples de ce type d'actions menées à l'étranger figurent dans une synthèse publiée en 2010 [8]. En Australie, 400 000 arbres ont été plantés par la ville de Canberra pour améliorer la qualité de la vie urbaine. Le bénéfice économique est évalué entre 20 à 67 millions de dollars américains en termes d'économies pour la ville ou de valeur générée. Le Mexique a mis en place en 2003 un système de paiement pour les services écosystémiques forestiers à l'échelle nationale. En sept ans, ce système a attiré plus de 3 000 propriétaires forestiers, ce qui correspond à une surface de 2 365 km². La diminution de la déforestation est estimée à 1 800 km², soit une division par deux du taux annuel de déforestation observé dans ce pays. En Inde, la Cour Suprême a établi une échelle de paiements compensatoires auxquels sont soumis les propriétaires transformant leurs terrains forestiers pour d'autres usages ; les sommes perçues sont versées à un fonds public ayant pour finalité l'amélioration de la couverture forestière du pays.

L'enjeu est d'orienter de manière pertinente et prospective les investissements et les régulations destinés à préserver la biodiversité et garantir, en retour, les activités socio-économiques du pays. Si les agriculteurs sont concernés au premier chef, l'ensemble de la société l'est également.

En conclusion

La biodiversité est menacée par certains modes de production, tant en agriculture qu'en sylviculture. Or, il est de l'intérêt de tous de la maintenir afin de conserver des capacités d'adaptation à des futurs climatiques, sanitaires et agronomiques encore incertains, mais différents des conditions actuelles. L'agriculteur lui-même a parfois un intérêt direct à agir et à adopter des systèmes durables. Mais le plus souvent, son intérêt propre ne suffit pas pour assurer le maintien de la biodiversité. Il est alors indispensable de comprendre les évolutions en cours, de proposer les pratiques souhaitables et de les encourager à travers des politiques publiques, au niveau des exploitations, des territoires et des filières.

La politique agricole commune à venir est en cours d'élaboration. Soyons vigilants, afin de nous assurer qu'elle donnera aux acteurs les signaux propres à réconcilier l'homme avec la nature.

Notes

* Présidente d'Agreenium.

** INRA, directrice de recherches, UMR1313 de Génétique Animale et Biologie Intégrative.

Bibliographie

[1] GUILLOU (M.) & MATHERON (G.), *9 milliards d'hommes à nourrir, un défi pour demain*, François Bourin Editeur, 430 pages, 2011.

[2] BARBAULT (R.), *Un éléphant dans un jeu de quilles : l'homme dans la biodiversité*, Editions du Seuil, 266 pages, 2006.

[3] Gis Sol, *L'état des sols de France*, Editions QUAE, 188 pages, 2011.

[4] MEA - *Millenium Ecosystem Assessment - Ecosystems and Human Well-Being: synthesis*, Island Press Washington, D.C, 2005.

[5] LAPCHIN (L.), « Les services écosystémiques : un cadre conceptuel pour l'agro-écologie », *Agronomie, Environnement & Sociétés*, 2 (1) : pp. 33-44, 2012.

[6] LE ROUX & al., *Expertise scientifique collective. Agriculture et Biodiversité : valoriser les synergies*, Editions QUAE, 178 pages, 2008.

[7] BIELSA (S.), CHEVASSUS-AU-LOUIS (B.), MARTIN (G.), PUJOL (J.L.), RICHARD (D.) & SALLES (J.-M.), *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique*, Rapport du Centre d'Analyse Stratégique (CAS), France, 399 pages, 2009.

<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/094000203/0000.pdf>

[8] TEEB, *L'Économie des écosystèmes et de la biodiversité : intégration de l'économie de la nature. Une synthèse de l'approche, des conclusions et des recommandations de la TEEB*, 2010.