

Biodiversité et grandes cultures (approches)

Les productions végétales et la biodiversité : vers un système gagnant-gagnant

Les productions végétales en agriculture sont actuellement au cœur d'un important challenge. Ce challenge est couramment résumé par l'aphorisme « produire plus et produire mieux », dont il paraît nécessaire de préciser les enjeux.

Les raisons souvent invoquées pour « produire plus » reposent sur le fait que l'augmentation de la demande alimentaire semble inévitable à l'horizon 2050 et ses 9 milliards d'êtres humains. Ce constat est toutefois fondé sur une extrapolation des tendances actuelles alors qu'une gamme assez large d'estimations de l'évolution de la demande alimentaire peut être obtenue en utilisant différents scénarios prospectifs (Even et Laisney, 2011). De plus, ces estimations devraient intégrer le contexte de changements climatiques, contexte qui dépend largement de choix de développement encore en débats à l'échelle internationale (par exemple lors de la conférence internationale de Copenhague de décembre 2009). Enfin, si les préoccupations actuelles ont tendance à se focaliser sur les moyens d'augmenter l'offre alimentaire, il paraît tout autant nécessaire de mobiliser des leviers que sont : i) une politique à l'échelle mondiale visant à réguler la croissance démographique ; ii) une politique nutritionnelle agissant sur les comportements alimentaires ; et iii) une politique de sobriété impliquant une réduction du gaspillage

et des pertes tout au long de la chaîne de production. Quoiqu'il en soit, une augmentation de production ne serait pas forcément synonyme d'une augmentation des surfaces cultivées à condition de repenser les interactions entre les cultures et l'ensemble de la biodiversité, comme nous le verrons plus bas.

Dans l'expression « produire mieux », il est question de promouvoir un système de production qui intègre la préservation des différentes ressources naturelles et celle du vivant en particulier. Le Grenelle de l'environnement a exprimé ces engagements d'évolution vers une agriculture dite « durable » via une réduction des intrants et une restauration de la biodiversité dans les systèmes de production agricole. Rappelons que la biodiversité, ou diversité biologique, désigne non seulement la gamme complète des espèces et des communautés biologiques, mais aussi la variation génétique au sein des espèces et tous les processus écosystémiques. Au cours de son histoire, la biodiversité a été façonnée par des processus évolutifs résultant d'interactions au sein de, et entre, ces trois différents niveaux d'intégration (génétique, spécifique et écosystémique) avec /et les conditions abiotiques environnantes. Plus généralement, ce modèle d'agriculture durable s'appuierait sur une meilleure utilisation des fonctionnalités écologiques des milieux cultivés « de manière à assurer un fonctionnement écologiquement durable des écosystèmes productifs et à renouveler en permanence les ressources naturelles » (Chevassus-au-Louis et Griffon, 2008). Cette remise en cause d'un modèle

INTRODUCTION

agricole qui ne prend pas suffisamment en compte ces considérations est liée à plusieurs facteurs et principalement au constat de l'érosion de la biodiversité. Dans le contexte actuel de changements climatiques, la société et les politiques reconnaissent globalement la nécessité de protéger l'environnement et la biodiversité menacés par les émissions de gaz à effet de serre, la consommation des ressources naturelles et les pratiques d'agriculture intensive. Concernant ce dernier point, de nombreux travaux scientifiques ont mis en évidence qu'à l'échelle globale, les changements d'usage des terres qui entraînent la destruction, la transformation et la fragmentation des habitats naturels sont le facteur déterminant de la crise de biodiversité actuelle, la transformation des forêts en terres agricoles étant le plus important d'entre eux (Pereira et al., 2010). Ainsi, à l'échelle mondiale, plus d'espace a été converti en surface cultivée entre 1950 et 1980, soit 30 années, qu'entre 1700 et 1850, soit 150 ans (MEA, 2005). Un autre facteur de remise en cause des modes de production actuels est la prise de conscience de la finitude des composés qui sont la base des intrants agricoles utilisés dans les productions végétales. C'est le cas par exemple du phosphore dont l'impact environnemental via l'eutrophisation des milieux aquatiques n'est plus à démontrer et dont le pic de production est prévu en 2033 (Cordell et al., 2009). Enfin, suite à un programme d'évaluation des substances existantes, la Commission européenne a mis en ligne en mars 2009 une liste des substances

actives autorisées, les États membres pouvant autoriser sur leur territoire les produits phytosanitaires qui en contiennent. Cette liste de pesticides a conduit au retrait de plus des deux tiers des pesticides existants. L'interdiction ou la limitation des doses utilisables de certains produits pourraient donc conduire, à court terme, à des problèmes de maîtrise de certains insectes et parasites des cultures si des pratiques agronomiques ne venaient pas compenser les efficacités plus réduites des produits de synthèse. Il résulte de tout cela que si la vocation première des productions végétales reste toujours de répondre aux besoins alimentaires des populations, les conséquences environnementales de l'activité agricole telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui impliquent une adaptation rapide pour garantir sa durabilité. Une évaluation environnementale multicritères par le biais de l'approche Analyse cycle de vie (ACV) a été choisie afin de répondre à la demande d'affichage des impacts environnementaux sur les produits de grande consommation dont les produits alimentaires (loi d'application du Grenelle de l'environnement). Il reste à savoir si cette approche ACV est adéquate pour envisager les impacts sur la biodiversité.

Les enjeux liant biodiversité et productions végétales sont particulièrement prégnants dans les pays développés et notamment les pays européens. En effet, à la suite de la seconde guerre mondiale, l'agriculture a subi plusieurs transformations majeures, que cela soit dans les méthodes ou dans l'organisation de la production

végétale. Les découvertes réalisées pendant les deux guerres mondiales ont permis la mise au point de nombreux pesticides de synthèse et d'engrais minéraux. De nouvelles variétés d'espèces végétales cultivées plus productives et adaptées à l'artificialisation des milieux ont été mises sur le marché. Ainsi, pour ce qui concerne les cultures annuelles, l'espèce cultivée est prédéterminée, le type et la fréquence des perturbations (par exemple, les opérations de travail du sol et les traitements chimiques) ainsi que le niveau d'éléments nutritifs apportés sont entièrement contrôlés pour une expression optimale du potentiel productif de l'espèce cultivée. D'un point de vue agronomique, l'efficacité des différents intrants de synthèse (nitrates, herbicides, fongicides, etc.) a conduit à une forte augmentation des rendements, mais cette efficacité a aussi relégué au second plan les pratiques agronomiques de prévention et l'utilisation de régulations biologiques au point de faire reposer la totalité de la gestion du système sur la lutte chimique. Les quantités de matières actives utilisées et le nombre de traitements, généralement peu raisonnés, posent plusieurs problèmes. D'une part, l'utilisation récurrente de phytosanitaires et des engrais aboutit à des coûts environnementaux puisqu'elle menace la qualité et fertilité des sols et la qualité des eaux des rivières et des nappes d'eaux souterraines (Johnsen et al., 2001 ; Diaz et Rosenberg, 2008). D'autre part, la dépendance aux phytosanitaires (Green et al., 2005) accentue une perte de diversité biologique dans les systèmes de productions

végétales compte tenu d'une multitude de facteurs agissant de l'échelle de la parcelle cultivée à celle de la mosaïque paysagère (Benton et al., 2003) et dont les effets se propagent dans les chaînes trophiques (Donald et al., 2001). Il en résulte que ce demi-siècle d'intensification de l'agriculture apparaît être une cause importante des baisses de biodiversité dans les pays développés (Benton et al., 2003 ; Green et al., 2005). Les études qui montrent un déclin de la biodiversité agricole dans les pays européens, que cela soit à l'échelle de la parcelle et à celle du paysage, sont nombreuses et concernent tous les taxons. Par exemple, des études scientifiques menées dans les pays situés à l'ouest de l'Europe, dont la France, montrent que les oiseaux spécialistes des milieux agricoles sont parmi les populations d'oiseaux qui connaissent les plus forts déclin (Filippi-Codaccioni et al., 2010). Ce déclin des populations d'oiseaux des milieux agricoles les rend, de surcroît, plus vulnérables aux autres facteurs d'extinction, notamment les changements globaux et la pollution. Les corrélations temporelles et spatiales entre le déclin des oiseaux spécialistes des milieux agricoles et l'intensification de l'agriculture suggèrent que les changements des pratiques en sont au moins en partie responsables (Chamberlain et al., 2000 ; Donald et al., 2001). Les pratiques agricoles associées à ce déclin sont multiples mais toutes liées à une intensification à l'échelle des parcelles et des paysages (Stoate et al., 2001 ; Tscharntke et al., 2005). Il s'agit de : i) l'augmentation des pesticides ; ii) la mécanisation avec

labour de plus en plus profond ; iii) la sélection de quelques variétés hautement productives et compétitives, adaptées à l'agriculture à haut niveau d'intrants au détriment des systèmes arables et des prairies à plus faibles niveaux d'intrants ; iv) l'homogénéisation des habitats ; v) l'augmentation de la taille des parcelles ; vi) la fragmentation et perte des habitats naturels ; vii) l'élimination des habitats agricoles non productifs (bords de champs, haies). . . Autant de caractéristiques proches des pratiques actuelles des zones de production végétale à haute pression d'intrants. Dans ce cadre, une étude est actuellement menée afin de réaliser un diagnostic de l'impact des cultures d'oléagineux sur les populations d'oiseaux en collaboration entre le Cetiom, l'Inra et le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN). Cette étude se base sur des indices de biodiversité aviaire fournis par le programme STOC (Suivi temporel des oiseaux communs) coordonné par le MNHN (voir l'article de Christophe Sausse et al.). En outre, les conséquences de la perte de biodiversité sont particulièrement importantes dans les pays européens car les agroécosystèmes y représentent autour de 40 % du territoire, d'une part, et les espaces « naturels » restants et les espaces agricoles sont étroitement imbriqués, d'autre part. Comme l'occupation des sols par les terres agricoles et la fragmentation des habitats naturels y sont souvent anciennes, la pression exercée par l'intensification de l'agriculture s'exerce à la fois par les pratiques et par l'homogénéisation des paysages. Comme proportionnelle-

ment peu d'habitats naturels de grande ampleur sont menacés de manière récente, il en résulte que ce sont plutôt les habitats agricoles « traditionnels » qui disparaissent.

Les enjeux associés à la prise en compte de la biodiversité dans les systèmes de productions végétales font massivement référence à la notion de services écosystémiques. Les services écosystémiques, définis par le Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) comme les bénéfices directs et indirects que la société tire de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes, sont de différentes natures. Il s'agit : i) des services d'approvisionnement tels que la nourriture et l'eau ; ii) des services de régulation tels que la régulation des inondations et des maladies ; iii) des services de soutien tels que le cycle des éléments nutritifs, la photosynthèse et la pollinisation ; et iv) des services culturels tels que les bénéfices spirituels, récréatifs et culturels. Les services associés à la biodiversité sont donc potentiellement nombreux dans le contexte des productions végétales, si bien qu'une baisse de biodiversité dans ces milieux pourrait remettre en cause les services écosystémiques fournis par ces systèmes (Tscharntke et al., 2005). Tous ces services font appel à une vision utilitaire de la biodiversité largement répandue quand il est question de biodiversité des milieux agricoles (voir l'article de Céline Cervek). Soulignons que la valeur intrinsèque de la biodiversité, c'est-à-dire sa valeur indépendante de tout usage ou utilitarisme immédiat ou futur, est plus

INTRODUCTION

communément envisagée quand il est question de la biodiversité dans des milieux beaucoup moins anthropisés alors qu'il y aurait intérêt à l'envisager également dans tous types de milieux.

La biodiversité dans les milieux agricoles contribue à la lutte contre l'érosion des sols essentiellement via la constitution d'un couvert végétal rendu discontinu en milieu agricole, couvert qui peut servir de refuge pour les organismes auxiliaires. La biodiversité contribue aussi à l'entretien de la fertilité des sols. La macro- et la microfaune ainsi que de nombreuses bactéries maintiennent la structure et l'aération du sol, recyclent les éléments (décomposition, minéralisation), participent à la fixation de l'azote atmosphérique... La biodiversité participe aussi directement à la production agricole, à travers un certain nombre de services de régulation biotique. De nombreux insectes permettent la pollinisation des cultures. On estime ainsi que 68 % des 87 espèces les plus cultivées dans le monde dépendent d'une pollinisation par des insectes, représentant 35 % du volume total produit (Klein et al., 2007). Cette pollinisation peut être assurée par des abeilles domestiques (*Apis mellifera* L.) (cf. l'article de Céline Robert). Ainsi, les abeilles élevées à proximité des cultures peuvent représenter un service d'une valeur considérable (par exemple une dizaine de milliards de dollars par an aux États-Unis ; [Morse et Calderone, 2000]. Cependant, le syndrome d'effondrement des colonies (Colony Collapse Disorder), comme celui intervenu en 2007 aux États-Unis,

permet d'illustrer que les abeilles domestiques ne peuvent suffire seules à la pollinisation des cultures. Ce sont dans ce cas les pollinisateurs sauvages qui assurent la pollinisation intégrale des cultures (Winfree et al., 2007). Il en résulte que le maintien de la pollinisation doit signifier le maintien d'une diversité des pollinisateurs et non pas seulement des abeilles domestiques au sein des paysages agricoles. La biodiversité dite « sauvage » participe aussi à la lutte biologique. Ainsi, un ensemble de prédateurs et de parasitoïdes régulent les populations de ravageurs des cultures. C'est le cas notamment des carabes, qui assurent un certain nombre de services, dont la consommation d'insectes et nématodes, et sont aussi susceptibles de réguler les populations de plantes adventices des cultures via la prédation des graines (Bohan et al., 2011). Les invasions de ravageurs des cultures en réponse à la diminution de leurs ennemis naturels après l'application de certains insecticides illustrent l'importance de cette régulation naturelle pour la production agricole. Insistons sur le fait que la dichotomie entre une biodiversité dite « utile » à la production végétale et une qui ne le serait pas voire qui serait indifférente ne doit pas faire perdre de vue que c'est l'ensemble de la biodiversité qu'il faut considérer. En effet, les espèces sont liées par un ensemble d'interactions d'une part, et nul ne sait de quelle biodiversité « utile » nous aurions besoin dans un futur marqué par les changements climatiques, d'autre part. Le service de régulation de la biodiversité s'appréhende aussi dans le choix du type d'espèces cultivées et leur

agencement au sein des parcelles et du paysage. Les systèmes agricoles intensifs qui reposent sur une consommation élevée d'énergies fossiles, de pesticides et d'engrais de synthèse s'appuient sur la culture de variétés homogènes génétiquement (lignées pures ou hybrides) sélectionnées pour valoriser ces conditions. La diversité génétique des plantes cultivées, longtemps conservée principalement dans des banques de graines ex situ, est cependant susceptible de fournir un certain nombre de services écosystémiques indispensables dans des systèmes bas intrants. Il s'agit de l'amélioration de la résistance aux ravageurs et pathogènes (Zhu et al., 2000), du rendement et de la stabilité face aux variations de l'environnement.

Si le rôle de la biodiversité dans les agroécosystèmes relève des processus écologiques et génétiques qui agissent à l'échelle de la parcelle, le contexte paysager est particulièrement important à prendre en compte pour considérer le rôle de la biodiversité dans la production végétale. Ainsi, des études ont mis en évidence que les mesures de conservation de la biodiversité ne doivent pas être considérées uniquement à l'échelle de l'exploitation mais à une échelle plus large (Billeter et al., 2008) qui peut être celle de l'agroécosystème intégrant les cultures, les zones de milieux semi-naturels (bandes herbeuses, etc.) et les zones de nature (bois, espaces protégés). Il apparaît que la complexité et l'hétérogénéité des paysages favorisent la richesse spécifique et l'abondance des communautés végétales et renforcent les processus de régu-

lation biologique (Tscharntke et al., 2007). Cette logique se retrouve également au sein des parcelles ou le type et le nombre de rotations dans les productions végétales peut aussi augmenter le rendement agricole. Par exemple, la présence des légumineuses au sein de ces systèmes pourrait améliorer la diversité bactérienne dans la rhizosphère du blé après sa culture (Lupwayi et al., 1998) et se traduire par une réduction de la gravité des maladies d'origine tellurique (Klopper et al., 1999). De plus, certains résultats d'expérimentations mettent en évidence que la biodiversité peut conduire à diminuer la variabilité de la biomasse produite au cours du temps (Tilman et al., 2001).

Ainsi, ce challenge du « produire mieux » implique, comme nous l'avons vu, une adaptation des systèmes de productions végétales qui favoriserait la fonctionnalité des agroécosystèmes. Cette adaptation ne sera complètement durable qu'à la condition de maintenir des niveaux de production suffisants et raisonnés tout en maintenant la viabilité économique des exploitations agricoles (voir par exemple, Tilman et al., 2002). Pour réussir ce challenge et la nécessaire et délicate phase de transition vers un système gagnant-gagnant, il est essentiel d'y associer toutes les parties prenantes accompagnées en cela par les organismes techniques et les organismes de recherche.

Jane Lecomte

Université Paris-Sud 11 Unité Ecologie Systématique et Evolution, UMR8079, Orsay F- 91405, France ; CNRS, Orsay F-91405, France ; AgroParisTech, Paris F-75231, France

RÉFÉRENCES

Benton TG, Vickery JA, Wilson JD. Farmland biodiversity : is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 2003 ; 18 : 182-8.

Billetter R, Liira J, Bailey D et al. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes : a pan-European study. *J Appl Ecol* 2008 ; 45 : 141-50.

Bohan DA, Boursault A, Brooks DR, Petit S. National-scale regulation of the weed seed-bank by carabid predators. *J Appl Ecol* 2011. DOI : 10.1111/j.1365-2664.2011.02008.x.

Chamberlain DE, Fuller RJ, Bunce RG, Duckworth JC, Shrubbs M. 2000, Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *J Appl Ecol* 2000, 37 : 771-88.

Chevassus-au-Louis B, Griffon M. La nouvelle modernité : une agriculture productive à haute valeur écologique. In : *Economie et stratégies agricoles*. Paris: Edition Club Déméter, 2008 : 7-48.

Cordell D, Schmidt-Neset T, White S. Drangert JO. The Story of Phosphorus: Global food security and food for thought. In : Ashley K, Mavinic D, Koch F (Eds), *Global Environmental Change, International Conference on Nutrient Recovery*. Cornwall, UK: IWA Publishing, 2009.

Donald DB, Green RE, Heath MF. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 2001 ; 268 : 25-9.

Even MA, Laisney C. 2011. La demande alimentaire en 2050 : chiffres, incertitudes et marges de manœuvre. Service de la statistique et de la prospective. Centre d'Etudes et de Prospective. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire. http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_analyse271102.pdf.

Diaz RJ, Rosenberg R. Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science* 2008 ; 321 : 926-9.

Filippi-Codaccioni O, Devictor V, Bas Y, Clobert J, Julliard R. Specialist response to proportion of arable land and pesticide input in agricultural landscapes. *Biological Conservation* 2010 ; 143 : 883-90.

Green RE, Cornell SJ, Scharlemann JPW, Balmford A. Farming and the Fate of Wild Nature. *Science* 2005 ; 307 : 550-5.

Johnsen K, Jacobsen C, Torsvik V, Sørensen J. Pesticide effects on bacterial diversity in

agricultural soils - a review. *Biology and Fertility of Soils* 2001 ; 33 : 443-53.

Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 2007 ; 274 : 303-13.

Klopper JW, Rodriguez-Kabana R, Zehnder GW, Murphy JF, Sikora E, Fernandez C. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australasian Plant Pathology* 1999 ; 28 : 21-6.

Lupwayi NZ, Rice WA, Clayton GW. Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation. *Soil Biology & Biochemistry* 1998 ; 30 : 1733-41.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis. Island Press, Washington DC, 2005. <http://www.maweb.org/en/index.aspx>.

Morse RA, Calderone NW. The value of honey bees as pollinators of U.S. crops in 2000. *Bee Culture* 2000 ; 128 : 1-14.

Pereira HM, Leadley PW, Proença V, et al. Scenarios for Global Biodiversity in the 21st Century. *Science* 2010 ; 330 : 1496-501.

Stoate C, Boatman ND, Borralho RJ, Carvalho CR, Snoo GRd, Eden P. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *J Environ Manage* 2001 ; 63 : 337-65.

Tilman D, Reich PB, Knops J, Wedin, D, Mielke T, Lehman, C. Diversity and productivity in a longterm grassland experiment. *Science* 2001 ; 294 : 843-5.

Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 2002 ; 418 : 671-7.

Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 2005 ; 8 : 857-74.

Tscharntke T, Bommarco R, Clough Y, et al. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control* 2007 ; 43 : 294-309.

Winfree R, Williams NM, Dushoff J, Kremen C. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters* 2007 ; 10 : 1105-13.

Zhu Y, Chen H, Fan J, et al. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 2000 ; 406 : 718-22.

INTRODUCTION