

L'agriculture face à un contexte d'incertitude croissant : plus de diversité pour des systèmes de production plus robustes ?

Nicolas Urruty

Docteur, Institut national pour la recherche agronomique (INRA), France

Au cours des XIX et XX siècles, les systèmes agricoles ont profondément changé en France, passant de la polyculture-élevage à des systèmes beaucoup plus spécialisés et ayant un recours intensif aux intrants achetés à l'étranger. Du fait de la forte croissance démographique observée depuis la seconde moitié du XX^{ème} siècle, cette modernisation de l'agriculture s'est accélérée. Elle s'est plus particulièrement déroulée dans le paradigme du contrôle, c'est-à-dire à travers des systèmes agricoles qui cherchent à maximiser l'expression du potentiel génétique des espèces végétales et animales domestiques en s'affranchissant, ou du moins en se détachant, des facteurs biophysiques du milieu.

Ce paradigme, fondé sur l'idée de stabilité et l'hypothèse de simplicité, a permis d'augmenter très fortement la productivité agricole, notamment en ciblant les progrès génétiques sur un petit nombre de variétés et de races animales. Mais ce paradigme a également eu pour corollaire une homogénéisation des ressources, une dégradation des différents compartiments de notre environnement (sol, air, eau, biodiversité) et une diminution de la diversité des variétés, des pratiques agricoles, des exploitations et des paysages.

Un nouveau paradigme

Aujourd'hui, le contexte croissant d'incertitudes (climatique, économique, socio-politique) définit désormais un environnement défavorable à l'élaboration des performances dans le paradigme du contrôle (Tichit, 2014). L'urgence imposée par le calendrier climatique pousse notamment les agronomes à de nouvelles réflexions sur la manière de transformer les systèmes agricoles actuels afin qu'ils s'adaptent mais également qu'ils luttent contre les effets des changements climatiques. Face au contexte de volatilité des prix, les systèmes agricoles devront également s'adapter afin que les plus consommateurs en intrants achetés à l'extérieur soient moins vulnérables.

Un faisceau croissant de connaissances empiriques et scientifiques suggère que nous avons négligé la diversité au sens large et sous-estimé son potentiel pour la durabilité des systèmes agricoles, notamment dans un monde qui évolue rapidement et parfois brutalement. La recherche de performances multiples (Guyomard et al. 2013) repositionne dans l'agenda scientifique l'intérêt de la diversité et encourage à promouvoir un nouveau paradigme, celui de la robustesse.

D'après sa définition générale, la robustesse est définie comme la capacité du système étudié à maintenir ses performances malgré des changements du milieu. A l'inverse du paradigme du contrôle, les systèmes agricoles développés dans le paradigme de la robustesse se caractérisent par une meilleure prise en compte des incertitudes et des risques et une meilleure adaptation face aux contraintes du milieu.

Augmenter la diversité pour augmenter la robustesse ?

Depuis toujours les exploitations agricoles font face à des aléas et des incertitudes qui peuvent compromettre la durabilité des systèmes de production. Les agriculteurs et agricultrices du monde entier ont toujours cherché à s'adapter à ces conditions changeantes, soit de façon stratégique par le choix d'espèces ou de variétés particulières, soit de façon tactique par l'adaptation de leurs itinéraires techniques. Face à la variabilité des conditions climatiques, différentes options peuvent être mises en œuvre, comme par exemple le recours à l'irrigation (création d'infrastructures d'irrigation ou raccordement à un réseau) ou encore l'optimisation de la gestion des ressources disponibles par des techniques plus économes en eau (agriculture et irrigation de précision).

Au-delà de ces options techniques, la diversification des ressources végétales à l'échelle des systèmes de culture, mais aussi des paysages, pourrait offrir de nouvelles marges de manœuvre en vue de concilier performance et robustesse des systèmes de culture. Cependant, cette diversification ne doit pas être envisagée comme un simple « retour en arrière », qui entraînerait une baisse trop importante des niveaux de productivité, mais comme la base d'une nouvelle ingénierie agro-écologique appliquant les concepts de l'écologie à la production agricole (Griffon, 2013).

Pour tirer le meilleur profit de la diversité, nous aurons besoin de mieux comprendre les mécanismes liés à la diversité. Ces derniers, largement étudiés dans les systèmes écologiques s'appuient sur la complémentarité, la redondance, la facilitation mais également la compétition et les relations antagonistes. Ces mécanismes pourraient être intéressants à mobiliser dans les systèmes agricoles afin d'augmenter leur capacité d'adaptation, de résilience et leur aptitude à concilier différents types de performances.

Les bénéfices attendus de la diversité en agriculture

Face à un contexte croissant d'incertitude, encourager des systèmes agricoles valorisant mieux la diversité, notamment fonctionnelle, permettrait tout d'abord de mieux répartir les risques auxquels sont exposées les exploitations agricoles (théorie de la diversité du portefeuille). D'autres bénéfices sont également à prévoir comme la réduction des risques parasitaires, l'amélioration de la complémentarité entre les espèces et l'optimisation de l'utilisation des intrants. Le calendrier des travaux agricoles pourra également être mieux étalé afin de réduire les périodes de surcharge de travail pour les agriculteurs. Enfin, accroître la diversité au sein des exploitations agricoles pourrait permettre l'organisation de paysages qui assurent un meilleur compromis entre les différents services écosystémiques (paysage multifonctionnel). Ces pistes de diversification sont néanmoins à décliner en fonction du contexte initial et du type de système de production. Il faut également souligner que tout ne se joue pas uniquement à l'échelle des exploitations agricoles et que la mise en œuvre de cette diversification n'ira pas forcément de soi tant elle n'est pas toujours compatible avec l'organisation actuelle des filières qui se sont spécialisées pour accroître leur efficacité économique (Meynard et al. 2013). Plusieurs pistes de diversification sont présentées ci-après et les questions de recherche sous-jacentes sont discutées.

Diversifier les cultures en adaptant l'assolement au niveau de l'exploitation agricole

L'assolement de l'agriculteur, c'est-à-dire le panier d'espèces et de variétés cultivées sur l'exploitation agricole, est généralement adapté localement de façon à optimiser l'usage des ressources disponibles, qu'elles soient naturelles (apportées par le sol, le climat, le recyclage de biomasse, ...) ou exogènes (eau d'irrigation, intrants de synthèse, amendements, ...). Toutefois, la diversité de l'assolement dépend également de la présence de débouchés et de la possibilité de valoriser des productions de niche (lin, chanvre, luzerne, ...).

A l'échelle de l'exploitation agricole, deux niveaux de diversification peuvent être utilisés :

- Diversification des espèces: intégration de nouvelles cultures permettant de mieux esquisser les risques de stress hydrique ou tolérant mieux un défaut d'irrigation (diversifier l'assolement avec du sorgho par exemple). Face à un contexte d'augmentation des prix des intrants, la diversification peut également s'orienter vers des cultures moins exigeantes en charges de culture (intégration d'espèces légumineuses pour réduire le recours aux engrais minéraux de synthèse).
- Diversification des variétés: pour une même espèce, l'agriculteur peut également jouer sur la diversité des caractéristiques des variétés (précocité, sensibilité aux maladies, ...). Face à des perturbations abiotiques (gel, échaudage thermique, déficit hydrique ou azoté...) ou biotiques (maladies fongiques, insectes, ...) par nature imprévisibles, le recours à une gamme de types variétaux la plus large possible permet de mieux répartir le risque et de le rendre plus supportable à l'échelle de l'exploitation agricole. Les critères agronomiques et la méthodologie de construction de ce portefeuille de variétés doivent néanmoins être affinés localement afin d'optimiser les performances attendues par les agriculteurs tout en minimisant les variations interannuelles.

Diversifier la composition des couverts cultivés

Au sein d'une même parcelle, la diversification des espèces et des variétés peut également permettre d'accroître la robustesse face aux aléas climatiques et bénéficier de différents atouts, via les techniques suivantes :

- Mélanger des variétés différentes pour valoriser la complémentarité de résistance aux maladies et réduire les risques de contournement. L'utilisation de mélanges de variétés a fait l'objet de nombreux travaux, notamment en blé tendre (Lannou et al., 2005), où ses bénéfices ont été observés vis-à-vis de la rouille (De Vallavieille-Pope et al., 2006). En arboriculture, des résultats similaires ont pu être observés dans le cas du pommier vis-à-vis de la tavelure, mais seulement avec une organisation très précise du verger (Brun et al., 2007).
-
- Associer plusieurs espèces dans la même parcelle (cultures associées à graines ou prairie à flore complexe). Là encore de nombreux travaux ont montré que cela permet de mieux valoriser les ressources du milieu par complémentarité de niche et facilitation entre types de plantes. Les travaux de C. Naudin et de G. Hellou (ESA Angers) ont montré que les associations entre blé tendre et pois protéagineux amélioraient l'efficacité de l'utilisation des ressources du milieu, la céréale valorisant l'azote minéral et la légumineuse l'azote symbiotique. Le rendement et la qualité des grains sont également améliorés relativement à une culture mono-spécifique. Ceci a en particulier été démontré dans le cadre d'associations blé dur - pois (Bedoussac et Justes, 2010).

Diversifier les cultures dans le temps : la rotation

C'est l'une des pratiques les plus citées pour améliorer la robustesse des systèmes de culture. En effet, la diversification des rotations permet de réduire la sélection d'adventices spécialisés et de pathogènes résistants qui peuvent survenir rapidement dans une monoculture.

Une rotation longue et diversifiée (alternant cycles culturaux d'été et d'hiver, types botaniques et types d'enracinement différents...) permet des ruptures efficaces dans l'accomplissement des cycles parasitaires : les stocks d'inoculum ou d'adventices peuvent ainsi rester faible et le risque d'explosions parasitaires être suffisamment réduit pour que l'objectif de réduction de l'usage des pesticides soit envisageable. Ainsi, réduire la fréquence dans la rotation des oléoprotéagineux (tournesol, colza, pois...) réduit le risque d'apparition du sclerotinia dans les sols réceptifs.

Enfin, les cultures intermédiaires (en période d'interculture) composées d'espèces et de variétés différentes des cultures de vente peuvent rendre divers services écosystémiques : amélioration de la fertilité en azote des sols, stockage du carbone, piège à nitrate, réduction de l'érosion hydrique et des adventices, lutte contre certains nématodes ou champignons telluriques, etc. (Justes et al. 2012). Obligation réglementaire dans certaines régions françaises pour couvrir les sols en automne, les cultures intermédiaires sont également un moyen d'intensification écologique qu'il convient de mieux exploiter.

Diversifier les variétés et les cultures au niveau du paysage

Cette dernière piste de diversification, qui intègre un plus grand nombre d'acteurs, permet une gestion plus territoriale de la protection des cultures. L'objectif est par exemple de construire une mosaïque des résistances à l'échelle paysagère afin de réduire les infestations de bioagresseurs (en évitant par exemple d'associer inoculum et cultures sensibles). L'exemple le plus connu est celui d'une expérience de mise en place de mélanges variétaux de riz en Chine (Zhu et al. 2000) pour lutter contre la pyriculariose (maladie fongique causée par *Magnaporthe grisea*). L'expérience avait été en partie conçue avec des agriculteurs, ce qui avait permis d'adapter le principe du mélange aux pratiques locales (en particulier en alternant des rangs de chaque variété, ce qui était possible dans ce cas car le travail était essentiellement manuel). Le résultat, une quasi disparition de la maladie sur la variété sensible, avait tellement séduit les agriculteurs locaux que le mélange est ensuite devenu une pratique courante dans la région, couvrant jusqu'à deux millions d'hectares d'une zone dans laquelle une variété sensible à la maladie mais commercialement intéressante était cultivée sans aucun apport fongicide et sans dommage significatif lié au parasite (Lannou et al. 2013).

Autre exemple de diversification des cultures à l'échelle des paysages : en organisant mieux la localisation des cultures dans un bassin versant, il est possible de mieux protéger la qualité de l'eau et des sols en permettant aux flux polluants d'être interceptés par d'autres couverts (et non par un sol nu) avant d'atteindre les zones de captage.

Enfin, de nombreux travaux s'intéressent aujourd'hui à la valorisation des espaces naturels entre les parcelles et l'aménagement de haies pour leurs services de régulation écologique et la fourniture d'une plus grande diversité de ressources pour les pollinisateurs pendant l'été et les auxiliaires des cultures. Ce secteur de recherche et de développement connaît aujourd'hui un intérêt croissant avec des travaux importants sur la biologie des organismes et sur l'écologie des paysages.

Implications pour la recherche agronomique

En premier lieu, il nous apparaît important de s'interroger sur les meilleures pistes de diversification à développer pour améliorer la robustesse des exploitations agricoles. En effet, dans un système agricole, il existe de multiples sources de diversité au sein des différentes composantes du système : diversité biologique (animale et végétale) mais aussi diversité technique, diversité des produits issus du système, etc. Il convient donc d'examiner, en fonction des spécificités locales (état initial, type de sol, système de production, débouchés, etc.) à quel niveau il serait le plus avantageux d'introduire plus de diversité. Nous rappelons également que le niveau d'échelle est primordial : comment favoriser la mise en œuvre de cette diversité à des échelles extra-exploitation ? Comment intégrer à ces questionnements les acteurs non-agricoles qui sont également concernés par ces problématiques ?

Pour concevoir des systèmes agricoles valorisant la diversité, nous allons également devoir considérer la diversité d'un point de vue fonctionnel et du point de vue de la fonctionnalité des liens entre les composantes des systèmes agricoles. Il s'agira par exemple d'explorer les associations de traits pour mieux valoriser la complémentarité entre espèces et mettre au point des systèmes plus diversifiés et plus robustes. A ce titre, nous aurons besoin de mieux coupler les connaissances des praticiens et des scientifiques pour accélérer la transition des systèmes actuels issus du paradigme du contrôle vers des systèmes plus robustes.

Enfin, il convient de souligner que la diversité n'est pas nécessairement une panacée et qu'elle aura un coût. Le niveau d'intégration de cette diversité, c'est-à-dire les interactions entre les différentes composantes du système, est tout aussi important que la diversité des composantes. Avons-nous besoin d'un maximum de diversité et d'intégration ? Quel niveau de diversité permettrait de renforcer la robustesse des systèmes agricoles actuels sans entraîner trop de coûts pour les agriculteurs ? Comment mieux valoriser cette diversité et les atouts qu'elle apporte ? Il est donc important d'interroger la diversité en passant en revue ses limites.

En guise de conclusion

La diversification des espèces et variétés est théoriquement un moyen efficace pour concilier performance et robustesse des systèmes de culture face à un contexte de variabilité climatique et de volatilité des prix, car elle répartit les risques sur plusieurs cultures ou variétés aux exigences contrastées, et combine au sein de couverts ou d'assolements des cultures ou variétés assurant une gamme de services écosystémiques. Vieux concept, son actualisation ne va cependant pas de soi et de nombreux travaux sont encore nécessaires pour optimiser et maîtriser les modifications de pratiques envisageables. D'ores et déjà, la question de la diversification avec un objectif d'intensification écologique de l'agriculture renouvelle la réflexion des agronomes pour concilier des travaux de recherche génériques et la nécessité d'adaptations locales des concepts.

La diversification des cultures et des variétés n'est pas toujours compatible avec l'organisation actuelle des filières qui se sont spécialisées pour accroître leur efficacité économique. Ainsi des verrous existent tout au long de la filière : du sélectionneur au transformateur, en passant par le collecteur mais aussi le producteur. En conséquence, il reste à analyser si une diversification poussée peut être valorisée au-delà de marchés de niche et voir comment faire évoluer l'organisation des filières. Par ailleurs, la problématique de la gestion coordonnée des territoires (par exemple pour la gestion des résistances variétales) et la mise en place d'une organisation spatiale des systèmes de culture constituent un véritable défi socio-économique, aussi bien pour la recherche agronomique et que pour tous les acteurs de l'agriculture.

Bibliographie / Pour plus d'information

- Bedoussac, L., Justes, E., 2010. *The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth*. Plant and Soil 330
- Brun, L., Didelot, F., Parisi, L., 2007. *Stratégies de protection innovantes contre la tavelure du pommier: conception, évaluation et intégration en verger*. Innovations agronomiques 1
- De Vallavieille-Pope, C., Belhaj Fraj, M., Mille, B., Meynard, J.-M., 2006. *Les associations de variétés: accroître la biodiversité pour mieux maîtriser les maladies*. Les Dossiers de l'environnement de l'INRA 30
- Griffon, M., 2013. *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive?*, Editions Quae
- Guyomard, H., Huyghe, C., Peyraud, J.L., Boiffin, J., Coudurier, B., Jeuland, F., Urruty, N., 2013. *Volume 2 : Conception et évaluation de systèmes innovants en agriculture conventionnelle. Vers des agricultures à hautes performances*. INRA.
- Justes, E., Beaudoin, N., Bertuzzi, P., Charles, R., Constantin, J., Dürr, C., Hermon, C., Joannon, A., Le Bas, C., Mary, B., Mignolet, C., Montfort, F., Ruiz, L., Sarthou, J.P., Souchère, V., Tournebize, J., 2012. *Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques*. Rapport d'étude, INRA.
- Lannou, C., Hubert, P., Gimeno, C., 2005. *Competition and interactions among stripe rust pathotypes in wheat-cultivar mixtures*. Plant Pathology 54
- Lannou, C., Papaix, J., Monod, H., Raboin, L. M., Goyeau, H., 2013. *Gestion de la résistance aux maladies à l'échelle des territoires cultivés*. Innovations Agronomiques, 29
- Meynard, J.-M., Messéan, A., Charlier, A., Charrier, F., Le Bail, M., Magrini, M.-B., Savini, I., 2013. *Freins et leviers à la diversification des cultures: étude au niveau des exploitations agricoles et des filières*. OCL 20, D403.
- Zhu Y.Y., Chen H.R., Fan J.H., Wang Y.Y., Li Y., Chen J.B., Fan J.X., Yang S.S., Hu L.P., Leung H., Mew T.W., Teng P.S., Wang Z.H., Mundt C.C., 2000. *Genetic diversity and disease control in rice*. Nature 40

