

Comment (re-)diversifier les systèmes de culture

Favoriser la diversification des systèmes de culture implique de lever plusieurs verrous non seulement techniques mais aussi organisationnels et institutionnels.

ANTOINE MESSÉAN⁽¹⁾, GUÉNAËLLE HELLOU⁽²⁾ ET MARIE-HÉLÈNE JEUFRROY⁽¹⁾ (1) Inrae. (2) ESA

Malgré les avantages avérés de la diversification et les objectifs politiques affichés depuis plusieurs années, la spécialisation reste toujours à l'œuvre aujourd'hui, en raison des nombreux verrous techniques, organisationnels et institutionnels, qui freinent la transformation des systèmes agrialimentaires actuels. Après avoir rappelé les principaux freins à la diversification, cet article souligne la nécessité de mettre en œuvre une approche systémique et formule plusieurs propositions de transformation à l'échelle du système sociotechnique qui doivent être appréhendées de manière simultanée et coordonnée.



Photo: T. Chérière - Leva

Accroître la diversité dans les systèmes de culture en insérant de nouvelles espèces et des cultures associées peut permettre d'équilibrer production et préservation de l'environnement.

Objectifs de production atteints mais impacts négatifs

Au cours des dernières décennies, l'agriculture s'est peu à peu spécialisée à l'échelle des exploitations agricoles, autour d'un petit nombre d'espèces cultivées dans le but d'accroître l'efficacité économique des systèmes agrialimentaires : quasi-disparition de la polyculture-élevage, simplification des assolements et raccourcissement des rotations ; les systèmes de culture peu diversifiés et les chaînes de valeur souvent mondialisées qui y sont associées dominent. La spécialisation agricole a incontestablement permis d'atteindre les objectifs de production assignés à l'agriculture dans

les années 1960, mais a aussi engendré des impacts négatifs sur l'environnement, les écosystèmes et la santé humaine (IPBES, 2019). Les systèmes de production agricole sont largement tributaires de l'utilisation d'intrants externes (engrais et produits phytopharmaceutiques de synthèse), ce qui contribue à la dégradation des sols, à la pollution de l'air et de l'eau, ainsi qu'aux émissions de gaz à effet de serre (GES) et à l'érosion de la biodiversité.

Dans ce contexte, la diversification des cultures est un levier majeur pour réussir la désintensification, accroître la biodiversité au sein des champs, favoriser les services

écosystémiques, réduire les émissions de GES, contribuer à boucler les cycles des nutriments, et réduire l'usage des intrants chimiques (Figure 1), qui constituent les objectifs du Pacte vert de la Commission européenne (European Commission, 2020). Une expertise scientifique collective Inrae (Tibi *et al.*, 2022 – voir aussi article p. 14) a analysé les effets de la diversification sur une série de services écosystémiques. Dans leur grande majorité, les effets rapportés sont positifs. Toutefois, il existe une très grande variabilité des résultats obtenus qui sont difficiles à interpréter dans le cadre des méta-analyses, compte tenu de la diversité

RÉSUMÉ

† **CONTEXTE** – Depuis les années 1960, l'agriculture française s'est peu à peu spécialisée entre productions animales et productions végétales, et en termes d'espèces cultivées, dans le but d'accroître l'efficacité économique des systèmes agrialimentaires (production/transformation/distribution). Cette phase de modernisation a permis d'atteindre les objectifs de production assignés à l'époque mais a aussi engendré des impacts négatifs sur la santé des hommes et de l'environnement.

† **FREINS** – Malgré les bénéfices avérés de la diversification, la spécialisation est toujours à l'œuvre. La raison en est l'existence de nombreux freins interconnectés, non seulement techniques mais aussi organisationnels et institutionnels (politiques agricoles, réglementation, recherche, éducation, etc.).

† **LEVIERS** – Les voies permettant de diversifier les systèmes actuels concernent notamment : (1) l'accompagnement des acteurs dans le pilotage du changement de pratiques plutôt que la fourniture de solutions clés en main ; (2) la réorientation de la R&D vers

les systèmes de culture (et non plus seulement les cultures individuelles) ; (3) la révision des logiques exclusives de filières ; et (4) une transformation profonde des politiques publiques et de la réglementation vers des mesures favorisant simultanément la diversification des cultures et la transformation des produits qui en sont issus.

† **MOTS-CLÉS** – Diversification, verrouillage sociotechnique, conception, durabilité.

le « verrouillage sociotechnique » ne pourra être surmonté que par une transformation en profondeur des règles du jeu qui gouvernent les systèmes agrialimentaires actuels.

le « verrouillage sociotechnique », conception, durabilité.

des contextes pédoclimatiques, des objectifs visés – souvent liés à la productivité – et des systèmes de culture considérés à cette échelle mondiale.

Une diversification toujours pas adoptée

Toute diversification n'est pas bonne en soi

De nombreuses études ont été conduites ces dernières années afin d'évaluer l'impact de différentes formes de diversification. Dans le réseau expérimental mis en place dans sept pays européens par le projet H2020 DiverIMPACTS entre 2017 et 2022 (www.diverimpacts.net/field-experiments.html, voir encadré page suivante), le système conventionnel de référence au niveau local a été comparé à un ou plusieurs systèmes ayant adopté une ou plusieurs stratégies de diversification (rotations plus longues, association d'espèces, semis sous couvert, introduction de légumineuses) pendant trois ou quatre années.

Sur l'ensemble des essais, on observe en moyenne une amélioration liée à la diversification pour des indicateurs environnementaux tels que les émissions de GES liées à la réduction de l'usage des engrais azotés et une réduction sensible de l'usage des produits phytosanitaires, tandis que les résultats économiques ont tendance à être plutôt moins bons, en particulier dans le cas de systèmes de référence hautement productifs. On note cependant une très grande variabilité des résultats : ainsi, il existe des systèmes diversifiés dont les performances, y compris environnementales, sont moins bonnes que celles des systèmes de référence (Figure 1). Sur le plan agronomique, introduire une nouvelle culture ou une nouvelle association d'espèces ne garantit pas nécessairement en soi une amélioration des performances à l'échelle de la rotation. Les pratiques de diversification doivent être judicieusement choisies et adaptées en fonction des conditions locales (pédoclimat et débouchés), et combinées pour atteindre plus facilement les différents services visés et minimiser les risques. Ainsi, dans la majorité des situations étudiées dans le projet DiverIMPACTS, quelle que soit la situation initiale, des combinaisons de formes de diversification qui améliorent tous les indicateurs ont été identifiées, laissant apparaître la possibilité de réduire le recours aux intrants de synthèse, limiter les émissions de GES, tout en préservant, voire améliorant, les performances économiques (Figure 2).

Freins à la diversification au niveau sociotechnique

Les études réalisées en France et dans plusieurs pays d'Europe ont montré que la diversification est limitée par toute une série

Fig. 1 : Variabilité des performances des systèmes diversifiés par rapport aux systèmes de référence dans le réseau expérimental DiverIMPACTS

Les points représentent les valeurs absolues (en échelle log) des indicateurs retenus. Une valeur positive correspond à une performance meilleure pour les indicateurs économiques mais moins bonne pour les indicateurs environnementaux, et inversement.

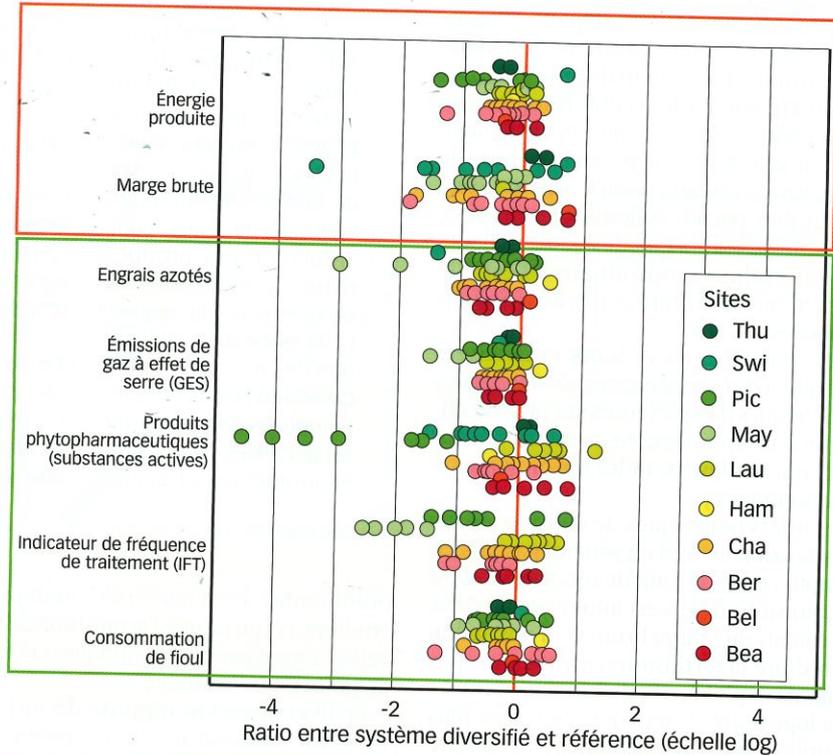
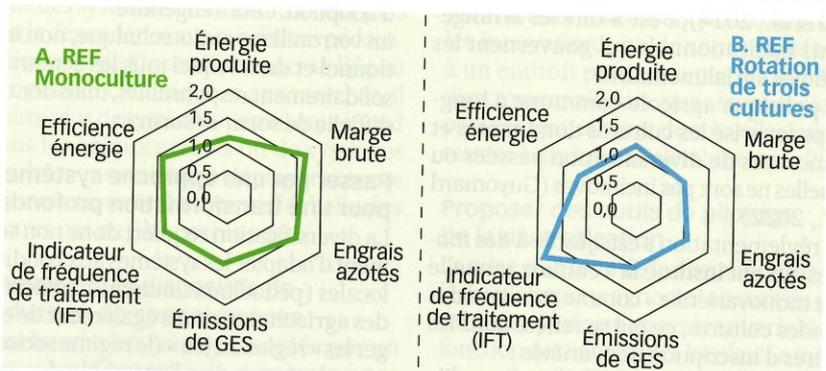


Fig. 2 : Exemples de bénéfices d'un système diversifié par rapport à une référence (REF) (valeur 1 pour chaque critère)

Une valeur >1 correspond à une meilleure performance du système diversifié quelle que soit la nature de l'indicateur. Un premier cas, partant d'une monoculture, montre que la diversification via l'insertion de légumineuses et d'espèces destinées à une valorisation énergétique a permis de réduire fortement l'usage d'engrais N et les émissions de gaz à effet de serre (GES) tout en maintenant la production et en augmentant la marge à l'échelle de la rotation. Un deuxième cas, partant d'une rotation simplifiée sur trois ans, met en évidence la possibilité de réduire considérablement l'usage des produits phytosanitaires (premier objectif recherché sur ce site) sans pénaliser les résultats économiques en combinant toutes les formes de diversification : insertion de couverts, d'associations d'espèces, de légumineuses, semis sous couverts...



d'obstacles techniques, organisationnels et institutionnels interconnectés tout au long des chaînes de valeur (Meynard *et al.*, 2014; Morel *et al.*, 2020) :

- les cultures de diversification manquent de compétitivité en raison d'investissements moindres alors que les systèmes de culture actuels ont bénéficié des efforts de recherche & développement (R&D) déployés depuis des décennies ; moins de progrès génétique et pas ou peu de solutions de protection des cultures renforcent leur faible compétitivité par rapport aux cultures dominantes ; la recherche et le développement sont encore le plus souvent orientés selon le schéma « une culture pure par an » (sélection, fertilisation, désherbage) alors que des gains majeurs sont attendus en raisonnant à l'échelle du système de culture et des associations d'espèces ;
 - les agriculteurs et leurs conseillers manquent de connaissances, de savoir-faire et de retours d'expériences sur la diversification (cultures associées, semis sous couvert) qui bouleversent les raisonnements agronomiques ;
 - les effets bénéfiques de cultures de diversification ne sont en général pas pris en compte ; ainsi, le gain de rendement d'un blé qui suit un pois est alloué au blé dans les calculs de marge brute et la possibilité de réduire la fertilisation azotée n'est pas toujours exploitée (Sodjahin *et al.*, 2022) ;
 - la logistique au sein des filières est plus complexe avec l'accroissement du nombre de cultures à collecter, souvent dans des volumes inférieurs aux cultures dominantes ; le tri à la récolte est nécessaire pour les mélanges d'espèces alors que les débouchés directs restent peu développés ;
 - les débouchés des espèces de diversification ne sont pas toujours développés en raison du manque d'investissement des filières de transformation ;
 - le marché et les consommateurs ne valorisent pas (encore) les produits dont les modes de production sont plus vertueux sur le plan environnemental, au-delà du label AB.
- Il existe par ailleurs des freins institutionnels au sein du système sociotechnique (Meynard *et al.*, 2014), c'est-à-dire les arrangements institutionnels qui gouvernent les systèmes agrialimentaires :
- la politique agricole commune a longtemps favorisé les cultures dominantes et les mesures de diversification passées ou actuelles ne sont pas incitatives (Guyomard *et al.*, 2022) ;
 - la réglementation s'est ajustée à des modèles qui ont institué la « culture annuelle pure monovariétale » comme standard des grandes cultures, ce qui se reflète dans les critères d'inscription des variétés ;
 - la recherche, privée et publique, travaille de fait majoritairement sur les cultures

DiverIMPACTS : exploiter le potentiel de la diversification

Le projet européen DiverIMPACTS (Diversification through Rotation, Intercropping, Multiple cropping, Promoted with Actors and value-Chains Towards Sustainability) a été conduit entre 2017 et 2022 avec pour objectif d'exploiter le potentiel de la diversification des systèmes de culture pour améliorer leur productivité, la production de services écosystémiques, l'efficacité dans l'utilisation des ressources et la durabilité des filières en Europe. Il visait à estimer les bénéfices techniques, économiques et socié-

taux de la diversification, et à fournir aux acteurs du monde rural les innovations techniques, organisationnelles et institutionnelles susceptibles de lever les verrous actuels à l'échelle des exploitations agricoles, des filières et des territoires, mais également au niveau du système sociotechnique dans son ensemble (politiques agricoles, réglementation, éducation et conseil).

En pratique, DiverIMPACTS a mis en réseau dix expérimentations testant au champ des systèmes diversifiés pour quantifier

les impacts de ces pratiques, et accompagné vingt-cinq études de cas multiacteurs dans leur dynamique de transition vers plus de diversification. Impliquant trente-trois partenaires de onze pays européens, DiverIMPACTS a proposé des innovations techniques et organisationnelles et formulé des recommandations à l'attention de tous les acteurs, des agriculteurs aux consommateurs, ainsi que des stratégies et des recommandations pour lever les freins et soutenir sur le long terme la diversification des cultures.

dominantes, bien maîtrisées et déjà très étudiées, ce qui facilite l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques et la mise au point d'innovations ;

- la diversification suppose de sortir du modèle « une culture, un problème, une solution », ce qui représente un changement de paradigme que les organismes de conseil ou les programmes de formation technique ne prenaient pas en compte jusque récemment et n'intègrent que très lentement.

Ainsi, le système sociotechnique s'est, de fait, peu à peu organisé en un régime articulé autour des systèmes dominants, renforçant leur efficacité économique et leur cohérence selon la logique des rendements croissants d'adoption. Cela a engendré un verrouillage sociotechnique, non intentionnel et dans lequel tous les acteurs sont solidairement responsables, mais dont il est difficile de sortir désormais.

Passer par une approche système pour une transformation profonde

La diversification requiert donc non seulement d'adapter les systèmes aux conditions locales (pédoclimat, marchés, préférences des agriculteurs) mais également de changer les « règles du jeu » (le régime sociotechnique), c'est-à-dire l'ensemble des arrangements institutionnels qui ont été mis en

place jusqu'à présent pour accompagner les modèles de production. L'accompagnement des « niches » par la recherche et les pouvoirs publics est nécessaire mais non suffisant, car le développement de ces alternatives se heurte, au-delà des aspects agronomiques et génétiques associés aux nouvelles espèces

introduites, au régime sociotechnique (Figure 3). En effet, celui-ci s'est construit dans un contexte de priorité accordée à l'augmentation de la production et de la productivité à l'hectare, dans le cadre de filières spécialisées. L'approche système est indispensable pour aborder les actions à mener à ces différentes échelles de manière coordonnée et simultanée : co-conception de systèmes de culture à la parcelle, couplage des

innovations au sein des chaînes de valeur, mobilisation, implication et coordination de tous les acteurs entre eux, et transformation progressive du système sociotechnique.

Comment engager cette transformation systémique

Sur la base des cas d'étude de DiverIMPACTS, nous pouvons suggérer plusieurs recommandations.

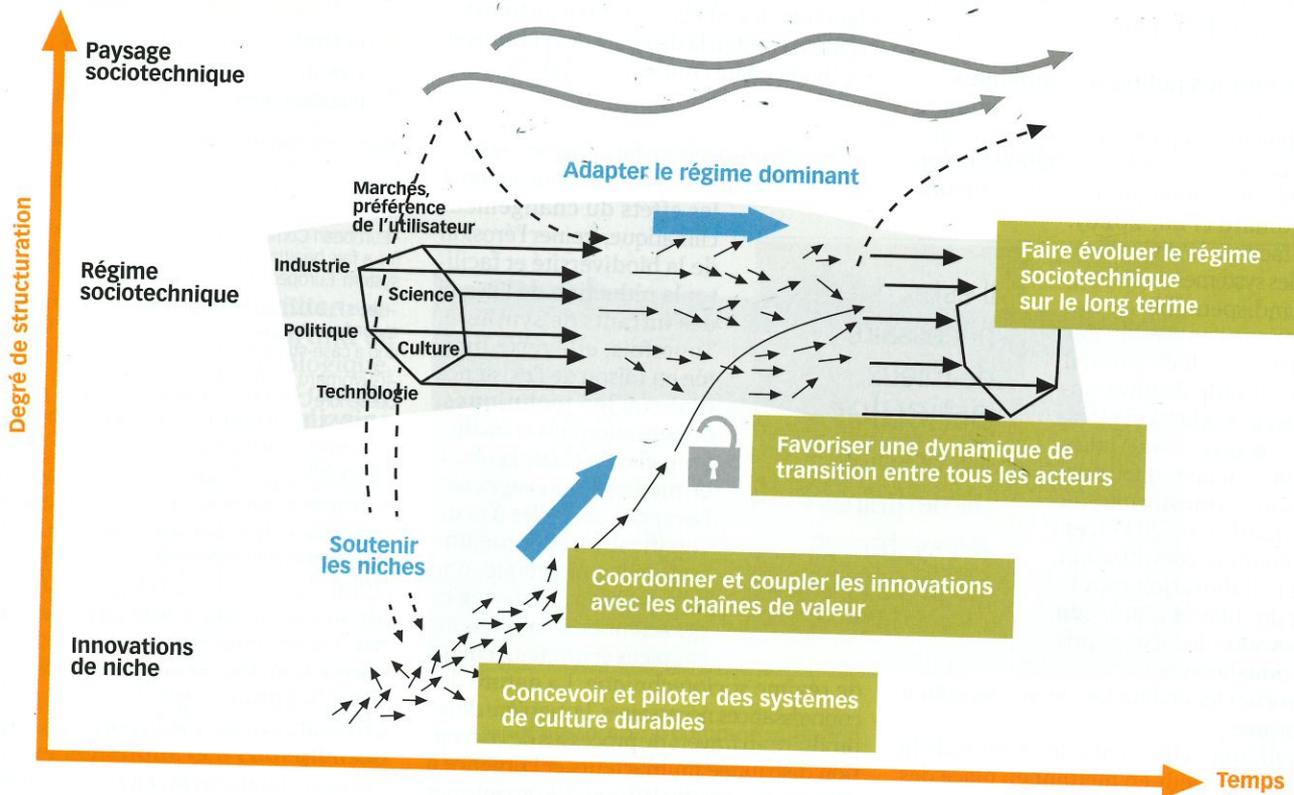
Reconnaître qu'il n'y a pas une, mais des façons de faire

Il n'y a plus de solutions applicables partout,

Il s'agit de
Sortir du
modèle « une
culture, un
problème, une
solution ».

Fig. 3 : Objectifs du projet H2020 DiverIMPACTS replacés dans le cadre de la théorie des transitions et du verrouillage sociotechnique

L'adoption des innovations alternatives (« niches ») est limitée par les « règles du jeu » (stratégies, investissements industriels, politiques agricoles, éducation, conseil, recherche) mises en place dans la phase de modernisation agricole qui a favorisé le modèle « dominant » (adapté de Geels, 2002).



les formes de diversification et leurs trajectoires doivent être différenciées en fonction des contextes locaux, des marchés et des préférences des agriculteurs. Il est également indispensable d'adapter les mesures de support comme les politiques publiques à cette diversité de modèles, alors que les politiques sont encore trop uniformes.

Sortir du raisonnement par culture pour une approche système

Dans l'attente d'une réorientation des priorités de recherche et des politiques publiques, des règles de pilotage de la diversification peuvent d'ores et déjà être mises en œuvre :

- maintenir des cultures dominantes, performantes et bien maîtrisées par l'agriculteur tout en adaptant leur conduite aux autres cultures de la rotation ;
- introduire des cultures de diversification apportant des services écosystémiques comme des légumineuses pour introduire de l'azote ou des plantes de service, notamment pour réduire les pressions adventices ;
- appliquer des « stratégies de compensation », les espèces de diversification restant pour l'instant le plus souvent moins perfor-

mantes économiquement que les cultures majeures : introduire des associations d'espèces qui augmentent la productivité globale, pratiquer des semis sous couvert d'une seconde culture de rente pour améliorer le bilan économique.

Ces règles doivent être adaptées au contexte et évoluer dans le temps pour faire face aux incertitudes plus fortes auxquelles sont confrontés les agriculteurs (dérèglement climatique, marchés volatils, moins d'assurance liée aux intrants externes). Compte tenu de la nécessaire adaptation locale des systèmes de culture, de leur plus grande dépendance aux conditions pédoclimatiques et de l'incertitude accrue liée au changement climatique et aux marchés, il n'existe plus de système optimal qui répond à tous les enjeux actuels ou de systèmes de culture prescriptifs à déployer comme les innovations techniques à l'échelle des cultures ont pu l'être par le passé.

Renouveler les dispositifs de production de connaissances

La recherche est encore marquée par un processus d'innovation déterminé par une vision descendante de la R&D. Or les

approches valables dans un cadre où les systèmes de culture étaient moins dépendants des conditions de milieu, en raison du recours élevé aux intrants externes pour leur conduite, et où le contexte socioéconomique et pédoclimatique était relativement stable dans le temps, volent désormais en éclats. Mettre au point des solutions, fussent-elles systémiques, à un endroit et à un moment donné, pour les déployer telles quelles ailleurs, n'est plus possible. Concevoir des systèmes plus robustes, accompagner les agriculteurs qui innovent et adaptent en permanence leurs pratiques, comprendre les innovations qui donnent satisfaction à un endroit pour, non pas les appliquer directement ailleurs, mais favoriser les apprentissages, ouvrent de nouvelles voies qui restent à explorer (Salembier *et al.*, 2021).

Proposer des outils de pilotage de la diversification

La mise en œuvre de la diversification dans les exploitations agricoles aboutit en général à des performances très variables en fonction des contraintes locales. La mise en place d'outils d'évaluation multicritère est nécessaire pour piloter les trajectoires de

diversification adaptées à chaque situation. Des outils sont d'ores et déjà disponibles (comme Masc ou DEXiPM ; <https://means-refonte.hub.inrae.fr/outils-emc>) mais ils doivent s'enrichir pour intégrer de nouveaux critères liés à la dimension nutritionnelle, à la robustesse des systèmes de culture et à l'autonomie des exploitations.

Réorienter les politiques publiques

La transition agroécologique et l'atteinte des objectifs du pacte vert de la Commission européenne nécessitent une évolution sensible de la politique agricole commune (Guyomard *et al.*, 2020).

Pour faciliter la diversification des systèmes de culture, il est indispensable de travailler sur l'ensemble des chaînes de valeur. Ainsi, il apparaît utile de développer les innovations couplées, issues de processus d'innovation articulés entre production et transformation (Meynard *et al.*, 2017), en soutenant la coordination et la collaboration tout le long des filières plutôt que l'innovation des acteurs pris individuellement :

- favoriser les démarches de co-conception innovante ;
- équilibrer l'effort entre les acteurs de la chaîne de valeur en mettant en place des mécanismes de partage des coûts d'investissement et des risques liés à l'innovation ;
- simplifier l'accès aux mécanismes de soutien des filières pour les circuits courts, alors que leur complexité les réserve aux filières déjà bien structurées.

Par ailleurs, il est souhaitable de soutenir les filières de diversification des cultures dans les phases de développement alors qu'elles ne sont pas encore compétitives : intégration d'incitations monétaires, telles que des primes pour les services écosystémiques fournis par la diversification, encouragement des labels existants à inclure des critères relatifs à la diversité des cultures et à la biodiversité (Antier *et al.*, 2022).

Une nécessaire coordination

La (re-)diversification des systèmes agri-alimentaires est un levier majeur pour atténuer

les effets du changement climatique, freiner l'érosion de la biodiversité et faciliter la réduction de l'usage des intrants de synthèse. Toutefois, elle reste limitée en raison de l'existence d'obstacles techniques, organisationnels et institutionnels hérités de la phase de modernisation agricole. Lever ces obstacles à la diversification suppose une approche systémique, une coordination des stratégies des acteurs, des innovations couplées et un changement

de régime sociotechnique. La nature des connaissances nécessaires, la manière de les produire au travers de processus de conception distribuée multiacteurs et l'urgence à agir constituent un défi pour les organismes de R&D et les acteurs économiques. Il faut aussi que les modèles alimentaires et leur évolution facilitent ce processus.

Au total, il s'agit d'un changement de paradigme pour tous les acteurs des chaînes

Il est nécessaire de mieux articuler les besoins alimentaires et les systèmes de production.

de valeur, jusqu'au consommateur, et du système sociotechnique (politique, réglementation, éducation, conseil et recherche) et chacun doit adapter ses stratégies de manière coordonnée. □

POUR EN SAVOIR PLUS

CONTACT : antoine.messean@inrae.fr

LIEN UTILE : www.diverimpacts.net/

BIBLIOGRAPHIE : - Antier C., Baret P., Rossing W., Villa A., Fares M., Viguier L., Messéan A., 2022. How to support the development of crop diversification? The importance of an approach at the value chain level, DiverIMPACTS policy brief, https://zenodo.org/record/6382721#.Yrv_33bP1PY

- European Commission, 2020. Farm to Fork Strategy, for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. European Commission, 2020.

- Geels F., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy* n° 31, p. 1257-74.

- Guyomard H., Bureau J.-C., Chatellier V., Detang-Dessendre C., Dupraz P., Jacquet F., Reboud X., Requillart V., Soler L. G., Tysebaert M., 2020. Research for AGRI Committee-The Green Deal and the CAP: policy implications to adapt farming practices and to preserve the EU's natural resources. Brussels: European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, 2020.

- IPBES, 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Allemagne. 1148 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

- Meynard J. M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., M'hand F., Le Bail M., Magrini M.B., Savini I., Réchauchère O., 2014. La diversification des cultures : lever les obstacles agronomiques et économiques, Éditions Quae, 2014.

- Meynard J.-M., Jeuffroy M.-H., Le Bail M., Lefèvre A., Magrini M.-B., Michon C., 2017. Designing coupled innovations for the sustainability transition of agrifood systems. *Agricultural Systems*, Elsevier, vol. 157(C), p. 330-339. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.08.002>

- Meynard J.-M., Cerf M., Coquil X., Durant D., Le Bail M., Lefèvre A., Navarrete M., Pernel J., Périnelle A., Perrin B., Prost L., Reau R., Salembier C., Scopel E., Toffolini Q., Jeuffroy M.-H., 2023. Unravelling the step-by-step process for farming system design to support agroecological transition, *European Journal of Agronomy* n° 15.

- Morel K., Revoyron E., San Cristobal M., Baret P.V., 2020. Innovating within or outside dominant food systems? Different challenges for contrasting crop diversification strategies in Europe. *PLoS One* n° 15(3): e0229910.

- Salembier C., Segrestin B., Weil B. *et al.*, 2021. A theoretical framework for tracking farmers' innovations to support farming system design. *Agron. Sustain. Dev.* n°41, p. 61. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00713-z>

- Sodjahn I., Femenia F., Koutchade O., Carpentier A., 2022. On the economic value of the agronomic effects of crop diversification for farmers: estimation based on farm cost accounting data. Working paper, Inrae Smart, 10.22004/ag.econ.320398

- Tibi A., Martinet V., Vialatte A., 2022. Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles. Résumé de l'expertise scientifique collective. Inrae. 2022, 12 p. <https://hal.inrae.fr/hal-03852226>

REMERCIEMENTS Nous remercions les partenaires du projet H2020 DiverIMPACTS, et tout particulièrement, Didier Stilmant (CRA-W), Clémentine Antier et Philippe Baret (UCL). Ce travail a également bénéficié des activités du réseau Ideas (Initiative for the Design in AgriFood Systems).



PHOTO : ESA

L'association lupin/triticales, une solution pour sécuriser la production et faciliter la gestion des adventices.