



**HAL**  
open science

# Comment (re)diversifier les systèmes agri-alimentaires : le cas des grandes cultures en Europe

Antoine Messean, Marie-Hélène Jeuffroy

## ► To cite this version:

Antoine Messean, Marie-Hélène Jeuffroy. Comment (re)diversifier les systèmes agri-alimentaires : le cas des grandes cultures en Europe. *Innovations Agronomiques*, 2024, 92, pp.12-25. 10.17180/ciag-2024-vol92-art02 . hal-04573164

**HAL Id: hal-04573164**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04573164>**

Submitted on 13 May 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License



# Comment (re)diversifier les systèmes agri-alimentaires : le cas des grandes cultures en Europe

Antoine MESSEAN<sup>1</sup>, Marie-Hélène JEUFFROY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR Agronomie, Université Paris-Saclay, AgroParisTech, INRAE, 22 Place de l'agronomie à Palaiseau France

**Correspondance** : antoine.messean@inrae.fr

## Résumé

Depuis les années 60, en parallèle de la forte diminution du nombre d'exploitations agricoles, une double spécialisation des systèmes de production s'est déroulée lors de la phase de modernisation agricole : spécialisation régionale avec diminution de la polyculture-élevage, spécialisation des ateliers au sein des productions végétales et des productions animales. L'agriculture française s'est ainsi peu à peu spécialisée en termes d'ateliers de production et d'espèces cultivées, dans le but d'accroître l'efficacité économique des systèmes agri-alimentaires. Cette phase de modernisation a permis d'atteindre les objectifs de production assignés à l'agriculture à l'époque mais a aussi engendré des impacts négatifs sur la santé des écosystèmes et des Hommes. Une transition de l'agriculture européenne vers des systèmes fondés sur la biodiversité et reposant davantage sur les services écosystémiques est une voie majeure pour relever les défis de l'équilibre entre production et préservation de l'environnement. Or la diversification des cultures permet d'accroître la biodiversité au sein des champs, fournit de nombreux services écosystémiques et contribue à boucler les cycles des nutriments, tout en permettant de remplacer les intrants chimiques. Cependant, malgré ces bénéfices et les objectifs politiques affichés, 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) qui résultent de l'alignement et de la grande cohérence du régime sociotechnique mis en place pendant la phase de modernisation. Ce « verrouillage » doit être surmonté par une transformation profonde du système sociotechnique qui gouverne les systèmes agri-alimentaires actuels. Les voies permettant de déverrouiller concernent en particulier :

- (i) L'accompagnement des acteurs dans le pilotage du changement de pratiques plutôt que la fourniture de solutions clés en main ;
- (ii) La réorientation des priorités de la recherche et des modalités de gestion et d'organisation de la recherche afin de prendre en charge la diversification ;
- (iii) La révision des logiques exclusives de filières et l'alignement des stratégies au sein des filières agri-alimentaires ;
- (iv) Et une transformation profonde des politiques publiques et de la réglementation vers des mesures systémiques favorisant simultanément la diversification des cultures et la transformation des produits qui en sont issus.

**Mots-clés** : Diversification, verrouillage sociotechnique, conception, durabilité.

**Abstract** : How to (re)diversify agri-food systems: the case of field crops in Europe.

Since the 1960s, in parallel with the sharp fall in the number of farms, a dual specialisation of agricultural systems has taken place during the agricultural modernisation phase: regional specialisation, with a reduction in livestock and mixed farming, and specialisation within plant and animal production systems. Agriculture has thus gradually specialised in terms of production systems and of number of species grown, with the aim of increasing the economic efficiency of agrifood systems. This modernisation phase made it possible to achieve the production targets set for agriculture at the time, but it also had negative impacts



on the environment and of human health. The transition of European agriculture towards systems based on biodiversity and relying on ecosystem services is a major way to meet the challenges of balancing production and environmental protection. Crop diversification increases biodiversity within fields, provides numerous ecosystem services and helps close nutrient cycles, while replacing chemical inputs. However, despite these benefits and stated political objectives, specialisation is still at work.

The reason for this is the existence of numerous interconnected barriers, not only technical but also organisational and institutional (agricultural policies, regulation, research, education, etc.), resulting from the alignment and high degree of coherence of the sociotechnical regime put in place during the modernisation phase. This "lock-in" must be overcome by a deep transformation of the sociotechnical system that governs today's agrifood systems. Unlocking strategies include (i) supporting stakeholders in managing transformation rather than providing ready-to-use solutions, (ii) reorienting research priorities and the way research is managed and organized to support diversification, (iii) revising exclusive commodity chain logics and aligning strategies within agrifood commodity chains, as well as (iv) radically revising public policies and regulations to encourage the transformation of agrifood systems.

**Keywords :** crop diversification, sociotechnical lock-in, design, sustainability

## Introduction

Au cours des dernières décennies, l'agriculture européenne s'est peu à peu spécialisée à l'échelle des exploitations agricoles et autour d'un petit nombre d'espèces cultivées (cultures dominantes) dans le but d'accroître l'efficacité économique des systèmes agri-alimentaires. Cette spécialisation des systèmes de production, initiée lors de la phase de modernisation agricole depuis les années 60, est notamment observée dans le grand bassin parisien : spécialisation régionale avec la quasi-disparition de la polyculture-élevage et diminution très forte des prairies au profit des grandes cultures d'une part et simplification des assolements et raccourcissement des rotations, illustrée par l'augmentation forte des rotations de type colza/blé/orge (Schott *et al.*, 2010) d'autre part. Cette évolution s'observe également à l'échelle européenne : les systèmes de culture peu diversifiés (monocultures et rotations courtes) et les chaînes de valeur, souvent mondialisées qui y sont associées, dominent les systèmes agri-alimentaires européens.

Cette phase de modernisation a incontestablement permis d'atteindre les objectifs de production ambitieux assignés à l'agriculture à l'époque, mais a aussi engendré des impacts négatifs sur l'environnement, les écosystèmes et la santé humaine (IPBES, 2019) alors même que l'Europe est globalement autosuffisante. En effet, les systèmes de production agricole sont peu diversifiés et largement tributaires de l'utilisation d'intrants externes (engrais et pesticides 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 et à l'érosion de la biodiversité.

Une transition de l'agriculture européenne des systèmes de culture actuels dépendant des intrants externes vers des systèmes fondés sur la biodiversité et reposant davantage sur les services écosystémiques, en cohérence avec le développement de chaînes de valeur locales et courtes, est une voie majeure pour relever les défis de l'équilibre entre production et préservation de l'environnement (Tibi *et al.*, 2022).

Dans ce contexte, la diversification des cultures est un levier majeur pour accroître la biodiversité au sein des champs, favoriser les services écosystémiques, réduire les émissions de gaz à effet de serre, contribuer à boucler les cycles des nutriments, et réduire l'usage des intrants chimiques, ce qui constitue l'objectif du Pacte Vert de la Commission Européenne (European Commission, 2019). Or, malgré les bénéfices attendus de la diversification des systèmes de culture, la spécialisation est toujours à l'œuvre. Ceci est dû à de nombreux verrous interconnectés, de nature technique, organisationnelle et

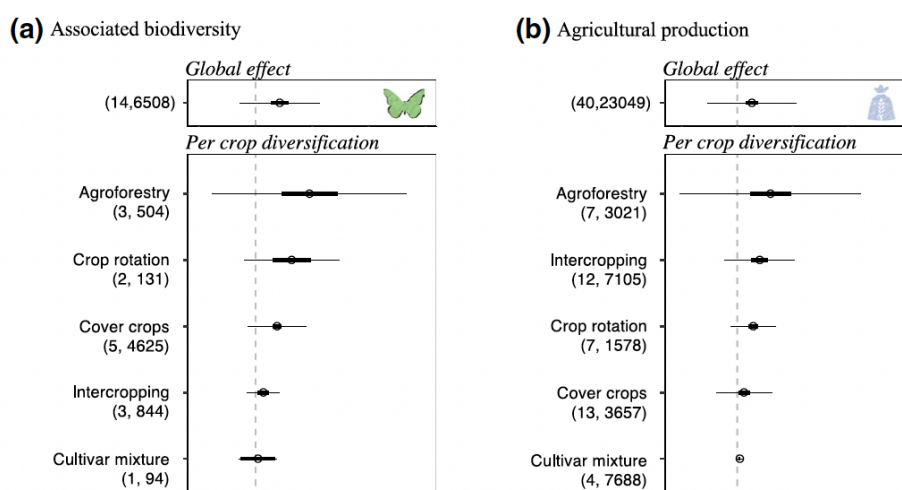


institutionnelle, qu'il convient d'analyser et de surmonter par une transformation profonde du système sociotechnique qui gouverne les systèmes agri-alimentaires actuels.

Après avoir rappelé les différents freins à la diversification, l'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.

## 1. La diversification des cultures est un levier majeur pour fournir les services écosystémiques.

De nombreuses études ont été conduites à l'échelle mondiale sur l'impact de différentes formes de diversification. Des méta-analyses récentes (Beillouin *et al.*, 2019 ; Tamburini *et al.*, 2020 ; Beillouin *et al.*, 2021a) rapportent les effets de la diversification de l'agriculture sur une série de services écosystémiques comme sur la production, la fertilité des sols, le stockage de carbone, l'adaptation au changement climatique et la pollinisation (Figure 1). Dans leur très grande majorité, les effets rapportés sont positifs, y compris sur la production alimentaire globale sur une surface donnée, et d'autant plus importants que l'on combine plusieurs leviers de diversification. Toutefois, il existe une très grande variabilité des résultats obtenus qui sont difficiles à interpréter dans le cadre de ces méta-analyses, compte tenu de la diversité des contextes pédoclimatiques, des cultures et des systèmes de culture considérés à cette échelle mondiale.



**Figure 1.** Synthèse des études analysées par Makowski *et al.* (2021) sur les impacts de stratégies de diversification des cultures sur la biodiversité (Fig. 1a) et la production (Fig 1b). Les résultats représentent le ratio entre systèmes diversifiés et systèmes de référence (la ligne verticale pointillée correspond à un ratio de 1 – pas de différence). Les points, les lignes épaisses et les lignes fines représentent l'effet médian estimé, les intervalles de confiance à 95 % (IC) et les intervalles de prédiction à 95 % (IP). Ils sont rapportés pour toutes les stratégies de diversification et pour chacune d'entre elles séparément. Le nombre de méta-analyses et d'expériences mobilisées sont indiqués entre parenthèses sous chaque catégorie.

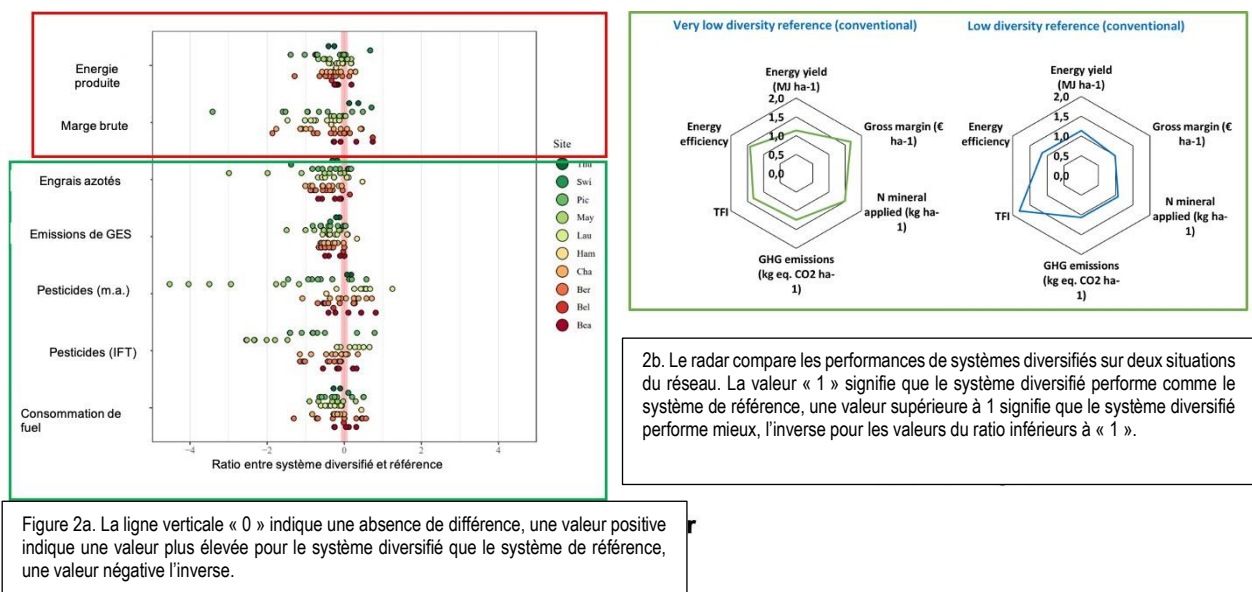
Cependant, malgré les avantages liés à la diversification et les objectifs politiques affichés depuis plusieurs années, la spécialisation reste toujours à l'œuvre aujourd'hui en France et en Europe. Blé, orge, maïs et colza occupent encore environ 60 % des terres arables en France et le pourcentage de blé implanté après un blé se renforce malgré l'impact négatif sur le rendement (6 à 8 quintaux en moins par rapport à un blé de colza ou un blé de pois, Schneider *et al.*, 2010 ; Bennett *et al.*, 2012) mais aussi les risques de lixiviation, l'efficacité d'utilisation de l'engrais azoté ou les émissions de gaz à effet de serre (Beillouin *et al.*, 2021b).

## 2. Pourquoi la diversification n'est-elle toujours pas adoptée ?

### 2.1. Toute diversification n'est pas bonne en soi

De nombreuses expérimentations ont été conduites ces dernières années afin d'évaluer l'impact de différentes formes de diversification de manière multicritère (Alletto *et al.*, 2022 ; Viguier *et al.*, 2022 ; Pelzer *et al.*, 2012a). Dans le réseau expérimental mis en place par le projet européen DiverIMPACTS (<https://www.diverimpacts.net/field-experiments.html>), le système conventionnel de référence au niveau local a été comparé à un ou plusieurs systèmes diversifiés (rotations plus longues, association d'espèces, semis sous couvert, introduction de légumineuses) sur trois ou quatre années.

Comme pour les méta-analyses citées précédemment, on observe en moyenne une amélioration pour des indicateurs environnementaux tels que les émissions de gaz à effet de serre liées à la fertilisation azotée ou l'utilisation des pesticides, tandis que les variables économiques liées à la production ont tendance à être plutôt dégradées (Figure 2a). On observe une très grande variabilité des résultats et de nombreux antagonismes. Il existe ainsi des systèmes diversifiés dont les performances, y compris environnementales, sont moins bonnes que les systèmes de référence. Les raisons en sont multiples. Au plan agronomique, remplacer ou introduire une nouvelle culture ne garantit pas nécessairement en soi une amélioration des performances, toutes les stratégies de diversification ne sont pas adaptées à toutes les conditions locales (pédoclimat et débouchés) et les niveaux d'intrants et la gestion des cultures en général ne sont pas toujours ajustés à l'échelle du système. La conduite des cultures classiques est rarement adaptée à l'introduction de nouvelles espèces dans la rotation : par exemple, la dose d'azote sur une céréale après une culture de légumineuses n'est le plus souvent pas ajustée. Au niveau des connaissances techniques, les cultures et stratégies de diversification sont moins maîtrisées par les agriculteurs et conseillers. Par ailleurs, globalement, les cultures de diversification manquent de compétitivité en raison d'investissements moindres alors que les systèmes de culture actuels ont bénéficié des efforts de R&D déployés depuis des décennies et les priorités de recherche (notamment en sélection végétale) sont encore le plus souvent raisonnés à l'échelle de la culture alors que des gains majeurs sont possibles en tenant compte des caractères d'adaptation à la diversification (ex. aptitude à l'association entre céréales et légumineuses).



**Figure 2.** Variabilité des performances des systèmes diversifiés par rapport aux systèmes de référence dans le réseau expérimental DiverIMPACTS



Toutefois, dans la plupart des situations étudiées dans le projet DiverIMPACTS (figure 2b), des formes de diversification qui améliorent tous les indicateurs ont été identifiées, laissant apparaître la possibilité de réduire le recours aux intrants, limiter les émissions de gaz à effet de serre, tout en préservant, voire améliorant, les performances économiques. Cela est difficile et nécessite d'adapter la stratégie de diversification au contexte local mais semble possible dès maintenant dans de nombreuses situations.

## **2.2. De nombreux freins à la diversification existent au niveau sociotechnique**

La diversification est limitée par toute une série d'obstacles techniques, organisationnels et institutionnels interconnectés tout au long des chaînes de valeur (Meynard *et al.*, 2013, 2018) et notamment :

- Les cultures de diversification ont fait l'objet de moins de recherche en sélection végétale et en protection des cultures, en raison du marché limité. Elles représentent moins de progrès génétique et pas ou peu de solutions de protection renforcent leur perte de compétitivité relative par rapport aux cultures dominantes. Par ailleurs, les différentes formes de diversification (associations d'espèces, semis sous couvert) ne sont pas considérées dans les stratégies actuelles d'amélioration génétique qui restent essentiellement orientées sur le schéma « une culture pure par an » ;
- Les agriculteurs et leurs conseillers manquent de connaissances, de maîtrise et de retours d'expériences pour des cultures moins développées ou des assemblages entre cultures qui modifient leur comportement agronomique ;
- Les effets bénéfiques de cultures mineures dans la rotation ne sont en général pas pris en compte par les agriculteurs : 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). Dans le système de comptabilité, les marges sont calculées à la culture (avec parfois une répartition homogène des coûts d'intrants entre cultures), ce qui ne permet pas de mettre en évidence l'intérêt économique de cultures de diversification (qui ont souvent des produits bruts inférieurs mais également des charges réduites) ;
- 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 car les filières de valorisation actuelles restent monospécifiques ;
- Les débouchés restent peu développés en raison du manque d'investissement des filières de transformation.

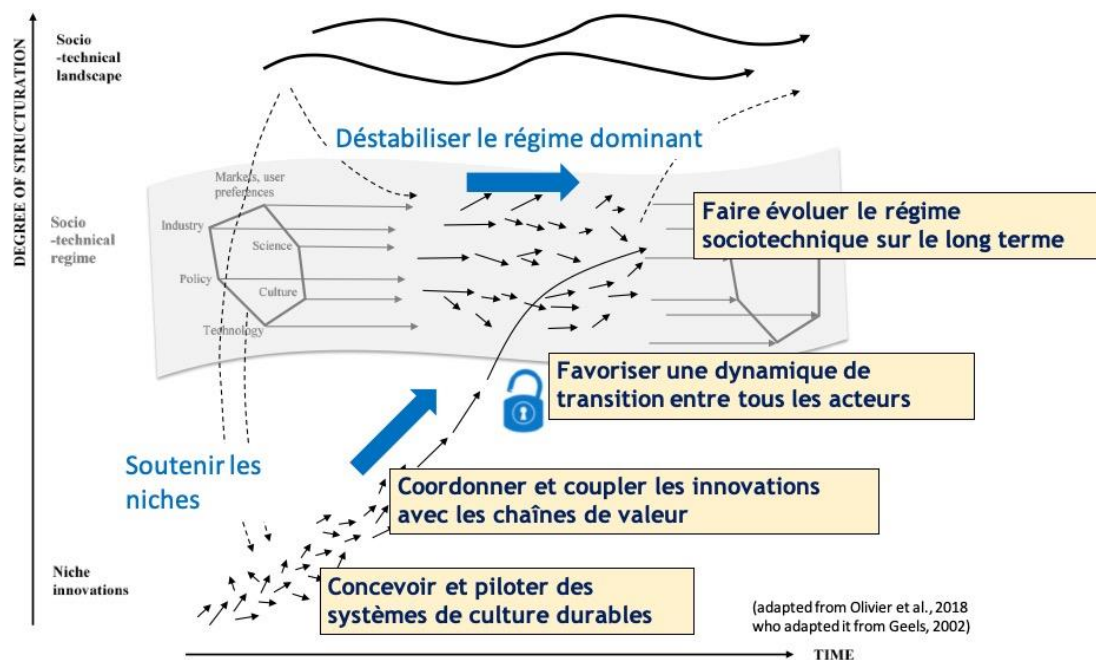
Au-delà de ces obstacles techniques et organisationnels, il existe des freins institutionnels au sein du système sociotechnique (Meynard *et al.*, 2013, 2018), c'est-à-dire concernant les arrangements institutionnels qui gouvernent les systèmes agri-alimentaires :

- Les politiques agricoles restent très sectorielles et la Politique Agricole Commune a longtemps favorisé les cultures dominantes ;
- La réglementation s'est construite autour de modèles qui ont institué la « culture annuelle pure monovariétale » comme standard des grandes cultures et a utilisé des critères d'inscription des variétés adaptées aux modèles dominants ;
- La recherche, privée mais également publique, travaille de fait majoritairement sur les 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 responsables solidairement, mais dont il est difficile de sortir désormais.

### 2.3. Seule une approche système peut permettre une transformation

La transformation des systèmes agri-alimentaires requiert donc à la fois d'adapter les systèmes aux conditions locales (pédo-climat, marchés, préférences des agriculteurs) et de changer les « règles du jeu » (le régime sociotechnique), c'est-à-dire l'ensemble des arrangements institutionnels qui ont été mis en place pour accompagner les modèles de production actuels. Comme illustré dans la figure 3, adaptée de Geels (2002), il convient de soutenir le développement de systèmes alternatifs innovants, des « niches », par l'accompagnement par la recherche et les pouvoirs publics, ce qui s'est significativement développé dans les années récentes, dans certaines disciplines. Mais, si cela est nécessaire, ce n'est pas suffisant car le développement de ces alternatives se heurte, au-delà des aspects agronomiques et génétiques associés aux nouvelles espèces introduites, au régime sociotechnique. 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, et a progressivement été optimisé autour de systèmes peu diversifiés. Il faut aussi faire en sorte que ce régime sociotechnique - les règles du jeu (politique, réglementation, recherche, éducation) -, s'adapte aux nouveaux enjeux de la transition agroécologique ou, du moins, ne favorise plus les systèmes de production dominant actuellement.



**Figure 3.** Objectifs du projet H2020 DiverIMPACTS replacés dans le cadre de la théorie des transitions et du verrouillage sociotechnique. *Les innovations alternatives (« niches ») doivent être soutenues par la recherche et des politiques adaptées mais leur adoption est aussi 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 ». Il est donc nécessaire de modifier ces règles du jeu (déstabiliser le régime actuel) pour autoriser une véritable transition agro-écologique.*

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,



coordination/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.

Cette approche étant peu généralisée, sa mise en œuvre suppose une transformation profonde de nos activités, de nos organisations et des institutions existantes.

### 3. Comment engager cette transformation systémique

Cette transformation est nécessairement dynamique. En effet, les règles du jeu doivent évoluer à partir du régime existant pour aboutir à un nouveau régime sociotechnique adapté aux enjeux de la transition agroécologique, ce qui est un défi considérable qui requiert de raisonner sur le temps long. L'approche de conception pas-à-pas, décrite pour les systèmes de culture (Meynard *et al.*, 2023), pourrait et devrait être adaptée pour transformer le système sociotechnique. Sur la base des cas d'étude de DiverIMPACTS, nous pouvons suggérer plusieurs recommandations.

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

Comme déjà souligné plus haut, il n'y a plus de solutions toutes faites et toute diversification n'est pas bonne en soi. Les trajectoires de diversification doivent donc être différenciées en fonction des contextes locaux, des marchés et des préférences des agriculteurs, comme observé dans des situations de diversification déjà existantes (Revoyron *et al.*, 2022). Il est également indispensable d'adapter les mesures de support comme les politiques publiques à cette diversité, alors que les politiques sont encore trop uniformes, notamment à l'échelle européenne ou nationale.

#### 3.2. Sortir du raisonnement par culture pour une approche système

Sur la base des expérimentations de DiverIMPACTS, nous avons pu tirer des enseignements généraux sur des règles de pilotage de la diversification à l'échelle des agriculteurs qui restent à décliner selon les contextes :

- Maintenir des cultures dominantes, performantes et bien maîtrisées par l'agriculteur tout en adaptant leur conduite aux autres cultures de la rotation. Ces cultures dominantes ont fait l'objet d'efforts importants au cours des dernières décennies et resteront compétitives à court terme ;
- Introduire des cultures de diversification apportant des services écosystémiques :
  - o Des légumineuses pour introduire de l'azote dans le système de culture en substitution des engrais de synthèse et réduire ainsi les émissions de gaz à effet de serre ;
  - o Des espèces "nettoyantes" (comme le chanvre) pour réduire les pressions adventices ;
  - o Plus largement, des couverts ou plantes de service.
- Appliquer des « stratégies de compensation », dans la mesure où les espèces de diversification restent pour l'instant le plus souvent moins performantes économiquement que les cultures majeures (liées notamment au fait qu'elles ont fait l'objet de moindres investissements de recherche) :
  - o Introduire des associations d'espèces qui augmentent la productivité globale : les associations céréales-légumineuses produisent ainsi plus que les cultures séparées : « Land-Equivalent Ratio » supérieurs à 1 (Bedoussac *et al.*, 2015) ;
  - o Pratiquer des semis sous couvert d'une seconde culture de rente qui améliore le bilan économique de la rotation (Pitchers *et al.*, 2023).

Ces règles doivent être adaptées au contexte mais également évoluer dans le temps pour faire face aux incertitudes plus fortes auxquelles sont confrontés les agriculteurs (dérèglement climatique, marchés volatiles, moins d'assurance liés aux intrants externes). Dans ce contexte, il est indispensable de





capitaliser les apprentissages au fil du temps pour améliorer les systèmes diversifiés pas-à-pas (Meynard *et al.*, 2023).

Compte tenu de la nécessaire adaptabilité locale des systèmes de culture, de leur plus grande dépendance aux conditions pédo-climatiques locales, de l'incertitude accrue liée au changement climatique et à l'instabilité des marchés, il n'existe plus de système optimal qui réponde à tous les enjeux actuels, de solutions « clés en mains » ou de systèmes de culture prescriptifs à déployer comme les innovations techniques à l'échelle des cultures ont pu l'être par le passé. La diversification est un processus non-linéaire qui se pilote de façon dynamique sans que l'on puisse définir a priori de systèmes alternatifs d'arrivée (figure 4).

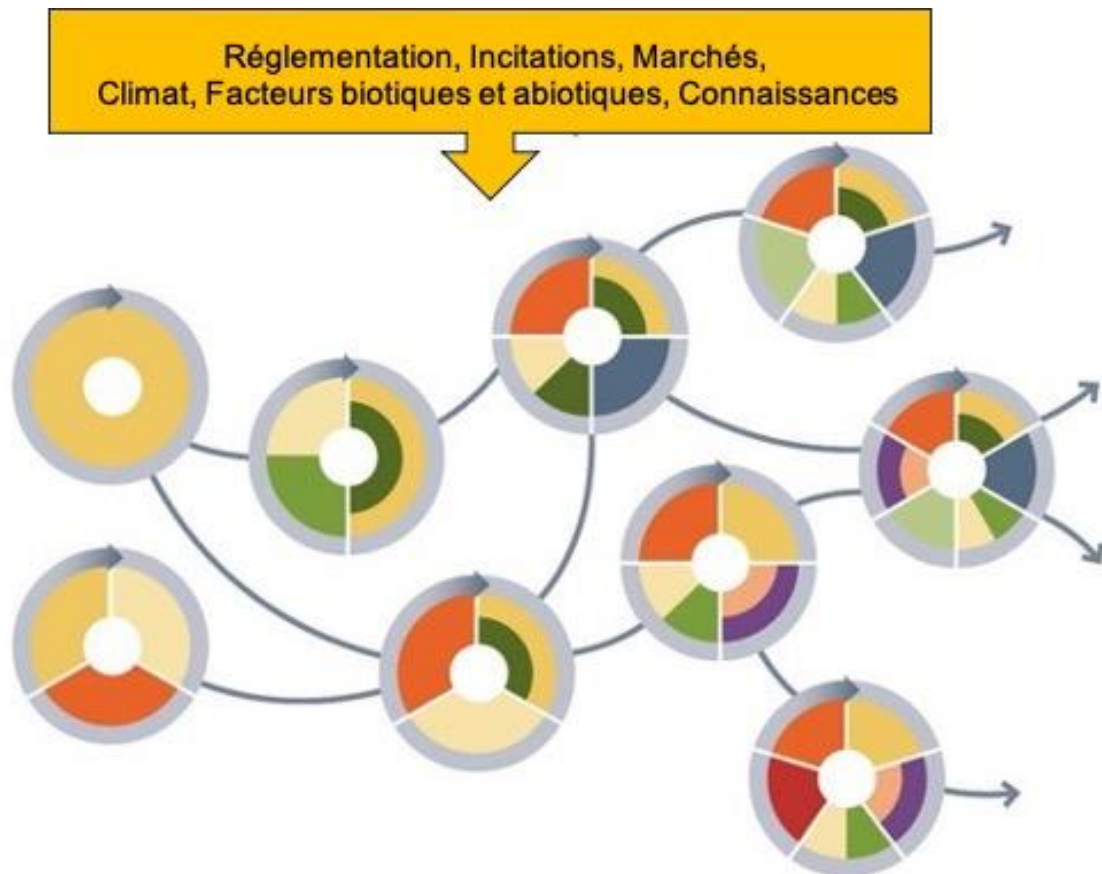
### **3.3. Renouveler les dispositifs de production de connaissances**

Les méthodes privilégiées par la recherche sont encore marquées par un processus de conception et diffusion des innovations fortement déterminé par une vision assez descendante de la Recherche et Développement. Or les approches qui étaient valables dans un cadre où les systèmes de culture étaient moins dépendants des conditions de milieu, en raison du recours élevé aux intrants externes, et un contexte socioéconomique et pédoclimatique 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 et dans la durée, n'est plus possible. La notion de références techniques est bouleversée par ce changement de paradigme. Concevoir des systèmes plus robustes, accompagner les agriculteurs qui innovent et adaptent en permanence leurs pratiques pour accélérer cette transition, comprendre des innovations qui donnent satisfaction à un endroit pour, non pas les appliquer ailleurs, mais favoriser les apprentissages, ouvrent de nouvelles voies qui restent à explorer : traque aux innovations (Salembier *et al.* 2021), accompagnement de l'expérimentation à la ferme (Catalogna *et al.*, 2018, 2022), formalisation et structuration de connaissances génératives (Quinio *et al.*, 2022a, 2022b).

### **3.4. Proposer des outils de pilotage de la diversification**

Si la production de références sur les systèmes de culture diversifiés est essentielle pour comprendre les processus à l'œuvre, leur mise en œuvre dans chaque exploitation agricole aboutit en général à des performances très variables en fonction des contraintes spécifiques et des préférences des agriculteurs. La mise en place d'outils d'évaluation multicritère aide à cette mise en contexte et au pilotage des trajectoires de diversification adaptées à chaque situation. Des outils à l'usage des acteurs publics, des filières et de la recherche-développement sont d'ores et déjà disponibles (Craheix *et al.*, 2012 ; Pelzer *et al.*, 2012b) mais ils doivent s'enrichir pour intégrer de nouveaux critères liés à la dimension nutritionnelle de l'agriculture, à la robustesse des systèmes de culture ou à la l'autonomie des exploitations ainsi que les impacts indirects (effets-rebond) à différentes échelles de temps et d'espace.



**Figure 4.** Représentation schématique de la dynamique de transition agri-alimentaire. Chaque symbole représente un système de culture plus ou moins diversifié (nouvelles cultures, allongement des rotations, associations, etc). Dans le contexte de la transition agroécologique, la diversification des systèmes de culture consiste à faire évoluer des systèmes de référence, peu ou pas diversifiés, en explorant dans quelle mesure les performances environnementales, sociales et économiques des systèmes de production peuvent être améliorées en combinant des stratégies de diversification. C'est un processus dynamique avec des trajectoires qui s'adaptent en permanence aux contraintes locales (sols, préférences) et externes (climat, marchés).

### 3.5. Favoriser les innovations couplées

Comme souligné dans Meynard *et al.* (2017), la diversification des systèmes agri-alimentaires suppose de coupler les innovations au niveau de la production et de la transformation. Cette nécessité est bien illustrée par le développement de l'association blé-lentille par la coopérative Qualisol (figure 5). De l'innovation agronomique liée à l'association entre une céréale et une légumineuse (la lentille utilise le blé comme tuteur et le blé bénéficie de l'azote de la légumineuse) au développement d'une marque commerciale propre en passant par une garantie de prix pour sécuriser la filière ou la révision des règles de comptabilité pour mieux tenir compte des effets liés à l'association, plusieurs types de leviers doivent être mobilisés et coordonnés pour faire émerger une innovation agronomique.



**Figure 5.** Combinaison d'innovations de différentes natures dans le cadre du développement d'une filière « lentille » à la Coopérative **QUALISOL** (Meynard *et al.*, 2017, d'après le projet LEGITIMES)

### 3.6. Réorienter les politiques publiques

De façon générale, 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). En ce qui concerne les mesures de facilitation de la diversification des chaînes de valeur, il convient de soutenir la coordination et la collaboration au niveau de la chaîne de valeur plutôt que vers les acteurs pris individuellement. En effet, la coordination et la répartition de la valeur entre les acteurs (agriculteurs, transformateurs, intermédiaires, services d'appui) sont des facteurs essentiels à la mise en place et au maintien des chaînes de valeur de la diversification des cultures. Dans ce contexte, les politiques pourraient (i) faciliter la mise en place de démarches de co-conception innovante (Meynard *et al.*, 2017 ; Jeuffroy *et al.*, 2022) et de nouveaux types de contrats en utilisant à la fois des incitations et des réglementations pertinentes, (ii) contribuer à 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 et (iii) simplifier l'accès des chaînes de valeur courtes aux mécanismes de soutien des filières, alors que leur complexité les réserve le plus souvent aux filières déjà bien développées.

Par ailleurs, il est particulièrement souhaitable de soutenir les chaînes de valeur de la diversification des cultures dans leurs phases critiques, phases d'expérimentation et d'innovation (c'est-à-dire alors qu'elles ne sont pas encore compétitives) et les phases de montée en puissance (c'est-à-dire lorsque des investissements importants sont nécessaires pour accroître la production, la transformation et la commercialisation des produits de diversification des cultures). Cela se traduit par l'intégration d'incitations monétaires, telles que des primes pour les services écosystémiques fournis par la diversification ou l'encouragement des labels existants à inclure des critères relatifs à la diversité des cultures et à la biodiversité (Antier *et al.*, 2022). Il est également essentiel de redéfinir un cadre réglementaire qui soit à la fois favorable à la diversification des pratiques tout en garantissant la sécurité des produits qui en sont issus.



## Conclusion

La (re-)diversification des systèmes agri-alimentaires est une condition nécessaire pour contribuer à la diversité alimentaire, qui apparaît nécessaire pour la santé des consommateurs, et pour garantir la sécurité et la souveraineté alimentaires. Elle est également un levier majeur pour atténuer les effets du changement climatique et freiner l'érosion de la biodiversité. Toutefois, elle reste actuellement limitée en raison de l'existence de toute une série d'obstacles techniques, organisationnels et institutionnels hérités de la phase de modernisation agricole.

Lever les obstacles à la diversification des systèmes agri-alimentaires représente un défi majeur et suppose une approche systémique, une coordination des stratégies des acteurs, des innovations couplées et un changement de régime sociotechnique. Les systèmes diversifiés doivent être adaptés à chaque situation et flexibles pour évoluer en permanence en raison de l'accélération des changements globaux. La nature des connaissances nécessaires, la manière de les produire au travers de processus de conception distribuée multi-acteurs et l'urgence à agir constituent un défi pour les organismes de Recherche et Développement et les acteurs économiques.

La diversification et la pleine expression de son potentiel nécessitent donc (i) un alignement des stratégies des acteurs de l'amont à l'aval pour tirer bénéfice de la valeur ajoutée qui lui est associée et (ii) l'orientation des investissements en recherche et développement vers la diversification des cultures qui devrait faciliter la mise en œuvre pratique des stratégies de diversification des cultures à long terme. Cela suppose que les politiques publiques, aujourd'hui trop largement sectorielles et prescriptives, évoluent pour stimuler une approche systémique et dynamique de transformation progressive des systèmes agri-alimentaires.

Au total, il s'agit d'un changement de paradigme pour tous les acteurs des chaînes de valeur et du système sociotechnique (politique, réglementation, éducation, conseil et recherche) et chacun doit adapter ses stratégies de manière coordonnée. Ces enseignements ont été tirés sur la base d'expériences sur des systèmes de culture annuelle mais sont aussi une base pour analyser les questions de diversification dans d'autres systèmes de production.

## Ethique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations européennes et nationales applicables.

### Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

### Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

### Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt sur la thématique abordée.

### Déclaration de soutien financier

Les travaux rapportés dans l'article ont bénéficié du soutien financier du programme européen H2020 dans le cadre du projet DiverIMPACTS 727482.



## Remerciements

Nous remercions les partenaires du projet H2020 DiverIMPACTS, et tout particulièrement Guénaëlle Hellou (ESA), Didier Stilmant (CRA-W), Clémentine Antier et Philippe Baret (UCL) ainsi que le réseau IDEAS.

## Références bibliographiques :

- Alletto L., Vandewalle A., Debaeke P., 2022. Crop diversification improves cropping system sustainability: An 8-year on-farm experiment in South-Western France. *Agricultural Systems* 200. 2022, 103433
- 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](https://zenodo.org/record/6382721#.Yrv_33bP1PY)
- Bedoussac L., Journet E-P., Hauggaard-Nielsen H., Naudin C., Corre-Hellou G., Jensen E. S., Prieur L., Justes E., 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (3), 911-935
- Beillouin D., Ben-ari T., Makowski D., 2019. Evidence map of crop diversification strategies at the global scale (2020). *Environmental Research Letters*, 14: 123001
- Beillouin D., Ben-Ari T., Malézieux E., Seufert V., Makowski D., 2021. Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*. 2021,00:1–14 <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>
- Beillouin D., Pelzer E., Baranger E., Carrouée B., Cernay C., de Chezelles E., Schneider A., Jeuffroy M.-H., 2021. Diversifying cropping sequence reduces nitrogen leaching risks. *Field Crops Research* (272), <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108268>
- Bennett A.J., Bending G.D., Chandler D., Hilton S., Mills P., 2012. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological reviews*, 87, 52-71. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00184.x>
- Catalogna M., Dunilac Dubois M., Navarrete M., 2022. Multi-annual experimental itinerary: an analytical framework to better understand how farmers experiment agroecological practices. *Agron. Sustain. Dev.* 42, 20 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00758-8>
- Craheix D., Angevin F., Bergez J.-E., Bockstaller C., Colomb C., (2012). MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques*, 2012, 20, pp.35 - 48.
- European Commission, 2020. Farm to Fork Strategy, for a fair, healthy and environmentally-friendly food system.
- Hatchuel A., Weil B., 2002. La théorie CK : Fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception. Colloque « Sciences de la conception » (Lyon 15-16 mars 2002).
- Geels F., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31: 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 AGR1 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, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- Keichinger O., Viguier L., Corre-Hellou G., Messéan A., Angevin F., Bockstaller C., 2021. Un indicateur évaluant la diversité globale des rotations : de la diversité des cultures aux services écosystémiques. *Agronomie, Environnement & Sociétés*, 11-1, 183-201
- Jeuffroy M.H., Loyce C., Lefeuvre T., Valantin-Morison M., Colnenne-David C., Gauffreteau A., Mediène S., Pelzer E., Reau R., Salembier C., Meynard J.M., 2022. Design workshops for innovative cropping systems and decision-support tools: Learning from 12 case studies. *European Journal of Agronomy* 139, 126573. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126573>
- Leclère M.; Loyce C.; Jeuffroy M.H., 2023. A participatory and multi-actor approach to locally support crop diversification based on the case study of camelina in northern France. *Agronomy for Sustainable Development*, -D-21-00666,
- 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*, Editions 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), pages 330-339. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.08.002>
- Meynard J M, Charrier F, Fares M, Le Bail M, Magrini M B, Charlier A, Messéan A., 2018. Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France. *Agronomy for Sustainable Development*, 2018, 38(5): 54
- 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*, 150 (2023) 126948
- 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*, 2020, 15(3): e0229910
- Messéan A, Drexler D, Heim I, Paresys L, Stilmant D, Willer H., 2019. *First European Conference on Crop Diversification: Book of Abstracts*. Budapest: INRA-ÖMKI, <https://zenodo.org/record/3516329>
- Pelzer E., Bazot M., Makowski D., Corre-Hellou G., Naudin C., Al Rifaï M., Baranger E., Bedoussac L., Biarnès V., Boucheny P., Carrouée B., Dorvillez D., Foissy D., Gaillard B., Guichard L., Mansard M.C., Omon B., Prieur L., Yvergniaux M., Justes E., Jeuffroy M.H., 2012a. Pea-wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *Eur J Agr* 40, 39-53.
- Pelzer E., Fortino G., Bockstaller C., Angevin F., Lamine C., Moonen C., Vasileiadis V., Guérin D., Guichard L., Reau R., Messéan A. (2012b). Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi. *Ecological Indicators*, 18, 171-182.
- Pelzer E., Hombert N., Jeuffroy M.-H., Makowski D., 2014. Meta-Analysis of the Effect of Nitrogen Fertilization on Annual Cereal-Legume Intercrop Production, *Agronomy Journal*, 6(5), 1775-1786 <https://doi.org/10.2134/agronj13.0590>
- Pitchers J., Ferrand N., Pull M., Minette S., Abella M., Debaeke P., 2023. Opportunities and risks of double cropping in southwestern France with a focus on soybean and sunflower crops. *OCL* 30, 16



- Quinio M., Guichard L., Salazar P., Détienne F., Jeuffroy M.H., 2022a. Cognitive resources to promote exploration in agroecological systems design. *Agricultural Systems*. 196: 103334. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103334>
- Quinio M., Jeuffroy M.H., Guichard L. *et al.* Analyzing co-design of agroecology-oriented cropping systems: lessons to build design-support tools. *Agron. Sustain. Dev.* 42, 72 (2022b). <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00772-w>
- Revoyron E., Le Bail M., Meynard J.-M., Gunnarsson A., Seghetti M., Colombo L., 2022. Diversity and drivers of crop diversification pathways of European farms. *Agricultural Systems*, 2022, vol. 201, issue C.
- Salembier C., Segrestin B., Weil B. *et al.*, 2021. A theoretical framework for tracking farmers' innovations to support farming system design. *Agron. Sustain. Dev.* 41, 61 (2021). <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00713-z>
- Schott C., Peuch T., Mignolet C., 2018. Dynamiques passées des systèmes agricoles en France : une spécialisation des exploitations et des territoires depuis les années 1970. *Fourrages* (235) 153-161.
- Schneider A., Flénet F., Dumans P., Bonnin E., de Chezelles E., Jeuffroy M.H., Hayer F., Nemecek T., Carrouée B., 2010. Diversifier les rotations céréalières notamment avec du pois et du colza – Données récentes d'expérimentations et d'études. *OCL*, 17, 301-311.
- Sodjahin 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
- Tamburini G., Bommarco R., Cherico-Wanger T., Kremen C., Van der Heijden M., Liebman M., Hallin S., 2020. Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances*, 6(45) <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>
- 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>
- Viguié L., Cavan N., Bockstaller C., Cadoux S., Corre-Hellou G., Dubois S., Duval R., Keichinger O., Toque C., Toupet A.-L., Angevin F., 2021. Combining diversification practices to enhance the sustainability of conventional cropping systems. *European Journal of Agronomy* 127 (2021) 126279



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.