

MULTIPERFORMANCE DES SYSTÈMES INNOVANTS

DES OBJECTIFS

partiellement remplis après deux ans de transition

Après deux campagnes, le bilan environnemental des systèmes innovants est prometteur. La productivité et la rentabilité doivent néanmoins être améliorées. L'analyse des premiers résultats est riche d'enseignements et révèle déjà quelques réussites.

Dans un dispositif expérimental Syppre (ici en Béarn), les systèmes innovants sont expérimentés en petites parcelles. Les résultats sont ensuite extrapolés à l'échelle d'une exploitation agricole.

En savoir plus

L'effet des systèmes innovants sur l'évolution des stocks de matière organique est discuté sur <http://arvals.info/1o9>

Les travaux menés dans l'Action Syppre sont ambitieux. Ils doivent améliorer les systèmes de culture actuels particulièrement sur deux points, à savoir réduire de 20 % la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre (GES) et réduire de moitié l'usage des solutions chimiques de protection des plantes, tout en maintenant une productivité et une rentabilité au moins équivalentes.

Les cinq plateformes Syppre expérimentent différents systèmes innovants devant relever ce défi (tableau 1). Dans quelle mesure le changement de système permet-il aux exploitations de grandes cultures d'améliorer leur durabilité, et à quelles conditions ? C'est à ces questions que tente de répondre l'analyse multicritère des résultats des premières années d'expérimentations (tableau 2). Elle repose sur huit indicateurs, techniques, économiques et environnementaux (encadré).

Améliorer les itinéraires techniques pour maintenir la productivité

Dans les cinq situations, la productivité à l'hectare des systèmes innovants est inférieure à celle des systèmes témoins. Cette baisse est principalement marquée en Picardie, dans le Berry et dans

le système I1 du Béarn où l'indicateur de production d'énergie, qui convertit les rendements en unité énergétique, baisse de l'ordre 20 % en moyenne sur les deux ans. Le chiffre d'affaires suit la même tendance. En 2017 et 2018, les prix de vente des cultures nouvelles ne l'ont pas amélioré significativement.

La productivité des systèmes innovants dépend en grande partie du potentiel de rendement et de la nature des cultures de diversification, couplé à l'importance qu'elles prennent dans l'assolement, au côté des cultures historiques. Ainsi, dans le système de référence en Picardie, la betterave à sucre pèse pour plus de 50 % dans la productivité en unité énergétique à l'hectare, et la pomme de terre de consommation représente près de 60 % du chiffre d'affaires généré. La baisse de productivité du système innovant s'explique par une baisse de 8 % du rendement de la betterave et de 16 % pour la pomme de terre, liée en partie à de nouvelles techniques d'implantation qu'il faut apprendre à maîtriser, couplée à une diminution de la part de ces cultures dans le nouvel assolement.

La réussite des nouvelles cultures pèse également : les résultats intègrent les ressemis et l'absence de récolte - difficultés observées au moins une fois en deux ans pour chaque plateforme.

ACTION SYPPRE : six systèmes innovants comparés aux systèmes de référence locaux

Système témoin/ Système innovant	Picardie	Champagne	Berry	Lauragais	Béarn – T3 Rotation 2 ans + Cive	Béarn – I1 Rotation 3 ans + Cive + dérobée
Durée de la rotation (en années)	6 / 9	5 / 10	3 / 9	2 / 8	1 / 2	1 / 3
Nb de cultures d'hiver	3 / 3	3 / 6	3 / 6	1 / 6	0 / 0	0 / 2
Nb de légumineuses récoltées	1 / 2	0 / 2	0 / 2	0 / 1	0 / 1	0 / 1
Présence de CIVE ou dérobée	Non / Oui	Non / Non	Non / Oui	Non / Oui	Non / Oui	Non / Oui
Apport de PRO	Non / Oui	Non / Non	Non / Non	Non / Non	Non / Non	Non / Non
Travail du sol	Labour / TCS	Labour / TCS	TCS / TCS	Labour / TCS	Labour / Labour	Labour / Labour+TCS
Nb de solutions de biocontrôle	1 / 0	0 / 0	1 / 1	1 / 1	2 / 2	2 / 2
Nb de cultures désher- bées mécaniquement	1 / 4	2 / 3	0 / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2

Tableau 1 : Principales caractéristiques techniques des systèmes de culture expérimentés (témoin / innovant).
CIVE : culture Intermédiaire à valorisation énergétique. PRO : produit résiduaire organique. TCS : techniques culturales simplifiées.

Des progrès sont possibles pour améliorer la productivité des systèmes innovants diversifiés, et les expérimentations Syppre comptent déjà quelques réussites. C'est le cas dans le Berry, avec la culture de lentille : les bons rendements obtenus (22 q/ha en moyenne chaque année) couplés à un prix de vente compétitif ont contribué à préserver le chiffre d'affaires global du système innovant. Dans le Béarn, en 2017, la production d'énergie de T3 a dépassé de 18 % celle du système témoin grâce à un soja au potentiel et un rendement de CIVE supérieur à 8 t/ha. Mais en 2018, la mauvaise récolte de CIVE a fait chuter la productivité du système T3. Sa bonne

productivité dépend donc de sa capacité à maintenir une bonne production de CIVE (avoine d'hiver sur cette plateforme).

Les systèmes valorisent mieux les ressources en énergie

Selon les indicateurs ciblés dans l'Action Syppre, l'usage des intrants et les performances environnementales sont améliorées dans les systèmes innovants, et cela pour chacune des deux campagnes. L'efficacité énergétique est le rapport entre la quantité d'énergie contenue dans les produits récoltés et la quantité d'énergie consommée directement

HUIT INDICATEURS DE PERFORMANCE

La plupart des indicateurs ont été calculés à l'aide du logiciel SYSTERRE pour caractériser les performances des systèmes expérimentés. Le stock en matière organique a été estimé avec Simeos-AMG.

Apport d'azote minéral (kg N total/ha) : quantité d'azote minéral apportée. N'inclut pas l'azote sous forme organique.

Chiffre d'affaires (€/ha) : valeur dégagée par la vente des produits récoltés, hors aides. Obtenu à partir des rendements par culture et des prix de vente observés.

Efficacité énergétique (MJ/MJ) : énergie produite, rapportée à l'unité d'énergie consommée directement et indirectement, pour chaque opération culturale et intrant employé.

Émissions de GES (t_{eq}CO₂/ha) : estimation des quantités de gaz à effet de serre émises de façon directe (nitrification, dénitrification, combustion de carburant) et indirecte (production des intrants et des agroéquipements), hors variations de stock de carbone du sol.

Indice de fréquence de traitement (IFT produit commercial) : il correspond au nombre de doses de référence de produit phytosanitaire appliquées sur une surface. N'inclut pas les traitements de semence, ni les produits de biocontrôle.

Marge directe (€/ha) : chiffre d'affaires + aides, desquels sont déduites les charges en intrants, les charges de mécanisation et de main-d'œuvre salariée. Ne sont pas comptées les charges fixes d'exploitation, ni les charges liées à la main-d'œuvre familiale.

Production d'énergie (MJ/ha) : quantité d'énergie contenue dans les produits récoltés, obtenue à partir du rendement observé et de la valeur énergétique estimée pour chaque production.

Stocks de matière organique (%) : estimation avec le modèle Simeos-AMG de la variation, après 30 ans, du stock de matière organique sur les 30 premiers cm.

PERFORMANCES MOYENNES À DEUX ANS : la rentabilité n'est pas encore atteinte

		Picardie (160 ha, 1,6 UTH)	Champagne (180 ha, 1,5 UTH)	Berry 150 ha, 1 UTH)	Lauragais (170 ha, 1 UTH)	Béarn	
						T3 (63 ha, 1 UTH)	I1 (63 ha, 1 UTH)
Productivité	Chiffre d'affaires	-29 %***	-9 %**	-7 %*	-14 % ^{NA}	+1 % ^{NS}	-15 %**
	Production d'énergie	-23 %***	-7 %**	-20 %***	-4 % ^{NS}	-7 %*	-18 %**
	Efficience énergétique	-3 % ^{NS}	+9 %*	+5 % ^{NS}	-7 % ^{NS}	+9 %*	-13 %**
Rentabilité	Marge directe avec aides	-37 %***	-15 %**	+4 % ^{NS}	-28 % ^{NA}	0 % ^{NS}	-32 %*
Technique et environnemental	Apport azote minéral	-26 %***	-26 %***	-35 %***	-8 %***	-63 % ^{NA}	-5 %***
	IFT Total	-62 %***	-5 %**	-39 %***	+34 % ^{NA}	-6 %***	+60 %***
	Émissions de GES	-17 %***	-20 %***	-28 %***	-7 %***	-33 %***	0 % ^{NS}
	Stock de matière organique du sol à 30 ans	+0,04 % ^{NA}	-0,01 % ^{NA}	-0,14 % ^{NA}	+0,15 % ^{NA}	+0,08 % ^{NA}	+0,07 % ^{NA}

Tableau 2 : Résultat des indicateurs de performances des systèmes innovants. Les résultats sont exprimés en pourcentages des résultats des systèmes de référence, à partir des valeurs moyennes observées en 2016-2017 et 2017-2018. Significativité des résultats : * peu ; ** : moyennement ; *** : très ; ou NS : non significatif. NA : données ne pouvant être traitées statistiquement. Le jeu de couleur traduit des performances plus ou moins favorables / plus ou moins défavorables du système innovant en comparaison avec le système de référence.

et indirectement pour conduire les cultures. Cette efficacité est équivalente ou améliorée dans cinq des six systèmes innovants. En Champagne, cet indicateur passe de 10,6 à 11,5 MJ produits par MJ consommé. Il est aussi meilleur dans les systèmes innovants du Berry et du T3 en Béarn. Les choix de rotation pour le système I1 en Béarn (mais en rotation avec deux céréales d'hiver, et implantation de soja en dérobé et de CIVE) génèrent une perte d'efficacité énergétique : les quantités d'énergie

consommées pour produire les cultures sont équivalentes au système témoin, mais la production d'énergie est inférieure de 18 %.

Intrants et environnement : un cahier des charges plutôt bien respecté

Dans ces systèmes de grandes cultures sans irrigation, l'azote minéral est le principal poste de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre, indirects (fabrication des engrais) et directs (épandage, pour les GES). Les indicateurs « Émissions de GES » et « Énergie consommée » suivent donc la tendance baissière de l'utilisation d'azote. Les quantités d'azote minéral appliquées à l'hectare sont diminuées de plus de 20 % en moyenne pour l'ensemble des situations étudiées, atteignant voire dépassant les objectifs visés en Champagne et sur le système T3 du Béarn, sans que la nutrition des cultures soit pénalisée.

Pour tous les systèmes innovants, le facteur principal de réduction des quantités d'azote est l'introduction de cultures peu ou pas exigeantes en azote en alternance avec les cultures de référence. Par exemple, du tournesol a été intégré dans les systèmes innovants de Champagne et du Berry, et du sorgho dans le Lauragais. Toutes les plateformes incluent davantage de légumineuses : une à deux espèces en culture principale, soit en culture pure soit en association avec généralement des abattements de fertilisation permis sur les cultures



Les cultures de diversification, telle la féverole en Picardie, ont souvent un intérêt multiple (réduire l'azote ou les GES, produire de l'énergie...) mais leur rentabilité s'étudie au cas par cas.

© R. Lagière - ARVALIS-Institut du végétal



L'apport de PRO sur les cultures du système innovant de Picardie réduit les émissions directes et indirectes de GES par rapport à un apport d'azote minéral.

suivantes. En Picardie, près d'un tiers des besoins en azote ont été couverts par des produits résiduels organiques (PRO) sur pomme de terre, betterave et maïs, ce qui a contribué à une réduction supplémentaire des apports minéraux dans le système innovant.

Concernant le recours aux produits phytosanitaires, les performances des systèmes innovants sont plus disparates. Sur les plateformes Picardie et Berry, les IFT des systèmes innovants sont fortement réduits (respectivement -62 % et -39 % de l'IFT régional de référence) dès les deux premières années. Ceci s'explique, d'une part, par l'introduction de nouvelles cultures pour lesquelles les IFT

sont plus faibles, mais également par la réduction des interventions phytosanitaires sur les cultures « historiques » grâce à la mobilisation d'autres leviers. Ainsi, le recours aux insecticides sur colza et aux fongicides sur céréales a baissé.

À l'inverse, le système innovant du Lauragais et le système I1 du Béarn ont un IFT supérieur à l'IFT régional. Pour des systèmes basés historiquement sur des cultures peu consommatrices en intrants (tournesol, maïs), la diversification conduit à des augmentations d'IFT en comparaison du système témoin - en tout cas, à court terme. Dans le Lauragais, la stratégie de non travail du sol couplée à l'introduction de couverts en interculture, mise en place pour réduire l'érosion dans ces sols de coteaux, entraîne une difficulté supplémentaire dans la gestion des adventices et ne permet pas de réduire l'usage des herbicides.

Le rendement reste le premier facteur de rentabilité des systèmes innovants

La rentabilité économique est évaluée par la marge directe à l'hectare. Cet indicateur est obtenu à partir du chiffre d'affaires duquel sont déduites les charges directes de production et auquel sont ajoutées les aides couplées et découplées.

Les règles décidant du choix des équipements des systèmes innovants ont maintenu les charges de mécanisation (amortissements techniques, entretien, fuel) au même niveau que celles du témoin. Selon les besoins, l'option la plus économique a été retenue entre l'acquisition, la location ou le recours à une entreprise. Les marges directes des systèmes innovants dépendent donc de l'équilibre entre le chiffre d'affaires et les charges en intrants (engrais, produits phytosanitaires, semences).

Dans les conditions de marché observées sur les deux campagnes, cet équilibre n'est pas assuré dans quatre situations sur six : en Picardie, dans le Lauragais et pour le système I1 du Béarn, et dans une moindre mesure en Champagne. Les charges en engrais et en produits phytosanitaires n'y baissent pas suffisamment pour compenser la perte de chiffre d'affaires. D'autre part, l'introduction de couverts en interculture, de CIVE ou de dérobée amène une augmentation des charges de semences sur quatre des cinq plateformes. Seul le système innovant de Picardie

a des charges de semences réduites, du fait d'une réduction de la sole de pomme de terre, le coût des plants étant élevé.

Avec une baisse de 17 %, le système innovant de la plateforme Berry est

celui qui réduit le plus ses charges opérationnelles par rapport au système témoin. Avec le système T3 du Béarn, ils sont les seuls à maintenir une rentabilité moyenne sur deux ans équivalente à celle du système témoin.

Après trois ans d'expérimentation, le principal facteur d'explication des performances des systèmes innovants est l'effet « mécanique » du changement de rotation, couplé à la maîtrise plus ou moins aisée de nouvelles cultures et de nouvelles techniques. Des simulations à long terme réalisées avec l'outil Simeos-AMG montrent que les systèmes innovants favoriseraient plutôt l'enrichissement des sols en matière organique ou sont neutres. La mise en place progressive de « l'effet système » et l'ajustement des leviers mobilisés et/ou une meilleure maîtrise du pilotage des cultures sont trois facteurs sur lesquels compter pour améliorer les performances de ces systèmes innovants en transition.

« **Après deux ans de transition, le principal effet des systèmes innovants sur la multiperformance est l'effet mécanique dû à l'introduction de nouvelles cultures.** »

-33%

d'émissions directes et indirectes de GES pour le système innovant T3 du Béarn (rotation de deux ans, dont une CIVE et une légumineuse récoltée).

Anne-Laure de Cordoue - al.decordoue@arvalis.fr

Clotilde Toqué - c.toque@arvalis.fr

Aurélien Tailleux

ARVALIS - Institut du végétal

Stéphane Cadoux - TERRES INOVIA

Paul Tauvel - ITB