



**HAL**  
open science

## Développer des alternatives à des systèmes de culture Maïs-Blé en polyculture-élevage sans irrigation : enseignements de trois expérimentations conduites dans différentes régions françaises.

Anne Schaub, E. Chaumont, Francis Guérin, Marie-Sophie Petit, Marion Thiechart, C. Fonteny, Pierre Massot, Anne-Laure de Cordoue, Violaine Deytieux

### ► To cite this version:

Anne Schaub, E. Chaumont, Francis Guérin, Marie-Sophie Petit, Marion Thiechart, et al.. Développer des alternatives à des systèmes de culture Maïs-Blé en polyculture-élevage sans irrigation : enseignements de trois expérimentations conduites dans différentes régions françaises.. Innovations Agronomiques, 2019, 76, pp.169-187. 10.15454/mbltkd . hal-02482202

**HAL Id: hal-02482202**

**<https://hal.science/hal-02482202>**

Submitted on 21 Feb 2020

**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

## **Développer des alternatives à des systèmes de culture Maïs-Blé en polyculture-élevage sans irrigation : enseignements de trois expérimentations conduites dans différentes régions françaises**

**Schaub A.<sup>1</sup>, Chaumont E.<sup>2</sup>, Guérin F.<sup>3</sup>, Petit M.-S.<sup>4</sup>, Thiéchart M.<sup>5</sup>, Fonteny C.<sup>6</sup>, Massot P.<sup>6</sup>, de Cordoue A.-L.<sup>7</sup>, Deytieux V.<sup>5</sup>**

**Avec la collaboration de :** Huet Patricia (CA 28), Piaud Sébastien (CA Ile de France), Geloën Mikaël (Terres Inovia), Luczak Lise (CA 17), Justeau David (CA 10), Rapp Olivier (CA d'Alsace), Buy Claire (CA d'Alsace), Blanchart Julien (CA 71).

<sup>1</sup> CRA Grand Est, 2 rue de Rome, Schiltigheim, BP 30022, F-67013 Strasbourg cedex

<sup>2</sup> CA de Saône-et-Loire, 59 rue du 19 mars 1962, F-71010 Macon

<sup>3</sup> CA de la Mayenne, Parc Technopole, Rue A. Einstein, BP 36135, Changé, F-53061 Laval Cedex 9

<sup>4</sup> CRA de Bourgogne-Franche Comté, 1 rue des Coulots, F-21110 Bretenière

<sup>5</sup> INRA, UE 115 Domaine expérimental d'Epoisses, F-21110 Bretenière

<sup>6</sup> Association pour la Relance Agronomique en Alsace, 2 rue de Rome, Schiltigheim, BP 30022, F-67013 Strasbourg cedex

<sup>7</sup> Arvalis-Institut du Végétal, 11 rue Jean Mermoz, BP 80038, F-68121 Sainte Croix en Plaine

**Correspondance :** [anne.schaub@grandest.chambagri.fr](mailto:anne.schaub@grandest.chambagri.fr)

### **Résumé**

Trois systèmes de culture expérimentaux, alternatifs à un système local dominant à base de Maïs-Blé non irrigué, dans un contexte de polyculture-élevage, partagent le même objectif principal de diminuer de 50% l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) par rapport au système local dominant tout en maintenant la rentabilité. Les résultats pluriannuels montrent une diminution de 22 à 50% de l'IFT total, de 55 à 80% de l'IFT hors herbicide, de 12 à 65% de l'IFT herbicide. Les systèmes présentent aussi des risques d'exposition toxique de l'agriculteur plus faibles et des risques de transfert de substances actives vers l'environnement plus faibles. Par ailleurs, leur rentabilité est plus élevée pour l'un, plutôt plus élevée pour le deuxième et plutôt plus faible pour le dernier. Deux voies ont été empruntées pour obtenir ces résultats positifs sur les herbicides et la rentabilité : soit une diversification moyenne de la succession Maïs-Blé combinée à un travail du sol intensif, soit peu de travail du sol associé à une couverture du sol et combinés à une diversification importante de la succession. La maîtrise des adventices qui en résulte est plus ou moins satisfaisante selon les systèmes de culture. L'analyse agronomique des réussites et des échecs de la maîtrise des adventices permet de tirer des enseignements sur les conditions de réussite de chacune des stratégies.

**Mots-clés :** Phytosanitaire, Adventice, Rentabilité, Temps de travail, Energie fossile, Evaluation, Indicateur.

**Abstract :** **Alternative cropping systems to non-irrigated maize-wheat rotations in mixed crop-livestock agricultural systems : insights of three experiments led in three French regions.**

Three innovative cropping systems were tested during several years. They aimed to reduce the use of pesticides by 50% compared to local reference cropping systems while being still profitable. Reference

systems were maize-winter wheat rotations in mixed crop-livestock agricultural systems. The use of total pesticides was reduced by 22-50%, i.e. 12-65% for herbicides and 55-80% for other pesticides. Toxic exposure of farmers was lower for innovative systems ; risk of active substance transfer to the environment was also lower. Regarding profitability, results were different from one experiment to another, with higher economic margins for the innovative system for two of them, and lower margin for the last one. Two strategies were employed to achieve these positive results on pesticides use and impacts and on profitability : moderate diversification of crop sequences combined with intensive tillage on one hand versus minimum tillage associated with soil cover and high crop sequences diversification on the other hand. Resulting weed pressure was acceptable or rather acceptable in two out of the three experiments. Agronomic analysis of success and failure cases led to new insights on success conditions for both strategies of weed management.

**Keywords** : Pesticides, Weed, Profitability, Working time, Fossil energy, Assessment, Indicator.

## Introduction

Comme tout secteur d'activité économique, et plus encore en raison de son insertion dans les territoires, l'agriculture se doit d'imaginer des modes de production qui répondent à la fois aux exigences environnementales, sociales et sanitaires de la société, tout en restant économiquement viables pour les exploitations agricoles. Adapter la conduite des cultures ne paraît pas suffisant pour répondre de façon ambitieuse à la multiplicité des enjeux. Changer de système de culture est un bouleversement profond et l'expérimentation système est un lieu où l'agriculteur peut prendre le risque de reconcevoir en profondeur son système, accompagné de l'expérimentateur, tout en produisant des ressources sur les systèmes de culture innovants, utiles à d'autres agriculteurs et à leurs conseillers.

Le réseau expérimental du Réseau Mixte Technologique « Systèmes de culture innovants » (RMT SdCi) regroupe 117 systèmes de culture innovants testés en France métropolitaine par des organismes de la Recherche-Développement-Formation (<https://www6.inra.fr/systemesdecultureinnovants>). Dans le cadre du plan Ecophyto, le projet DEPHY EXPE « InnoviPest » étudie plus particulièrement 13 de ces 117 systèmes, testés en parcelles d'agriculteurs accompagnés par des conseillers agricoles, et ayant pour objectif principal un faible usage des produits phytosanitaires tout en maintenant la rentabilité. Le projet vise à évaluer l'atteinte de cet objectif, ainsi qu'à évaluer d'autres performances des systèmes de culture, en termes d'états agronomiques observés, comme en termes de contribution au développement durable.

L'article fait un focus sur trois des 13 systèmes de culture ; ils ont en commun d'être chacun une alternative à un système local dominant à base de Maïs-Blé non irrigué, dans un contexte de polyculture-élevage. Une analyse transversale des résultats des 3 expérimentations à Kleingoeft dans le Bas-Rhin, à Saint-Martin-Belle-Roche en Saône-et-Loire, à Saint Fort en Mayenne est proposée. Dans un premier temps, la méthodologie adoptée est présentée, puis les résultats sont exposés et discutés en deux étapes : (1) les systèmes de culture innovants sont-ils plus vertueux que les systèmes de référence en termes de dépendance aux produits phytosanitaires et d'impacts sanitaires et environnementaux de ces produits tout en maintenant la rentabilité ? Quels impacts sur la maîtrise des bioagresseurs ? Et (2) les systèmes de culture innovants qui utilisent moins de produits phytosanitaires ont-ils d'autres performances dégradées ? Enfin, la conclusion aborde les enseignements utiles pour le conseil et la formation.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1 Situations de production

Les trois situations de production, présentées en Annexe 1, sont contrastées en termes de pédo-climat, pressions biotiques, spécificités des exploitations (organisation du travail en fonction d'autres ateliers...), même si les systèmes locaux dominants sont à base de maïs et de blé non irrigués.

### 1.2 Systèmes de culture étudiés

Les trois systèmes de culture innovants expérimentés (notés « I » dans tout l'article) partagent le même objectif principal de diminuer de 50% l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) du système de référence tout en maintenant la rentabilité par rapport à ce même système de référence.

Le système de référence est un système local dominant (noté « R » ou « R2 ») défini par enquête, ainsi que, pour St Fort, un système supplémentaire noté « R1 » testé dans le dispositif expérimental, ayant la même succession que le système innovant et conduit selon une logique conventionnelle d'optimisation des intrants (cf. « Dispositifs expérimentaux »).

- Saint Fort : R1 (site) : colza – blé – (couvert) maïs ensilage – blé
- Saint Fort : R2 (local dominant) : maïs ensilage – blé
- St Martin Belle Roche : R (local dominant) : maïs grain – blé
- Kleingoeft : R (local dominant) : maïs grain – maïs ensilage - blé

Les systèmes innovants ont également d'autres objectifs, qui ne sont pas les mêmes d'une expérimentation à l'autre. Ils peuvent avoir trait au temps de travail, au risque de transfert de produits phytosanitaires vers les eaux ou bien encore au stockage de carbone dans le sol.

Les systèmes visent tous la maîtrise des bioagresseurs, mais les indicateurs d'états agronomiques visés sont divers (Annexe 1), reflétant notamment des niveaux différents de tolérance par rapport aux dégâts (symptômes), dommages (de rendement) et pertes (économiques) entre Kleingoeft (niveau visé : quasi pas de dégâts d'adventices, pas de dommages pour les autres bioagresseurs), St Martin (pas de dommage) et St Fort (pas de perte).

Les stratégies de gestion des bioagresseurs sont déployées en cohérence avec les objectifs des systèmes de culture, les états agronomiques visés et les contraintes expérimentales choisies. Pour la gestion des adventices, deux voies sont explorées, d'un côté à St Fort et St Martin une diversification moyenne de la succession maïs-blé combinée à un travail du sol intensif, et de l'autre à Kleingoeft peu de travail du sol associé à une couverture du sol et combinés à une diversification importante de la succession (Tableau 1).

- Saint Fort : I : colza – (couvert) blé – (couvert) maïs ensilage – blé
- St Martin Belle Roche : I : colza – blé – (couvert) maïs grain – maïs grain – blé
- Kleingoeft : I : Luzerne – Luzerne – Luzerne – maïs ensilage – colza – (repousses) blé – (couvert) maïs grain – (méteil) maïs ensilage – orge hiver

Dans les deux voies explorées pour maîtriser les adventices, on retrouve des modes d'actions communs (empêcher les adventices de germer, rendre la culture compétitive vis-à-vis des adventices, détruire les adventices en culture), mais une mobilisation de leviers différents pour les actionner (Tableau 2). Par exemple, à Saint Fort et Saint Martin, la stimulation de la germination des adventices en interculture suivie de leur destruction est utilisée pour diminuer le stock semencier, contrairement à Kleingoeft.

**Tableau 1** : Indicateurs de pratiques des stratégies de gestion des 7 systèmes évalués. Plus la case est foncée, plus le recours à la technique est important.

		Stratégie de gestion						
Site	SdC	FqLabour	NP_WkSol	PeriodSem	Nb DshMeca	DivEsp	Duree_CouvSol	Prop_Leg_tot
Saint Fort	I : Innov	25	4,0	3	1,4	2,7	17	25
	R1 : Réf Site	0	3,8	3	0,0	2,7	18	13
	R2 : LoDo	0	1,0	2	0,0	2,0	13	0
Saint Martin Belle Roche	I : Innov	80	3,0	3	0,0	2,8	18	5
	R : LoDo	100	7,0	2	0,0	2,0	14	20
Kleingoeft	I : Innov	0	0,9	4	0,0	6,8	20	61
	R : LoDo	67	2,7	2	0,0	1,8	13	17

**FqLabour** : fréquence du labour (% : 100% signifie une fois par an). **NP\_WkSol** : nombre de passages de travail du sol en dehors du labour et du désherbage mécanique (nb/ha/an) : déchaumage, faux-semis... **PeriodSemis** : nombre de périodes de semis différentes sur le système de culture (avant le 1/10, entre le 1/10 et le 25/10, après le 25/10, avant le 1/4, entre le 1/4 et le 1/6, entre le 1/6 et le 1/8 : un système très diversifié a au maximum 6 périodes différentes). **Nb DshMeca** : nombre de désherbages mécaniques/ha/an. **DivEsp** : diversité des espèces cultivée (inverse de l'indice de Simpson). **Durée\_CouvSol** : durée de couverture du sol (en nombre de quinzaines de jours/an ; 24 signifie une couverture permanente du sol). **Prop\_Leg\_tot** : proportion de légumineuses sur la rotation y compris en interculture ou en plante de service (%). **RéfSite** : système de culture de référence site (R1 à St Fort). **LoDo** : système de culture de référence local dominant (R2 à St Fort, ou R).

**Tableau 2** : Combinaisons de techniques mobilisées pour maîtriser les adventices

Objectif/mode d'action	Leviers/techniques		
	Saint Fort	Saint Martin	Kleingoeft
<b>Empêcher les semences d'adventices de germer</b>	3 périodes de semis Labour exceptionnel Ramassage des menues pailles Semis direct du blé dans un couvert vivant gélif Semis tardif du blé	3 périodes de semis Labour fréquent  Semis tardif du blé	4 périodes de semis   Sol intact (semis direct) couvert (avec luzerne ou couverts)
<b>Faire germer les semences d'adventices en interculture et les détruire</b>	Faux-semis, destruction mécanique Déchaumages	Faux-semis, destruction mécanique Déchaumages	
<b>Rendre la culture compétitive vis-à-vis des adventices</b>	Semis précoce du colza, matière organique (MO) au démarrage Semis sur sol propre (labour avant semis maïs)	MO au démarrage du colza Semis sur sol propre (labour avant semis maïs et blé) Semis maïs sur sol réchauffé	MO Semis sur sol propre (glyphosate, rare travail superficiel)  Engrais Starter en maïs Inter-rangs serrés
<b>Détruire les adventices en culture</b>	Binage Herbicides	Herbicides	Herbicides Fauche des adventices dans luzerne

L'Annexe 1 détaille les systèmes de culture.

### 1.3 Dispositifs expérimentaux

Le dispositif expérimental comporte uniquement le système innovant pour St Martin et Kleingoeft. A St Fort il comporte deux systèmes : le système innovant et le système de référence « site » R1, de même

succession maïs avec un itinéraire technique correspondant aux préconisations du conseil de la chambre d'agriculture.

A St Fort, les 4 termes de la succession Colza-Blé-MaïsEnsilage-Blé sont présents chaque année (4 répétitions temporelles du système de culture), pour chacun des deux systèmes testés, soient 8 bandes de 1200 m<sup>2</sup>. La première récolte a eu lieu en 2010. Les résultats concernent 6 campagnes.

A St Martin, 4 des 5 termes de la succession Colza-Blé-MaïsGrain-MaïsGrain-Blé sont présents chaque année, soient 4 parcelles entre 1,24 ha et 11 ha, pour une surface totale d'environ 25 ha. La première récolte a eu lieu en 2007. Les résultats concernent 8 campagnes.

A Kleingoefft, 2 des 9 termes de la succession Luzerne-Luzerne-Luzerne-MaïsEnsilage-Colza-Blé-MaïsGrain-MaïsEnsilage-OrgeHiver sont présents chaque année, soient 2 parcelles de chacune 1 ha. La première récolte a eu lieu en 2012. Les résultats concernent 7 campagnes.

Les systèmes de référence locaux dominants sont établis par enquête chez un agriculteur représentatif selon la méthode de Deytieux (2017). A St Fort, le système local dominant MaïsEnsilage-Blé a été enquêté sur les campagnes 2011-2014, à St Martin le système local dominant MaïsGrain-Blé a été enquêté sur 2008-2012 et à Kleingoefft pour le système local dominant MaïsGrain-MaïsEnsilage-Blé l'enquête a été conduite un peu différemment, en demandant des pratiques moyennes sur les campagnes 2012-2016.

#### 1.4 Exploitation des résultats

Une même méthode a été mobilisée pour exploiter les résultats des trois expérimentations. Chaque expérimentateur a réalisé un diagnostic agronomique chaque campagne culturale sur chaque parcelle, consigné dans un document de même format, qui a pu être remobilisé lors de la synthèse des états agronomiques observés. Une synthèse des pratiques a été réalisée par la même équipe de personnes avec chaque expérimentateur. Cette synthèse reflète les opérations culturales et les rendements réalisés sur toutes les parcelles et toutes les campagnes, avec leurs fréquences (Schaub et al., 2016). Les indicateurs de performances socio-économiques et environnementaux ont été calculés à partir de la synthèse des pratiques (moyenne pluriannuelle par culture, puis moyenne sur la succession) par la même équipe à l'aide du logiciel de l'INRA CRITER 5.4 (Hirschy et al., 2015), avec le même paramétrage pour les 3 expérimentations, à l'exception des conditions du milieu. Les indicateurs économiques ont été calculés selon 8 scénarios de prix de vente et des intrants, choisis pour être des situations contrastées ayant existé dans un passé récent (2007-2014), sans que leur probabilité d'occurrence soit connue (Massot, 2016 ; Deytieux, 2017).

Des indicateurs sont sélectionnés parmi les 35 calculés par CRITER (Craheix et al., 2011 ; Hirschy et al., 2015) ou dans les diagnostics agronomiques pour les états agronomiques ou bien encore dans Deytieux (2017) pour les indicateurs de robustesse économique, pour répondre aux questions suivantes :

##### (1) Les objectifs des systèmes de culture sont-ils atteints ?

a) Les systèmes de culture innovants sont-ils plus vertueux que les systèmes de référence en termes de dépendance aux produits phytosanitaires et d'impacts de ces produits ?

- i. indicateur d'usage : IFT ;
- ii. indicateur de risque de transfert : I-Phy (note entre 0 et 10, une note > 7 indique un risque acceptable) ;
- iii. indicateur de toxicité pour l'applicateur : TOX : nombre de passages avec au moins un pesticide dangereux (Craheix et al., 2011).

- b) Tout en maintenant la rentabilité ?
  - i. indicateur marge semi-nette :  $MSN = \text{produit brut} + \text{moyenne départementale de l'aide PAC découplée} - \text{charges opérationnelles (semences, pesticides, engrais, eau d'irrigation, fioul)} - \text{charges de mécanisation}$  ;
  - ii. indicateurs des risques économiques encourus face à la volatilité des prix agricoles : robustesse de la marge semi-nette vis-à-vis des aléas de prix, fréquence et sévérité des accidents économiques (Deytieux, 2017).
- c) Et en maîtrisant les bioagresseurs de façon satisfaisante ?
  - i. indicateurs qualitatifs des états agronomiques observés et consignés dans les diagnostics agronomiques annuels.

## (2) Les systèmes de culture innovants, économes en produits phytosanitaires, sont-ils multi-performants ?

- a) Est-ce que la diminution d'IFT est possible sans augmentation du temps de travail (indicateur temps de traction sur la parcelle) ?
- b) Et sans une plus grande consommation d'énergie fossile (indicateur consommation directe et indirecte) ?

Seul un résultat par indicateur est calculé, correspondant à la synthèse des pratiques pluriannuelles pour les systèmes innovants et R1 expérimentés et aux systèmes de culture locaux dominants définis par enquête pour les trois situations de production. Il est exprimé par hectare et par an, en moyenne sur la succession.

L'objectif est d'exploiter de façon approfondie les trois cas d'études qui explorent une diversité de stratégies, chacune adaptée à son contexte, pour atteindre l'objectif de diminuer l'usage des produits phytosanitaires en conservant une rentabilité satisfaisante. L'ambition est ici de définir les conditions de réussite de chaque stratégie testée, en s'appuyant sur les diagnostics agronomiques, pour en tirer des enseignements pouvant inspirer d'autres conseillers et agriculteurs ayant le même objectif dans des contextes encore différents.

## 2. Résultats et discussion

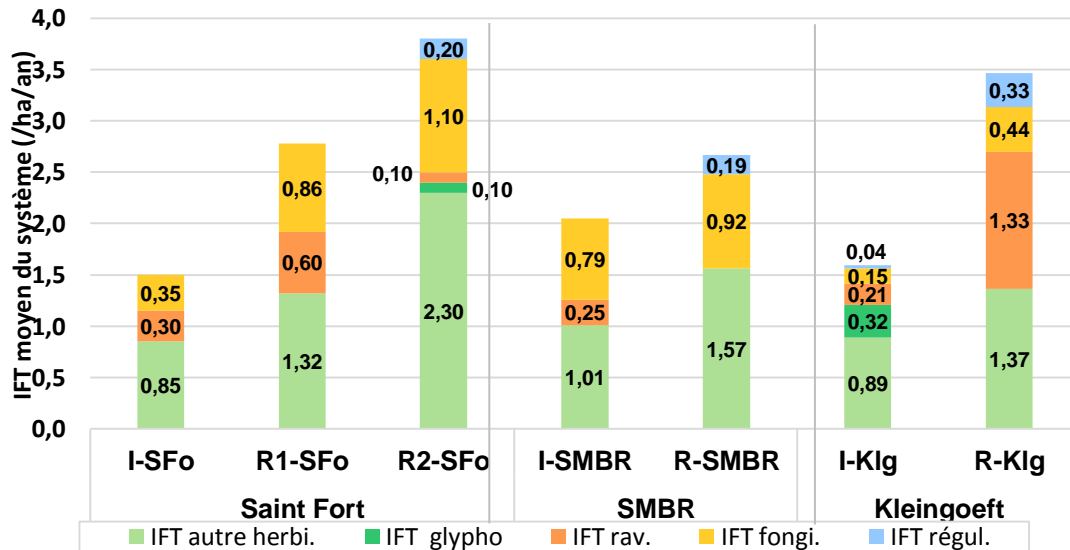
### *2.1 Les systèmes de culture innovants sont-ils plus vertueux que leurs systèmes de référence en termes de dépendance aux produits phytosanitaires et d'impacts de ces produits tout en maintenant la rentabilité ?*

Les **systèmes de culture innovants utilisent moins de produits phytosanitaires**, dont moins de régulateurs, de fongicides et d'herbicides, que leurs systèmes de référence (Figure 1 ; Tableau 3) avec des degrés de maîtrise des bioagresseurs satisfaisants ou non selon les sites (Tableau 3 et Annexe 2).

L'IFT du système innovant est plus faible d'environ 50% par rapport à l'IFT de la du système de référence local dominant, sauf à Saint-Martin où il est plus faible de seulement 22%.

La diminution de l'IFT total se fait en grande partie par la diminution de l'IFT HH (55 à 80% plus faible en Innovant). L'IFT fongicide diminue systématiquement et les régulateurs disparaissent totalement, sauf à Kleingoeft où ils sont très faiblement utilisés. L'IFT ravageur est plus faible en Innovant à Kleingoeft, mais plus élevé que la Référence pour les deux autres sites, en raison de l'introduction du colza. L'utilisation la plus limitée possible des insecticides en colza, par l'augmentation des seuils d'intervention ainsi que grâce à la fertilisation azotée des colzas pour avoir des plantes moins sensibles aux attaques, a conduit à de faibles dommages de rendement à St Martin mais à des dégâts importants

de charançons à St Fort. A Kleingoeft le colza n'a pas reçu d'insecticide car la pression est très faible, compte tenu de la quasi-absence de la culture dans le paysage. L'absence de régulateur n'a pas conduit à de la verse, même dans les situations recevant des produits organiques. La limitation des fongicides n'a pas conduit à des dommages dus aux maladies ou a généré de faibles dommages, qu'il est impossible de quantifier avec les dispositifs expérimentaux choisis.



**Figure 1** : IFT des systèmes de culture, calculés à partir de la synthèse des pratiques sur l'ensemble des campagnes suivies, par système de culture, classés par site, et répartition par type de produit.

L'IFT H est plus faible en Innovant qu'en Référence. L'écart est important à St Fort (-65% par rapport au système local dominant, -36% par rapport au système de Référence site) et à St Martin (-36%) et faible à Kleingoeft (-12%).

La stratégie de gestion des adventices caractérisée par un travail du sol intensif couplé à une diversification moyenne de la succession semble efficace à St Fort et St Martin pour diminuer fortement l'usage d'herbicides tout en permettant une maîtrise satisfaisante de la flore adventice à St Martin et moyennement satisfaisante à St Fort (satisfaisant en maïs, moyennement satisfaisant en blé, plus rarement satisfaisant en colza).

A St Fort, le niveau de maîtrise de la flore adventice s'est dégradé rapidement en deux ans, puis s'est stabilisé dans un état moyennement satisfaisant. La maîtrise des adventices en colza est insatisfaisante, due à des conditions météorologiques souvent défavorables à la levée de la culture et à un écartement de semis large pour pouvoir biner. Le colza n'est donc souvent pas assez compétitif au démarrage. De plus, on observe une faible efficacité du binage du colza dû à des conditions automnales défavorables. Inversement, le binage du maïs réussit bien et le labour avant le semis permet de démarrer la culture avec un sol propre, conservé par la suite. De la vulpie s'est développée suite au semis direct du blé dans le couvert vivant pour éviter le recours au glyphosate. La vulpie a été maîtrisée l'année suivante avec un labour avant maïs ; l'autre solution, non retenue pour des raisons de qualité de l'eau, aurait été d'appliquer une urée substituée. La mauvaise maîtrise des adventices en blé provient de l'absence d'herbicide à l'automne, les faux-semis combinés à un semis tardif ne suffisant pas. Le ramassage des menues pailles n'a pas pu être systématiquement réalisé par manque de matériel disponible. C'est une solution efficace, mais qui coûte cher et ne peut être envisagée que si les menues pailles sont valorisées d'un point de vue économique, comme en méthanisation.

A Saint-Fort le système de Référence R1 a la même rotation et la même gestion de la fertilisation que le système innovant ; c'est le recours au labour occasionnel et au désherbage mécanique qui permet de diminuer les herbicides, ceci est très net sur colza.



A Saint Martin, la maîtrise des adventices est satisfaisante, à l'exception d'une explosion non expliquée de ray-grass sur une parcelle, peut-être due à une pollution par la moissonneuse-batteuse ou bien par le fumier.

La stratégie de gestion des adventices caractérisée par une diversification importante de la succession culturale combinée à peu de travail du sol couplé à une couverture du sol conduit à Kleingoefft à une maîtrise des adventices insatisfaisante, en particulier sur l'une des deux parcelles. La conduite de la luzerne n'a en effet pas été optimale sur cette parcelle, les agriculteurs découvrant cette culture (pas d'inoculation sur une des deux parcelles, peu de fertilisation, notamment potassique, quatrième fauche affaiblissante à l'automne), et le climat non favorable (printemps très humide qui a inondé une luzernière, et des étés très secs). Le peuplement hétérogène et faible de la luzerne a favorisé les adventices d'hiver (mouron, véronique...) et des vivaces non fauchables (pissenlits). L'objectif d'empêcher la germination des adventices par l'effet étouffant d'une luzerne dense n'a donc pas été atteint. De même l'objectif d'affaiblir les vivaces en culture par la fauche des adventices avec la luzerne n'a pas pu fonctionner avec les pissenlits, très bas. Sur l'autre parcelle, la maîtrise des adventices dans la luzerne a été correcte, le peuplement était plus dense et homogène et l'apparition de rumex a été traitée immédiatement, à l'inverse de la première parcelle à densité faible en luzerne malgré des resemis inefficaces de couverts, non traitée et envahie de pissenlits. La mauvaise maîtrise des adventices de la luzerne, ainsi que la contrainte choisie du non labour, ont généré un usage important d'herbicides pour implanter le maïs ensilage qui suit la luzerne (IFT H 3,3 et 4,2), annihilant l'effet positif de la luzerne très peu traitée pendant 3 ans. Par ailleurs on remarque l'introduction de nouvelles espèces d'adventices dans la luzerne par les outils de fauche (ray-grass) et par la fraction solide du lisier (rumex). Malgré la maîtrise insatisfaisante des adventices sur l'une des deux parcelles, le système sans labour à Kleingoefft consomme un peu moins d'herbicides que le système de référence labouré. Ce qui signifie que la voie de la diversification importante combinée à peu de travail du sol couplé à une couverture du sol est prometteuse, à condition de réussir à couvrir densément le sol pour assurer l'action sur le stock semencier en créant des conditions peu favorables à la germination des adventices. Il suffit d'un échec dans l'installation d'un peuplement dense et homogène d'une culture pluriannuelle fauchée ou d'un couvert en interculture pour générer des conditions favorables au développement des adventices et à la production de graines. Les conditions de réussite d'une stratégie ne reposent pas uniquement sur sa pertinence mais aussi sur le niveau d'apprentissage nécessaire de la bonne conduite d'une culture (ex : la luzerne à Kleingoefft) ou sur sa vulnérabilité à un aléa météorologique (par exemple un couvert qui ne lève pas par manque d'eau, niveau d'efficacité du désherbage mécanique soumis aux aléas météorologiques). Par ailleurs, le non labour pose la question de la destruction de la luzerne (ou d'autres couverts végétaux) sans recours aux herbicides, et notamment au glyphosate. Son utilisation a été requise (0,32 IFT) avant semis de céréale d'hiver, et avant resemis d'orge au printemps après le gel d'orge d'hiver, et pour la destruction de la luzerne. Un système de culture sans labour et sans glyphosate est cependant possible, c'est le cas du système de référence site R1 à St Fort.

Les états agronomiques de maîtrise des bioagresseurs sont synthétisés dans l'Annexe 2.

**Les risques de toxicité** pour l'agriculteur, dus à l'application des produits phytosanitaires, sont plus faibles pour les systèmes innovants que pour leurs systèmes de référence. De même, les risques de transferts des produits phytosanitaires vers l'environnement sont plus faibles pour les systèmes innovants, même s'ils sont déjà faibles pour les systèmes de référence (Tableau 3).

**Rentabilité des systèmes innovants** : Les systèmes de culture innovants qui ont à la fois des IFT plus faibles, des risques d'exposition toxique de l'agriculteur plus faibles et des risques de transfert de substances actives vers l'environnement plus faibles que leurs systèmes de référence (Tableau 3), ont des rentabilités plus élevées que leur système de référence à St Martin, plutôt plus élevées à Kleingoefft et plutôt plus faibles à St Fort.

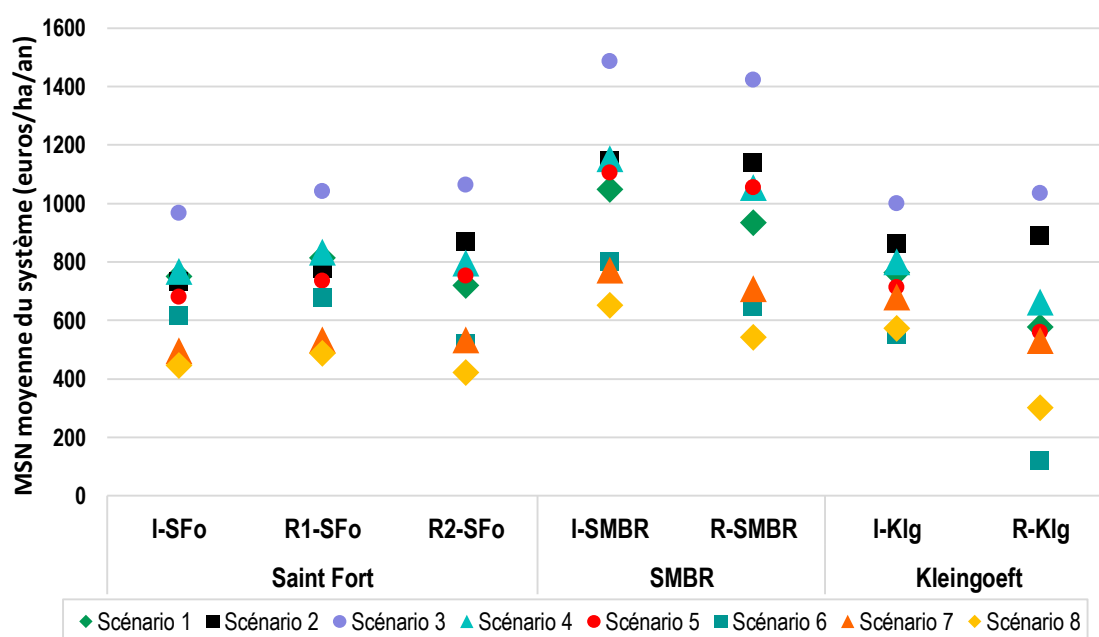
**Tableau 3** : Niveaux de satisfaction vis-à-vis des résultats des systèmes de culture concernant la maîtrise des adventices, la dépendance aux produits phytosanitaires et leurs impacts.

Site	SdC	Maîtrise adventices	IFT		I-Phy			Tox
			Herbi	Hors Herbi	eau_prof	eau_sup	air	
Saint Fort	I : Innov		0,9	0,7	9,1	9,8	9,6	1,0
	R1 : Réf Site		1,3	1,5	8,9	9,6	9,2	1,5
	R2 : LoDo		2,4	1,4	8,1	8,7	7,7	2,5
Saint Martin Belle Roche	I : Innov		1,0	1,0	8,2	9,0	9,3	1,4
	R : LoDo		1,6	1,1	8,9	8,9	8,8	1,8
Kleingoeft	I : Innov		1,2	0,4	9,0	9,4	9,6	0,8
	R : LoDo		1,4	2,1	8,4	7,7	9,1	1,3

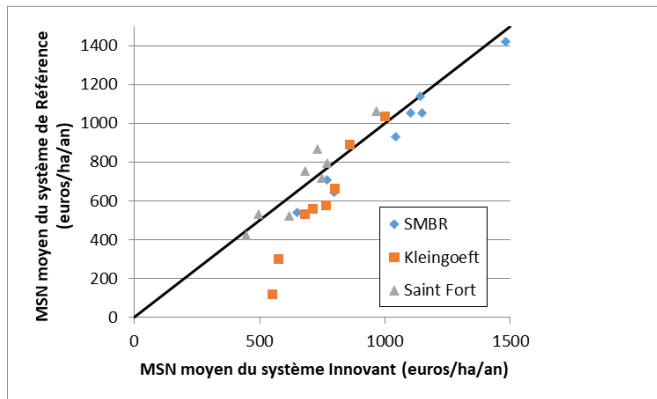
Dégradé du vert foncé (très satisfaisant) - vert-jaune-orange-rouge (insatisfaisant), attribué en relatif au sein de l'échantillon des 7 systèmes évalués ou en absolu pour la maîtrise des adventices. **Notes I-Phy** : entre 0 et 10 ; risque de perte de substances actives maîtrisé quand note > 7. **I-Phy eau\_prof** : Maîtrise des pertes de substance active dans les eaux profondes. **I-Phy eau\_sup** : Maîtrise des pertes de substance active dans les eaux superficielles. **I-Phy air** : Maîtrise des pertes de substance active dans l'air. **Tox** : risque d'exposition de l'agriculteur à des produits phytosanitaires toxiques (nombre de passages avec au moins un produit toxique)

La variabilité de la marge semi-nette (MSN) est plus élevée entre les 8 scénarios de prix qu'entre le système de Référence et Innovant pour un même scénario. De même, elle est plus variable entre les 3 expérimentations, qu'entre systèmes Innovant et Référence d'un même site (Figure 2). Par ailleurs, selon les scénarios, la MSN du système innovant est plus élevée ou plus faible que celle de sa référence ; il est donc exclu de choisir un seul scénario qui orienterait le résultat de la comparaison Innovant vs Référence. C'est pourquoi les résultats de MSN sont ici examinés simultanément sous les 8 scénarios.

La hiérarchie des MSN sous les différents scénarios est sensiblement la même quel que soit le système et le site, à l'exception du scénario 6 qui génère une MSN très faible et la plus faible des scénarios pour le système de Référence de Kleingoeft, alors que ce n'est pas le cas dans les autres systèmes. Il correspond à un prix très faible du maïs par rapport au blé et au colza. Ce système comporte deux-tiers de maïs dans la succession.


**Figure 2** : Marge semi-nette moyenne sur l'ensemble des campagnes suivies des systèmes de culture selon 8 scénarios de prix de vente et des intrants (en €/ha/an)

A St Martin, pour chaque scénario de prix, la MSN du système innovant est égale ou plus élevée que celle du système de Référence (Figure 3). Sur les deux autres sites, l'avantage dépend du scénario, avec 6 cas sur 8 favorables au système innovant à Kleingoeft, et seulement 3 cas favorables sur 8 à St Fort.

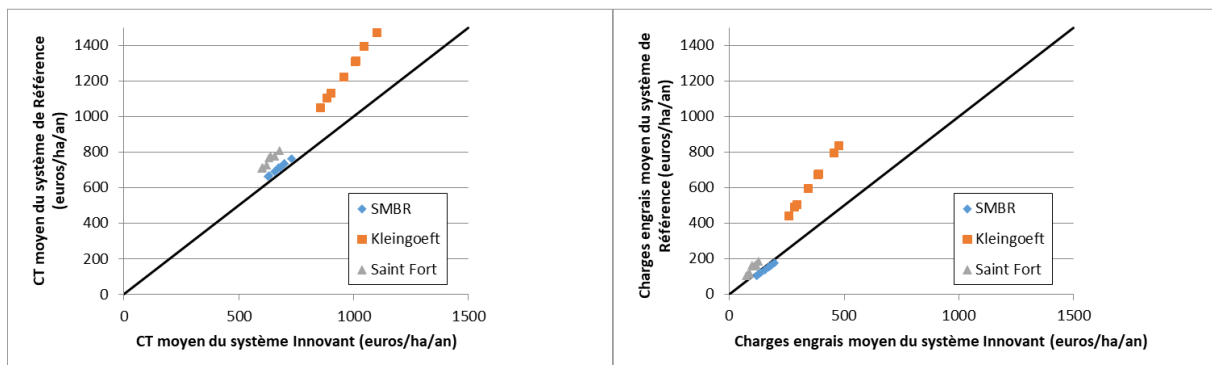


**Figure 3 :** Marge semi-nette moyenne sur l'ensemble des campagnes suivies des systèmes de culture de Référence (local dominant) vs Innovant pour chacun des 8 scénarios de prix de vente et des intrants (en €/ha/an)

**Les systèmes de culture innovants ont des charges totales (CT) plus faibles que leur système de référence (Figure 4).** Ceci est dû à des charges opérationnelles (CO) plus faibles, en particulier des charges d'engrais et dans une moindre mesure des charges de produits phytosanitaires.

A Saint Martin, la différence de CT entre Innovant et Référence est faible, à St Fort également.

A Kleingoeft les charges sont plus élevées que sur les deux autres sites et la différence entre Innovant et Référence est plus importante. La stratégie de maîtrise des adventices avec le recours à des couverts et à la diversification des dates de semis permet une économie importante d'engrais azotés à Kleingoeft grâce aux légumineuses (Figures 8 et 9). Les charges liées à la mécanisation sont peu différentes entre Référence et Innovant, même avec la stratégie de travail du sol intense pour maîtriser les adventices (St Fort, Saint Martin). La variabilité des charges en fonction des scénarios est très faible à Saint Fort et Saint Martin. A Kleingoeft, la variabilité des charges avec les prix est bien plus importante que sur les deux autres sites.



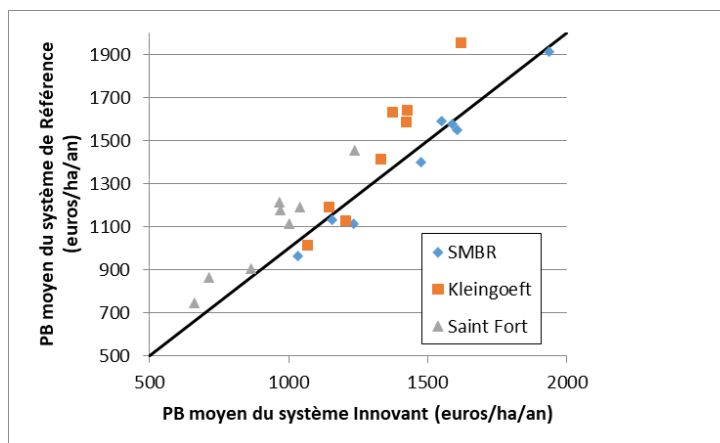
**Figure 4 :** Charges totales et charges d'engrais moyennes sur l'ensemble des campagnes suivies des systèmes de culture de Référence (local dominant) vs Innovant pour chacun des 8 scénarios de prix de vente et des intrants (en €/ha/an).

**Les systèmes de culture innovants ont un produit brut (PB) plus faible que leur système de référence à St Fort, plutôt plus faible également à Kleingoeft.** A l'inverse, à Saint Martin les PB sont plutôt meilleurs en Innovant.

A St Fort, le PB est toujours plus faible en Innovant par rapport à sa Référence (Figure 5). Malgré des charges toujours plus faibles en Innovant, la MSN résultante est plutôt plus faible en Innovant.

A St Martin, le PB est 7 fois sur 8 plus élevé en Innovant par rapport à sa Référence, et combiné aux CT toujours plus faibles en Innovant, la MSN est systématiquement meilleure en Innovant.

A Kleingoefft, le PB est plus souvent plus faible en Innovant, mais comme les charges sont très faibles, en particulier grâce à l'introduction de légumineuses, le différentiel donne une MSN plus souvent meilleure en Innovant qu'en Référence. La diversification a comme conséquence ici l'accroissement de la MSN par la diminution des charges.



**Figure 5** : Produit brut moyen sur l'ensemble des campagnes suivies des systèmes de culture de Référence (local dominant) vs Innovant pour chacun des 8 scénarios de prix de vente (en €/ha/an).

Le produit énergétique, indicateur de la productivité des systèmes, est plus faible pour les systèmes innovants : 119 GJ/ha/an à St Fort (vs 175), 154 GJ/ha/an (vs 177) et 171 (vs 198) à Kleingoefft. La productivité est fortement impactée à St Fort, ce qui explique que le PB soit systématiquement plus faible en Innovant. Les rendements blé à St Fort sont plus faibles en Innovant qu'en système de référence local dominant, en raison des maladies (septoriose, rouilles) et des adventices. De plus, le colza produit moins qu'espéré à cause des insectes de printemps (charançons et pucerons). La Maïs ensilage par contre a un rendement équivalent à celui de la référence.

**Les systèmes de culture innovants sont en général plus robustes vis-à-vis des variations de prix** que leurs systèmes de référence : moins sensibles aux aléas de prix, avec une sévérité des accidents moindre (sauf à Saint Fort où la sévérité est la même pour la référence). Par contre, la fréquence des accidents est la même en système Innovant et en système de Référence.

Les systèmes innovants sont moins sensibles aux aléas de prix grâce à l'économie d'intrants et à la diversification des cultures (Tableau 4).

**Tableau 4** : Sensibilité aux aléas de prix : plus l'indicateur est faible, moins le système est sensible. L'indicateur utilisé est un écart interquartile (entre le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> quartile des marges semi-nette calculées selon 8 scénarios de prix (Massot et al., 2016)) rapporté à la médiane de ces 8 marges (Deytieux, 2017).

		SdCi	SdCréf	Différence
<b>Saint Fort</b>	<i>RéfSite</i>	0,24	0,24	0
	<i>LoDo</i>	0,24	0,39	-0,15
<b>SMBR</b>		0,33	0,39	-0,06
<b>Kleingoefft</b>		0,22	0,43	-0,21

## 2.2 Les systèmes de culture innovants moins dépendants des produits phytosanitaires, obtiennent-ils d'autres bonnes performances ?

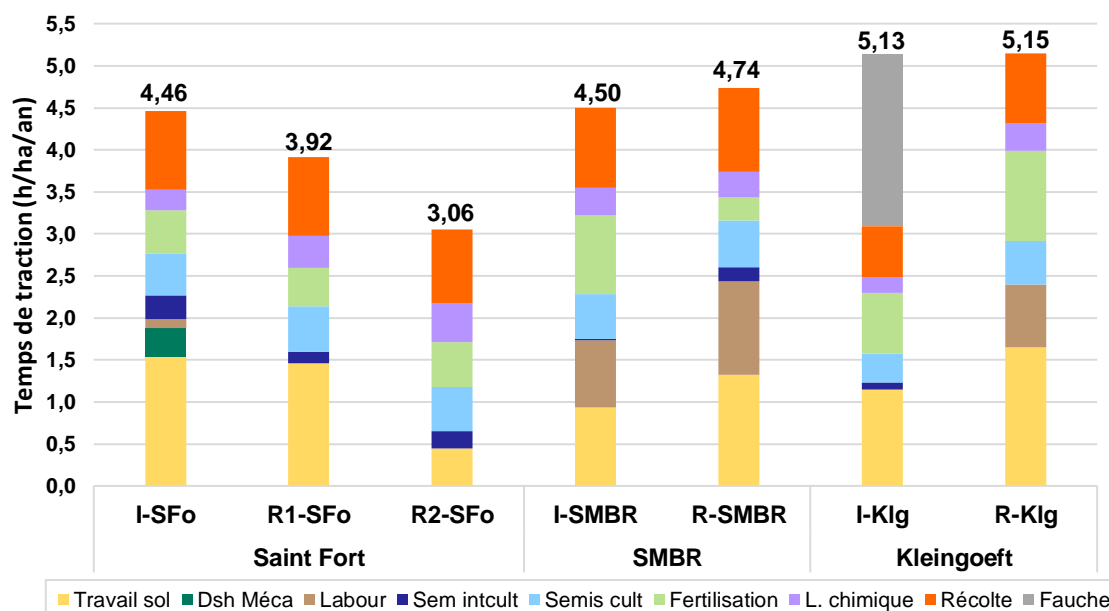
Est-ce que la diminution d'IFT s'accompagne d'une augmentation du temps de travail et de la consommation d'énergie fossile, suite au recours à davantage de travail du sol ou au désherbage mécanique ?

**Le temps de traction** est quasi-similaire en Innovant et en Référence à Kleingoeft et Saint Martin (Tableau 5). Il est plus important en Innovant à Saint Fort par rapport à la Référence locale dominante à cause du recours au travail du sol accru et au désherbage mécanique, et c'est là aussi que le gain d'IFT H est le plus élevé ; il reste cependant faible par rapport aux deux autres sites.

**Tableau 5** : Ecart d'IFT total, d'IFT herbicide et de temps de traction entre le système de Référence et le système Innovant, en moyenne sur la période de suivi des 3 expérimentations

		Ecart IFT T (Réf – Innov)	Ecart IFT H (Réf – Innov)	Écart Temps (h/ha/an) (Réf – Innov)
<b>Saint Fort</b>	<i>RéfSite</i>	1,33	0,47	-0,54
	<i>LoDo</i>	2,24	1,56	-1,40
<b>SMBR</b>		0,61	0,56	0,24
<b>Kleingoeft</b>		1,8	0,08	0,02

A Saint Martin, le temps consacré au travail du sol (dont le labour) est plus faible en Innovant, mais compensé par davantage de temps consacré à la fertilisation notamment organique (avec des stratégies de « gros colzas ») (Figure 6).



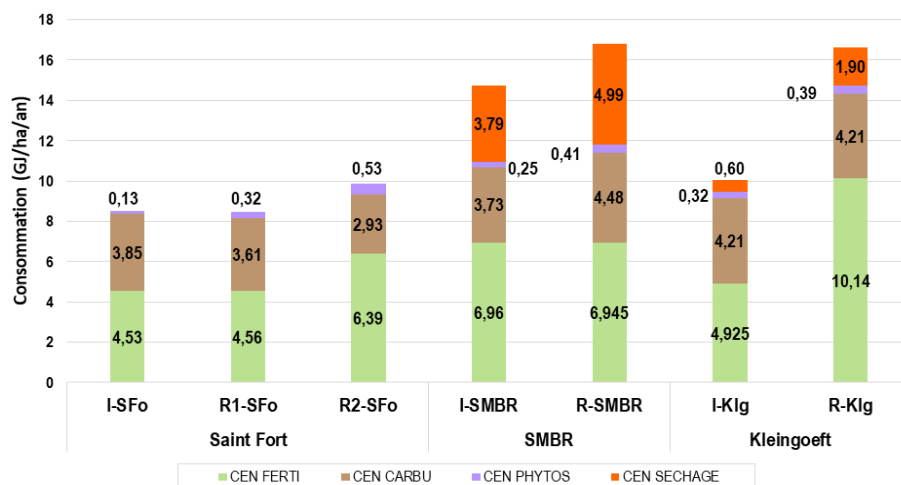
**Figure 6** : Temps de traction total (en h/ha/an) moyen sur les campagnes suivies, par système de culture, et répartition par poste.

A Kleingoeft, le temps gagné sur le travail du sol et la fertilisation est réalloué à la gestion de la luzerne.

A Saint Fort, il n'y a pas de compensation de temps de traction : l'introduction du labour et surtout l'intensification du travail du sol et le recours au désherbage mécanique font augmenter le temps de traction, sans diminution du temps alloué à d'autres chantiers (un peu la lutte chimique, mais ce sont des opérations rapides). Le temps de traction par hectare et par an reste cependant plus faible que les deux autres sites.

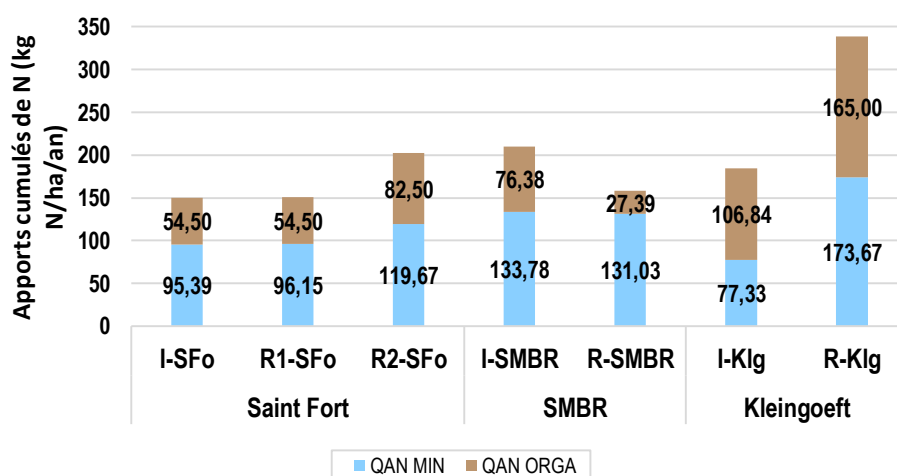
Les différences de stratégies de gestion entre système Innovant et Référence conduisent à des différences de répartition du temps de traction sur l'année mais sans poser de réel problème de pics de travail. A Saint Martin, le temps de traction est faible en juin et septembre, permettant de libérer du temps pour l'atelier vigne.

La consommation d'énergie fossile totale est plus faible dans les systèmes innovants (Figure 7). Le gain est plus important à Kleingoefft.



**Figure 7** : Consommation énergétique directe et indirecte (en GJ/ha/an) moyenne sur les campagnes suivies, par système de culture, et répartition par poste.

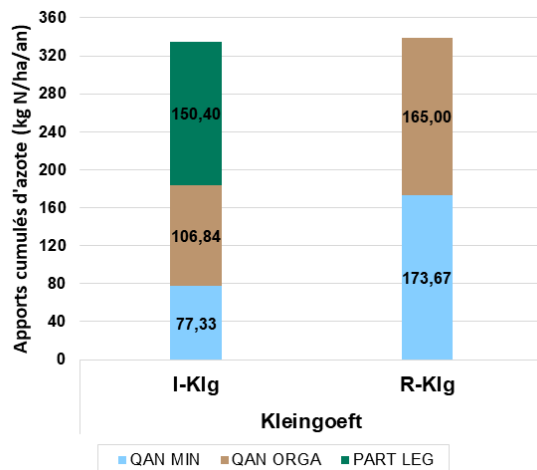
A Kleingoefft la différence entre Innovant et Référence est très importante, essentiellement grâce à une fertilisation azotée minérale moindre (Figure 8), possible grâce à l'introduction de légumineuses (luzerne, méteil récolté) qui ne reçoivent pas d'engrais minéral azoté et qui apportent de l'azote aux cultures qui suivent. Pour évaluer la fixation symbiotique de la luzerne et du méteil, nous avons utilisé la formule proposée par Anglade et al. (2015). Les quantités d'azote fixé sont dans le Tableau 6 et dans la Figure 9. L'introduction d'azote dans le système par la fixation permet de diminuer exactement d'autant les fertilisations organiques et minérales (en kg N total/ha/an). La quantité d'azote total apportée à Kleingoefft, en Innovant comme en Référence, est plus élevée qu'à Saint Fort et Saint Martin. La productivité (estimée à partir de l'indicateur produit énergétique) est également plus élevée. Cependant des économies d'apport d'azote, notamment minéral (donc de consommation d'énergie) sont sans doute encore possibles. Les agriculteurs du système de culture innovant hésitent à diminuer les quantités d'engrais azoté, car ils pensent qu'en non labour, il faut davantage apporter d'engrais azoté. Une conséquence peut être de favoriser des adventices nitrophiles comme les pissenlits.



**Figure 8** : Apports cumulés de N (en kg N/ha/an) sous formes minérale (en bleu) et organique (en brun), moyens sur l'ensemble des campagnes suivies, par système de culture.

**Tableau 6** : Calcul de la part d'azote issu de la fixation symbiotique sur le système innovant de Kleingoeft

Culture	Rendement (tMS/ha)	Fixation (kg/ha/an)
Luzerne 1	10,26	441,34
Luzerne 2	13,23	573,12
Luzerne 3	7,22	306,45
Méteil (pois)	0,80	32,69

**Figure 9** : Apports cumulés de N (en kg N/ha/an) sous formes minérale (en bleu) et organique (en brun), ou bien encore fixées de l'air (en vert), moyens sur l'ensemble des campagnes suivies, par système de culture

A Kleingoeft, un gain d'énergie provient aussi de l'économie de séchage du maïs grain, car sa part dans la succession culturale diminue. A noter que la consommation de carburant est la même, l'économie sur le labour étant compensée par la dépense pour les nombreuses opérations de récolte de la luzerne (fauche, andainage, fanage, pressage, 4 fois par an).

A Saint Martin, le gain entre Référence et Innovant est moindre qu'à Kleingoeft et se fait sur le moindre travail du sol et sur une proportion de maïs plus faible dans la succession culturale (donc une moindre consommation pour le séchage de la récolte à l'échelle du système). L'énergie liée à la fertilisation est la même, les quantités d'engrais minéraux azotés étant équivalentes. La fertilisation minérale du blé augmente même de 20%, mais le recours à davantage d'effluents organiques sur maïs et colza compense.

A Saint Fort, la différence de consommation énergétique est faible entre système Innovant et système de Référence local dominant car le gain sur la fertilisation minérale est compensé en partie par davantage de fioul pour le travail du sol.

**L'efficacité énergétique** est améliorée à Kleingoeft, dégradée à Saint Fort et reste la même à Saint Martin.

## Conclusion

Les systèmes innovants testés en expérimentation sont plus économes en produits phytosanitaires que leur système de référence et atteignent pour certains d'entre eux les objectifs Ecophyto : - 50% par rapport à l'IFT du système de Référence local dominant à St Fort et Kleingoeft, et - 22% à Saint Martin Belle Roche. La diminution de l'IFT total est permise en grande partie par la diminution de l'IFT HH (55 à 80% plus faible en Innovant), notamment l'IFT fongicide diminue systématiquement et les régulateurs disparaissent quasi totalement. L'IFT H est plus faible en Innovant qu'en Référence. L'écart est important à St Fort (-65% par rapport au système local dominant, -36% par rapport au système de

Référence site) et à St Martin (-36%) et faible à Kleingoefft (-12%). Cette économie en produits phytosanitaire se traduit également par des risques d'exposition toxique de l'agriculteur plus faibles et des risques de transfert de substances actives vers l'environnement plus faibles que leurs systèmes de référence. Par ailleurs, ils ont des marges semi-nettes plus élevées que leur système de référence à St Martin, plutôt plus élevées à Kleingoefft et plutôt plus faibles à St Fort.

Deux voies ont été empruntées pour obtenir ces résultats positifs sur les herbicides et la rentabilité : à Saint Fort et Saint Martin, une diversification moyenne de la succession Maïs-Blé combinée à un travail du sol intensif, et, à Kleingoefft, peu de travail du sol associé à une couverture du sol et combinés à une diversification importante de la succession culturale. Dans les deux voies explorées pour maîtriser les adventices, on retrouve des objectifs communs (créer des conditions peu favorables à la germination des adventices en culture, rendre la culture compétitive vis-à-vis des adventices, détruire les adventices en culture), mais une mobilisation de leviers différents pour les atteindre. A Saint Fort et Saint Martin, l'objectif de faire germer les adventices en interculture pour les détruire est également présent, contrairement à Kleingoefft.

Les niveaux de maîtrise de la flore adventice des parcelles qui en résultent sont satisfaisants à Saint Martin, moyennement satisfaisants à Saint Fort et insatisfaisants à Kleingoefft. De l'analyse agronomique des réussites et des échecs de la maîtrise des adventices, on peut tirer des enseignements.

Une clé de réussite de la stratégie « faible travail du sol avec couverture du sol et diversification élevée des dates de semis » est la bonne implantation des couverts (pluriannuels fauchés ou en interculture) et le maintien d'un peuplement dense et homogène. Pour ce faire, il ne faut pas chercher à faire des économies sur la qualité du semis, sur la fertilisation, ne pas sur-faucher, mélanger les espèces semées pour être plus robuste face aux aléas climatiques. Par ailleurs, une destruction exclusivement chimique d'un couvert pluriannuel est à proscrire si l'on cherche à utiliser peu d'herbicide, il faut introduire de la lutte physique en travaillant le sol (scalpage, déchaumage...).

Une clé de réussite de la stratégie « travail du sol intensif et diversification moyenne des dates de semis » est de multiplier les différents types de travail du sol en interculture, avant semis et en culture (dans toutes les cultures), d'intervenir au bon moment pour une bonne efficacité (notamment désherbage mécanique). Alternner les stratégies n'est pas forcément pertinent : par exemple réaliser un semis direct dans un couvert gélif pose problème dans un système conduit majoritairement avec un travail du sol intensif.

Une condition de réussite plus générique est de veiller (1) à choisir des leviers ayant des objectifs différents, pour que les adventices soient maîtrisées selon plusieurs modes d'action simultanément et (2) à choisir au moins deux leviers différents par objectif, de façon à limiter l'échec si un levier ne marche pas une année, ce qui est courant. Pour ce faire il est essentiel de comprendre le mode de fonctionnement des leviers/techniques sur la biologie des adventices.

## **Remerciements :**

Aux agriculteurs qui ont conduit les systèmes de culture : Jacques Adloff, Thierry Willem, Didier Vermeil.

A l'équipe d'animation du réseau expérimental du RMT Systèmes de culture innovants : Clotilde Toqué, Raymond Reau, Stéphane Cadoux, Sébastien Minette, Christophe Vivier.

Aux financeurs des trois essais et de la mise en commun des méthodes et résultats : Région Grand Est, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, FEADER, Conseil Départemental de Saône-et-Loire, Région Bourgogne – Franche-Comté, Cas Dar (PRDAR Bourgogne – Franche-Comté).



Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto ,  
Cas Dar pour l'animation du RMT Systèmes de culture innovants.

### Références bibliographiques

Anglade J., Billen G., Garnier J., Makridis T., Puech T., Tittel C., 2015. Nitrogen soil surface balance of organic vs conventional cash crop farming in the Seine watershed. *Agricultural Systems*, 139, 82–92

Craheix D., Angevin F., Bergez J.-E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Sadok W., Doré T., 2011. MASC 2.0, Un outil pour l'analyse de la contribution des systèmes de culture au développement durable. Jeu complet de fiches critères de MASC 2.0. INRA - AgroParisTech-GIS GC-HP2E, 133p.

Deytieux V., 2017. Performances de prototypes de systèmes de grandes cultures: Analyse d'un réseau expérimental. Thèse de doctorat de l'Université de Bourgogne Franche-Comté. 298pp.

Hirschy M., Ravier C., Lorin M., Reau R., 2015. CRITER 5.4, un outil de caractérisation des performances de systèmes de culture, manuel d'utilisateur, INRA, 139 p.

Massot P., Deytieux V., Fonteny C., Schaub A., Toqué C., Pagès B., Dubois B., Hirschy M., Petit M.S., 2016. Des scénarios de prix pour évaluer les performances économiques des systèmes de culture, Colloque « Systèmes de culture innovants : concevoir, former, accompagner », Poster, Paris, Mai 2016.

Schaub A., Toupet A.L., Deytieux V., Toqué C., Petit M.S., Cadoux S., Minette S., Vivier C., Geloën M., Massot P., Fonteny C., Reau R., 2016. Décrire un système de culture expérimenté, pour aider à son pilotage, faciliter son analyse et communiquer. Guide méthodologique du réseau expérimental du Réseau Mixte Technologique « Systèmes de culture innovants », Mai 2016, 68 pages.

**Annexe 1 : Récapitulatif de description des systèmes de culture expérimentés**

 Niveau de pression bioagresseurs : **Fort** – **Moyen** – **Faible** – **Absent**

	Site :	Saint Fort (53)	Saint Martin Belle Roche (71)	Kleingoeft (67)
Situation de production	Climat	Océanique Précipitations (moy. annuelle) : 720mm ; déficit hydrique de mai à septembre. Température moyenne : 12°C	Semi-continentale Précipitations (moy. annuelle) : 821 mm Température moyenne : 11°C	Semi-continentale Précipitations (moy. annuelle) : 627 mm Température moyenne : 10°C
	Type de sol	Limons sableux sur schistes, 40-50cm de profondeur. RU : 75 mm ; MO : 1,9% ; pH : 5,9	Limono-argileux à limons battants RU : 120 mm ; MO : 1,6-2% ; pH : 6-7,3	Argilo-limoneux calcaire à calcique sur loess. RU : 140mm ; MO : 3% ; pH : 7,9
	Pression maladies	Septoriose, sclérotinia, rouille brune, rouille jaune, piétin verse, fusariose de l'épi, piétin échaudage.	Septoriose, rouille (brune), fusariose de l'épi (blé), sclérotinia, piétin verse.	Fusariose de l'épi, Septoriose Fusariose (maïs), Helminthosporiose, rouille, Rhynchosporiose.
	Pression ravageurs	Limaces, altises, charançons, pyrales, taupins.	Charançon, méligèthes, pucerons (blé), altises, corbeaux (maïs), pyrale, limaces.	Pyrales, limaces, mulots, Méligèthes, puerons, altises, charançons.
	Pression adventices	Vulpie, matricaires, brome, folle avoine, pâturin annuel, gaillet gratteron, véronique à feuille de lierre, renouée liseron, renouée des oiseaux.	Chénopode blanc, graminées estivales, matricaire fausse camomille, véronique des champs, liseron des champs.	Digitaire sanguine, panic pied-de-coq, liseron des champs, véronique de perse, mouron des oiseaux, chénopode blanc, rumex crépu, ray-grass d'Italie, lamier pourpre, laiteron rude
	Contexte socio- économique	Forte dominance de l'élevage : besoin en fourrage et paille, valorisation des effluents.	Exploitations majoritairement en polyculture élevage, souvent présence de vigne. Les filières pour les protéagineux et les céréales secondaires sont peu développées.	Prédominance de la filière maïs grain. Débuchés pour les céréales à paille, les betteraves sucrières, le tournesol.
	Système de référence	Référence site (R1) : Colza – Blé tendre – CV – Maïs ensilage – Blé tendre Référence local dominant (R2) : Maïs ensilage – Blé tendre	Référence local dominant : Maïs grain – Blé tendre	Référence local dominant : Maïs grain – Maïs ensilage - Blé tendre
Objectifs du système de culture	Objectifs visés	Par rapport au système de référence testé sur le site R1 : <ul style="list-style-type: none"><li>- Réduction de 50% de l'IFT.</li><li>- Maintien de la rentabilité.</li><li>- Maintien du temps de travail.</li></ul>	Par rapport au système de référence « local dominant » : <ul style="list-style-type: none"><li>- Réduction de 50% IFT.</li><li>- Maintien de la marge semi- nette.</li></ul> Pas de concurrence entre chantiers cultures/ vigne (fin mai/juin et vendanges).	Par rapport au système de référence « local dominant » : <ul style="list-style-type: none"><li>- Réduction de 50% IFT.</li><li>- Coût de production de la ration alimentaire de la vache laitière plus faible</li><li>- Rentabilité cumulée des ateliers lait et cultures de vente supérieure.</li></ul> Risque de transfert vers les eaux superficielles I-Phy-esup > 7 chaque campagne. Stockage positif de carbone dans le sol.
	Etats agronomiques visés	Adventices : pas de mauvaises herbes qui dépassent ou étouffent les cultures pour éviter les dommages de rendement et le salissement des parcelles à long terme. Maladies: limiter le développement de la septoriose et des rouilles sur blé et le sclérotinia sur colza. Ravageurs : sur blé éviter les dégâts de limaces et de pucerons. Sur colza éviter les dégâts de limaces et de charançons.	Maintien des rendements. Réduire les risques sanitaires (mycotoxines). Pas d'explosion du peuplement d'adventices (nb/plants /m2 et en nb espèces).	Peu de dégâts d'adventices, même sans dommage de rendement : <ul style="list-style-type: none"><li>- maïs : pas de "vert" à la récolte (panic, liseron), peu de chénopodes et renouées en juin.</li><li>- couverts : peu de graminées estivales.</li><li>- luzerne : pas d'adventices au- dessus, pas de rumex.</li><li>- colza : pas de repousses de céréales</li></ul> Pas de dommages de rendement imputables à des ravageurs ou maladies. Porosité verticale du sol améliorée au fil du temps.

Succession culturale		Colza – CV – Blé tendre – CV – Maïs ensilage – Blé tendre	Blé tendre – Colza – Blé tendre – CIPAN – Maïs grain (x2)	Luzerne (x3) – Maïs E – Colza – (repousses) Blé h – (dérobée) Maïs G – (méteil dérobé) Maïs E – Orge h
Stratégies de gestion des bioagresseurs	Gestion adventices	<p>Contrôle culturel par action sur le stock semencier : 3 périodes de semis pour déspecialiser la flore, labour exceptionnel pour empêcher la germination, faux-semis pour faire germer et détruire derrière, ramassage des menues pailles, semis direct du blé dans un couvert gélif vivant pour étouffer les adventices et éviter les montées à graines.</p> <p>Contrôle culturel par atténuation (favoriser une culture compétitive) : matière organique sur colza, semis précoce du colza.</p> <p>Contrôle culturel par évitement des dates de levées des adventices : semis tardif du blé.</p> <p>Lutte physique : binage, travail superficiel, labour exceptionnel.</p> <p>Lutte chimique.</p>	<p>Contrôle culturel par action sur le stock semencier : 3 périodes de semis pour déspecialiser la flore, labour fréquent pour empêcher la germination, faux-semis pour faire germer et détruire derrière.</p> <p>Contrôle culturel par atténuation (favoriser une culture compétitive) : semis du maïs en sol réchauffé.</p> <p>Contrôle culturel par évitement des dates de levées des adventices : semis tardif du blé.</p> <p>Lutte physique : travail superficiel, labour fréquent.</p> <p>Lutte chimique.</p>	<p>Contrôle culturel par action sur le stock semencier : 4 périodes de semis pour déspecialiser la flore, luzerne et couverts systématiques combinés à du semis direct quand c'est possible pour étouffer les adventices et éviter les montées à graines.</p> <p>Contrôle culturel par atténuation (favoriser une culture compétitive) : matière organique, engrais starter, interrangs serrés.</p> <p>Lutte physique : rare travail superficiel, fauche des adventices avec la luzerne.</p> <p>Lutte chimique.</p>
	Gestion des maladies et de la verse	<p>Mélange variétaux en blé, variétés peu sensibles.</p> <p>Augmentation des seuils d'intervention.</p>	<p>Mélange variétaux en blé, variétés peu sensibles.</p> <p>Limitation des blés de maïs, et labour avant blé (fusariose)</p>	<p>Rotation diversifiée, avec temps de retour espacé.</p> <p>Variétés peu sensibles aux maladies et à la verse.</p> <p>Pas de blé de maïs grain (fusariose).</p>
	Gestion des ravageurs	<p>Mélange avec une variété à floraison précoce (colza)</p> <p>Augmentation des seuils d'intervention.</p>	<p>Mélange avec une variété à floraison précoce (colza)</p> <p>Augmentation des seuils d'intervention.</p> <p>Matières organiques sur colza (gros colzas)</p>	<p>10% variété très précoce en colza (méligèthes).</p>
Autres éléments structurants	Caractéristiques	<p>Lien à l'élevage : exportation des pailles, valorisation des effluents d'élevage</p>	<p>Lien à l'élevage : valorisation des effluents d'élevage</p> <p>Egalement utilisation d'effluents organiques d'origine industrielle.</p>	<p>Lien fort avec l'élevage laitier : production de fourrage (luzerne, couverts dérobés), exportation des pailles de céréales, apport de lisier, pas de disponibilité pour du désherbage mécanique.</p> <p>Succession construite aussi pour valoriser l'azote : introduction de légumineuses, cultures à forte absorption après légumineuse, pas de sol nu en hiver.</p>
	Contraintes choisies	<p>Pas d'utilisation de glyphosate, ni d'urée substituée, ni de méthaldéhyde.</p>	<p>Pas de régulateur, pas d'insecticides sauf sur colza où ils sont limités.</p> <p>Limitation du glyphosate.</p>	<p>Pas de labour (semis direct si possible, décompactage ou déchaumage si nécessaire, strip-till avant maïs).</p>

**Annexe 2 : Synthèse des états agronomiques de maîtrise des bioagresseurs pour chaque système de culture innovant, sur la durée de suivi des expérimentations.**

	<b>Adventices</b>	<b>Maladies</b>	<b>Ravageurs</b>
<b>Saint Fort</b>	<p>Binage en maïs a permis de maîtriser les adventices.</p> <p>Binage du colza pas toujours efficace (salissement en matricaires) : conditions automnales souvent peu adaptées.</p> <p>Le semis direct du blé dans un couvert vivant a entraîné un salissement important (vulpie), maîtrisé par un labour avant maïs.</p>	<p>Maîtrise de la rouille et de la septoriose sur blé.</p>	<p>Dégâts importants de charançons sur colza, maîtrise des limaces et méligèthes.</p>
<b>Saint Martin Belle Roche</b>	<p>Parcelles propres jusqu'en 2015 (certaines impasses ont pu être réalisées sur blé et maïs, en colza désherbage des tours de parcelle uniquement).</p> <p>Bonne maîtrise des liserons (qui restent à surveiller toutefois).</p> <p>A l'automne 2016, explosion non expliquée des populations de Ray-Grass sur l'une des 4 parcelles du système (plus de 200RG/m<sup>2</sup>).</p>	<p>Pas de verse malgré une situation à fort potentiel et des apports organiques conséquents.</p>	<p>Pas de problèmes majeurs de ravageurs.</p>
<b>Kleingoeft</b>	<p>Apparition de rumex sur luzerne en provenance du lisier (maîtrisé par un traitement), salissement avec du ray-grass provenant de la faucheuse. Le développement hétérogène de la luzerne a entraîné un salissement d'une des deux parcelles (chardons, véroniques, mourrons, pissenlits).</p> <p>Développement de ray-grass dans le colza et le maïs ensilage.</p> <p>Levées de panics dans le méteil et le maïs grain.</p>	<p>Maîtrise satisfaisante</p>	<p>Maîtrise satisfaisante</p>

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

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 », la date de sa publication, son URL ou son DOI)