



HAL
open science

SGC Bretagne - Expérimenter et évaluer des systèmes de grandes cultures économes en intrants phytosanitaires (de l'intégré au biologique).

P. Cotinet, A. Dupont, Jean-Luc Giteau, Jeanne Pourias

► To cite this version:

P. Cotinet, A. Dupont, Jean-Luc Giteau, Jeanne Pourias. SGC Bretagne - Expérimenter et évaluer des systèmes de grandes cultures économes en intrants phytosanitaires (de l'intégré au biologique).. Innovations Agronomiques, 2019, 76, pp.205-217. 10.15454/r5otdm . hal-02482201

HAL Id: hal-02482201

<https://hal.science/hal-02482201v1>

Submitted on 17 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

SGC Bretagne - Expérimenter et évaluer des systèmes de grandes cultures économes en intrants phytosanitaires (de l'intégré au biologique)

Cotinet P.¹, Dupont A.², Giteau J-L.³, Pourias J.⁴

¹ CRA de Bretagne, Station expérimentale de Kerguéhennec, F-56500 Bignan

² CRA de Bretagne, Parc d'activités de Runanzit, BP 60419, F-22970 Ploumagoar Cedex

³ CRA de Bretagne, 4, av. du Chalutier Sans Pitié, BP 10540, F-22195 Plérin Cedex

⁴ CRA de Bretagne, avenue du Général Borgnis Desbordes, CS 62398, F-56009 Vannes Cedex

Correspondance : patrice.cotinet@bretagne.chambagri.fr

Résumé

Dans le cadre du projet « SGC Bretagne », trois systèmes de culture innovants, sans culture fourragère pluriannuelle et conçus pour répondre aux besoins des filières d'élevage, ont été conduits durant 6 ans et évalués. La conception de ces trois systèmes s'est appuyée sur le cadre « ESR – Efficience, Substitution, Re-conception » : deux systèmes conventionnels s'appuyaient l'un sur la recherche d'efficience dans l'utilisation des produits phytosanitaires, l'autre sur les méthodes de reconception des systèmes de culture ; le troisième était en agriculture biologique. L'évaluation pluri-critères de ces systèmes de culture met en évidence la possibilité de diminuer le recours aux produits phytosanitaires tout en maintenant la rentabilité et sans augmenter la charge de travail. Les systèmes de culture testés ne pénalisent pas les marges semi-nettes par rapport à la référence utilisée : elles sont équivalentes ou meilleures. La diminution de l'IFT est proche de l'objectif fixé à -50%, avec une réduction de 44% pour les systèmes ayant recours aux produits phytosanitaires, limitée par la dépendance aux herbicides pour la maîtrise des vivaces en interculture. Un autre résultat de l'expérimentation est que la diversification des systèmes de culture limite les variations économiques entre années, avec des compensations qui se font d'une culture à l'autre au sein de l'assolement.

Mots clés : Système de culture, IFT, Levier agronomique, Evaluation pluri-critères

Abstract : SGC Bretagne – Experimenting and evaluating low-input cropping systems in Brittany (from integrated to organic)

As part of the "SGC Bretagne" project, three innovative cropping systems, including no forage crops and designed to meet the needs of cattle breeding, were experimented for 5 years and evaluated. The design of these three systems was based on the "ESR - Efficiency, Substitution, Re-design" framework: two conventional systems were based, one on the search for efficiency in the use of phytosanitary products, the other on the methods of cropping systems re-design; the third was designed according to organic farming principles. The evaluation of these cropping systems highlights the possibility of reducing the use of phytosanitary products while maintaining profitability and workload. The cropping systems evaluated did not penalize the semi-net margins compared to the reference used: they are equivalent or better. The decrease in IFT is close to the target of -50%, with a reduction of 44% for systems using phytosanitary products, limited by herbicide dependence for the control of perennials in intercropping. Another result of the experiment is that the diversification of cropping systems limits economic variations between years, thanks to offsets from one crop to another within the rotation.

Keywords: Cropping systems, IFT, Agronomical levers, Assessment

Introduction : contexte et enjeux

Dans un contexte national marqué par de fortes attentes sociétales en matière de réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires et de leurs impacts sur les écosystèmes, la Bretagne occupe une place particulière du fait de son réseau hydrographique très dense et particulièrement vulnérable aux pollutions. En Bretagne, les eaux superficielles fournissent 75% de l'eau potable (SIGES Bretagne, 2019). Or, la majorité des rivières suivies est concernée par une contamination par les produits phytosanitaires ; en 2015, 158 molécules ont été quantifiées dans les 10 rivières suivies par le réseau CORPEP (DREAL Bretagne, 2017). Sur ce territoire d'élevage, les grandes cultures occupent une place importante pour l'alimentation du cheptel. Le maïs fourrage représente ainsi deux tiers des superficies fourragères annuelles en Bretagne. Les deux cultures majoritaires en Bretagne sont le maïs (grain et fourrage) et les céréales qui représentent respectivement 25 % et 26 % de la SAU (Agreste Bretagne, 2017).

Il a été mis en évidence que les systèmes de culture sans cultures fourragères pluriannuelles sont plus exposés à la prolifération des maladies, des ravageurs et des adventices, car ils reposent sur des rotations courtes. Ils ont des marges de progrès estimées importantes, notamment en termes de réduction d'usage de produits phytosanitaires dans les systèmes conventionnels (Butault et al., 2010).

Par ailleurs, en agriculture biologique, 20% des fermes ont pour activité dominante soit les grandes cultures, soit l'élevage de monogastriques (FRAB, 2018). Or, pour les régions Bretagne et Pays de la Loire, le déficit entre la production et la consommation de céréales et de protéagineux est élevé. En effet, dans le cas des protéagineux, ce chiffre s'élève à 7 544 t de matière azotée totale (Lubac et al., 2014).

Dans le cadre du projet « **SGC Bretagne** - Expérimenter et évaluer des Systèmes Grandes Cultures économes en intrants (*de l'intégré au biologique*) en Bretagne », trois systèmes de culture innovants, sans cultures fourragères pluriannuelles et conçus pour répondre aux besoins des filières d'élevage ont été conduits durant 6 ans et évalués. Cet article présente les résultats de l'évaluation pluri-critères de ces systèmes de culture innovants.

1. Matériel et méthodes

1.1 Sites expérimentaux

Les sites de Crécom et de Kerguéhennec se situent dans deux contextes agro-climatiques différents, le premier étant en zone très tardive et le second en zone précoce. Les sols des deux sites sont de texture limono-sableuse. Les potentiels agronomiques sont plus élevés à Kerguéhennec qu'à Crécom, où les sols sont plus superficiels (Tableau 1).

1.2 Systèmes de culture testés et leviers mobilisés

Les systèmes de culture testés ont été construits en mobilisant les méthodes de reconception des systèmes de culture (Reau et al., 2012). Les rotations de ces systèmes ont été allongées et diversifiées par rapport au système de référence. Les principales caractéristiques des systèmes et les leviers mobilisés sont présentés dans le Tableau 2.

Le système de référence, non testé en station expérimentale, correspond à une rotation « maïs grain - blé (CIPAN) ». Elaboré à dire d'experts, à partir de références portant sur les pratiques bretonnes dominantes (travail du sol, fertilisation, protection des cultures, rendement), il se veut représentatif des pratiques des agriculteurs bretons.

Tableau 1 : Description des trois sites du projet

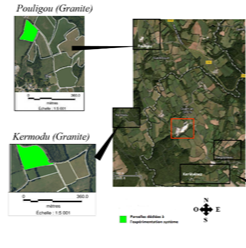
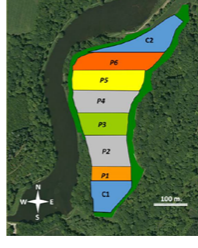
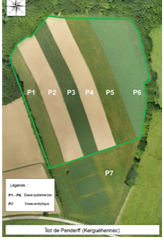
Site	Système de référence BRETAGNE	Crécom intégré (Ci) Côtes d'armor (22)	Kerguéhennec intégré (Ki) Bignan (56)	Kerguéhennec AB (KAB) Bignan (56)
Dispositif	Système théorique : - enquêtes AGRESTE pour les rendements - "à dire d'experts" pour les itinéraires techniques			
Climat		Climat océanique Température moy annuelle : 10.8 °C Pluvio moyenne annuelle : 1145 mm Zone très tardive	Climat océanique Température moy annuelle : 11.7 °C Pluvio moyenne annuelle : 992 mm Zone très précoce	Climat océanique Température moy annuelle : 11.7 °C Pluvio moyenne annuelle : 992 mm Zone très précoce
Sol		Limono sableux	Limono sableux	Limono sableux
Potentiel de rendement	Blé conventionnel : 75 q/ha (moyenne régionale sur la période d'essai)	Blé conventionnel : 70 q/ha	Blé conventionnel : 90 q/ha	Blé conventionnel : 75 q/ha (estimation)
Flore adventice		Annuelles : folle avoine, gaillet, fumeterre, véronique Vivaces : rumex, chardon, laiteron	Annuelles : gaillet, véronique, folle avoine, pensée Vivaces : rumex, chardon, laiteron, liseron	Annuelles : vesce, matricaire, chénopode, renouée Vivaces : rumex, avoine à chapelets, laiteron
Maladies		Fusarioses, rouilles, septoriose, sclérotiniose, phoma	Septoriose, rouilles, botrytis, phoma, sclérotiniose	Septoriose, rouilles, botrytis
Ravageurs		Méligèthes, altises, limaces, charaçons des siliques, pucerons	Méligèthes, altises, limaces, charaçons des siliques, pucerons	Pucerons, bruches
Répétitions		Temporelles (tous les termes de la rotation chaque année)	Temporelles (tous les termes de la rotation chaque année)	Temporelles (tous les termes de la rotation chaque année)
Surfaces		Parcelles entières (de 1.3 à 3 ha)	Bandes (1 ha)	Bandes (0.6 à 1 ha)
Rotations	2 ans Maïs - Blé - Couvert long	4 ans Maïs - Blé - Colza - Couvert court - Triticale - Couvert long	6 ans Maïs - Blé - Couvert long - Féverole ptps - Couvert court - Blé - Colza - Couvert court - Triticale - Couvert long	6 ans Féverole ptps - Couvert court - Triticale - Couvert long - Maïs gr - Blé/féverole - Couvert long - Sarrasin - Triticale/pois f - Couvert long

Tableau 2 : Description des systèmes de culture testés (CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à Nitrate, OAD : Outil d'Aide à la Décision).

	SdC référence Bretagne	Crécom innovant (Ci)	Kerguéhennec innovant (Ki)	Kerguéhennec AB (KAB)
Stratégie d'évolution des système	Référence	Efficienc	Reconception	Reconception
Rotation	2 ans Maïs-blé	4 ans Maïs-blé-colza-couvert court-triticale-CIPAN	6 ans Maïs-blé-CIPAN-Féverole p-couvert court-blé-colza-couvert court-triticale-CIPAN	6 ans Féverole p-couvert court-triticale-CIPAN-maïs-blé/féverole-CIPAN-sarrasin-triticale/pois-CIPAN
Fréquence des apports matière organique	1 an / 2	Annuel	1 an / 3	1 an / 6
Labour	3 ans / 4	Annuel	1 an / 3	Annuel
Stratégies d'intercultures	-	Couvert et faux-semis	Couvert et stratégie d'étouffement	Couvert, faux-semis et étouffement
Densités et dates de semis	Classiques	Densités réduites (céréales et colza) Semis précoces (colza)	Densités réduites (céréales et colza) Semis précoces (colza)	Densités augmentées Semis tardifs
Gestion des pailles	Exportation	Exportation	Exportation	Restitution
Mélanges	-	Variétés (blé et colza)	Variétés (céréales et colza)	Variétés (triticale) Associations céréales-protéagineux
Désherbage mécanique	Non	Céréales et maïs	Colza, féverole et maïs	Toutes cultures
Stratégie d'utilisation des pesticides	Suivi des OAD régionaux	Suivi des OAD régionaux	Pas d'utilisation d'insecticide ou de molluscicide Suivi des OAD régionaux	Aucun produit

Pour les trois systèmes expérimentés (KAB, Ki, Ci), toutes les cultures étaient présentes chaque année.

1.3 Evaluation des performances des systèmes testés

A l'instar d'autres expérimentations visant à comparer entre eux et évaluer les performances de systèmes de culture innovants (Cadoux et al., 2018 ; Munier-Jolain et al., 2018 ; Pottiez et al., 2018), les indicateurs retenus pour évaluer la performance des systèmes de culture testés sont les suivants : marge semi-nette (pour le volet économique), indice de fréquence de traitement (pour le volet environnemental), charge de travail (pour le volet social).

Les deux systèmes de culture dits « innovants » ont été testés pour évaluer la faisabilité de concilier une réduction de 50% minimum de recours aux produits phytosanitaires et le maintien des conditions de travail et des résultats économiques sur les exploitations agricoles, comparativement à un système de référence (maïs-blé).

Le système de culture en agriculture biologique a été évalué sur sa capacité à produire des céréales et des protéagineux sans cultures pérennes dans la rotation, en améliorant les résultats économiques et sans augmenter le temps de travail (par rapport à la référence choisie dans le cadre de cette étude).

1.3.1 Evaluation des performances économiques

Pour chacun des systèmes testés, les composantes de la marge semi-nette (MSN) c'est-à-dire le produit brut (produit du rendement et du prix de vente), auxquelles sont soustraites les charges opérationnelles et les charges de mécanisation, ont été analysées.

Les prix des intrants et les prix de ventes des cultures sont des valeurs moyennes régionales pour la période 2012-2018. Les charges de mécanisation et les temps de travaux sont issus des barèmes de l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA), sur la base des matériels utilisés dans chacun des systèmes de culture pour une utilisation surfacique équivalente.

A noter que pour les systèmes intégrés, il était attendu que les produits bruts puissent être inférieurs à la référence. En effet, afin d'améliorer la marge semi-nette, deux stratégies opposées sont possibles :

- Rechercher une amélioration du produit (se traduisant par l'augmentation des rendements, les prix de vente étant volontairement fixés) sans que les charges n'augmentent dans la même proportion,
- Limiter les charges sans réduire fortement les rendements.

La première voie a déjà montré ses limites dans des contextes de prix moyens, voire faibles (les derniers quintaux étant les plus coûteux à produire en termes d'intrants) alors que la seconde stratégie a été éprouvée, à l'échelle de la culture, dans le cadre de travaux précédents portant sur les itinéraires à bas niveaux d'intrants (Bouchard et al., 2008). C'est donc cette deuxième stratégie qui a été mobilisée lors de la conception et de la conduite des systèmes de culture intégrés.

1.3.2 Evaluation des performances environnementales

Les indicateurs de performance environnementale des systèmes testés sont axés sur la diminution du recours aux produits phytosanitaires.

L'indicateur de fréquence de traitement (IFT) est un indicateur de suivi de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques. Il caractérise le recours aux produits phytosanitaires et estime ainsi l'intensité d'utilisation d'un traitement. Il est exprimé en nombre de doses homologuées de produits phytosanitaires épandus par hectare au cours d'une campagne culturale et se calcule de la manière suivante :

$$IFT \text{ moyen} = \sum_{n=1}^0 \left(\frac{\text{dose appliquée moyenne de produit } i \text{ (kg ou l/ha/an)}}{\text{dose homologuée moyenne de produit } i \text{ (kg ou l/ha/an)}} \right)$$

L'IFT total peut se décomposer en deux parties : l'IFT herbicide et l'IFT hors herbicide, qui témoigneront de la stratégie de désherbage et de lutte contre les ravageurs et les maladies. L'IFT hors herbicide correspond aux fongicides, insecticides foliaires et régulateurs. Dans notre étude ne sont pas pris en compte les adjuvants, les produits de biocontrôle et les traitements de semences.

Les IFT régionaux sont estimés à partir d'enquêtes reflétant les pratiques culturales à l'échelle régionale. L'objectif de réduction de 50% se situera par rapport à l'IFT Bretagne grandes cultures de 2008 qui est de 3,1.

La Quantité de Substances actives (QSA) est exprimée en kg/ha. Il s'agit d'un indicateur complémentaire de l'IFT qui permet d'estimer une pression de produits phytosanitaires en fonction de la quantité de substances actives apportée.

1.3.3 Evaluation des performances sociales

Le temps de travail représente le temps moyen par hectare et par an consacré à la conduite d'un système de culture. Il est défini à partir des performances par ha de chaque outil issu du barème d'entraide. Il ne prend en compte que la durée d'intervention au champ, le temps de trajet n'est pas intégré.

2. Résultats et discussion

Les résultats présentés ci-dessous se basent sur des comparaisons établies avec un système de référence régional (cf. Tableau 1), conçu pour être représentatif du système maïs-blé dominant en Bretagne. Les résultats des systèmes testés sont comparés à cette référence, bien qu'ils aient été obtenus dans des contextes pédo-climatiques différents.

2.1 Volet économique

Les deux systèmes intégrés (Ci, Ki) présentent des produits équivalents à la référence (cas de Ki : +3 % de la référence) ou moindre (cas de Ci : -7 % de la référence)(Figure 1).

Les charges opérationnelles sont, pour ces deux systèmes, fortement diminuées : -16% pour Ki et -25% pour Ci. Cette diminution s'explique, en blé par exemple, principalement par une réduction des charges de produits phytosanitaires (-44% pour Ki par rapport à la référence, -52% pour Ci). La baisse des charges en ammonitrate, quant à elle, est dépendante des potentiels de production visés : ceux-ci sont plus élevés à Kerguéhennec qu'à Crécom (Tableau 1), ce qui se traduit par une baisse de charge en ammonitrate respectivement de -2% et de -24%.

Dans le cas du système KAB, les prix de ventes plus importants dans les filières biologiques comparativement aux filières conventionnelles (+86% en triticale par exemple) compensent les baisses de rendement de certaines cultures. Les céréales d'automne sont les plus concernées, avec des baisses de rendements de 45% (triticale pur et associations). Les baisses de rendement des cultures de printemps, malgré la variabilité entre années, sont en moyenne moindres que pour les cultures d'automne (-17% en maïs par exemple). En conséquence, le produit moyen est plus élevé que celui du système de référence.

Dans le cas du système KAB, les charges opérationnelles sont uniquement constituées des coûts de semences. En effet, le choix est fait de travailler avec des semences certifiées (stabilité des

associations, absence de trieur) malgré leur coût élevé (conséquence d'un coût unitaire et de densités de semis élevés).

Au final, les coûts opérationnels des trois systèmes de culture sont proches et en moyenne de -20% par rapport à la référence.

Les charges de mécanisation de nos systèmes sont plus faibles que la référence : -6% de la référence pour Ki, -11% pour Ci et -14% pour KAB.

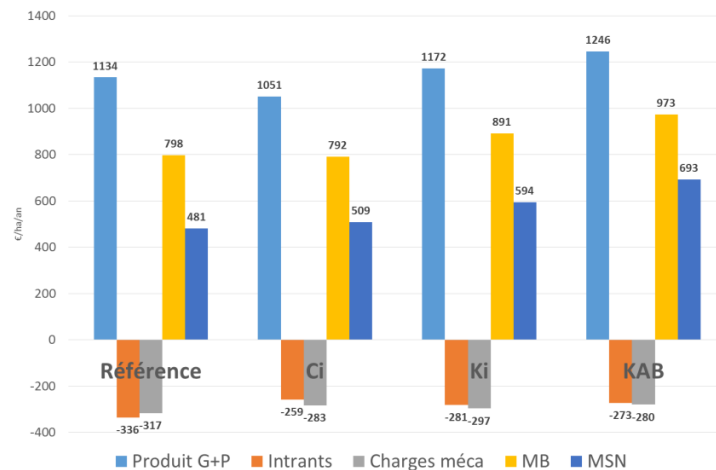


Figure 1 : Résultats économiques des 3 systèmes innovants et du système de référence (légende : Produit G+P : produits grains et paille ; Intrants : charges d'intrants ; Charges méca : charges de mécanisation ; MB : marge brute ; MSN : marge semi-nette)

Pour le système Ci, la différence ne se fait ni sur le blé, ni sur le maïs, pour lesquels les charges de mécanisation sont équivalentes entre systèmes. La réduction s'opère, en moyenne, à l'échelle de l'assolement, grâce au colza : les charges de mécanisation ne sont alors que de 217 €/ha, avec globalement moins de passages, notamment en préparation de sol. De plus, les apports de matières organiques faits annuellement sur ce site sont coûteux en mécanisation.

Pour le système Ki, au-delà de la fréquence de labour à la baisse par rapport à la référence, la réduction de la charge de mécanisation moyenne s'explique à la fois par le colza (269 €/ha) et par une moindre fréquence de la fertilisation organique. En effet, seuls les maïs et colza sont fertilisés par du compost de fumier de volailles (2 cultures sur 6, soit un coût moyen pour l'assolement de 4 €/ha/an) alors que le système de référence reçoit du lisier de porc sur le maïs (1 culture sur 2, soit 18 €/ha/an à l'échelle de l'assolement). Cependant, cette réduction est contrebalancée par les charges de mécanisation du maïs de Ki : 389€/ha/an (338 €/ha pour le système de référence). Cela s'explique par l'utilisation de désherbage mécanique (hersage et binage) coûtant 48 €/ha.

Enfin, pour le système KAB, la faible fréquence de fertilisation (1 apport tous les 6 ans) diminue fortement les CM. Cumulée à la réduction du nombre de passages en intrants, cette baisse compense largement le coût de désherbage mécanique, de 35 €/ha/an, toutes cultures confondues.

Au final, comme cela a déjà pu être observé dans d'autres contextes (Cadoux et al., 2018 ; Munier-Jolain et al., 2018), dans nos systèmes, les réductions de charges (intrants et mécanisation) viennent compenser d'éventuelles baisses de produits (cas de Ci) et permettent d'améliorer la MSN quand les produits sont équivalents (cas du système Ki) ou supérieurs (cas du système KAB). On observe ainsi un gradient au niveau de la marge semi-nette : Ci (+7%/référence) < Ki (+24%) < KAB (+44%).

Nos résultats, dans une approche globale (à l'échelle de la rotation) confortent donc de précédents résultats obtenus à l'échelle de la culture. En effet, l'« extensification » des pratiques culturales, passant

par la réduction des objectifs de rendement et une forte baisse des charges (opérationnelles et de mécanisation), aboutit à une amélioration de la marge semi-nette.

La baisse des charges opérationnelles se traduit aussi par une augmentation des charges de mécanisation. En effet, la diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires nécessite le recours à d'autres leviers techniques comme le déstockage de graines adventives (faux-semis), la gestion des vivaces (déchaumage estival), voire le désherbage mécanique en culture. Cependant, ce surcoût ne contrebalance pas la baisse de charges opérationnelles. Il faut toutefois noter le rôle important de la stratégie de fertilisation organique, dans nos systèmes de culture, qui va fortement influencer les CM.

Si ces résultats, à l'échelle de la rotation, sont intéressants, il reste néanmoins à analyser la variabilité de la marge semi-nette. En effet, du point de vue de l'agriculteur, le risque inhérent à cette variabilité peut se traduire par un manque de trésorerie une année donnée. En conséquence, cette analyse de la variabilité doit mettre en lumière, soit la fragilité, soit la résilience du système.

Les coefficients de variation de la marge semi-nette, à l'échelle de l'assolement et entre les années, sont les suivants : Référence : 16%, système Ci : 21%, système Ki : 12% et système KAB : 20%.

Le coefficient de variation de la référence est à relativiser. En effet, la référence étant calculée à partir de données de rendements régionales, ces chiffres sont lissés, au sein d'une même année et entre l'ensemble des exploitations. Les résultats de nos systèmes mettent en avant la stabilité du système Ki face au système Ci. Dans le cas du système Ci, c'est le triticale qui présente le plus de stabilité alors que le maïs participe le plus à la variabilité de la marge semi-nette. La rotation n'étant que de 4 termes, c'est donc un quart de l'assolement qui présente une variabilité élevée. Dans le cas du système Ki, ce sont principalement le colza et la féverole qui sont les plus variables, soit un tiers de l'assolement. Enfin, pour le système KAB, les 3 cultures de printemps sont les plus variables. La diversification de l'assolement permet dans une certaine mesure de compenser des à-coups de production de certaines cultures (système Ki vs système Ci). Cependant, dans le cas du système KAB, malgré une diversification de l'assolement supérieure aux autres systèmes, la variation de la marge semi-nette reste plus élevée que celle du système Ki et équivalente à celle du système Ci.

2.2 Volet environnemental

Sur la période étudiée de 2013 à 2018, l'IFT des quatre systèmes étudiés est inférieur à l'IFT Bretagne grandes cultures de 2008 qui est de 3,1 (Figure 2).

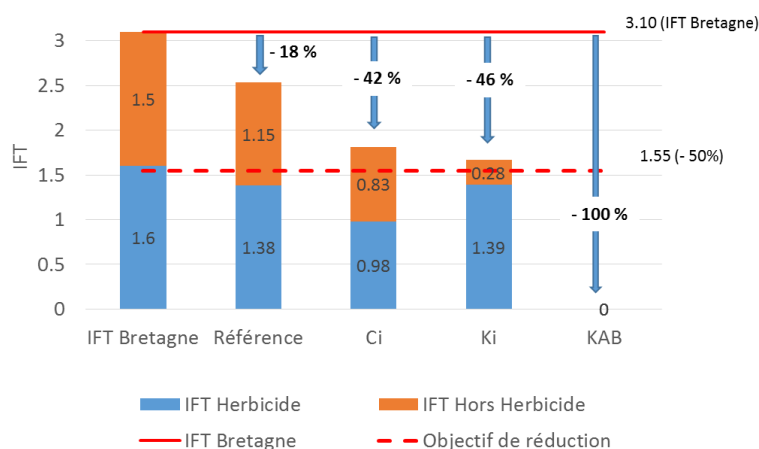


Figure 2 : IFT moyen hors biocontrôle sur la période 2013-2018

L'IFT du système de référence maïs-blé, qui correspond aux conseils actuellement diffusés par les différents réseaux de développement agricole, présente une réduction de 18%.

Pour les deux systèmes testés ayant recours aux produits phytosanitaires (Ci et Ki), la réduction est respectivement de 42 et de 46% pour les systèmes Ci et Ki. Pour le système Ci, la réduction est équilibrée entre l'IFT herbicide et l'IFT hors herbicide, tandis que, pour le système Ki, la réduction provient principalement de l'IFT hors herbicide.

En observant les données annuelles, nous constatons une variabilité qui peut être importante (Figure 3) et cela peut avoir un poids important sur la moyenne des 6 ans. Cette variabilité peut être liée à des pressions de bioagresseurs qui sont variables d'une année sur l'autre mais aussi à des changements de stratégies dans la gestion de ces bioagresseurs. L'objectif de réduction de 50% a été atteint 3 années sur 6 pour les deux systèmes Ki et Ci et l'évolution est favorable puisque l'objectif de réduction est plus souvent atteint les dernières années. Des changements de stratégies de protections phytosanitaires ont pu avoir lieu, notamment dans le cas du système Ci, où l'utilisation d'insecticide sur colza a été abandonnée à partir de 2016. A partir de 2015, les IFT herbicides du système Ki diminuent et se rapprochent de 1. Cette évolution s'explique par un changement dans la gestion des adventices notamment par rapport au travail du sol (augmentation de la fréquence de labour) ainsi que par le recours au désherbage localisé sur les cultures de maïs, colza et féverole. L'augmentation de l'IFT fongicide dans le système Ki à partir de 2016 est liée à l'introduction de fongicides sur colza et féverole afin de stabiliser les rendements. Depuis cette date, les rendements de ces deux cultures sont moins variables et les rendements du colza ont été systématiquement plus élevés avec une moyenne à 39 quintaux par hectare pour ces trois dernières années alors que sur la période précédente le meilleur rendement enregistré était de 33 quintaux par hectare.

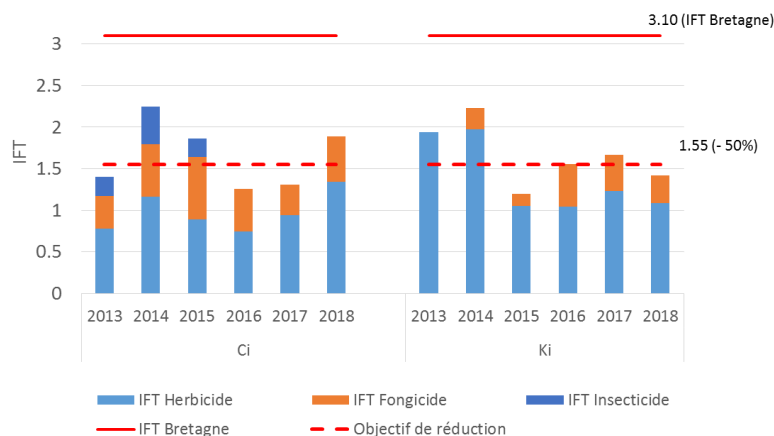


Figure 3 : Evolution des IFT hors biocontrôle sur les deux systèmes intégrés durant la période 2013-2018

Toutes les cultures de l'assolement n'ont pas le même IFT (Figure 4). Quel que soit le système, c'est la culture de maïs qui a l'IFT le plus faible. En effet, cette culture ne reçoit que des herbicides. De plus, la réduction du poste herbicide sur cette culture est techniquement assez aisée avec la possibilité d'utiliser du désherbage localisé sur le rang, soit au semis, soit au moment du binage avec une désherbineuse, ce qui permet une réduction de dose de 67% en comparaison à un désherbage en plein. L'utilisation de produits de post-levée permet également des réductions de doses importantes en comparaison aux traitements de prélevée qui sont utilisés trois années sur cinq dans le système de référence et qui rendent difficile la réduction de doses pour des raisons d'efficacité des produits.

Les blés dans les systèmes Ci et Ki ont respectivement une diminution de leur IFT de 56 et de 46%. En effet, ils n'ont pas recours à des régulateurs de croissance pour limiter le risque de verse. Dans les systèmes Ci et Ki, le risque de verse est géré de manière agronomique en diminuant les densités de semis, les apports précoces d'azote ainsi que par des choix de mélanges variétaux. Les blés dans les systèmes innovants ne reçoivent pas d'insecticides mais on retrouve l'utilisation d'insecticide sur la culture de colza dans le système Ci. En effet, le colza est une culture attractive pour les insectes ravageurs. L'utilisation d'insecticides sur ce système a été abandonnée en 2016. Les dégâts causés par

les éventuelles attaques sont acceptés mais généralement compensés par des colzas vigoureux et robustes obtenus par des semis précoces et fertilisés à l'implantation avec des déjections animales.

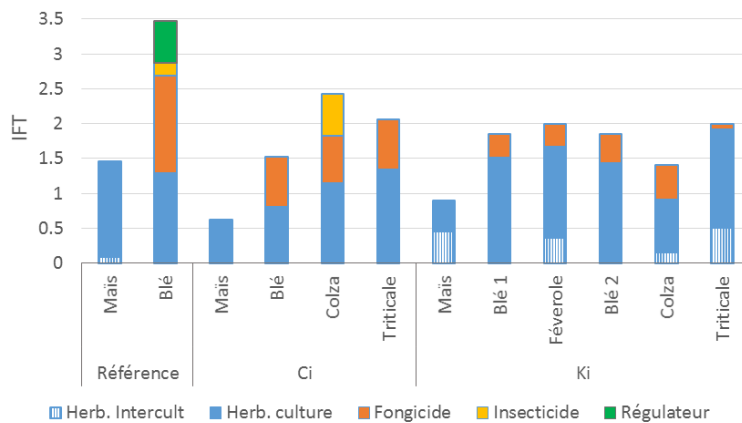


Figure 4 : Répartition des IFT hors biocontrôle en fonction des cultures des différents systèmes.

Concernant l'utilisation de fongicides, les blés des systèmes innovants sont en-dessous du blé du système de référence qui a une moyenne d'IFT de 1.39 ce qui correspond à 2.6 applications par campagne culturale. Le blé du système Ci obtient une diminution de son IFT par une réduction de la fréquence des apports qui passe à 1.8 applications par campagne culturale ainsi que par une réduction des doses d'apports, pour obtenir un IFT fongicide de 0.72. Concernant le triticale du système Ci, la fréquence d'apport est d'un traitement par an avec des doses proche de celle du blé. C'est le système de Ki qui présente les IFT fongicides les plus faibles. L'IFT fongicide pour le blé est en moyenne de 0.39 obtenu principalement par une réduction de la fréquence des traitements qui est de 0.75, soit un traitement réalisé trois années sur quatre. Cette réduction de la fréquence est obtenue par un rehaussement du seuil de traitement qui vise à protéger principalement les deux dernières feuilles de la céréale contre les trois dernières en système conventionnel. Pour le triticale, l'IFT fongicide est très faible puisque cette culture n'a reçu qu'un seul fongicide au cours des six années d'études.

Pour le poste herbicide, on constate un recours aux désherbages d'interculture pour le système Ki en lien avec les objectifs de ce système qui était également de réduire l'intensification du travail du sol. Le désherbage de l'interculture pour le système Ki représente 18% de l'IFT herbicide. Pour les deux systèmes innovants, la culture avec l'IFT herbicide le plus élevé est le triticale dont le caractère étouffant ne compense pas l'effet salissant de la culture précédente : le colza. En effet, les vivaces tels que les *Rumex sp* sont mal gérées dans le colza, ce qui nécessite un désherbage plus élevé sur la culture suivante.

La quantité de substance active (SA) est différente selon les trois systèmes comparés et varie de 0.87kg de SA/ha pour la référence à 0.32 et 0.47 kg de SA/ha pour les systèmes Ci et Ki, soit une réduction de matières actives de 63 et de 46% pour nos deux systèmes innovants. La suppression de l'usage du régulateur pour les blés permet de diminuer de 55% les substances actives sur cette culture (Figure 5). On constate que les insecticides représentent très peu, moins de 0.2% pour le colza du système Ci. Pour le système Ci, c'est l'herbicide du colza qui représente une part importante puisqu'à lui seul il représente 80% des herbicides et 52% de l'ensemble des matières actives utilisées sur le système. Cette quantité élevée provient de l'utilisation de désherbage de prélevée en plein. Ces produits agissant par action anti-germinative ont des concentrations élevées en substance active. Pour le système Ki, le recours aux désherbants dans l'interculture représente 48% des herbicides du système. La suppression de ces herbicides (dont le glyphosate) représente donc un enjeu important dans la réduction de l'usage des produits phytosanitaires. Le levier mis en avant, à partir de 2015, dans le système Ki a consisté à augmenter la fréquence du labour. Les cultures avec les QSA les plus importants sont celles utilisant des produits de prélevée à savoir le colza et la féverole. Même en

localisant les produits exclusivement sur le rang sur 50% de la surface, les doses restent plus importantes que pour les autres cultures. Le choix d'utiliser ces produits est lié au fait que peu de solutions de rattrapages existent sur ces deux cultures.

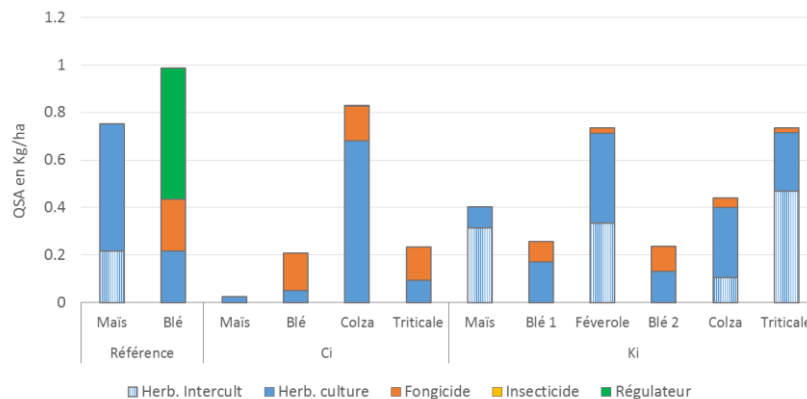


Figure 5 : Répartition des Quantités de Substance Active (QSA) en fonction des cultures des différents systèmes

2.3 Volet social

En moyenne, les systèmes innovants mis en place n'augmentent pas le temps de travail par rapport à la référence maïs-blé malgré la diversification de la rotation et l'ajout de techniques alternatives (Figure 6). En effet, le temps de travail moyen par ha des trois systèmes innovants est inférieur ou égal à la valeur de la référence qui est de 5.8 h/ha. Cependant, la variabilité interannuelle du temps de travail des systèmes innovants, montre que certaines années ce temps de travail au champ peut-être plus élevé.

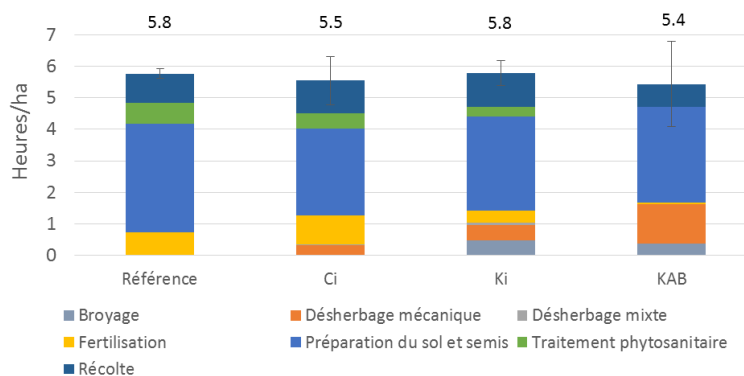


Figure 6 : Temps de travail moyen (heures/ha) pour chacun des systèmes en fonction des différents postes sur la période 2013-2018, la barre d'erreur correspond à l'écart-type tous postes confondus.

Au niveau de la répartition du temps de travail, le poste préparation du sol et semis est le plus important pour l'ensemble des systèmes puisqu'il occupe à lui seul de 50 à 60% du temps de travail.

Toutefois, des différences sont observables entre les systèmes. Le temps consacré au désherbage mécanique, qui atteint jusque 23% du temps pour le système KAB, est compensé par une diminution du temps alloué aux traitements phytosanitaires et à la fertilisation. Le système Ci se distingue par un temps de travail plus conséquent pour la fertilisation dû aux apports organiques réalisés pour toutes les cultures de la rotation. Le système KAB a la pression organique la plus faible avec un apport tous les six ans, tandis que le système de Ki utilise un compost une année sur trois. Les systèmes Ki et KAB ont recours à du broyage spécifique pour les cannes de maïs grain mais également pour les résidus de

colza et de féveroles pour le système Ki. Le temps de récolte plus faible pour le système KAB s'explique par la non exportation des pailles de céréales.

L'introduction d'associations céréales-protéagineux (peu de désherbage mécanique) dans la rotation et de féverole (pas de fertilisation) permet de réduire le temps de travail. Par contre, le maïs est une culture très consommatrice en temps de travail, lié principalement aux apports organiques mais également à la gestion du désherbage mécanique et des faux-semis en agriculture biologique. L'allongement de la rotation permet une répartition du travail plus homogène mais cela laisse supposer une organisation du travail différente avec moins de pics de travaux, mais de nouvelles périodes de travail.

3. Satisfaction vis-à-vis de la durabilité des systèmes testés

Nous abordons ici une approche plus globale que celle de la performance (liée à nos objectifs). Trois points principaux ressortent :

Dans le système Ci, lors des premières années, la volonté d'utiliser le désherbage mécanique sur céréales (herse étrille) en amont du désherbage chimique a eu pour conséquence de retarder les passages. Afin de garantir l'efficacité du traitement, la dose de produit devait donc augmenter afin de maîtriser des adventices développées. Par la suite, les règles de décision ont été revues afin que l'intervention chimique soit déclenchée à un stade jeune des adventices, même si le passage de herse étrille n'était pas réalisé faute de conditions optimales d'intervention (état du sol, météo...). De plus, la présence de vivaces, en densité plus élevée à la fin de l'essai, n'apporte pas satisfaction.

Dans le système Ki : la réduction du poste herbicide, en lien avec la gestion des adventices, est la plus délicate à maîtriser. L'évolution des pratiques donne satisfaction puisque les IFT herbicides ont été fortement réduits depuis 2015. Le choix de labourer ou non est maintenant défini selon la facilité à gérer la flore présente dans la culture suivante afin de mieux s'adapter aux objectifs de réduction des herbicides. Le labour se fait en amont des cultures les plus délicates à désherber (colza et féverole).

Dans le système KAB : la stabilité de la densité des adventices, sur une période 2013-2018, est satisfaisante. La maîtrise de la disponibilité de l'azote est plus aléatoire : un couvert court a été introduit pour limiter les pertes après féverole, mais la disponibilité au printemps pour les cultures d'automne ne repose que sur les effets du système (précédent, association) et dépend donc des conditions climatiques. Enfin, malgré une restitution de l'ensemble des pailles, l'unique apport de matière organique sur la rotation ne compense pas les exportations : le bilan humique de cette rotation est négatif.

Conclusion

L'étude met en évidence la possibilité de diminuer le recours aux produits phytosanitaires tout en maintenant la rentabilité et sans augmenter la charge de travail. Les systèmes de culture testés ne pénalisent pas les marges semi-nettes par rapport à la référence utilisée : elles sont équivalentes (cas du système Ci), voire meilleures (systèmes Ki et KAB). Pour les deux systèmes de culture conventionnels, cette efficacité économique vient notamment de la baisse de charges en produits phytosanitaires compensant les éventuelles baisses de rendement, comme cela a pu être observé dans d'autres expérimentations systèmes dans des contextes pédo-climatiques différents (Cadoux et al., 2018 ; Munier-Jolain et al., 2018). Pour le système KAB, la meilleure valorisation des produits fait plus que compenser les baisses de rendements.

La diminution de l'IFT est proche de l'objectif fixé à -50%, avec une réduction de 44% pour les systèmes Ci et Ki. Cependant, cette réduction moyenne masque une variabilité dans la gestion des herbicides, notamment pour le système Ki. Dans ce cas, l'utilisation d'herbicide en interculture était

particulièrement pénalisante : cette dépendance aux herbicides, et notamment au glyphosate, pour maîtriser les vivaces en interculture, a été relevée dans d'autres expérimentations systèmes et constitue un enjeu majeur pour réduire le recours aux herbicides (Cadoux et al., 2018). De ce point de vue, des progrès ont été faits au cours du projet SGC Bretagne, avec une forte réduction de l'utilisation des herbicides d'interculture, via l'intensification de leviers comme le labour. Malgré les modifications ou la reconception des systèmes de culture, le temps de travail n'a pas été augmenté. Attention toutefois : les systèmes testés présentaient des stratégies différentes d'apports de matières organiques, influençant aussi le temps de travail.

Un autre enseignement est que la diversification des systèmes limite les variations économiques entre années, avec des compensations qui se font d'une culture à l'autre au sein de l'assolement. Cet enseignement est riche pour des systèmes AB notamment, pour lesquels les cultures sont sensibles au contexte climatique. Cependant, l'introduction de cultures comme le colza ou la féverole dans les systèmes conventionnels, induit des risques de salissement et rend plus complexe la diminution de l'IFT (utilisation d'herbicides de prélevée ainsi que choix d'herbicides moins nombreux).

Une des limites de cette étude réside dans la comparaison des performances de systèmes de culture ayant été conduits dans des contextes pédoclimatiques différents. La mise en place d'un système témoin par parcelle aurait permis de dépasser cette limite et de compléter le système de référence théorique régional, construit pour permettre un point de comparaison entre ces systèmes de culture. Toutefois, la construction de cette référence régionale était indispensable pour enrichir les indicateurs disponibles à l'échelle régionale. De plus, étant donné le nombre de cultures présentes dans les systèmes testés, les contraintes matérielles de la station expérimentale (surfaces et temps de travail nécessaires) ne permettaient pas d'envisager la mise en place de ce type de dispositif. La mise en place d'un coefficient correcteur prenant en compte les potentiels de rendement sur chaque parcelle a été envisagée ; toutefois, l'application d'un tel coefficient suppose une relation linéaire entre le potentiel de la parcelle et les performances d'un système de culture donné, ce qui est discutable dans le cas des systèmes à bas niveaux d'intrants testés dans le cadre de cette étude. Par ailleurs, si le potentiel de sol peut aisément être pris en compte, les différences liées au contexte climatique (différences de précocité, pluviométrie...) sont beaucoup plus difficiles à intégrer. Pour toutes ces raisons, il a été jugé préférable de présenter les résultats bruts, tout en resituant les résultats obtenus dans les conditions pédoclimatiques dans lesquels ils ont été obtenus.

Cela montre bien la nécessité de poursuivre les réflexions sur la méthodologie des expérimentations systèmes ainsi que la production de connaissance sur les systèmes de culture innovants. Dans le cadre d'un nouveau projet (DEPHY EXPE Syno'phyt), une réduction plus forte des produits phytosanitaires, dont les herbicides, est visée.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude ont pu être valorisés auprès de groupes d'agriculteurs lors de visites sur les sites mais également lors de sessions de formations. Ces expérimentations systèmes sont des supports d'échanges et de communications appréciables pour diffuser l'information sur la possibilité de réduire le recours aux produits phytosanitaire tout en maintenant la viabilité des exploitations.

Références bibliographiques

Agreste Bretagne, 2017. Tableaux de l'agriculture bretonne. DRAAF Bretagne, Rennes. http://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/TAB_COMPLET_cle416585.pdf

Bouchard C., Félix I., Guérin O., Loyce C., Omon B., Rolland B., Bernicot M.-H., 2008. Associer des itinéraires techniques de niveau d'intrants variés à des variétés rustiques de blé tendre : évaluation économique, environnementale et énergétique. Le courrier de l'environnement de l'INRA, n° 55 : 53-77.

Butault J.-P., Dedryver C.-A., Gary C., Guichard L., Jacquet F., Meynard J.-M., Nicot P., et al., 2010. Synthèse du rapport d'étude Écophyto R&D : quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? INRA Editions, 978-2-7380-1272-2. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=LV2016030023>.

Cadoux S., Montanier C., Planche R., Schryve S., Sauzet G., 2018. Phyto-Sol : systèmes de culture multi-performants sous contrainte de travail réduit du sol. *Innovations Agronomiques*, n° 70 : 213-28.

DREAL Bretagne, 2017. Réseau de suivi de la qualité des eaux en produits phytosanitaires (CORPEP). <http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/reseau-de-suivi-de-la-qualite-des-eaux-en-produits-a3330.html>.

FRAB, 2018. Observatoire régional de la production biologique.

Lubac S., Berrodier M., Chaillet I., Fontaine L., Biarnès V., Maupertuis F., Bourin M., 2014. Développer les légumineuses à graines en Agriculture Biologique pour sécuriser les filières animales et diversifier les systèmes de culture. <https://wiki.itab-lab.fr/alimentation/?ProteAb>.

Munier-Jolain N., Abgrall M., Adeux G., Alletto L., Bonnet C., Cordeau S., Darras S., et al., 2018. Projet SYSTEM-ECO : Evaluation de systèmes de grandes cultures à faible usage de pesticides. *Innovations Agronomiques*, n° 70 : 257-71.

Pottiez B., Alexandre S., Grouselle-Labouysse M., Mollet A., Petit K., Bruyere J., Oste S., Werbrouck D., Siah A., Halama P., 2018. Reconception durable de deux systèmes grandes cultures et légumiers pour réduire de moitié l'utilisation des produits phytosanitaires. *Innovations Agronomiques*, n° 70 : 305-316.

Reau R., Monnot L.-A., Schaub A., Munier-Jolain N., Pambou I., Bockstaller C., Cariolle M., Chabert A., Dumans P., 2012. Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs. *Innovations Agronomiques*, n° 20 : 5-33.

SIGES Bretagne, 2019. Eau de surface/eau souterraine. <http://sigesbre.brgm.fr/Eau-de-surface-eau-souterraine.html>.

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, et son URL ou DOI).