

SYNTHÈSE DE L'ESSAI SYSTÈME DIVERIMPACTS DE SAINT-FORT (53) :

**la diversification des cultures,
un levier à la réduction des produits phytosanitaires**

Objectif

Dans le cadre du projet européen DiverIMPACTS, la Chambre d'agriculture des Pays de la Loire a évalué, de 2018 à 2022, les performances de deux systèmes de culture au travers d'un essai pluriannuel basé à Saint-Fort dans le sud Mayenne.

L'objectif est de comparer un système de référence avec un système à bas niveau d'intrants.

Avec la participation financière de :



This project has received funding from
the European Union's Horizon 2020 research
and Innovation programme under grant
agreement No 727482 (DiverIMPACTS)



Avec les appuis méthodologiques de :



SOMMAIRE

- 1. Présentation de l'essai 3
- 2. Dispositif expérimental 4
- 3. Règles de décision et mise en œuvre du système DiverIMPACTS 5
 - a) Stratégies d'implantation des cultures 5
 - b) Stratégies de gestion des adventices 6
 - c) Stratégie de gestion des ravageurs et maladies 11
- 4. Résultats techniques 12
 - a) Indice de fréquence de traitement (IFT) des cultures 12
 - b) Rendements obtenus 14
- 5. Évaluation de la multi-performance 15
- 6. Enseignements et perspectives 17
- Annexe méthodologique 18

I. PRÉSENTATION DE L'ESSAI

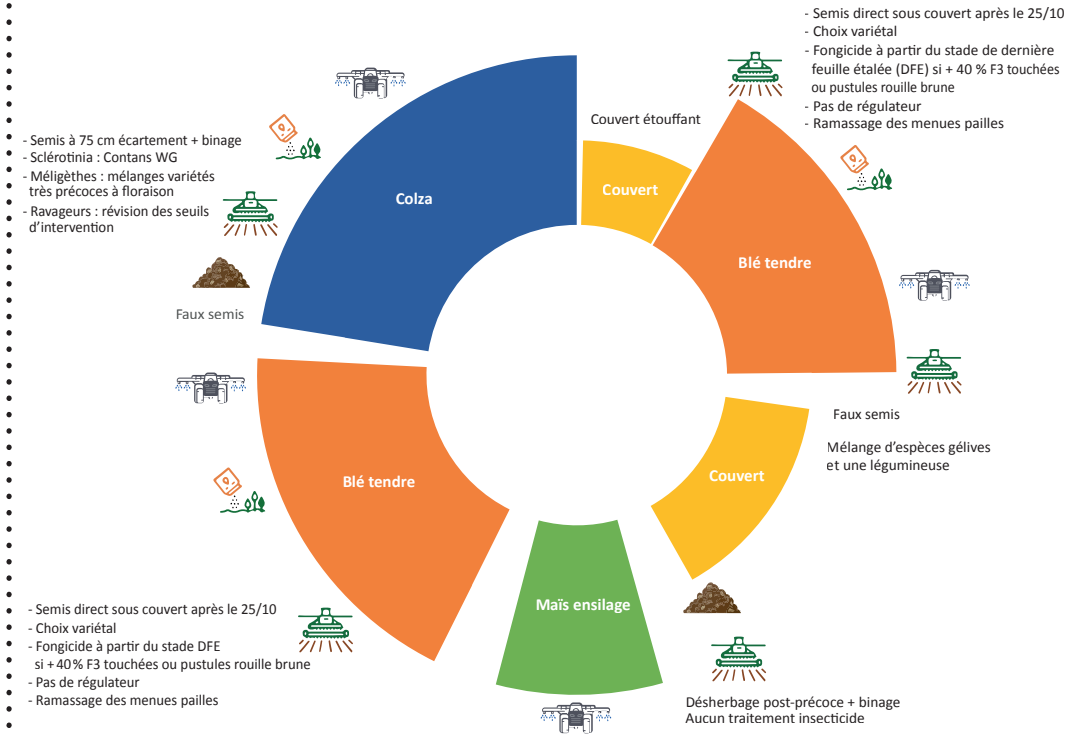
Un dispositif en évolution

Frise chronologique d'évolution du dispositif

2009

Systèmes de cultures innovants (SdCI)

Rotations des systèmes innovants

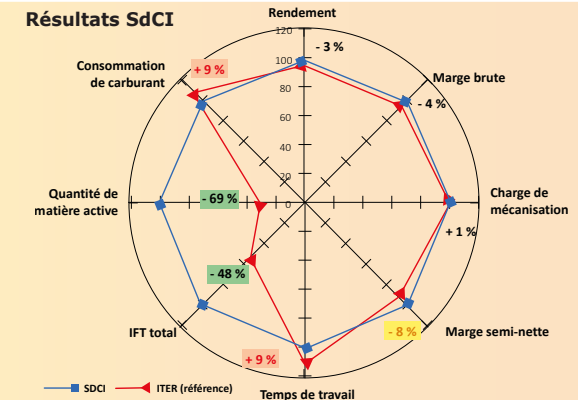


Objectifs

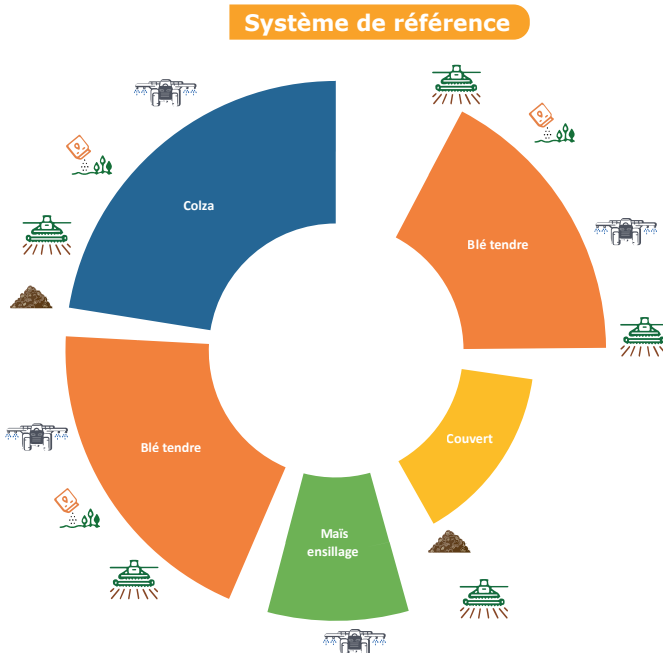
Intégrer des leviers agronomiques en ayant les objectifs suivants :

- 50 % d'IFT / système de référence
- Maintien des résultats économiques
- Maintien du temps de travail

Résultats SdCI



Un système de référence identique depuis 2009
 Représentatif des exploitations en polyculture élevage de la région, ce système, basé sur une rotation de 4 ans, est conduit en agriculture raisonnée avec des règles de décision similaires à celles préconisées aux agriculteurs par la Chambre d'agriculture des Pays de la Loire.



(2009-2022) pour répondre à de nouvelles problématiques

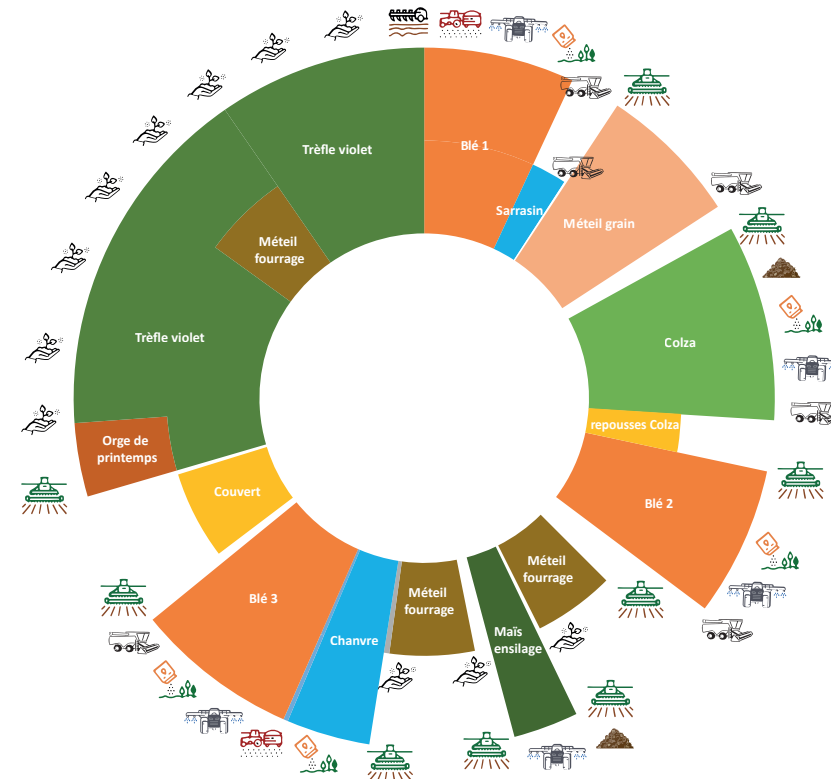
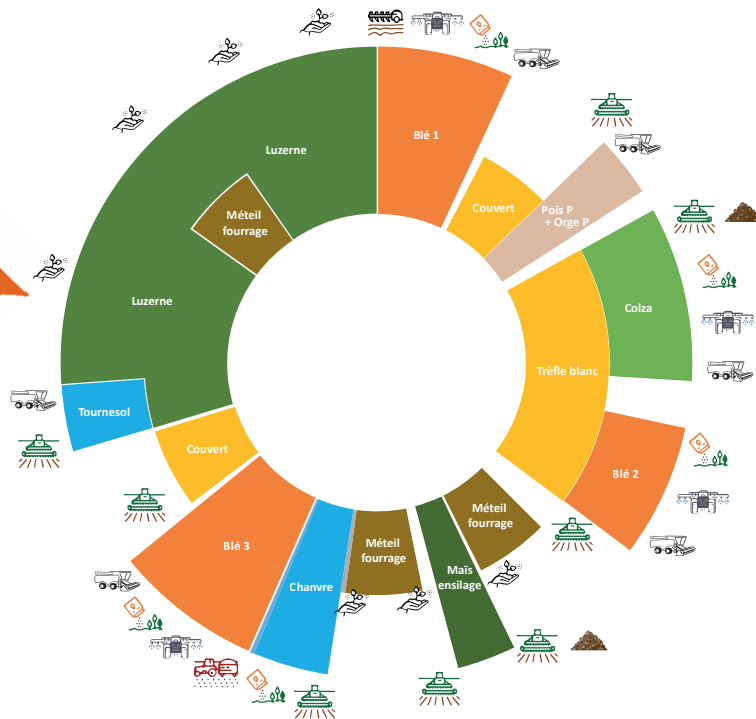
2017/2018

Projet DiverIMPACTS

2022

Projet DiverIMPACTS PDL

Problématique salissement



Légende

Travail du sol superficiel	Labour
Semis direct	Apport matière organique
Engrais minéral	Phyto
Récolte grains	Récolte fourrage

Intégrer le levier diversification dans le système de culture (rotation, associations, cultures multiples) avec les objectifs suivants :

- 50 % d'IFT / système de référence
- 70 % d'IFT / référence régionale
- Maintien des résultats économiques
- Maintien du temps de travail
- Suppression des matières actives problématiques (glyphosate, s-métolachlore...)

Mêmes objectifs - principales évolutions :

- Association pois/orge de printemps difficile à maîtriser (contexte pédoclimatique peu adapté à l'orge, difficultés à trouver des créneaux de semis au printemps)
- Contexte sol peu adapté à une culture de luzerne
- Peu de réussite sur l'implantation de trèfle blanc sous couvert de colza du fait de l'apport de matières organiques au semis
- Couvert d'hiver 100 % légumineuses insuffisant pour assurer une couverture homogène

2. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Conditions pédoclimatiques de la parcelle :

- Sol : limon sableux sur schiste
- Profondeur : 40 à 60 cm
- RU = 60 à 90 mm
- Taux MO : 2,29 %
- CEC moyenne : 82 méq/kg
- Pluviométrie annuelle : 719 mm/an
- Système sans irrigation

Potentiels de rendements :

- Blé tendre : 75 q/ha
- Colza : 35 q/ha
- Maïs ensilage : 11 t MS/ha



bandes DiverIMPACTS (x7) bande référence (x1)

Les cultures mises en place

Récolte	bande 1	bande 2	bande 3	bande 4	bande 5	bande 6	bande 7	bande 8
2018	blé 2	pois P	tournesol + luzerne	colza	blé 3	blé 1	maïs	colza
2019	maïs	blé 3*	luzerne	blé 2	tournesol + luzerne	pois P	chanvre	blé 1
2020	chanvre	orge de P + luzerne	luzerne	maïs	luzerne	colza	pois P**	maïs
2021	blé 3	luzerne	blé 1	chanvre	luzerne	blé 2	colza	blé 2
2022	méteil + trèfle violet	luzerne	pois P	blé	luzerne	maïs	blé 2	colza
2023	trèfle violet	blé 1	colza	méteil + trèfle violet	luzerne	chanvre	maïs	blé 1
2024	trèfle violet	pois P + orge P	maïs	trèfle violet	sarrasin	méteil + trèfle violet	chanvre	maïs
2025	blé 1	colza	chanvre	trèfle violet	méteil grain	trèfle violet	blé 3	blé 2
2026	méteil grain	blé 2	blé 3	blé 1	colza	trèfle violet	méteil + trèfle violet	colza
2027	colza	maïs	méteil + trèfle violet	méteil grain	blé 2	blé 1	trèfle violet	blé 1
2028	blé 2	chanvre	trèfle violet	colza	maïs	méteil grain	trèfle violet	maïs

a) Stratégies d'implantation des cultures

Principales règles de décision :

Le type de travail du sol a un impact direct sur la gestion des adventices et de certains ravageurs des cultures et donc sur l'usage plus ou moins important d'intrants, notamment de produits phytosanitaires. C'est pourquoi, en complément de l'objectif de non utilisation de glyphosate, différents travaux du sol sont conduits, dont **un seul labour** programmé dans la rotation afin de détruire la luzerne et de semer le blé.

Toutes les autres implantations de cultures, de méteils ou de couverts se font en techniques sans labour et parfois en semis direct. Le **semis direct** a été retenu pour l'implantation de méteil dans la luzerne, des blés après chanvre et après colza dans un couvert de trèfles semé avec le colza. Pour ce dernier, un couvert de trèfles est semé avec le colza et le semis direct est réalisé si le sol est couvert à plus de 70 % en fin d'été.

Pour le reste, les implantations de cultures ont été réalisées en **techniques simplifiées** : un ou deux passages de cultivateur à dents et semis au combiné pour les blés, les pois de printemps, le chanvre, les méteils et les couverts. Les cultures plus sensibles aux tassements comme le colza, le maïs et le tournesol ont été implantées avec un passage d'outils à dents de type décompacteur juste avant le semis.



Sur-semis de méteil - P2

Mise en œuvre :

Semis direct du blé dans du trèfle après colza : en cinq ans, aucun blé après colza n'a été semé en direct dans du trèfle comme la règle de décision l'avait prévu au départ. En effet, les comptages de couverture de sol par les trèfles ont toujours été inférieurs à 70 % en fin d'été (maximum de 50 %). Les blés après colza ont donc été semés en techniques simplifiées.

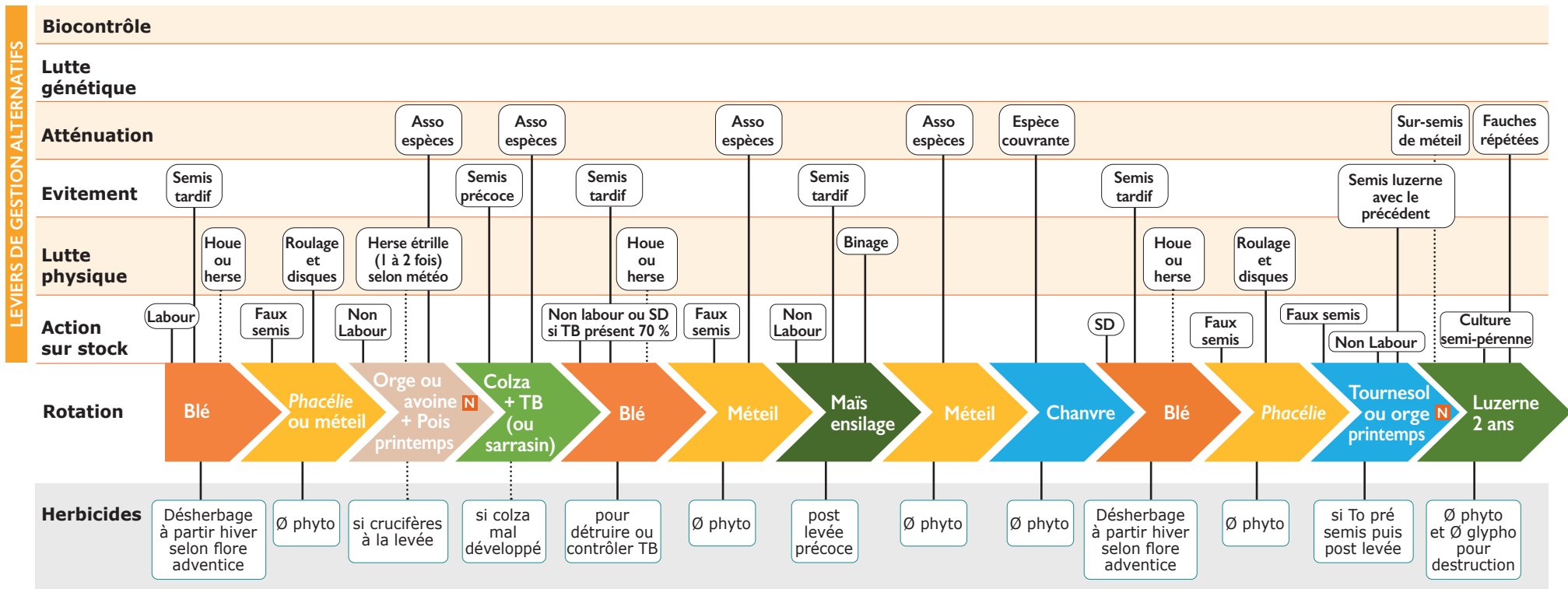
Parmi les explications possibles, on peut faire l'hypothèse que les apports d'engrais organiques à l'implantation des colzas (fumier de bovins 20 t/ha) associés à une date de semis relativement précoce (entre le 15 et le 25 août) ne sont pas favorables au développement des trèfles (trèfle blanc et violet) mais favorisent au contraire la croissance des colzas qui étouffent les légumineuses.

Semis direct de méteil dans la luzerne : sur les quatre années avec une luzerne implantée, il y a eu deux semis directs de méteil à l'automne 2020 et 2021 (semoir Unidrill). L'objectif recherché était d'éviter un salissement de la luzerne et donc couvrir le sol via un méteil (base graminées + vesce) plutôt que d'utiliser un herbicide en période hivernale. Sur un des semis en 2021, une demi-bande sans semis direct de méteil a été conservée pour servir de témoin et évaluer l'intérêt de cette pratique. Au printemps 2022, lors de la première coupe de luzerne, le méteil a permis de produire 2.7 t de MS/ha supplémentaires, l'objectif de couvrir le sol a donc été atteint.

Semis direct du blé après chanvre : cette pratique a été réalisée 2 fois sur l'essai pour les semis 2020 et 2021 (semoir Unidrill). La décision de réaliser un semis direct a été retenue car les bandes après chanvre étaient quasiment indemnes d'adventices et avec une structure de sol préservée (pas de tassements lors de la récolte). Autre intérêt qui a motivé le choix de cette pratique : faire des économies de coûts d'implantations. Précision supplémentaire, le semis direct du blé a été réalisé sans utilisation de glyphosate.

b) Stratégie de gestion des adventices

Principales règles de décision :



Comment lire cette frise ?

- Systématique
- Non systématique
- N** Ce qui a changé
- SD : Semis direct
- TO : Tournesol
- FA : Folle avoine
- TB : Trèfle blanc
- Phacélie : Couvert non récolté

Résultats attendus

- Réduction forte d'utilisation de produits phytosanitaires :
 - 70 % d'IFT /référence régionale et -50 % d'IFT / système de référence
- Pas d'adventices qui dépassent de la culture à la récolte
- Maintien des marges et un temps de travail stable / référence
- Point d'attention sur l'autonomie fourragère et protéique du système

Le schéma précédent synthétise l'ensemble des leviers mobilisés pour viser une bonne maîtrise des adventices.

Le levier majeur actionné sur l'essai est la **rotation, longue et diversifiée**, avec une alternance de périodes de semis des cultures, une alternance de familles des espèces cultivées, des plantes annuelles et semi pérennes, des associations d'espèces, ainsi que des périodes d'interculture systématiquement couvertes.

Par exemple, la luzerne, présente pendant 2 à 3 ans, permet de diminuer les populations de certaines adventices annuelles (fauches répétées, non perturbation du sol...), notamment avant la mise en place du blé.

Les autres leviers mobilisés sont d'ordre mécaniques, avec des actions sur le stock semencier, où l'objectif est de ne travailler que superficiellement le sol, pour favoriser les levées d'adventices puis leur destruction avant semis. Un seul labour est réalisé afin de détruire efficacement la luzerne et de semer sur un sol sans adventices.

Il est important de rappeler **qu'aucun traitement à base de glyphosate** n'est appliqué sur la parcelle, tant sur le système de culture DiverIMPACTS que la référence. Le levier mécanique est aussi actionné en culture avec des passages de herse étrille, notamment en sortie d'hiver quand les conditions météo le permettent, ainsi qu'avec du binage principalement sur maïs.

Enfin, la stratégie d'évitement est quasiment mobilisée pour chaque semis de cultures, où en fonction de celles-ci les dates de semis sont retardées ou avancées par rapport à des pratiques classiques.

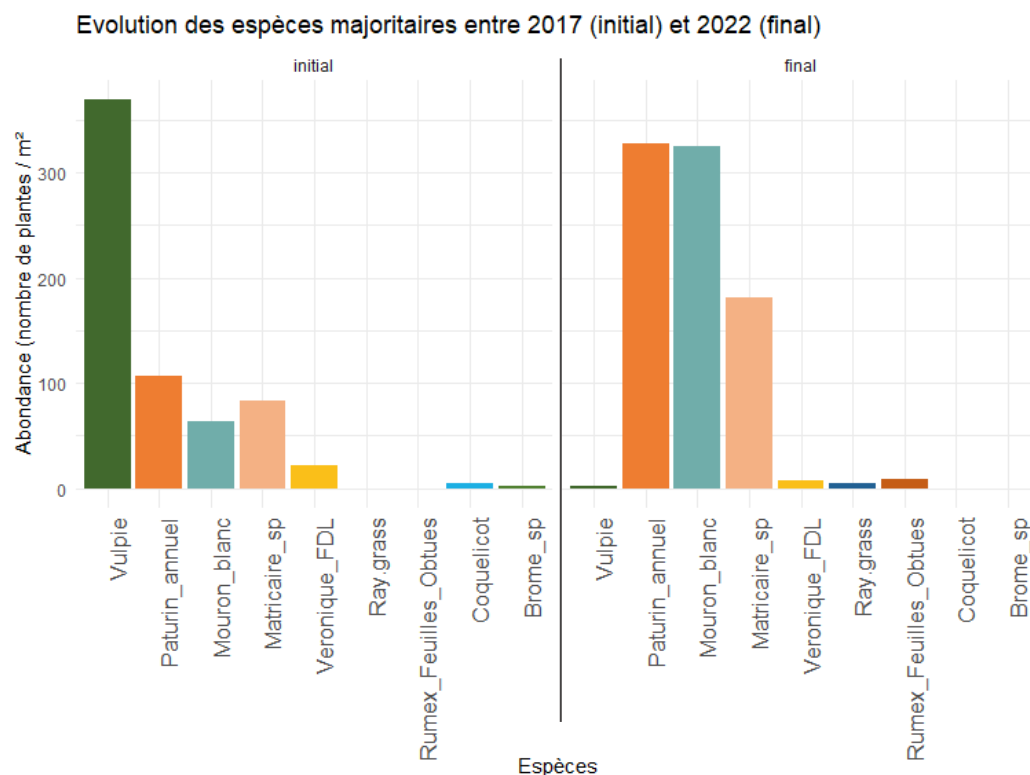
D'un point de vue herbicides, un seul est appliqué sur les blés en sortie d'hiver en fonction de la flore présente. Un seul également, voire aucun, sur colza, en post-levée.

Pour le maïs, le désherbage est mixte (chimique puis mécanique) ou 100 % mécanique si les conditions pédoclimatiques et la disponibilité du matériel le permettent. Le chanvre, les méteils et les orges de printemps ne sont pas désherbés, tout comme les luzernes qui sont sursemées de méteils à l'automne pour limiter le salissement depuis 2020 (voir photo ci-contre).



Sur-semis de méteil dans la luzerne (sur la partie gauche) - P2 (avril 2022)

Mise en œuvre et résultats :



La gestion des adventices sur le système DiverIMPACTS est un enjeu majeur. En effet, à la suite de l'essai SdCI (2009-2016) le salissement s'était fortement développé, comme l'atteste le graphique ci-contre. En 2017 (état initial au terme de l'essai SdCI) un bilan de la flore a été réalisé en sortie d'hiver, bande par bande, pour caractériser les espèces présentes.

On remarque que la flore est composée de dicotylédones (mourons, matricaires) et de graminées, telles que les pâturins annuels, la vulpie queue de rat sur certaines bandes, ainsi qu'un peu de bromes par endroit. Après cinq années de mise en place du système DiverIMPACTS (état final), on constate à la fois une non-dégradation du salissement et une évolution de la flore adventice.

En effet, la vulpie, le brome, la véronique et le coquelicot ont quasiment disparu des bandes de l'essai, « au profit » du pâturin, du mouron blanc, de la matricaire et du rumex. Il semble donc que les modifications apportées à cet essai portent leurs fruits pour la gestion des graminées, au travers de l'évolution de la rotation.

Celle-ci a effectivement été allongée, diversifiée au niveau des cultures implantées et des espèces associées, diversifiée également dans les dates de semis. Autant de leviers qui permettent de limiter et de prévenir une trop forte spécialisation de la flore adventice. De plus, l'introduction de cultures fourragères (maïs ensilage, méteils, luzerne, trèfles) est aussi favorable à une meilleure maîtrise des adventices. Les fauches répétées dans la luzerne par exemple permettent d'exporter un certain nombre d'espèces, ayant ainsi un effet curatif. Ces cultures, un peu moins sensibles à la concurrence et avec des objectifs de production différents des cultures de vente (blé, colza...) offrent également la possibilité d'une plus grande tolérance au salissement.

Malgré des cultures non désherbées, systématiquement (chanvre, méteils, luzerne...) ou ponctuellement (colza) au sein de cette rotation, la flore adventice reste maîtrisée, au travers notamment d'un indicateur visuel simple : aucune adventice n'a dépassé la culture ou été gênante à la récolte.



Chanvre et maïs, septembre 2023

La forte régression de la vulpie queue de rat et, dans une moindre mesure, celle du brome sp peut s'expliquer par la combinaison de plusieurs leviers agronomiques. Comme cité précédemment, la rotation, notamment grâce à la diversification des dates de semis des espèces cultivées, est un levier fort pour déspecialiser les adventices telles que les graminées. Par ailleurs, le blé, culture où la vulpie peut être très présente, est implanté soit derrière luzerne, soit derrière chanvre, soit derrière colza. La mise en œuvre d'un labour pour faciliter la destruction de la luzerne est également un levier fort pour maîtriser les graminées, enfouir les graines de vulpie, permettant ainsi de fortement réduire le stock semencier de cette adventice. De même, l'intégration d'une succession de deux cultures de printemps (maïs et chanvre), avec un couvert très développé entre les deux (méteil), a pu déspecialiser la flore et favoriser la réduction de pression de la vulpie et du brome.

Cependant, les différents leviers actionnés ne semblent pas avoir eu d'incidences suffisamment importantes sur les adventices telles que le pâturin annuel ou le mouron blanc. Ces espèces ont même plutôt une tendance à l'augmentation. Leur profil à levée échelonné tout au long de l'année explique en partie leur présence. Malgré tout, ces adventices restent assez simples à contrôler en cultures et peuvent être tolérées, car les fauches dans la luzerne, le labour ponctuel, les faux semis et de faibles doses d'herbicides devraient permettre de les contrôler. Enfin, on peut noter également la progression de la matricaire et l'apparition du rumex. En ce qui concerne la matricaire, cette tendance peut être liée à la combinaison de plusieurs facteurs explicatifs. Une baisse assez nette des pH du sol,

observée sur plusieurs bandes, pourrait être une cause. D'ailleurs, en lien avec cette caractéristique du sol, nous avons fait le constat de plusieurs échecs de levée de l'orge de printemps, accentués par des conditions pédoclimatiques peu favorables, nos sols ne se ressuyant que très lentement en sortie d'hiver. Ces mauvaises levées ont pu alors être « une porte d'entrée » supplémentaire pour la matricaire. Enfin, la baisse de l'intensité du travail du sol peut aussi être favorable à la colonisation de la matricaire.

D'autres espèces comme le rumex semblent se développer. L'introduction de légumineuses fourragères comme le trèfle ou la luzerne pourrait avoir provoqué l'émergence de cette espèce via une levée de dormance. Si leur contrôle est aisé dans le blé, elle est plus difficile à gérer dans le colza. Comme la matricaire, on peut penser que l'introduction de cultures ayant des vitesses de mise en place relativement faibles (luzerne, trèfle) ou, comme cité plus haut, moins adaptées à notre situation (pois, orge de printemps) a pu entraîner des puits de lumières « propices » au développement du rumex et autres adventices. Il convient alors d'être vigilant vis-à-vis de cette « nouvelle » flore adventice et d'adapter nos différentes pratiques si besoin.



Méteil avoine + vesce avant maïs et chanvre, avril 2018



Blé en labour après luzerne, mars 2021



Rumex en fleur dans du blé, mai 2019



Herse étrille sur pois, avril 2019

c) Stratégie de gestion des maladies/ravageurs

Principales règles de décision :

La gestion des maladies est en partie basée sur la durée importante de la rotation puisque cela permet de limiter le retour d'une même culture sur la parcelle et ainsi réduire les risques de maladies : piétin échaudage sur blé, sclérotinia sur colza et aphanomyces sur pois. Une priorité est donnée au choix de variétés peu sensibles aux maladies. Ainsi, des mélanges sont réalisés en blé pour limiter le développement des rouilles et de la septoriose. Concernant la gestion des ravageurs du colza, l'accent a été mis sur la capacité de compensation de la plante. L'idée est d'avoir des colzas bien développés à l'automne pour ne pas avoir à traiter les altises, les charançons du bourgeon terminal et les pucerons.

Les seuls traitements permis sont basés sur des règles de décision (décrites dans le tableau ci-dessous en fonction des observations et comptages et des conditions climatiques.



19 avril 2022 - P6 (méteil avant maïs) - P7 (blé) - P8 (colza référence)

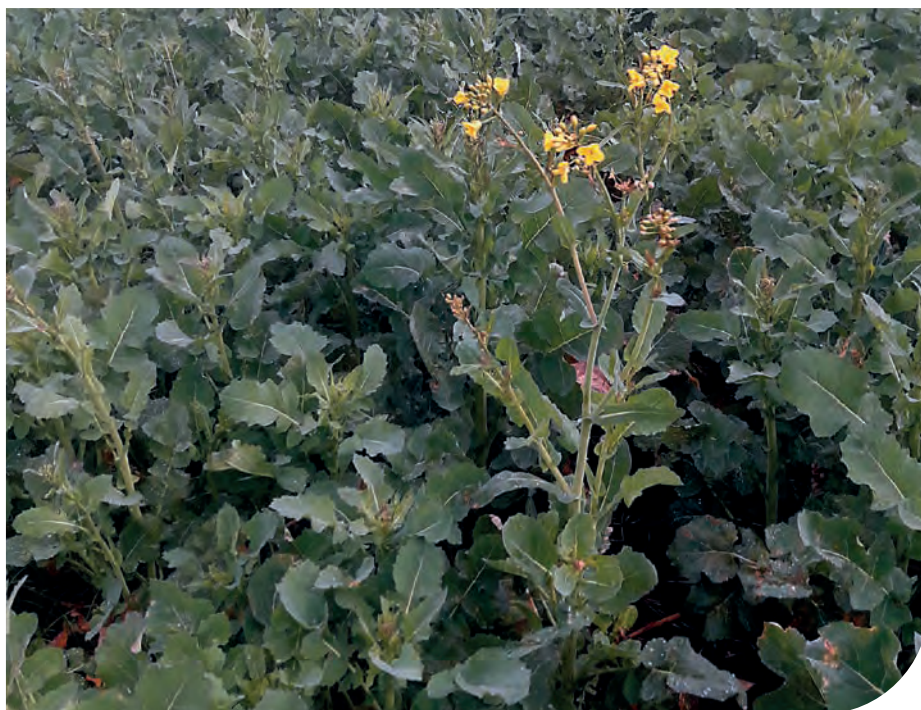
	BLÉ TENDRE	COLZA	AUTRES CULTURES
Maladies	<p>Objectif : limiter le développement des maladies les plus dommageables pour le blé, à savoir septoriose et rouilles</p> <p>Leviers : génétique avec mélange de variétés peu sensibles aux maladies (Ex : LG ABILÈNE + RGT CESARIO ou LG ABSALON + UNIK) + semis tardifs à densité peu élevée</p> <p>Règles de décision :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rien avant stade DFE. Traitement si + de 40 % des F3 avec septoriose ou si présence rouilles - Impasse fongicide pour autres maladies 	<p>Objectif : limiter le développement de la maladie la plus dommageable pour le colza, à savoir le sclérotinia</p> <p>Leviers : variété TPS Phoma et cylindrosporiose</p> <p>Règles de décision :</p> <ul style="list-style-type: none"> - si pluie régulière annoncée pendant 1 semaine à la chute des pétales, traitement sinon impasse - Impasse fongicide pour autres maladies 	Aucune intervention
Ravageurs	<p>Objectif : pas de JNO liée aux pucerons d'automne</p> <p>Levier : semis tardif après le 1/11</p> <p>Règle de décision : impasse insecticide systématique</p> <p>Objectif : pas d'impact des pucerons des épis sur le rendement</p> <p>Règle de décision : déclenchement si 1 épi sur 2 colonisé</p>	<p>Objectif : colza vigoureux dès le départ pour résister aux dégâts des ravageurs</p> <p>Leviers : semis précoce avec effluents (en priorité fumier de volailles) + mélange variété précoce floraison (ES Alicia)</p> <p>Règles de décisions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altises : aucune intervention à l'automne. Insecticide si 100 % des pétioles portent au moins 2 feuilles avec des larves au stade rosette - Limaces : seuil d'intervention 5 limaces au m² en pré-semis. Du semis à la levée, 1 limace par m² - Bourgeon terminal, pucerons verts et cendrés : aucune intervention 	
Verse	<p>Objectif : pas de verse</p> <p>Leviers : semis tardif, peu dense</p> <p>Règle de décision : impasse régulateur systématique et fertilisation à dose X en 2 passages (75 q/ha = 95 à 135 N/ha selon précédent et RSH)</p>	<p>Objectif : pas de verse</p> <p>Leviers : variété peu sensible verse et élongation automnale, pesée biomasse puis apport selon réglette azote (50 à 100 N/ha)</p> <p>Règle de décision : impasse régulateur systématique</p>	

DFE : dernière feuille étalée / F1, F2... : feuille 1, feuille 2... / RSH = reliquats sortie hiver / JNO : jaunisse naissante de l'orge / TPS : très peu sensible

Mise en œuvre et résultats :

Suite à l'utilisation de nos règles de décisions, nous avons obtenu les résultats suivants :

	BLÉ TENDRE	COLZA	AUTRES CULTURES
Maladies	Variétés choisies pour le mélange : LG ABILENE et RGT CESARIO (résistantes rouille jaune, septoriose) Fongicides : en 4 ans, une seule année avec application d'un fongicide à 40 % de dose.	Aucun fongicide appliqué	Aucune intervention
Ravageurs	Aucun insecticide appliqué depuis 2018	Aucun insecticide appliqué. Utilisation de phosphate ferrique une année sur 4 contre les limaces.	
Verse	Aucun régulateur appliqué et pas de verse observée depuis 2018		



Colza précoce floraison, mars 2021



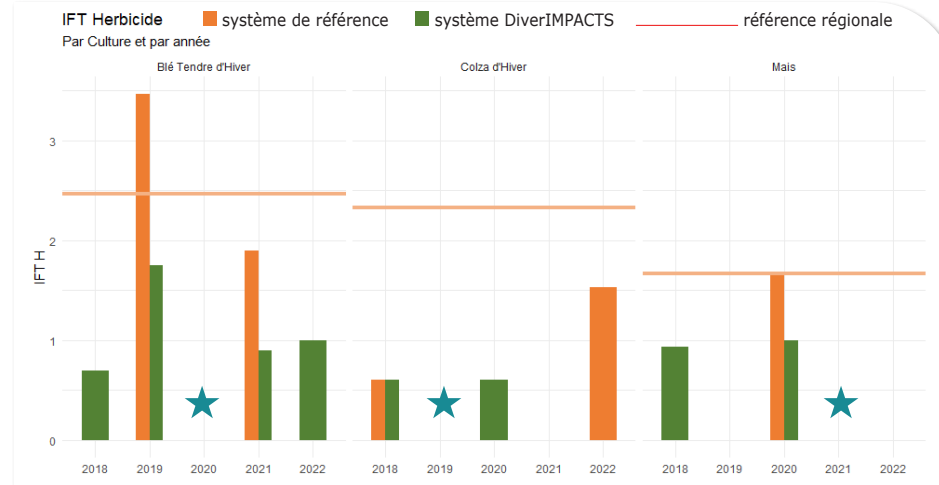
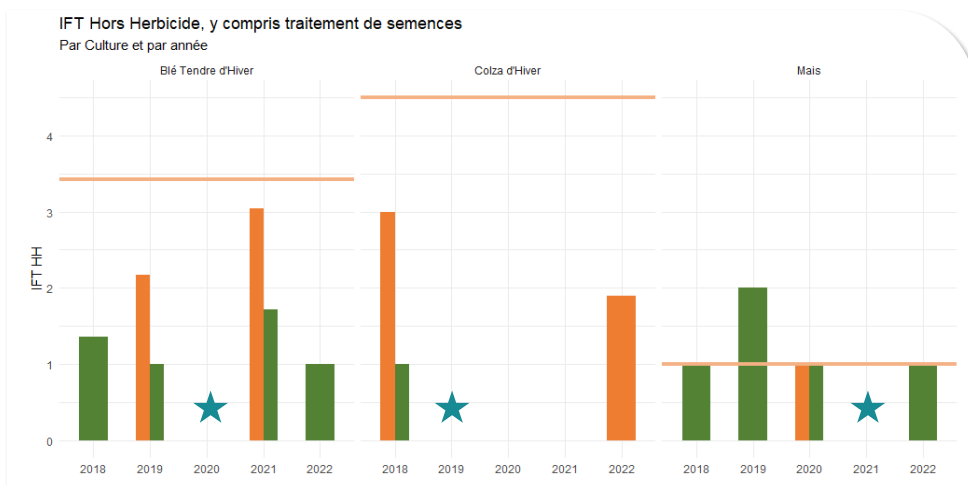
Parcelles P6 et P7 (colza et orge + pois de printemps), 27 mars 2020

4. RÉSULTATS TECHNIQUES

a) IFT des cultures

IFT moyen par culture sur la période 2018-2022

	Blé		Colza		Maïs	
	IFT H	IFT HH*	IFT H	IFT HH*	IFT H	IFT HH*
IFT système DiverIMPACTS	1	1.1	0.4	0.3	0.5	1
IFT du système de référence	2.7	2.6	1.1	2.4	1.7	1
IFT référence régionale Pays de la Loire (**)	2.47	3.42	2.33	4.50	1.67	1



- * hors herbicides, hors biocontrôles, avec traitement de semences
- ** 70^e centile de l'IFT de la Région et par type de traitement en 2017 (Source AGRESTE, 2020)
- ★ culture absente

Les IFT du système de référence, en particulier hors herbicides, sont relativement faibles par rapport aux IFT de référence régionaux, hormis en maïs ensilage où l'IFT du système de référence est très proche de l'IFT régional.

Fréquence de réalisation du désherbage mécanique sur le système DiverIMPACTS :

Herse étrille sur pois de printemps	1 année sur 3
Herse étrille sur blé	0 année sur 4
Binage sur maïs	2 années sur 3

b) Rendements obtenus

Les rendements obtenus dans le système DiverIMPACTS ont été plus faibles que dans le système de référence d'où une perte de produit brut. Le tableau de la page suivante présente les rendements moyens obtenus pour chaque culture des deux systèmes sur la période 2018-2022. Le système DiverIMPACTS est moins productif que la référence mais il faut préciser que les rendements réalisés dans le système de référence sont très bons et supérieurs aux potentiels de rendement initialement fixés. Les effets annés y sont aussi plus importants car ce système n'est mis en place que sur une bande donc une seule culture par an (exemple avec le blé de 2019 à 101 q/ha).

Deux des cultures communes aux deux systèmes sont clairement affectées en matière de rendement : le blé avec une perte de rendement de -30% et le maïs avec une baisse de rendement de -18%.

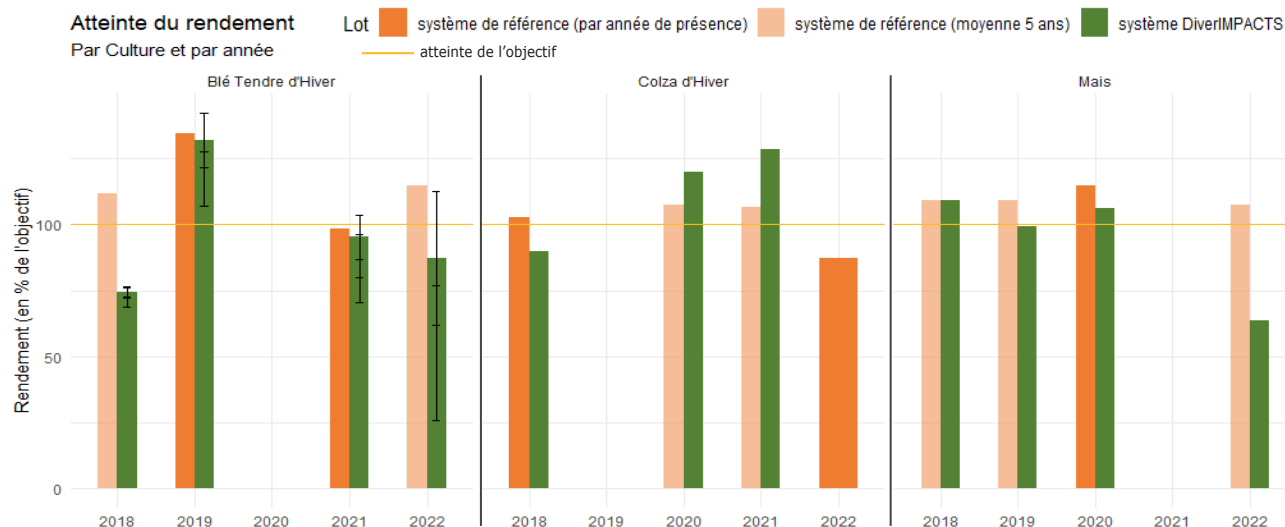
Comment expliquer cette baisse ?

Pour le blé, les dates de semis sont plus tardives ; les impasses en désherbage d'automne et en insecticide à l'automne et le recours au semis direct pour les blés après chanvre ont pu affecter les rendements. Aucune bande de blé DiverIMPACTS

n'a été touchée par un salissement qui dépasse ou étouffe le blé et aucune attaque importante de maladies (exemple : rouilles) n'est à signaler sur les 5 années d'essais.

La baisse de rendement du maïs DiverIMPACTS peut s'expliquer par la présence d'une culture dérobée fourragère, susceptible de pénaliser le maïs vis à vis de la ressource en eau. À noter qu'en système de référence, c'est un couvert détruit un mois plus tôt qui précède le maïs. Les apports d'engrais organiques ont été similaires, tout comme la date et la densité de semis. La substitution d'un passage d'herbicide par la bineuse n'a pas pénalisé le rendement car le maïs DiverIMPACTS n'a jamais été concurrencé par les adventices.

Étonnamment, le colza, réputé comme très consommateur de PP n'est pas affecté par une baisse de rendement et présente des niveaux de production équivalents au colza du système de référence. La fréquence de retour très faible dans la rotation peut expliquer une partie de ce résultat, tout comme l'utilisation des leviers agronomiques mis en place.



Dans ce graphique, les résultats illustrent ainsi l'effet année sur les rendements des cultures et montrent que :
(1) le rendement obtenu dans le système de référence est systématiquement supérieur à l'objectif de rendement,
(2) les écarts entre rendement du système diversifié et la moyenne des systèmes de référence sont assez faibles.
Exemple pour le blé 2019, 2021 maïs 2018, 2020.

Rendements moyens obtenus sur les 2 systèmes - 2018-2022

2018-2022	Culture	Destination	Rendement moyen	Objectif de rendement	Unité de rendement	Détail calculs des rendements	Commentaires
Système DiverIMPACTS	Blé 1	vente	59	70	q/ha	année 2021	Labouré après luzerne
	Pois	vente	16	-	q/ha	moyennes 2018, 2019, 2020, 2022	Impact des adventices
	Colza	vente	33,8	30	q/ha	moyennes 2018, 2020, 2021	
	Blé 2	vente	75	70	q/ha	moyennes 2019, 2021, 2022	
	Maïs	auto-consommation	10,4	11	t Ms/ha	moyennes 2018, 2019, 2020, 2022	Maïs après méteil
	Chanvre	vente	10,2	-	t Ms/ha	moyennes 2019, 2020, 2021	Rendement avant rouissage
	Blé 3	vente	52,3	70	q/ha	moyennes 2021, 2022	Semis direct sans glyphosate
	Tournesol	vente	8,9	-	q/ha	moyennes 2018, 2019	Tournesol associé à la luzerne
	Luzerne année 1	auto-consommation	8,6	-	t Ms/ha	moyennes 2019, 2020, 2021	3 coupes en moyenne
	Luzerne année 2	auto-consommation	9,2	-	t Ms/ha	moyennes 2020, 2021, 2022	
	Moyenne méteil	auto-consommation	4,9	-	t Ms/ha	moyennes 2018, 2019, 2020, 2022	Culture dérobée
Système de référence	Colza	vente	33,2	35	q/ha	moyennes 2018, 2022	
	Blé1	vente	101	75	q/ha	année 2019	
	Maïs	auto-consommation	12,6	11	t Ms/ha	année 2020	Maïs après couvert
	Blé 2	vente	74,51	75	q/ha	année 2021	

c) Performances économiques :

Les deux tableaux suivants détaillent les résultats économiques de chacune des cultures pour les deux systèmes testés.

Sur le système DiverIMPACTS, on remarque que le pois de printemps et le tournesol ne sont pas rémunérateurs compte tenu des rendements très faibles réalisés.

Pour les blés, les résultats sont variables selon le précédent, mais c'est après le chanvre que les marges sont les plus faibles.

Cela s'explique par une prise de risque élevée sur ce blé pour limiter les produits phytosanitaires avec une implantation en semis direct fin novembre sans glyphosate.

Performances moyennes du système DiverIMPACTS

	Tournesol	Luzerne 1	Luzerne 2	Blé 1	Pois	Colza	Blé 2	Dérobée + Maïs	Dérobée + Chanvre	SD Blé 3	Moyenne
Produit brut (€/ha)	276	1118	1871	1326	449	1384	1646	1537	1614	1314	1253
Charges intrants totales (€/ha)	348	222	293	145	219	274	241	438	411	277	287
Marge brute avec aides (€/ha)	-71	896	1578	1181	230	1110	1405	1098	1202	1036	967
Efficienc e économique des intrants	0	4	6	8	0	4	6	2	3	4	4
Charges méca hors irrigation (€/ha)	387	475	581	358	312	327	425	607	500	319	429
Marge directe avec aides (€/ha)	-458	422	997	822	-82	783	979	491	703	718	537

Performances du système de référence

	Colza	Blé	Maïs	Blé	Moyenne
Produit brut (€/ha)	1527	1640	1071	1616	1463
Charges intrants totales (€/ha)	371	432	430	416	412
Marge brute avec aides (€/ha)	1156	1208	641	1200	1051
Efficienc e économique des intrants	3	3	1	3	3
Charges méca hors irrigation (€/ha)	347	377	530	358	403
Marge directe avec aides (€/ha)	809	830	111	842	648

Pour le système de référence, les résultats de marges sont très bons sur cultures d'hiver, en revanche la marge du maïs ensilage est inférieure dans le système de référence, malgré un rendement élevé du fait de l'absence de double culture (production de méteil dérobé dans le système DiverIMPACTS). Économiquement, en moyenne on remarque des marges inférieures mais avec une meilleure efficacité des intrants. L'efficacité économique traduit la capacité d'une culture à avoir un retour sur investissement des intrants.

Par exemple pour le premier blé tendre pour 1 euro investi, 8 euros de gagnés...



Focus sur les performances économiques des systèmes à Saint-Fort par rapport aux résultats « moyens »

Sur les cultures de blé et colza, la comparaison entre les résultats obtenus sur le système de référence et les résultats moyens du réseau CER 53 montrent une différence de marge de 30 % en faveur du système de référence.

Le système de référence est très optimisé et permet d'atteindre de très bonnes performances économiques par une utilisation d'intrants raisonnée et bien positionnés.

	Blé (récoltes 2019 et 2021)		Colza (récolte 2018)	
	Système référence essai	Références CER	Système référence essai	Références CER
Rendement	87,5 q/ha	78 q/ha	36 q/ha	29 q/ha
Prix de vente	170 €/t		340 €/t	
Produit	1 485 €/ha	1 326 €/ha	1 224 €/ha	986 €/ha
Intrants	424 €/ha	513 €/ha	307 €/ha	412 €/ha
Marges brutes	1 063 €/ha	813 €/ha	917 €/ha	574 €/ha

5. ÉVALUATION DE LA MULTI-PERFORMANCE

Indicateurs de performances :

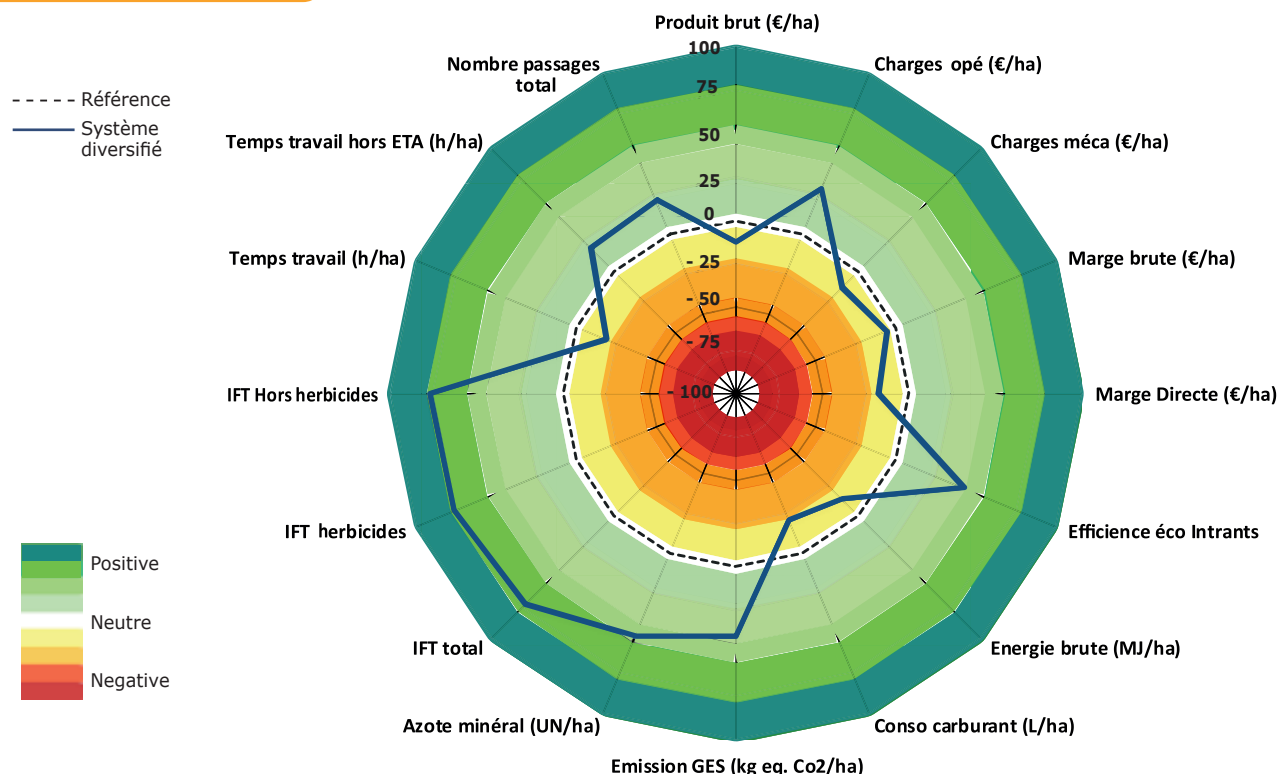
Comment lire le radar ci-contre ?

Le radar suivant présente l'ensemble des indicateurs de performances du système DiverIMPACTS (trait plein) en pourcentage du système de référence (trait pointillé).

La multi-performance permet d'avoir une vue d'ensemble des résultats d'un système de culture sur le volet environnemental, économique et social. Pour un critère donné, lorsque le résultat du SdC DiverIMPACTS est inférieur au système de référence, il se situe alors dans la zone jaune orange.

Au contraire, quand la performance d'un critère est bonne, le résultat se situe dans le vert et donc au-dessus du système de référence.

Ces résultats concernent la période 2018-2022 et ont été obtenu avec l'outil Systerre® d'Arvalis-Institut du Végétal.



Indicateurs environnementaux :

Pour l'enjeu de la réduction des produits phytosanitaires, l'objectif du système DiverIMPACTS était d'atteindre une baisse de 50 % d'IFT par rapport au système de référence. On voit que sur 5 ans l'objectif est atteint puisque le système DiverIMPACTS a permis une baisse d'IFT de 72 % par rapport au système de référence.

Au global, on peut dire que la majorité des indicateurs environnementaux a été très nettement améliorée dans le système diversifié par rapport au système de référence.

Atteinte des objectifs : réduction d'utilisation des phytos				
Indicateurs	IFT total (yc TS)	IFT herbicides	IFT Hors herbicides	Quantité de matières actives (g/ha)
Système DiverIMPACTS	1.2	0.4	0.4	138
Système de référence	4.2	2	1.7	741
Écart	- 72%	- 81%	- 77%	- 81%

Dans le détail, les herbicides ont diminué de 81 % et l'IFT hors herbicides de 77 %. Un objectif de réduction de 70 % d'IFT avait également été fixé par rapport à la référence régionale mais celle-ci est complexe à définir car nous sommes ici dans une approche système et pas un IFT à la culture. Dans tous les cas, le système de référence sur l'essai est conduit de manière raisonnée donc on peut supposer que l'IFT régional est plus important que l'IFT du système de référence vis-à-vis duquel les objectifs de réduction des produits phytosanitaires sont déjà atteints.

La quantité de matières actives utilisée a été aussi fortement réduite dans le système DiverIMPACTS avec une baisse de 81 % par rapport au système de référence.

Au-delà des produits phytosanitaires, d'autres critères permettent de caractériser les performances environnementales telles que les émissions de gaz à effet de serre qui ont été réduites de 41 % dans le système DiverIMPACTS, ainsi que les apports d'azote qui ont été réduits de moitié (- 53 %) grâce à l'introduction de

légumineuses dans le système. Les points négatifs concernent la consommation de carburant, plus élevée de 21 % et la production d'énergie brute qui recule de 14 %, illustrant les moins bons rendements obtenus dans le système DiverIMPACTS pour les cultures permettant une production d'énergie brute importante (mesurée en MJ, quelle que soit leur destination finale) : blé, colza...

Si on regarde la consommation de carburant hors ETA, on s'aperçoit que le système DiverIMPACTS requiert moins de carburant à l'hectare que le système raisonné.

En revanche, si on intègre les consommations des ETA, le résultat s'inverse. Cela est dû aux récoltes des cultures et dérobées fourragères du système DiverIMPACTS qui sont réalisées par des ETA (fauche et enrubannage de luzerne et de méteil). Autre point à noter, le blé labouré après luzerne consomme moins de carburant que les autres blés en techniques sans labour. En effet, en l'absence de labour on a fréquemment deux passages de cultivateur et un passage de herse rotative avant un semis en combiné.

Indicateurs économiques :

Les indicateurs économiques sont en retrait par rapport au système de référence. Comme le détaille le tableau ci-contre, on voit que cet objectif n'est pas atteint. En effet, en raison d'un produit brut en retrait de 12 % et malgré une baisse des charges opérationnelles importante (-28 %), la marge brute du système DiverIMPACTS est en recul de 6 % et du fait de la hausse des charges de mécanisation, la marge directe est affectée de 18 % par rapport au système de référence. Ces résultats sont à nuancer au regard des très bonnes performances du système de référence par rapport aux moyennes observées plus largement (*voir encadré en page 14*).

Le seul indicateur positif concerne l'efficacité des intrants appelée parfois productivité des intrants. Cet indicateur illustre l'efficacité technique avec laquelle les intrants sont transformés par le système de production. Or dans le système DiverIMPACTS, cette efficacité est augmentée de 42 % par rapport à la référence. Cela montre un certain niveau d'autonomie du système vis-à-vis des intrants, soit une capacité à produire avec très peu d'intrants.

Atteinte des objectifs : maintien des résultats économiques ?					
Indicateurs	Produit brut (€/ha)	Charges opérationnelles (€/ha)	Charges méca (€/ha)	Marge brute (€/ha)	Marge directe (€/ha)
Système DiverIMPACTS	1253	287	429	967	537
Système de référence	1463	412	403	1051	648
Écart	- 14 %	- 30 %	+ 6 %	- 8 %	- 17 %

Indicateurs sociaux :

Seul le temps de travail est ici mesuré. Si on tient compte du travail total, c'est-à-dire incluant le temps de travail de l'ETA ou d'un chauffeur de CUMA, le système de culture DiverIMPACTS est plus chronophage que le système de référence (+19 %). Néanmoins, si on se place à l'échelle exploitation et que les récoltes des cultures et des fourrages (chanvre, méteils, luzerne) sont déléguées, alors le temps de travail du système DiverIMPACTS diminue par rapport au système de référence (-19 %).

Atteinte des objectifs : maintien du temps de travail ?		
Indicateurs	Temps de travail total (h/ha)	Temps de travail hors ETA (h/ha)
Système DiverIMPACTS	7.5	3.6
Système de référence	6.3	4.4
Écart	+ 19 %	- 19 %

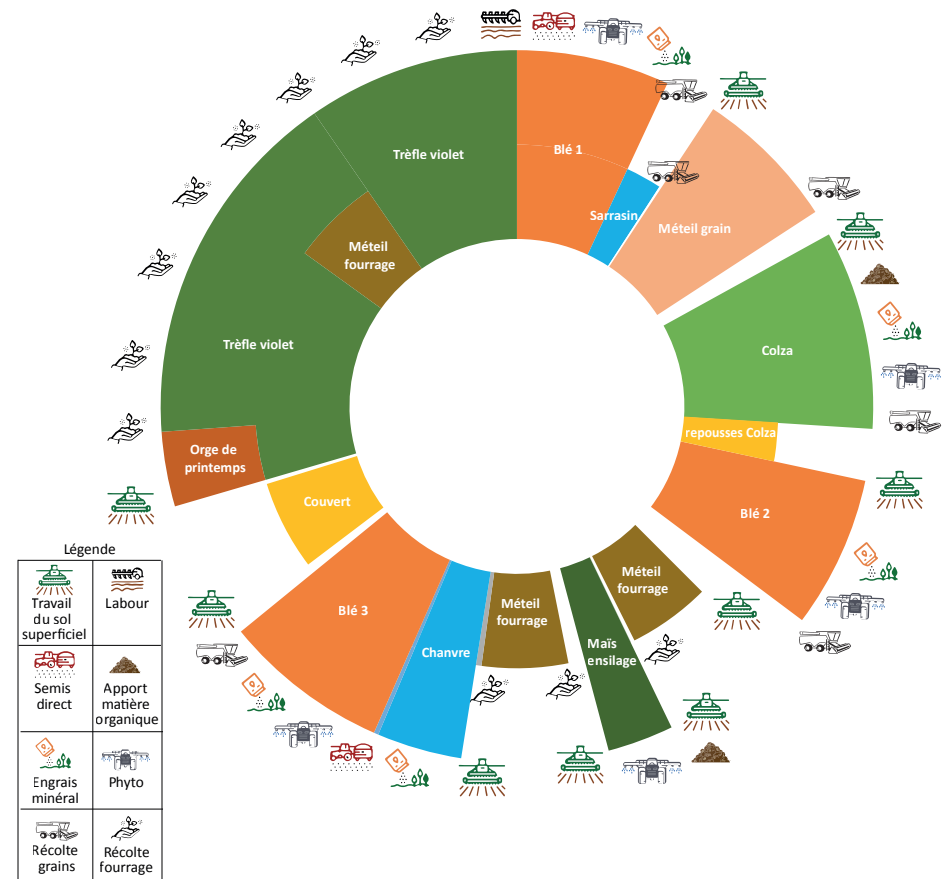
6. ENSEIGNEMENTS ET PERSPECTIVES

Évolutions de la rotation :

Des évolutions de la rotation pour améliorer la réponse aux objectifs fixés :

Depuis 2022, l'analyse des résultats obtenus nous a poussé à plusieurs changements dans la rotation :

- Le pH acide du sol (5.5 en moyenne) étant peu adapté à la luzerne et à l'orge de printemps, ces deux cultures ont été remplacées respectivement par du trèfle violet et d'autres céréales sous forme de mélanges céréales protéagineux à base de triticale ou de seigle,
- Le pois de printemps conduit en association avec de l'orge ayant subi plusieurs échecs, il a été décidé de le remplacer par un méteil grain associant triticale, avoine et pois fourrager, permettant de conserver une culture associée au fort taux de couverture du sol et de maintenir une production de légumineuses à graines dans la rotation,
- L'apport de matière organique au semis du colza ayant été défavorable au trèfle blanc, celui-ci ne s'est jamais réellement développé et n'a pas permis une couverture du sol post-récolte du colza suffisante pour favoriser la gestion des adventices. Il a donc été décidé de supprimer cette action, la priorité étant donnée à un colza robuste au démarrage en maintenant un apport de matière organique au semis,
- La couverture hivernale du sol étant insuffisante avec une légumineuse pure (défoliation), il a donc été décidé de sur-semer un méteil fourrage dans la légumineuse pluri-annuelle. Outre sa vocation à produire du fourrage, ce sur-semis permet de limiter le développement des adventices en hiver et sortie d'hiver.



Et l'impact de ce changement de système de culture sur une exploitation d'élevage ?

Différentes simulations ont été réalisées de manière à évaluer l'intérêt de la rotation DiverIMPACTS dans un système d'élevage, en faisant l'hypothèse que les cultures produites étaient consommées par des bovins laitiers.

En simulant les 2 systèmes sur un assolement de 100 ha en production laitière, on obtient une augmentation de la quantité de fourrages produits avec le système DiverIMPACTS (lié à l'insertion de luzerne et sursemis de méteils), une augmentation des PDIN produits, moins d'achats de concentrés et donc une meilleure autonomie protéique et alimentaire.

Cependant, les fourrages produits étant essentiellement récoltés, cette amélioration de l'autonomie n'est certainement pas la plus économique.

Des connaissances techniques actionnables issues de cet essai

Les acquis de cet essai se trouvent aussi dans des connaissances techniques et surtout la nécessité de s'adapter et d'adapter / modifier les règles de décision aux aléas climatiques rencontrés.

ANNEXE MÉTHODOLOGIQUE

Tous les résultats détaillés dans ce document correspondent à la période 2018-2022. Ceux-ci sont présentés sous forme d'une moyenne à la culture issue des différentes années d'évaluation de cette culture sur l'essai. Compte tenu du dispositif de l'essai, ce nombre est variable. Voici le nombre de données permettant les calculs de moyennes pour chaque culture dans le système DiverIMPACTS :

- Luzerne 1^e année = présente 3 fois sur la durée d'analyse
- Luzerne 2^e année = présente 4 fois sur la durée d'analyse
- Blé après luzerne = présente 1 fois sur la durée d'analyse
- Pois + orge de printemps = présente 4 fois sur la durée d'analyse
- Colza = présente 3 fois sur la durée d'analyse
- Blé après colza = X3
- Méteil/maïs = présente 4 fois sur la durée d'analyse
- Méteil/chanvre = présente 2 fois sur la durée d'analyse
- Blé après chanvre = présente 2 fois sur la durée d'analyse
- Tournesol + luzerne = présente 2 fois sur la durée d'analyse

Pour le système de référence, comme une seule bande est dédiée à ce système sur l'essai, les résultats par culture correspondent à une seule campagne, exceptée pour le colza où il y a une moyenne sur 2 campagnes.

Ressources mobilisées :

- Pour les calculs des différents indicateurs, l'outil Systemre[®] d'Arvalis-Institut du Végétal a été utilisé. Il permet de calculer des indicateurs pour l'évaluation technique, sociale, environnementale et économique des exploitations agricoles et de travailler à plusieurs échelles spatiales et temporelles (Arvalis, 2016)
- Pour les calculs d'IFT de référence Pays de la Loire, les enquêtes pratiques culturelles 2017. *Source : SSP - Agreste - Enquête Pratiques culturelles en grandes cultures 2017.*

Prix de vente : pour refléter les variations annuelles des prix des cultures, des fourrages, du fioul et des engrais azotés, nous avons retenu des prix à l'année à partir de références départementales, régionales ou "à dire d'experts".

Les performances économiques sont calculées, pour chaque culture présente, une année donnée à partir des prix moyens de l'année.

Type d'Indicateur	Indicateur détaillé
Indicateurs économiques	Produit brut €/ha (avec aides) - PB
	Intrants €/ha
	Marge brute €/ha (avec aides) - MB
	Charges méca €/ha
	Marge semi-nette €/ha
Indicateurs environnementaux	Indice de fréquence de traitement total - IFT
	Indice de fréquence de traitement Herbicide - IFTH
	Indice de fréquence de traitement hors herbicide avec traitements de semences IFT HH
	Consommation de carburant totale (L/ha)
	Consommation de carburant hors ETA (L/ha)
	Consommation énergie primaire totale (MJ/ha)
	Emissions GES totales (kgéqCO ₂ /ha)
Indicateurs sociaux	Production énergie brute (MJ/ha)
	Temps de travail total (h/ha)
	Temps de travail hors eta (h/ha)

€/t	2018	2019	2020	2021	2022
Blé	160	145		195	270
Colza	340		370	495	600
Maïs	85	85	85		130
Tournesol	300	325			
Pois	195	170	200		
Chanvre		115	115	115	
Luzerne		130	130	130	180
Méteil	100	100		100	150
Fioul (litre)	0,65	0,7	0,7	0,7	1,5
Ammo 33,5 (tonne)	298	321	295	284	670

Contacts : Fabien Guérin : fabien.guerin@pl.chambagri.fr / Aline Vandewalle : aline.vandewalle@pl.chambagri.fr

Document rédigé par l'équipe projet DiverIMPACTS PDL : Mathieu Arnaudeau, Jérémy Berthomier, Fabien Guérin, Emmanuel Mérot et Aline Vandewalle.