

MALADIES DES CEREALES : **blés tendres et blés durs**

Les bioagresseurs

Bilan de campagne

UNE ANNEE TRES DOUCE ET SECHE

Voilà comment météo France nous décrit l'année 2021-2022 :

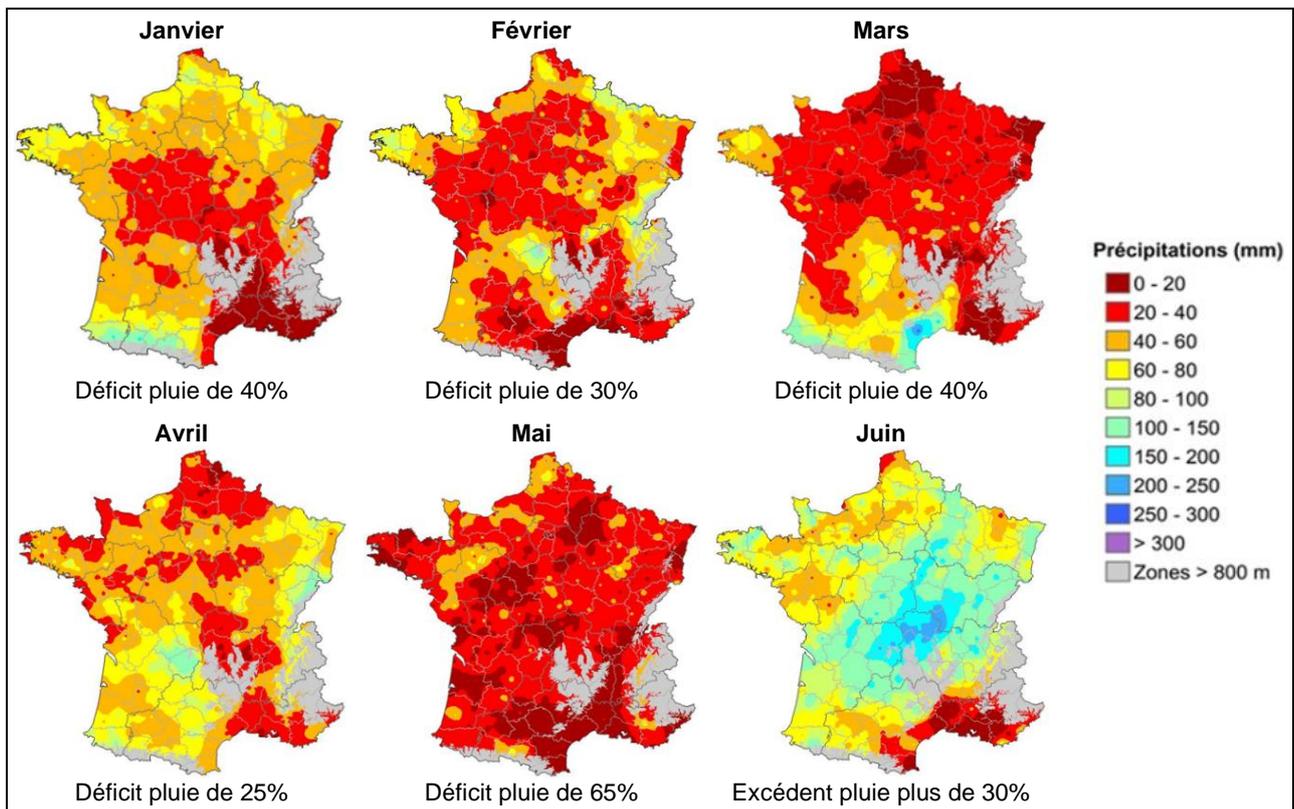
« Durant l'hiver 2021-2022, la France a été souvent sous l'influence de conditions anticycloniques. Les passages perturbés ont été moins fréquents qu'à l'ordinaire sur la quasi-totalité du pays, notamment sur la moitié ouest et le Sud-Est. Malgré un net refroidissement de 12 au 27 janvier, une grande douceur a dominé avec de nombreux records fin décembre-début janvier ».

Printemps 2022 : Extrêmement doux et sec

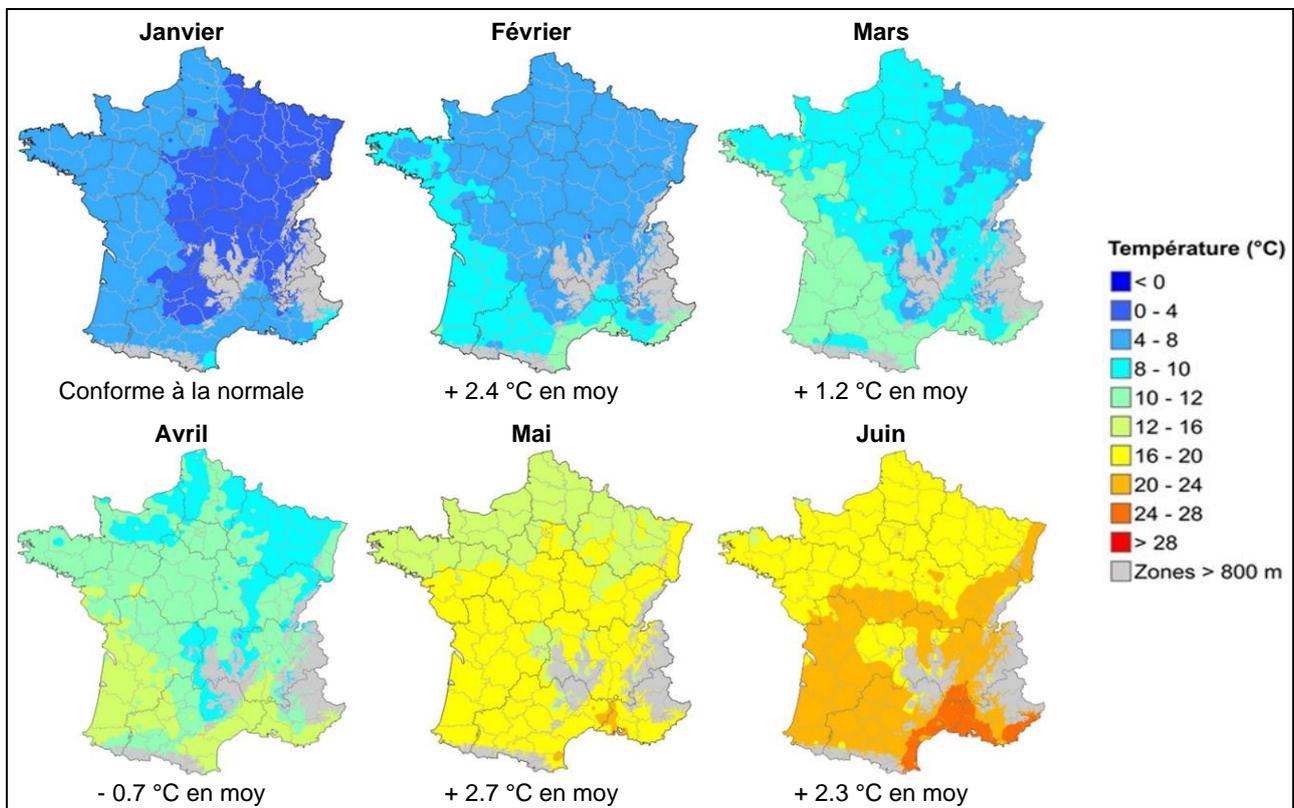
« Les conditions anticycloniques ont dominé sur la France. Les passages perturbés ont été peu fréquents et généralement peu actifs. Ce printemps a été marqué par une grande douceur malgré un épisode hivernal tardif du

1^{er} au 5 avril avec des records de froid. La douceur a toutefois régné durant la quasi-totalité du printemps qui s'est achevé par un mois de mai le plus chaud depuis le début du XX siècle avec de nombreux records de chaleur durant la seconde quinzaine. Le déficit marqué de précipitations combiné aux températures plus élevées que la normale a provoqué un assèchement des sols superficiels ».

« Après un début de mois de juin chaud, une vague de chaleur de forte intensité s'est installée sur l'ensemble du pays du 15 au 21 juin. Cette canicule est la plus précoce observée en France. De violents orages accompagnés de fortes rafales, de pluies intenses et de chutes de grêle ont touché une grande partie des régions tout au long du mois ».



L'hiver et le printemps sont caractérisés par un climat sec à très sec, peu favorable au développement précoce des maladies.



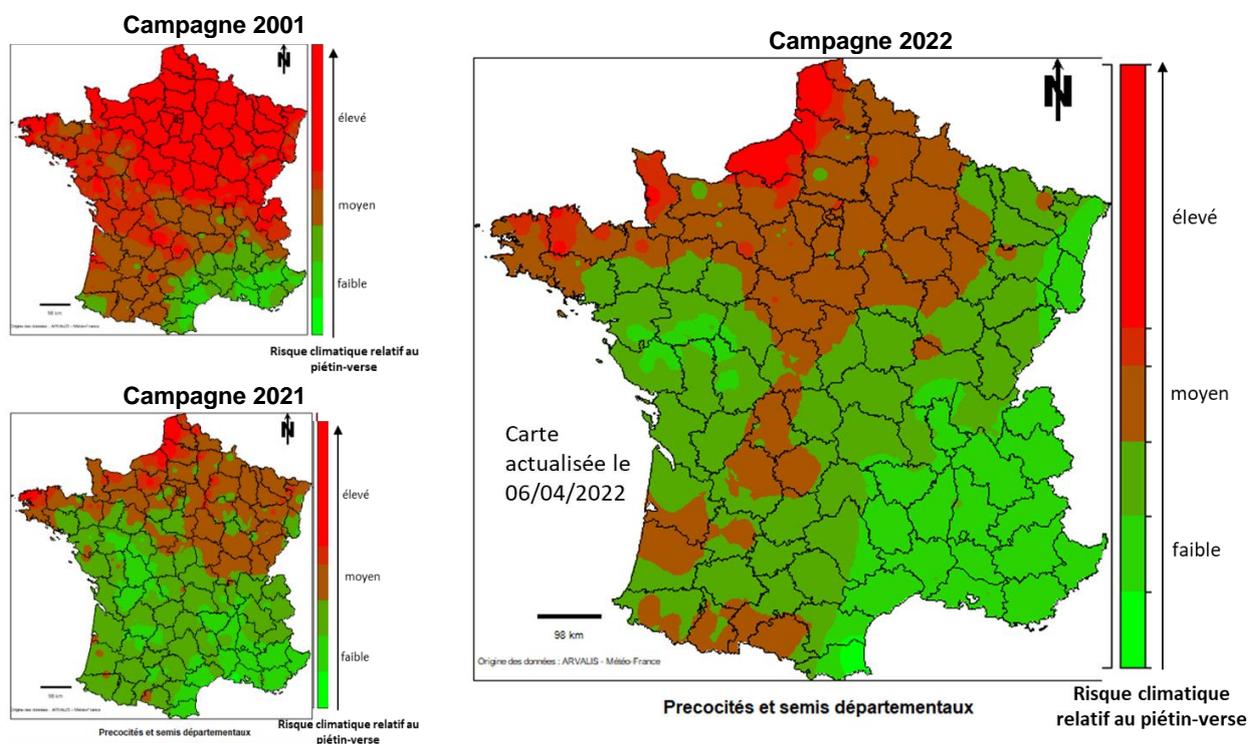
Ce printemps a été marqué par une grande douceur.

Le risque piétin verse

Figure 1 : Risque piétin verse, calculé par le modèle TOP, pour la campagne 2022

Potentiel climatique de développement du piétin-verse prévu par le modèle TOP au stade épi 1cm

(Attention, il s'agit d'un risque climatique potentiel maximal calculé pour une situation à risque : variété sensible, inoculum non limitant (non prise en compte des facteurs agronomiques))

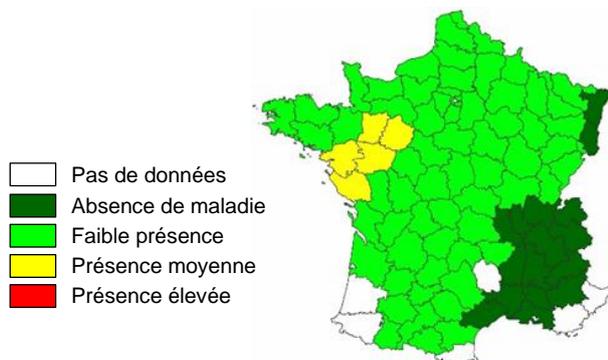


Le potentiel de risque climatique vis-à-vis du piétin-verse, calculé par le modèle TOP au stade épi 1 cm, était moyen, assez semblable à 2021 et très inférieur à 2001 (référence haute), (figure 1). Cela s'explique par un mois de novembre froid et sec sans aucune contamination, suivi par des contaminations plus nombreuses en décembre puis février. Ce risque TOP n'indique toutefois qu'une potentialité de développement du piétin-verse et considère par défaut l'inoculum comme non limitant. Or, le risque piétin-verse est largement déterminé par les critères agronomiques de la parcelle.

Ce risque TOP doit donc être modulé en prenant en compte la situation agronomique de la parcelle (potentiel infectieux, type de sol, niveau de résistance des variétés au piétin-verse). La grille de risque proposée par ARVALIS permet de combiner les deux sources : risque climatique et agronomique et d'estimer un risque global à la parcelle.

Sur le terrain, la maladie s'est faite plutôt très discrète, comme ces dernières années ; ne laissant que peu d'inoculum dans les parcelles.

Estimation de l'intensité du piétin verse



La sécheresse printanière de février à mai a stoppé toute progression de la maladie. La résistance variétale, grâce à la popularité du gène PCH1, participe à la régression de la maladie.

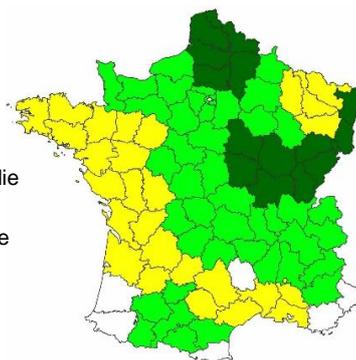
Autres maladies en 2022 (observations réalisées par le réseau régionale d'Arvalis)

Estimation de l'intensité de l'oïdium

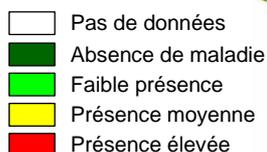


Une année sèche favorable à l'oïdium pas uniquement en Champagne

Estimation de l'intensité du Piétin-échaudage



Présence discrète de piétin échaudage en 2022



La rouille jaune

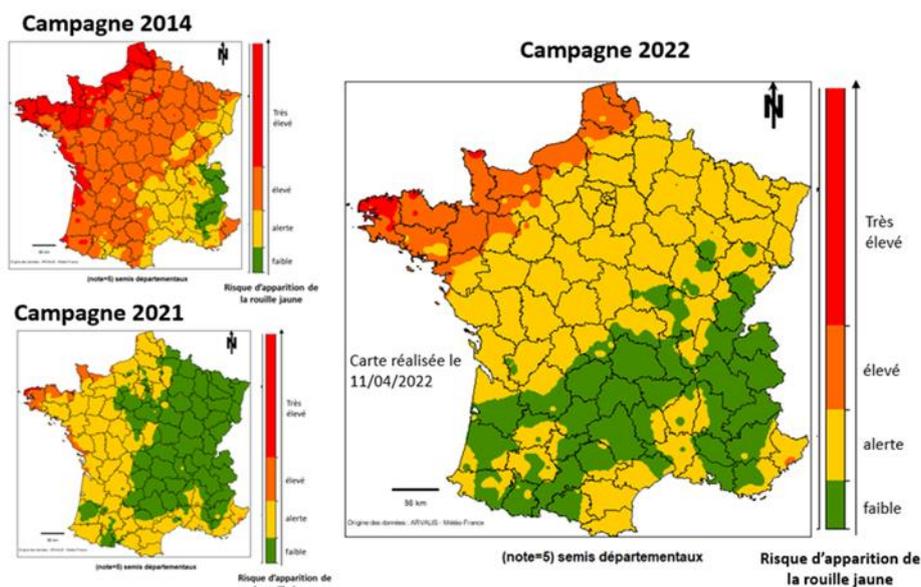
Le premier critère qui détermine le risque rouille jaune reste la sensibilité variétale mais le climat explique également le risque. Le modèle ARVALIS Crustyello (CRUSTY) prend en compte la date de semis, la sensibilité variétale et de nombreuses variables climatiques pour estimer la probabilité d'apparition de la rouille jaune.

Le risque de présence de la rouille jaune, estimé par ce modèle pour la semaine 15 (du 11/04 au 17/04) était plutôt élevé. Une large partie de la France avait déjà dépassé le seuil d'alerte invitant à aller observer dans les parcelles pour vérifier la présence de symptômes. La douceur hivernale a été favorable à la maladie, et après un épisode brutal de froid début avril, les conditions à

partir du 10/04 sont de nouveau favorables au développement de la rouille jaune. Le risque était plus important que l'année dernière mais moins précoce qu'en 2014. Pour rappel, 2014 est le dernier millésime avec une pression rouille jaune très précoce et très forte. Cependant, les variétés cultivées en 2022 sont nettement moins sensibles à la rouille jaune qu'en 2014.

En 2022 le risque était particulièrement élevé en Bretagne, Normandie, Haut de France et Ile de France à la fois sur variétés sensibles mais aussi moyennement sensibles (figure 2). Dans ces régions de la rouille jaune a déjà été observée sur ALIXAN (note 3), AMBOISE (note 3), CAMPESINO (note 5), COMPLICE (note 5), RGT KILIMANJARO (note 5), RGT SACRAMENTO (note 5), RGT LIBRAVO (note 6), TENOR (note 5).

Figure 2 : Risque rouille jaune, estimé par le modèle CRUSTY semaine 15 (du 11/04 au 17/04) pour une variété Moyennement Sensible (note 5) à la rouille jaune



Précocité et semis départementaux

Début montaison, les messages d'avertissement incitaient par prudence à aller observer dans les parcelles, dès le retour de conditions climatiques plus favorables (remontée des températures, bordure maritime, semis précoces et variétés sensibles notes <=6).

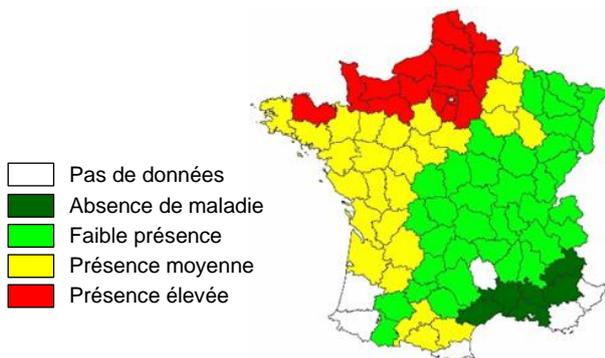
A la mi-mars les premiers signalements se sont répétés, surtout dans le Nord des Cotes d'Armor et parfois sur des variétés résistantes à des stades encore jeunes de la céréale (avant BBCH 39).

En Hauts-de-France la rouille jaune est absente jusqu'à stade épi 1 cm, sauf quelques pustules sur des variétés sensibles comme Campesino. La rouille jaune ne se développera finalement que vers le 15/04 au stade 2 noeuds et continuera à se développer en mai et juin

Dans le Calvados en bordure maritime les premières pustules de rouille jaune sont également observés dès Epi 1cm avec de très forte intensité sur variété sensible.

Dans les autres régions, la rouille jaune est arrivée début avril et s'est maintenue jusqu'en fin de cycle.

Estimation de l'intensité de la rouille jaune



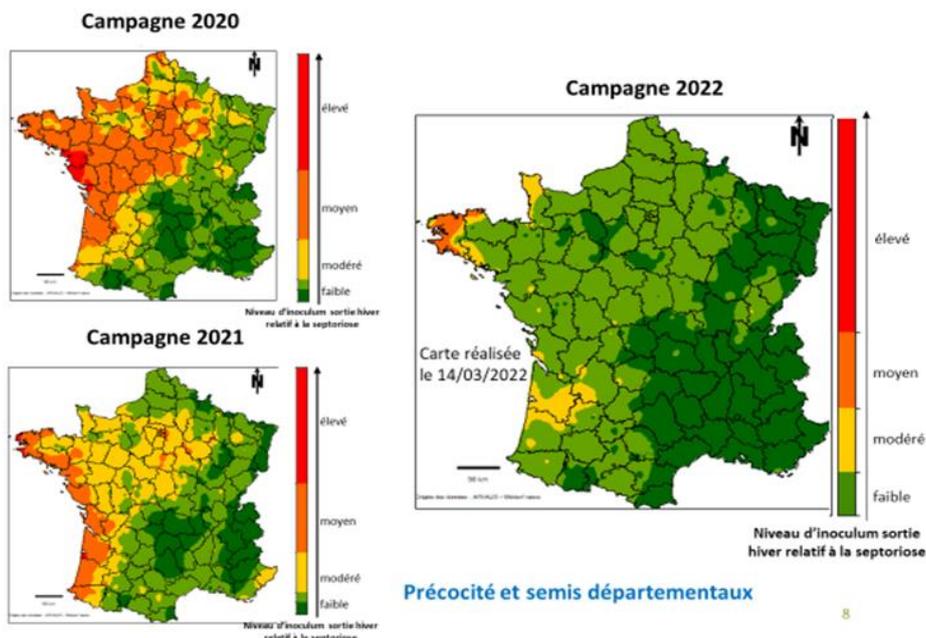
Principale maladie rencontrée cette année en Bretagne, Normandie, Ile de France et Nord Picardie. Pression importante, arrivée précocement en Bretagne, parfois difficilement contrôlable

La septoriose

Le niveau d'inoculum de septoriose estimé par le modèle Septo-LIS, était bien moins important que les deux

dernières campagnes (figure 3), surtout sur la façade Atlantique. Cela provient de contaminations hivernales faibles en lien avec des précipitations moins élevées que la normale en janvier et février.

Figure 3 : Inoculum de septoriose, estimé par l'outil Septo-LIS au stade épi 1 cm pour une variété de précocité de type Rubisko/Apache semée à une date-type départementale : 2022 vs 2021 et 2020



Précocité et semis départementaux

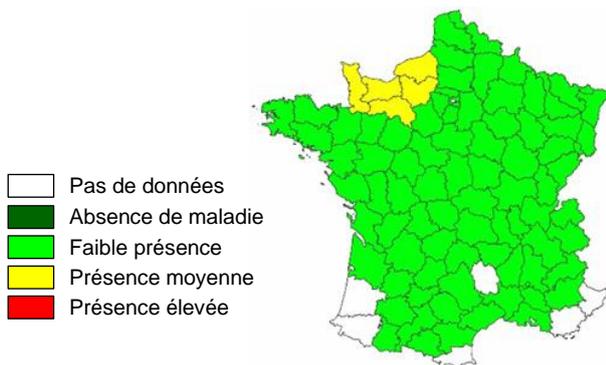
8

La septoriose présente en sortie d'hiver sur les feuilles les plus âgées n'a pas évolué en raison notamment de la sécheresse printanière. En effet, les conditions anticycloniques sans pluie depuis la mi-mars, avec des températures douces, n'ont pas été favorables au développement de la maladie mais plutôt favorable à l'avancée des stades. Ce contexte ne permettait pas a priori de justifier un traitement dès le stade 2 nœuds visant la septoriose. Le modèle Septo-LIS® proposait dans les essais une première intervention autour du stade dernière feuille étalée (Z39) sur variété moyennement

sensible et autour du gonflement-épiaison pour les variétés peu sensibles (note >6). Seuls quelques essais sur variétés sensibles (note <=5) ont nécessité une intervention autour du stade dernière feuille pointante.

Le retour des précipitations (excédentaires) orageuses de début juin accompagnées de températures élevées ont permis une progression tardive de la maladie. En raison de l'avancée des stades observés en 2022, la maladie n'a pas pu faire des dégâts importants sur la fin de cycle.

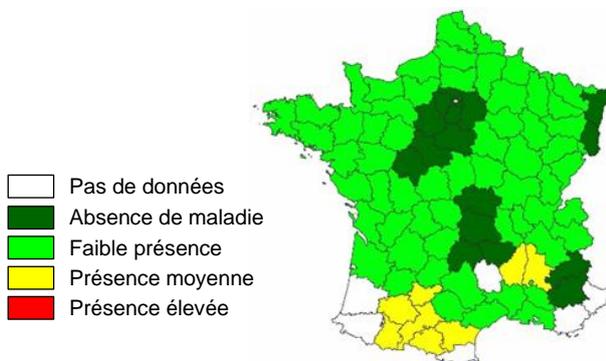
Estimation de l'intensité de la septoriose



Les symptômes de septoriose sont apparus tardivement en 2022. L'impact de la septoriose est finalement faible

La rouille brune

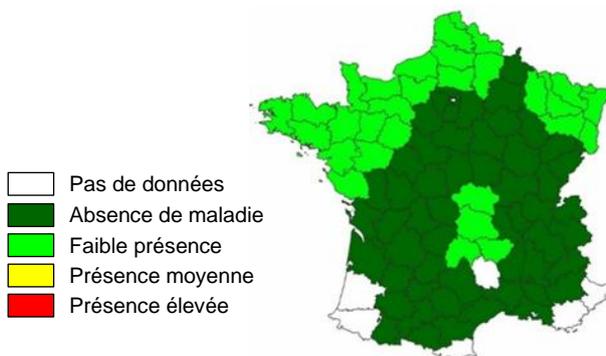
Estimation de l'intensité de la rouille brune



La rouille brune a été très discrète en 2022 et sans incidence sur le rendement.

La fusariose

Estimation de l'intensité de la fusariose sur épis



la fusariose a été peu observée malgré parfois des fortes pluies enregistrées à la floraison.

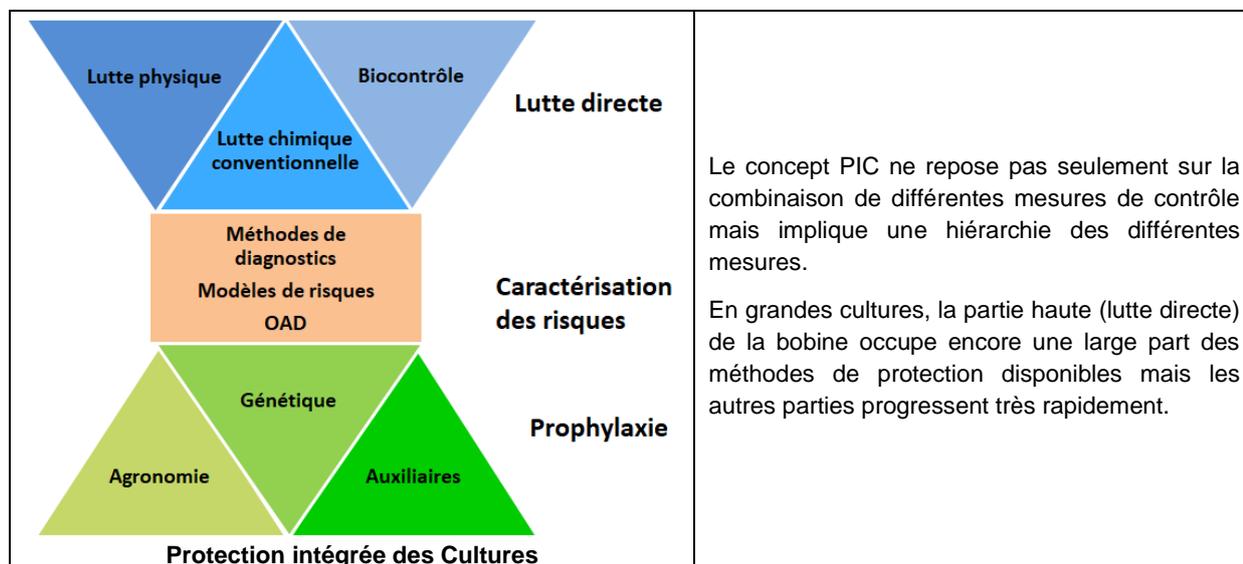
MALADIES DES CEREALES : **blés tendres et blés durs**

La protection intégrée

La protection intégrée des cultures (PIC) pour les maladies du blé

Le concept de Protection Intégrée des Cultures (PIC) lancé il y a une cinquantaine d'années avait déjà pour objectif de réduire l'utilisation des pesticides afin de

minimiser l'impact environnemental et le coût de la lutte, tout en maximisant le résultat économique de l'agriculteur.



Pour "CHOISIR et décider pour 2021", c'est avec cet angle " Protection Intégrée des maladies " que nos recommandations sont présentées. Pour minimiser le recours à la lutte directe, il convient d'abord de ne pas favoriser le développement des maladies. Le premier objectif étant de placer la culture dans les meilleures conditions pour résister naturellement à ses bioagresseurs.

La combinaison de différentes méthodes ou leviers biologiques, agronomiques ou synthétiques vise à optimiser la lutte tout en conciliant les objectifs sanitaires, économiques et environnementaux.

Les mesures préventives

La protection intégrée relève d'une approche globale et systémique. Elle donne la priorité aux mesures préventives dite de protection « indirecte » ou prophylactiques des cultures. Celles-ci visent à perturber le cycle du bioagresseur et donc à réduire les risques de développement par le recours aux leviers disponibles les plus efficaces.

La **prophylaxie** repose pour l'essentiel sur la **rotation** : éviter le retour fréquent d'une même céréale favorable aux maladies (des racines et des bases de tiges par exemple), alterner les cultures de printemps et d'automne. Elle passe aussi par l'évitement de **semis trop précoces** (pour lutter plus efficacement contre

certaines maladies comme le piétin verse ou la septoriose). Elle peut aussi passer par un **travail du sol** adapté aux risques encourus, pour enfouir des résidus de récolte ou favoriser leur décomposition.

L'utilisation des **variétés résistantes** ou tolérantes aux maladies fait également partie de l'arsenal des leviers. Le semis de variétés résistantes est souvent le moyen le plus efficace et le plus économique pour lutter contre les bioagresseurs, sans risque de pénaliser le rendement.

La lutte directe

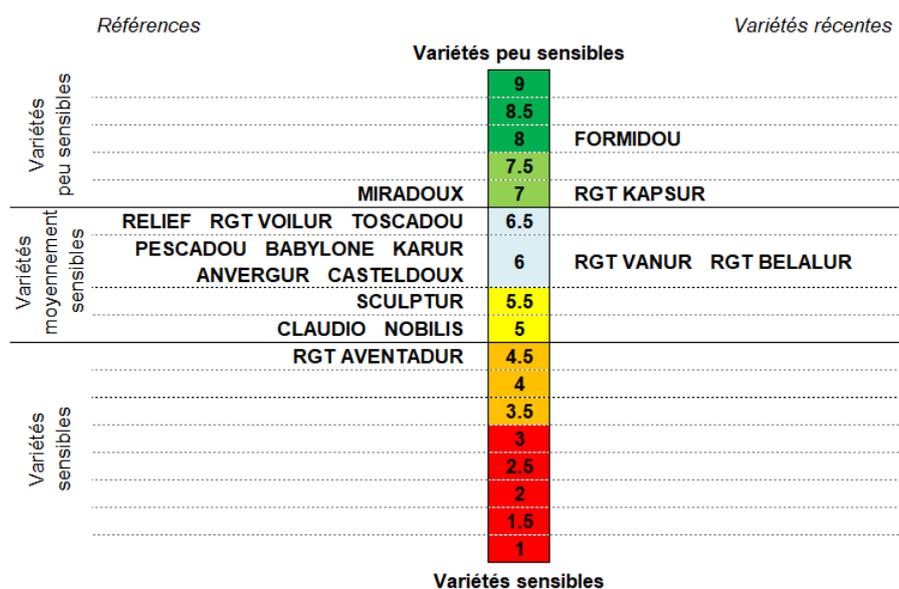
L'emploi de techniques alternatives comme le **biocontrôle** en substitution ou en complément aux produits conventionnels participent également à l'évolution souhaitée de la protection. Rappelons que le biocontrôle est défini comme un ensemble de méthodes de protection des végétaux basé sur l'utilisation de mécanismes naturels.

Le raisonnement des interventions de lutte directe fait aussi partie intégrante de la stratégie de protection intégrée des cultures. La **lutte directe conventionnelle n'étant finalement que l'ultime recours de la protection intégrée**. L'objectif à atteindre étant d'appliquer, juste ce qu'il faut de produit phytosanitaire et au meilleur moment, en appuyant par exemple sa décision sur la des observations visuelles et/ou des sorties de modèles d'aide à la décision (**OAD**).

Comportement des variétés de céréales vis-à-vis des maladies

Variétés de BLE DUR

Classement des variétés de blé dur par rapport à la tolérance à l'OïDIUM Synthèse pluriannuelle nationale 2010-2020



Source: essais pluriannuels post-inscription (ARVALIS) et inscription (CTPS/GEVES)

L'oïdium n'est pas une maladie dominante sur le blé dur. Cette maladie est très liée à un excès d'azote précoce ou à un excès de végétation.

Il est cependant important de bien repérer les variétés très sensibles pour prévoir un traitement fongicide spécifique si besoin.

Cette année, l'oïdium a été peu présent hormis en Camargue dans le Sud-Est.

MIRADOUX et RELIEF ont des bons comportements. SCULPTUR et dans une moindre mesure CASTELDOUX sont à surveiller. NOBILIS est assez sensible.

Très bon comportement des nouveautés FORMIDOU et RGT KAPSUR. La nouveauté RGT BELALUR et RGT VANUR sont correctes sur ce critère.

Classement des variétés de blé dur par rapport à la tolérance à la ROUILLE JAUNE
Synthèse pluriannuelle nationale 2014-2022

	Références			Variétés récentes		
	Variétés peu sensibles					
Variétés peu sensibles				9		
	ANVERGUR	BABYLONE	NOBILIS	8	CANAILLOU	FORMIDOU RGT VANUR
	CASTELDOUX	CLAUDIO	KARUR	7	RGT BELALUR	RGT KAPSUR
	RGT VOILUR	TOSCADOU		6	RGT SOISSUR	
Variétés moyennement sensibles	MIRADOUX	RELIEF	SCULPTUR	5		
				4		
Variétés sensibles		PESCADOU		3		
				2		
				1		
				1		
	Variétés sensibles					

Source: essais pluriannuels post-inscription (ARVALIS) et inscription (CTPS/GEVES)

La rouille jaune est davantage présente dans le Nord de la France et en région océanique en année moyenne. Cependant, les nouvelles races de rouille jaune semblent mieux se plaire en France et cette année il a été possible d'en voir dans toutes les régions excepté le Sud Est. Certaines variétés commencent à avoir quelques symptômes (suspicion de contournement de résistance) même si en moyenne pluriannuelle au niveau national cela ne suffit pas à modifier les cotations.

Les nouveautés ont globalement un très bon comportement sur ce critère, avec RGT BELALUR plus sensible. Parmi les variétés qui se comportent très bien, on retrouve NOBILIS et ANVERGUR. CASTELDOUX, RGT VOILUR et TOSCADOU se comportent bien même si des symptômes ont été observés cette année. Les variétés les plus sensibles sont MIRADOUX et RELIEF.

Classement des variétés de blé dur par rapport à la tolérance à la SEPTORIOSE
Synthèse pluriannuelle nationale 2010-2022

	Références		Variétés peu sensibles		Variétés récentes
Variétés peu sensibles			9		
			8.5		
			8		
			7.5	RGT KAPSUR	
Variétés moyennement sensibles	ANVERGUR	NOBILIS	7	CANAILLOU FORMIDOU RGT BELALUR	
	BABYLONE KARUR PLATONE	RGT AVENTADUR RGT VOILUR	6.5	RGT SOISSUR	
		MIRADOUX RELIEF	6		
		TOSCADOU	5.5	RGT VANUR	
Variétés sensibles	PESCADOU	SCULPTUR	5		
			4.5		
	CASTELDOUX	CLAUDIO	4		
			3.5		
			3		
			2.5		
			2		
		1.5			
		1			

Source: essais pluriannuels post-inscription (ARVALIS) et inscription (CTPS/GEVES)

La septoriose est une maladie fréquente qui peut potentiellement toucher toutes les régions, il est donc important de prendre en compte cette maladie dans le choix variétal. En effet, le choix de variétés plus tolérantes et le suivi des symptômes sont essentiels pour adapter la protection fongicide.

Parmi les variétés bien connues, NOBILIS et ANVERGUR restent les références les moins sensibles et l'ensemble des nouveautés se positionne très bien vis-à-vis de la résistance à la septoriose puisqu'elle sont toutes à minima de leur niveau. CASTELDOUX est quant à elle l'une des plus sensibles avec CLAUDIO sur ce critère.

Classement des variétés de blé dur par rapport à la tolérance à la ROUILLE BRUNE
Synthèse pluriannuelle nationale 2014-2022

	Références	Variétés peu sensibles	Variétés récentes
Variétés peu sensibles		9	
		8.5	
	CASTELDOUX NOBILIS	8	CANAILLOU
	RGT VOILUR		
	RGT AVENTADUR	7.5	
	PLATONE	7	RGT BELALUR RGT SOISSUR
Variétés moyennement sensibles	BABYLONE CLAUDIO	6.5	RGT KAPSUR
	RELIEF TOSCADOU		
	ANVERGUR KARUR	6	FORMIDOU RGT VANUR
Variétés sensibles		5.5	
		5	
	MIRADOUX PESCADOU	4.5	
	SCULPTUR	4	
		3.5	
		3	
	2.5		
	2		
	1.5		
	1		

Source: essais pluriannuels post-inscription (ARVALIS) et inscription (CTPS/GEVES)

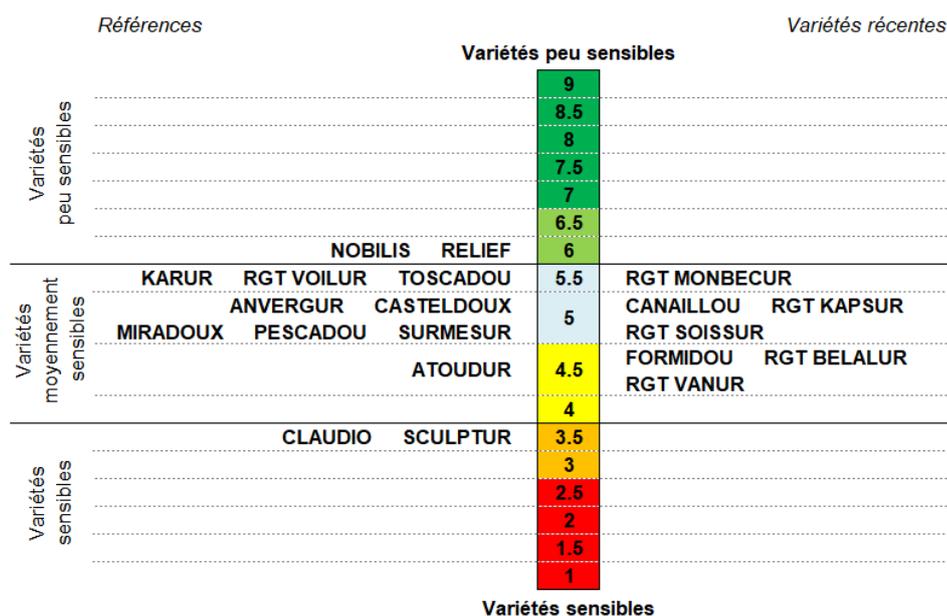
La sensibilité des variétés de blé dur à la rouille brune est évaluée chaque année. Il est important de noter que les souches de rouille brune évoluent vite et que le classement mérite d'être surveillé. Les résistances variétales à la rouille brune, si elles ne représentent pas un avantage décisif, apportent de la souplesse dans le programme fongicide et dans le choix des produits.

La nouveauté CANAILLOU se positionne au niveau de NOBILIS, CASTELDOUX et RGT VOILUR avec un très

bon comportement même si elles ne sont pas indemnes. RGT BELALUR, RGT KAPSUR et RGT SOISSUR sont peu sensibles et peuvent être comparées aux variétés TOSCADOU ou RELIEF. La variété FORMIDOU est quant à elle un peu plus en retrait sur ce critère, sans être classée sensible, et se place au niveau d'ANVERGUR.

MIRADOUX ou SCULPTUR sont classées parmi les variétés les plus sensibles.

Classement des variétés de blé dur par rapport à la tolérance à la FUSARIOSE DES EPIS
Synthèse pluriannuelle nationale 2006-2020



Source: essais pluriannuels post-inscription (ARVALIS) et inscription (CTPS/GEVES)

Les fusarioses des épis sont très nuisibles sur blé dur car elles impactent le rendement et la qualité sanitaire (DON). De plus, l'efficacité des traitements fongicides reste insuffisante. En matière de fusarioses, la sensibilité variétale n'intervient qu'en troisième position des facteurs de risque après le climat, la gestion des précédents et des résidus de culture, mais avant la protection fongicide. Afin d'assurer une bonne qualité sanitaire de la récolte, le risque fusariose doit être considéré tôt et de façon globale en tenant compte des rotations.

Les notations visuelles des symptômes de fusarioses sur les épis et les grains de blé ne permettent pas toujours de distinguer les *Fusarium graminearum* et les

Microdochium spp. et les deux pathogènes co-existent fréquemment dans les essais.

Pour cette raison, les symptômes sont observés uniquement sur des essais spécifiques comptants pour l'inscription des variétés au CTPS et selon un mode opératoire qui permet :

- de favoriser le développement de *Fusarium graminearum*, producteur de mycotoxines (DON),
- de neutraliser les effets de précocité des variétés, avec des notations à floraison +350 degrés-jours et floraison +450 degrés-jours.

Les nouveautés se classent toutes dans la catégorie moyennement sensible et SCULPTUR reste l'une des variétés les plus sensibles.

Classement des variétés de blé dur par rapport aux mycotoxines DON Synthèse pluriannuelle nationale (2005-2021)

Références		Variétés peu sensibles		Variétés récentes	
Variétés peu sensibles			9		
			8.5		
			8		
			7.5		
			7		
		6.5			
		6			
Variétés moyennement sensibles	BABYLONE	PESCADOU	5.5	CANAILLOU	FORMIDOU
		RELIEF			
		RGT AVENTADUR	5	RGT VANUR	
	ANVERGUR	CASTELDOUX	4.5	RGT BELALUR	RGT SOISSUR
		KARUR NOBILIS			
		4			
Variétés sensibles	CLAUDIO	MIRADOUX	3.5		
		TOSCADOU			
	RGT VOILUR	SCULPTUR	3		
			2.5		
			2		
		1.5			
		1			

Source : essais pluriannuels post-inscription (ARVALIS) et inscription (CTPS /GEVES)

Le blé dur est plus sensible aux fusarioses que le blé tendre et le risque d'accumulation de mycotoxines y est plus élevé.

Seules les fusarioses de type *F. culmorum* et *F. graminearum* produisent du DON. Mais la contamination des épis par les fusarium et la production de DON est multifactorielle.

Les principaux facteurs identifiés sont par ordre d'importance décroissante : le climat à la floraison, le potentiel infectieux de la parcelle (ou résidus de culture), la sensibilité variétale et la protection fongicide.

Le climat est le facteur primordial dans les processus de contamination par les fusarium. Il joue un rôle déterminant dans la maturation de l'inoculum (pluies et températures supérieures à 10°C) dans les 2 à 3 semaines précédant la floraison et dans les conditions d'infection (pluies et vent). Pour qu'il y ait une contamination, les émissions d'ascospores doivent se produire pendant la période de sensibilité des blés, c'est à dire au stade floraison.

Les résidus de culture sont la principale source maîtrisable de contamination. Avec une quantité importante de résidus en surface, les précédents maïs et sorgho augmentent le potentiel infectieux. Le travail du sol a également toute son importance. Le labour permet d'enfouir les résidus puis le broyage permet d'accélérer leur décomposition.

Le positionnement du fongicide, juste avant la contamination, est essentiel mais parfois délicat.

Les fongicides de la famille des triazoles (prothioconazole, tébuconazole, metconazole, ...) ainsi que certaines strobilurines (dimoxystrobine) peuvent

limiter le développement des fusarioses sur épis et par conséquent limiter l'accumulation de mycotoxines dans le grain. Le prothioconazole est la seule matière active à avoir une efficacité sur *Fusarium graminearum* et sur *Microdochium spp.* Il peut s'utiliser seul ou en association avec d'autres partenaires.

Le choix de variétés peu sensibles aux DON est un des leviers majeurs dans la gestion de la qualité sanitaire dans les situations à risque agronomique élevé.

La sensibilité des variétés à l'accumulation de la DON est exprimée en % de la moyenne des variétés testées dans les essais. Ces essais ont été réalisés en contamination artificielle, en condition semi-naturelle (brumisation). Les mesures de DON réalisées cette année par méthode de référence (HPLC) ne seront connues qu'après publication de ce document.

Les données acquises jusqu'en 2021 servent donc au classement présenté ci-dessous. Les nouvelles variétés ont donc ci-dessous un premier classement qui est susceptible d'être modifié à la marge par de nouvelles observations.

RELIEF reste une référence comme variété moins sensible à l'accumulation de DON mais PLATONE et RGT KAPSUR se placent un petit cran au-dessus sur ce critère.

CANAILLOU et FORMIDOU sont du niveau de RELIEF, ce qui est un bon point pour ces variétés.

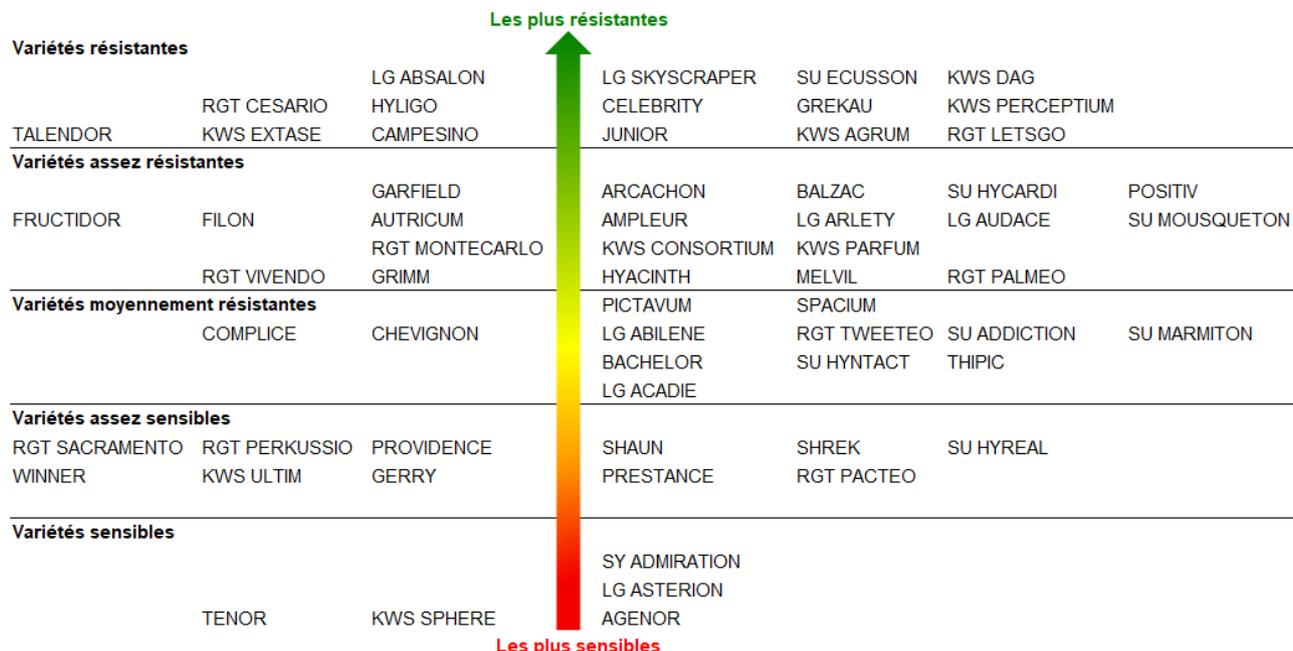
ANVERGUR est moyennement sensible, tout comme les nouveautés RGT BELALUR et RGT SOISSUR alors que RGT VOILUR l'est davantage.

Variétés de BLE TENDRE

Echelle de résistance des variétés de blé tendre à l'OÏDIUM

Références

Nouveautés et variétés récentes



() : à confirmer

Source : essais pluriannuels de post inscription (ARVALIS et partenaires) et d'inscription (CTPS/GEVES)

Echelle de résistance des variétés de blé tendre stade adulte⁽¹⁾ à la ROUILLE JAUNE

Références

Nouveautés et variétés récentes

Variétés résistantes			Les plus résistantes			
HANSEL	KWS EXTASE	LG APOLLO CROSSWAY	POSITIV			
			KWS CONSORTIUM	SHAUN	SHREK	SU HYNTECT
Variétés assez résistantes						
	KWS SPHERE	CHEVIGNON	BALZAC	JUNIOR	LG ABILENE	LG SKYSCRAPER
	KWS ULTIM	GRIMM	MELVIL	RGT PACTEO	SU HYCARDI	SU MOUSQUETON
	TALENDOR	RGT PERKUSSIO	GREKAU	SPACIUM	SU ECUSSON	SU MARMITON
	WINNER	SY ROCINANTE	ARCACHON	BACHELOR	SU ADDICTION	SY ADMIRATION
	RGT CESARIO	ADVISOR	HYACINTH	KWS AGRUM	KWS PARFUM	THIPIC
			AMPLEUR			
Variétés moyennement sensibles						
PROVIDENCE	LG AUDACE	LG ABSALON	CELEBRITY			
	GARFIELD	AUTRICUM	KWS PERCEPTIUM	KWS DAG		
	RUBISKO	RGT ROSASKO	LG ACADIE			
			LG ARLETY	RGT LETSGO	SU HYREAL	
Variétés assez sensibles						
		COMPLICE	PRESTANCE	RGT TWEETEO		
	GERRY	OREGRAIN				
(SEPIA)	RGT VIVENDO	HYLIGO	RGT PALMEO			
		RGT LEXIO				
Variétés très sensibles						
		TENOR	AGENOR			
		CAMPESINO	PICTAVUM			
		RGT SACRAMENTO	LG ASTERION			
		RGT MONTECARLO				
			Les plus sensibles			

() : à confirmer

Source : essais pluriannuels de post-inscription (ARVALIS et partenaires) et d'inscription (CTPS/GEVES).

La résistance variétale reste le moyen de lutte le plus économique et le plus efficace pour lutter contre la rouille jaune du blé tendre. Mais une gestion efficace de la lutte génétique suppose un suivi des populations et de l'évolution de leurs profils de virulence.

⁽¹⁾ Si les résistances qui s'expriment dès le stade plantule sont efficaces tout au long du cycle de la culture, les résistances adultes ne se mettent en place qu'au cours de la montaison. Ainsi beaucoup de variétés résistantes en fin de montaison et durant le remplissage peuvent être sensibles durant le tallage ou le début de la montaison. Ainsi en cas de démarrage précoce d'épidémie, des variétés jugées résistantes au stade adulte peuvent présenter des symptômes.

Plus de la moitié des variétés actuelles restent résistantes ou assez résistantes, notamment grâce à un

renouvellement variétal régulier. Toutefois des contournements sont observés en raison de l'évolution des races qui s'adaptent aux variétés cultivées. Ces contournements sont beaucoup plus fréquents depuis l'arrivée en Europe des races Warrior en 2011. Après le contournement des résistances d'Orégrain (2016), de Némio (2018), de Filon/Amboise (2019) et de Campesino/Gravure/RGT Sacramento (2020), les variétés Agénor, et RGT Montecarlo ont présenté nettement plus de symptômes qu'attendu en 2021. L'année 2022 est marquée par une pression rouille jaune particulièrement élevée dans le quart Nord-Ouest de la France, entraînant des pertes de rendements importantes sur les variétés sensibles. Ces variétés doivent être évitées dans ces situations, ou à défaut, faire l'objet d'une protection fongicide adaptée.

Echelle de résistance des variétés de blé tendre à la ROUILLE BRUNE

Références

Nouveautés et variétés récentes

Variétés résistantes		CAMPESINO		Les plus résistantes		SU HYNTECT		GREKAU		KWS AGRUM	LG ABILENE	LG ASTERION
Variétés assez résistantes		GARFIELD	AUTRICUM	BALZAC	KWS CONSORTIUM	LG ARLETY	RGT LETSGO	RGT PALMEO				
		RGT SACRAMENTO	RGT MONTECARLO	LG ACADIE	SPACIUM	SU HYCARDI						
WINNER	TENOR	RGT VIVENDO	LG ABSALON	AMPLEUR	AGENOR	MELVIL	THIPIC					
Variétés moyennement résistantes		RGT PERKUSSIO	KWS SPHERE	KWS EXTASE	JUNIOR	KWS PERCEPTIUM	PICTAVUM	PRESTANCE				
				CHEVIGNON	KWS PARFUM	RGT PACTEO						
				GRIMM	SHREK	LG AUDACE	RGT TWEETEO	SHAUN				
Variétés assez sensibles				ARCACHON	SU MOUSQUETON	SU HYREAL						
		RGT CESARIO	KWS ULTIM	GERRY	SU MARMITON	SY ADMIRATION						
Variétés sensibles				TALENDOR	COMPLICE							
				OREGRAIN	CELEBRITY	CROSSWAY	LG SKYSCRAPER					
				PROVIDENCE	SU ADDICTION							

() : à confirmer

Source : essais pluriannuels de post-inscription (ARVALIS) et d'inscription (CTPS/GEVES)

Les races de rouille brune évoluent régulièrement en réponse aux changements du paysage variétal, comme le montrent les résultats de l'enquête sur les populations de rouille brune pilotée par l'INRAE. En lien avec l'augmentation des surfaces de culture avec des variétés possédant le gène de résistance Lr28 (comme Oregrain, Rubisko, Filon, Terroir, Némio, KWS Dakotana), une des races dominantes depuis 10 ans a été remplacée par une nouvelle famille virulente sur Lr28. Les races virulentes

sur Lr24, capables de se développer sur RGT Cesario, LG Armstrong ou Amboise, absentes en 2018, sont de nouveau observées en France depuis 2019. Ces évolutions ne sont pas sans conséquence sur le comportement des variétés de blé tendre. Leurs niveaux de résistance doivent donc régulièrement être évalués, même si le rythme des contournements est à ce jour plus lent que celui observé sur la rouille jaune.

Echelle de résistance des variétés blé tendre au risque DON* (*Fusarium graminearum*) - 2022/2023

Références		Variétés peu sensibles			Variétés récentes			
Variétés peu sensibles		GRAINDOR	7	LD VOILE				
		HYLIGO	APACHE		SU MARMITON			
		SY ADORATION	OREGRAIN	6,5				
Variétés moyennement sensibles	KWS SPHERE	IZALCO CS (RGT VIVENDO)	CAMPESINO RENAN	6	KWS PERCEPTIUM SU HYTONI			
	HANSEL	GARFIELD	BERGAMO	5,5	ARCACHON	LG ABILENE	LG ASTERION	
	REBELDE	PILIER	KWS ULTIM		KWS PARFUM	PICTAVUM		
	TALENDOR	SY MOISSON	RGT ROSASKO	5	SU MOUSQUETON		SY ADMIRATION	
	FRUCTIDOR	CHEVIGNON	AUTRICUM		AGENOR	AMPLEUR	BACHELOR	BALZAC
	RGT DISTINGO	LG ABSALON	GENY		GREKAU	LG AUDACE	PRESTANCE	
	SOLINDO CS	RUBISKO	RGT MONTECARLO		RGT PACTEO	SU HYCARDI	SU HYREAL	
	GERRY	FORCALI	ARKEOS	4,5	HYACINTH		KWS CONSORTIUM LG ACADIE	
	MACARON	LG AURIGA	LG APOLLO		(POSITIV)	RGT PALMEO		
	RGT SACRAMENTO	RGT LEXIO	RGT CESARIO		SU ECUSSON	SHREK		
WINNER	UNIK	TENOR	4	CELEBRITY	JUNIOR	KWS AGRUM	LG ARLETY	
BOREGAR	ASCOTT	ADVISOR		LG SKYSCRAPER	MELVIL	RGT TWEETEO		
KWS EXTASE	GRIMM	DIAMENTO		SHAUN	SU ADDICTION		THIPIC	
PIBRAC	PASTORAL	NEMO						
SYLLON	RGT LETSGO	PROVIDENCE	3,5					
MORTIMER	LG ARMSTRONG	COMPLICE						
RGT PERKUSSIO	ORLOGE	MUTIC						
Variétés sensibles		SEPIA	AMBOISE	3	SPACIUM			
				2,5				

* : déoxynivalénol

Source des données : ARVALIS-Institut du végétal

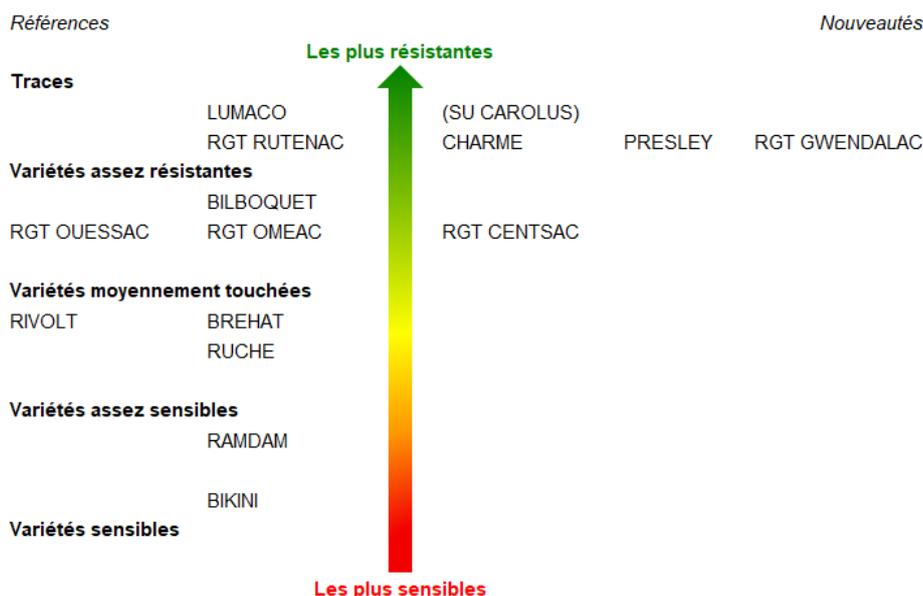
Source des échantillons : essais inscription (CTPS/GEVES) et post-inscription (ARVALIS)

Rappelons que l'accumulation de DON dans les grains de blé résulte d'une combinaison de plusieurs facteurs de risque aggravant : un climat propice au développement de la maladie, la présence de résidus contaminés en

surface lors de la floraison et l'implantation d'une variété sensible. Pour réduire les risques cette échelle doit être utilisée avec la grille d'évaluation du risque d'accumulation du déoxynivalénol (DON).

Variétés de TRITICALE

Echelle de résistance des variétés de triticales à l'OÏDIUM



() : à confirmer

Source : essais pluriannuels post-inscription (ARVALIS et partenaires) et inscription (CTPS/GEVES)

La sensibilité des variétés à l'oïdium est suivie avec attention sur triticales compte tenu de son évolution rapide et de la forte nuisibilité qu'elle provoque, en particulier lorsque les épis sont touchés.

Les variétés LUMACO et RGT GWENDALAC sont indemnes.

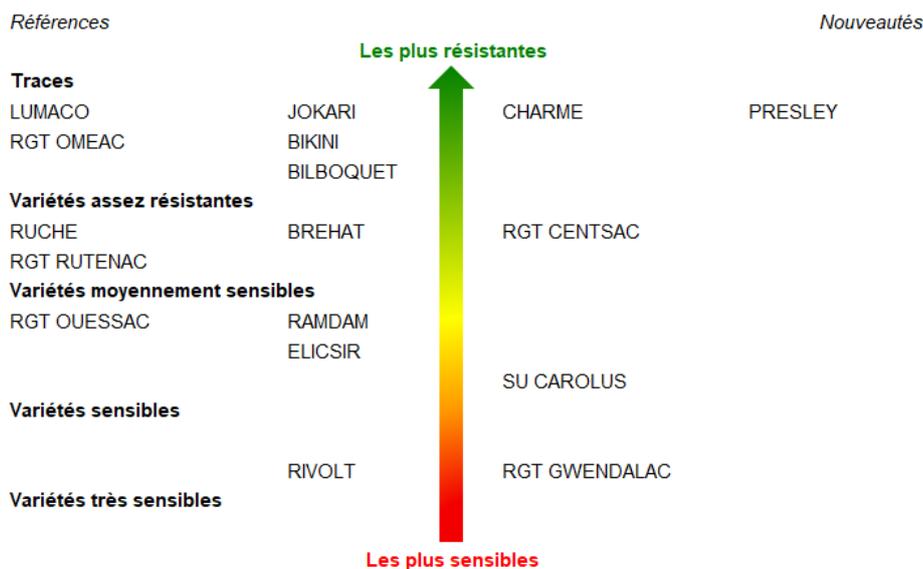
A noter l'évolution de la sensibilité pour BREHAT et RUCHE qui ont présenté des attaques significatives en 2022, alors que ces variétés étaient indemnes d'oïdium en 2021. Rappelons que la tolérance des variétés peut être évolutive en fonction des contournements par l'oïdium. Les notes initiales fournies par le CTPS sont donc réévaluées en fonction de l'évolution des sensibilités observées dans le réseau ARVALIS.

En revanche, ces notes doivent être prises avec précaution lorsque les variétés ne sont plus présentes dans le réseau ARVALIS.

RAMDAM et BIKINI présentent la plus forte sensibilité du réseau. BIKINI a la particularité d'être plus attaquée sur épis que sur feuillage ce qui provoque de fortes pertes de rendement lorsque la maladie n'est pas bien contrôlée.

Les techniques culturales permettent de limiter le risque de développement de l'oïdium : fractionnement des apports d'azote en limitant les apports précoces, et maîtrise des densités de semis. Rappelons que les densités de semis sur triticales peuvent être limitées à 85 % des doses préconisées sur blé.

Echelle de résistance des variétés de triticale à la ROUILLE JAUNE



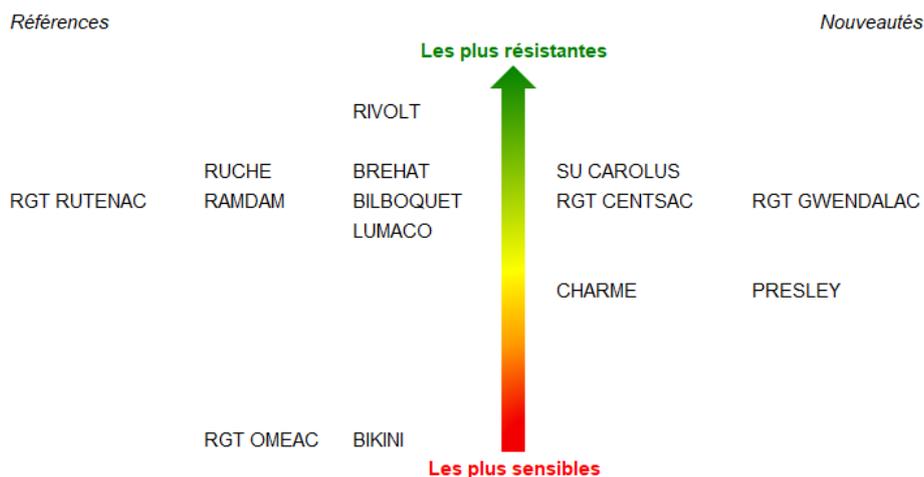
Source : essais pluriannuels post-inscription (ARVALIS et partenaires) et inscription (CTPS/GEVES)

La rouille jaune est particulièrement agressive sur triticale, il faut donc rester très attentif sur KAULOS, RIVOLT, et RGT GWENDALAC en particulier.

En revanche, LUMACO, RGT OMEAC JOKARI, BIKINI, et BILBOQUET, sont d'un très bon niveau de tolérance. Parmi les nouveautés, on note la très bonne tolérance de CHARME et PRESLEY.

Rappelons que la tolérance des variétés peut être évolutive en fonction des contournements par la rouille jaune. Les notes initiales fournies par le CTPS sont donc réévaluées en fonction de l'évolution des sensibilités observées dans le réseau ARVALIS. En revanche, ces notes doivent être prises avec précaution lorsque les variétés ne sont plus présentes dans le réseau ARVALIS.

Echelle de résistance des variétés de triticale à la ROUILLE BRUNE



() : à confirmer

Source : essais pluriannuels post-inscription (ARVALIS et partenaires) et inscription (CTPS/GEVES)

Au cours de cette campagne, les attaques ont été modérées. Attention toutefois, l'observation en fin de cycle n'est pas évidente et la confusion avec la rouille jaune reste possible.

A noter la relative sensibilité de BIKINI et RGT OMEAC, mais leur niveau de sensibilité reste sensiblement inférieur à celui de VUKA, absente du regroupement depuis 2 campagnes.

En dehors des variétés sensibles, il est généralement inutile d'intervenir spécifiquement contre cette maladie

Echelle de résistance des variétés de triticale au risque DON* (*Fusarium graminearum*) - 2022/2023

Variétés peu sensibles					
Variétés peu sensibles	7				
	6				
Variétés moyennement sensibles	5,5	KITESURF	LUMACO	RIVOLT	
	5	BILBOQUET	ELICSIR		
	4,5	ASELLUS	JOKARI	RGT CENTSAC	
	4	RGT OMEAC	RUCHE		
		(BIKINI)	KWS FIDO	PRESLEY	RAMDAM
	RGT RUTENAC	(SU CAROLUS)	VUKA		
Variétés sensibles	3,5	BREHAT (VIVIER)	RGT GWENDALAC		
	3	AGOSTINO	KAULOS	RGT ELEAC RGT EPIAC	
	2,5				
	2				
Variétés sensibles					

(): à confirmer

* : déoxynivalénol

Source des données : ARVALIS - Institut du végétal

Source des échantillons : essais inscription (CTPS/GEVES) et post-inscription (ARVALIS)

La prise en compte de la lutte contre la fusariose se réalise de la même manière que sur le blé. Avec le travail du sol et la rotation, la sensibilité variétale constitue un facteur important de présence du risque de mycotoxines DON. Le DON (déoxynivalénol) est une toxine produite par des champignons du genre *Fusarium* (*F. graminearum*).

Il est préférable de ne pas cultiver les variétés les plus sensibles dans les situations à risque, en précédant maïs grain et travail simplifié notamment.

A noter la bonne tolérance de KITESURF, LUMACO, RIVOLT au risque DON.

En cas de risque fusariose, la protection fongicide est impérative.

Combiner tous les leviers agronomiques, génétiques et biocontrôle ?

Prophylaxie : rappel

La pression des maladies cryptogamiques du blé est fortement liée au climat, au secteur géographique, mais aussi à de nombreux critères agronomiques ou

génétiques. Pour les critères agronomiques, la date de semis, la rotation, le travail du sol, la densité de semis ou encore la fertilisation ont une influence plus ou moins importante sur le développement et la nuisibilité de certaines maladies (tableau 1).

■ **Tableau 1 : Effet des techniques culturales sur le développement de certaines maladies fongiques (source : ARVALIS - Institut du végétal)**

Principales maladies	Incidence des techniques culturales mises en œuvre							
	Destruction des repousses ¹	Rotation	Travail du sol/ enfouissement et/ou broyage des résidus	Date de semis ²	Densité de semis	Fertilisation azotée	Choix variétal	Mélanges variétaux
Piétin échaudage		+++	+	++	++	-/+	(+)	
Piétin verse	+	+++	+	++	+	+	+++	
Oïdium	+		=	-	+	++	+++	+
Septorioses		+/=	+	++	=/+	=/+	++	
Helminthosporiose		+++	++			+	+++	
Rouille jaune	+		=	-/+	+	++	+++	+
Rouille brune	+		=	++	=/+	++	+++	+
Fusarioses épis		+++	+++	+	+	+	++	

¹ La gestion des repousses par des opérations de déchaumage influence la survie estivale de la rouille brune.

² Des semis tardifs peuvent favoriser l'oïdium et la rouille jaune et à l'inverse réduire le développement de la septoriose ou de la rouille brune.

Incidence :

+++ très forte ++ moyenne + faible (+) faible (à confirmer) +/- faible à nulle = sans incidence -/+ incidence positive ou négative

Souvent dictés par divers impératifs (type de sol, organisation de chantier, objectifs de production, climat...) et difficilement modifiables, les facteurs agronomiques doivent être identifiés, pris en compte dans le choix des stratégies phytosanitaires et aménagés au maximum pour chercher à limiter la nuisibilité dans le contexte parcellaire concerné. Il est essentiel d'éviter les excès (variétés très sensibles, semis trop précoce, trop dense, excès de fertilisation) pour permettre a minima de réduire le risque et donc la consommation de produits phytosanitaires.

Le choix variétal est le premier moyen de lutte pour maîtriser la nuisibilité des principales maladies fongiques du blé et limiter l'utilisation de fongicides. Semer une variété résistante peut parfois être plus efficace que la lutte fongicide. Par exemple pour le piétin-verse, les variétés notées 5 ou plus par le CTPS/GEVES ne justifient pas de traitement fongicide. Il existe de fortes différences de sensibilité variétale pour toutes les maladies : rouille brune, rouille jaune, septoriose, fusariose... À titre d'exemple, sur la septoriose, le coût des programmes fongicides peut varier du simple au double selon la sensibilité variétale.

Éviter les semis trop précoces (fin septembre-début octobre) permet de limiter le développement de certaines maladies fongiques comme la septoriose, le piétin-verse ou le piétin-échaudage et des maladies virales comme la jaunisse nanisante de l'orge (JNO), tout en préservant la productivité. En effet, les semis précoces sont généralement plus longtemps exposés à l'humidité et la chaleur de l'automne qui favorisent les contaminations primaires et permettent aux champignons ou aux virus de se développer et de se disperser plus facilement et précocement.

L'effet précédent et travail du sol peut également exercer une forte influence. C'est le cas, par exemple, du piétin-verse qui est favorisé par des rotations avec un retour fréquent de céréales, ou de la fusariose qui se conserve sur les résidus de cultures non enfouis (notamment de maïs), ou encore la monoculture de blé qui favorise l'helminthosporiose et le piétin-échaudage. Dans ce cas, l'adaptation des pratiques agronomiques (l'enfouissement des résidus, le labour...) permet de réduire efficacement la pression des maladies en amont du choix de la stratégie fongicide.

Éviter les excès de densité au semis limite le développement de certaines maladies. Une attaque d'oïdium ou de piétin-verse est aggravée par une trop forte densité de semis. Pour la septoriose, les densités élevées sont associées à une plus forte pression de la maladie mais leur effet reste irrégulier.

Dans une moindre mesure, une fertilisation azotée excessive peut favoriser le développement de certaines maladies comme l'oïdium ou les rouilles. Toutefois, il est évident que celle-ci ne sera pas revue à la baisse dans l'objectif de réduire la pression parasitaire puisque la fertilisation est le premier facteur de productivité. Il s'agit d'apporter la dose nécessaire aux besoins de la culture, sans « sur fertiliser ».

Définition : « La protection intégrée consiste en la prise en considération attentive de toutes les méthodes de protection des plantes disponibles et, par conséquent, l'intégration des mesures appropriées qui découragent le développement des populations d'organismes nuisibles et maintiennent le recours aux produits

phytopharmaceutiques et à d'autres types d'interventions à des niveaux justifiés du point de vue économique et environnemental, et réduisent ou limitent au maximum les risques pour la santé humaine et l'environnement ».

Les leviers de la protection intégrée sont connus et travaillés depuis longtemps sur le blé tendre, qu'ils soient agronomiques ou génétiques. Mais si l'agronomie est une donnée assez stable dans le temps, les variétés évoluent rapidement. Les variétés actuelles sont beaucoup plus résistantes qu'il y a 10 ou 20 ans. Parallèlement des outils d'aide à la décision se sont développés et permettent une prise en compte plus fine du climat pour décider d'une intervention. Enfin, lorsque traiter est nécessaire, le recours à des solutions alternatives est désormais possible. Les solutions se développent et cette possibilité existe. Il est donc apparu souhaitable de réactualiser nos références et de mieux apprécier les potentialités de ces différents leviers, chacun pris séparément, mais également combinés entre eux.

Enseignements de quatre années d'essais combinaisons de leviers 2019-2022

Durant quatre années, de 2019 à 2022, des essais ont été mis en place sur ce thème. Trente-huit essais avec plusieurs variétés, dates de semis retardées, modalités de protection fongicide conventionnelles ou de biocontrôle ont été menés, soit plus de 1700 micro-parcelles, dans des conditions variées de climat, sols, et pressions maladies. Les localisations couvrent des régions où il se fait traditionnellement 1, 2 ou 3 traitements fongicides. La date 1, la plus précoce, cible le créneau habituel de semis pour la région et la seconde, vise un retard d'une quinzaine de jours par rapport à la précédente.

Pour chacune de ces dates de semis, deux variétés adaptées localement ont été choisies : l'une sensible à la septoriose, ayant une note de sensibilité inférieure ou

égale à 5.5 ; l'autre peu sensible, avec une note supérieure ou égale à 7.

Pour la plupart des lieux, deux dates de semis et deux variétés avec plusieurs modalités de protection ont été mises en œuvre. Ces modalités visent à vérifier a posteriori la nécessité de recourir à un T1 ou à un T3 pour les variétés sensibles. Elles visent également à comparer plusieurs solutions fongicides.

Enfin le protocole visait à comparer trois modalités de protection avec des produits de biocontrôle adaptées au stade du déclenchement éventuel du conseil Septo-LIS®. Pour cela il est convenu que l'OAD décide de la date de première intervention : soit au stade BBCH 32 (2 nœuds), soit au stade BBCH 37 (dernière feuille pointante) soit de supprimer le T1 et de démarrer la protection au stade BBCH 39 (dernière feuille étalée).

Tableau 2 : protocole et modalités mises en comparaison en 2022

	N° modalités	T1		T1 bis (=T11)		T2 ou T21		T3 et/ou T31		
		BBCH 32	dose / ha	BBCH 37	dose / ha	BBCH 39 à BBCH 45	dose / ha	BBCH 61	dose / ha	
Variété Sensible	1	Non Traité	Témoin non traité		Témoin non traité		Témoin non traité		Témoin non t.	
	2	Réf	JUVENTUS + FAETON SC	0.5 + 3			REVYSTAR XL	0.75	WASAN + JOAO	0.8 + 0.4
	3	Sans T1	impasse T1				REVYSTAR XL	0.75	WASAN + JOAO	0.8 + 0.4
	4	T2 unique	impasse T1				REVYSTAR XL	0.75		
	5	Septo-LIS scénario 1	PYGMALION + VELOURS	2 + 3			PYGMALION + VELOURS	2 + 3	FAETON SC	3
	6		JUVENTUS + FAETON SC	0.5 + 3			REVYSTAR XL	0.75		
	7		FAETON SC	3			REVYSTAR XL	0.75		
	5	Septo-LIS scénario 2			PYGMALION + VELOUR	2 + 3	PYGMALION + VELOURS	2 + 3	FAETON SC	3
	6				JUVENTUS + FAETON SC	0.5 + 3	REVYSTAR XL	0.75		
	7				FAETON SC	3	REVYSTAR XL	0.75		
	5	Septo-LIS scénario 3	impasse T1				PYGMALIONS + VELOUR	2 + 3	PYGMALION + VELOURS	2 + 3
	6		impasse T1				PYGMALION + VELOURS	2 + 3		
	7		impasse T1				PYGMALION + VELOURS	2 + 3	WASAN + JOAO	0.8 + 0.4
Var. Peu Sensible	8	Non Traité	Témoin non traité		Témoin non traité		Témoin non traité		Témoin non t.	
	9	Réf	JUVENTUS + FAETON SC	0.5 + 3			REVYSTAR XL	0.75	WASAN + JOAO	0.8 + 0.4
	10	T2 unique					REVYSTAR XL	0.75		
	11	2 T scén.2 ou 3 de la MS			PYGMALION + VELOURS	2 + 3	PYGMALION + VELOURS	2 + 3		
	12						PYGMALION + VELOURS	2 + 3	PYGMALION + VELOURS	2 + 3

* Remarque : Les modalités 5, 6 et 7 ne sont raisonnées que pour la variété Sensible.

Les questions suivantes ont été étudiées sous un angle technique et aussi économique :

- Effet de la sensibilité variétale à la septoriose
- Effet de la date de semis sur la pression et la nuisibilité des maladies
- Enjeux de la protection fongicide
- Optimisation de la protection fongicide :

Les calculs économiques ont été réalisés sur la base d'un

prix du blé de 30 €/q, de 15€ par passage de tracteur et sans prise en compte du coût de l'utilisation de l'OAD.

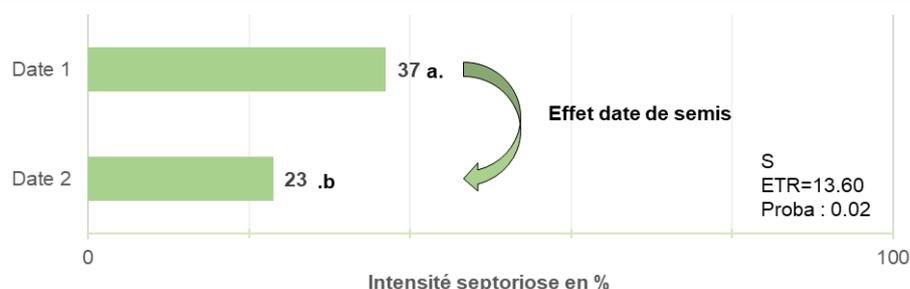
En 2020 comme en 2022, la pression de maladies s'est avérée faible à modérée selon les lieux, les conditions climatiques et agronomiques. La nuisibilité des maladies est estimée sur les quatre années entre 0 et 26 q/ha, avec une moyenne à 7.7 q/ha selon l'écart de rendement entre la meilleure protection fongicide et le témoin non protégé.

Effet de la date de semis sur l'intensité de la septoriose et le rendement

Dans les témoins non protégés des essais analysés, il a été constaté une réduction significative de l'intensité de la septoriose pour un retard de 22 jours du semis après la date classique. La première date de semis est en moyenne le 14 octobre, et la deuxième le 3 novembre. L'intensité de la maladie, toutes sensibilités variétales

confondues, diminue en semant plus tard, 23 % en date 2 contre 37 % avec un semis en date 1. Dans 85% de nos essais (18 cas sur 21), en regroupant variétés sensibles et peu sensibles, l'intensité septoriose est inférieure de 14 points en date de semis décalée. Cela est observé autant dans les situations à faible pression qu'à forte pression septoriose. L'effet date de semis est significatif à l'analyse statistique ($p=0.01$).

Figure 1 : Intensité de la septoriose (tous étages foliaires confondus) dans les témoins en fonction de la date de semis (18 essais 2019-2022)



Toujours, dans les témoins (figure 2), le décalage de la date de semis a entraîné une baisse de rendement dans plus de 80% des cas (22/27), tant sur variétés sensibles que sur variétés peu sensibles. En effet, en moyenne le rendement brut des variétés, toutes sensibilités

confondues, montre qu'il y a une perte significative de 6.7 q/ha lorsque la date de semis est retardée d'en moyenne 22 jours (figure 3). Ces pertes ont pu atteindre jusqu'à une vingtaine de quintaux dans les cas les plus défavorables.

Figure 2 : Rendements bruts selon la date de semis D1 et D2 en q/ha dans les témoins par essai et selon la sensibilité variétale

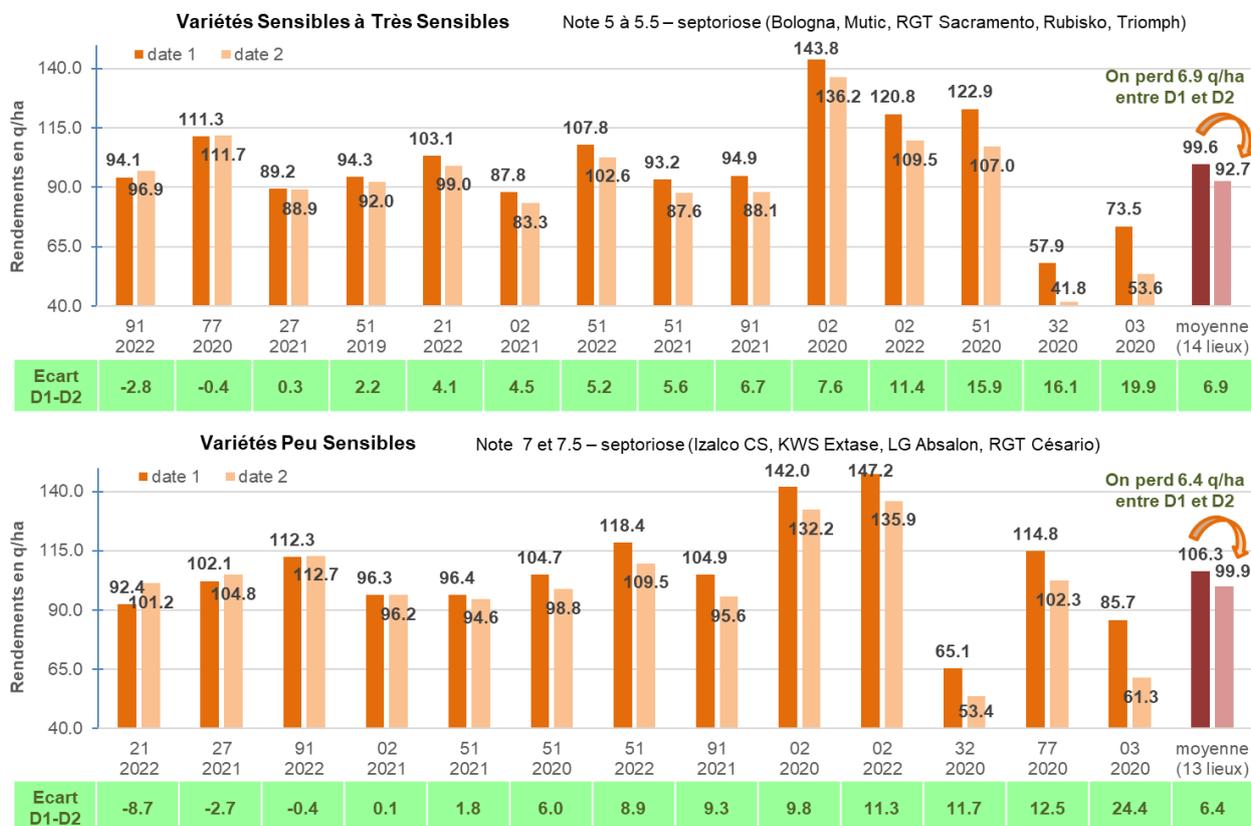
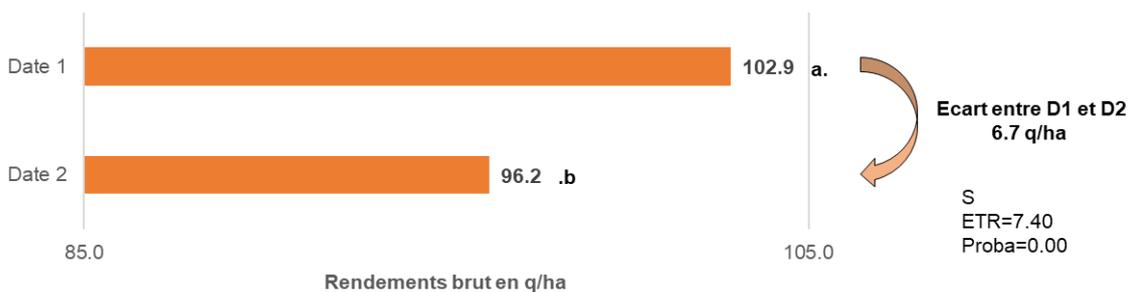
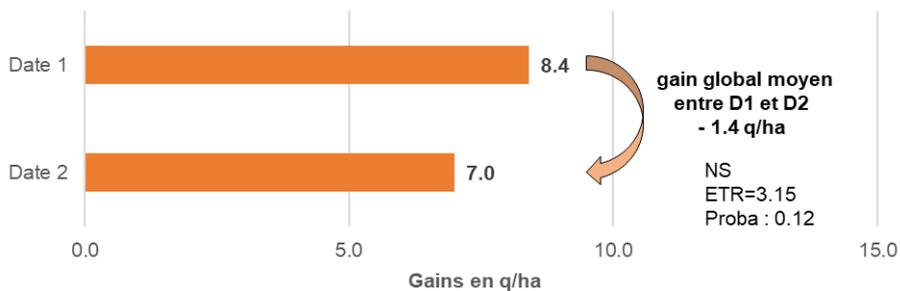


Figure 3 : Rendements bruts moyens selon la date de semis D1 ou D2 en q/ha dans les témoins non traités



Les gains de rendement permis par la protection fongicide sont légèrement supérieurs en date 1 classique par rapport à un semis retardé (+8.4 q/ha vs +7.0 q/ha) (figure 4).

Figure 4 : Enjeux de la protection fongicide = gain = écart de rendement traitement max – témoin (q/ha)



Retarder la date de semis d'une vingtaine de jours par rapport à la date classique pour chaque région a effectivement permis de réduire la pression de septoriose (14% en moins). Cependant le rendement moyen brut des variétés toute sensibilité confondue perd 6.7 q/ha lorsque la date de semis est décalée. Cette solution peut donc se révéler pénalisante sur la productivité.

Mais quand le semis est retardé par exemple en raison d'un précédent dont la récolte est tardive, il est possible et souhaitable d'adapter la protection fongicide.

Décaler la date de semis reste économiquement un levier risqué.

Figure 5 : Intensité de la septoriose en % de surface foliaire atteinte par essai et par date de semis sur variétés sensibles 11 essais 2020-2022.

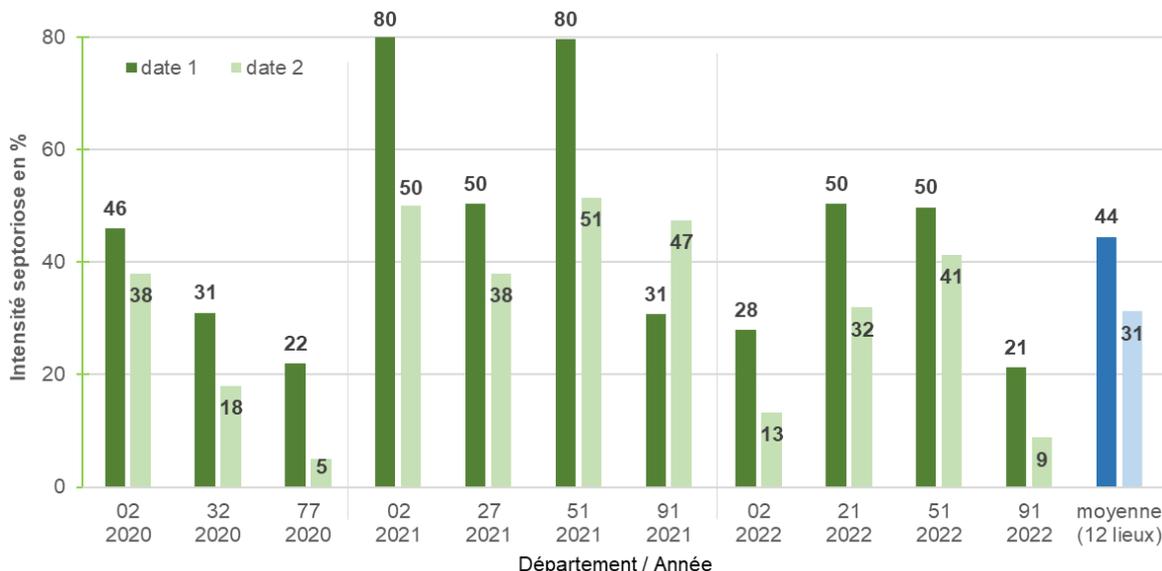
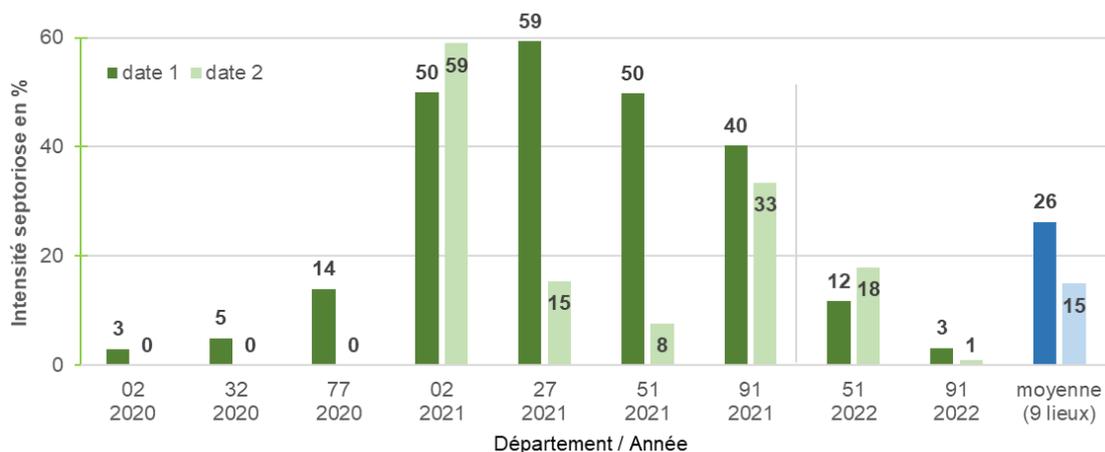


Figure 5 bis : Intensité de la septoriose en % de surface foliaire atteinte par essai et par date de semis sur variétés peu sensibles – 9 essais 2020-2022



Effets de la résistance variétale sur l'intensité de la septoriose et le rendement

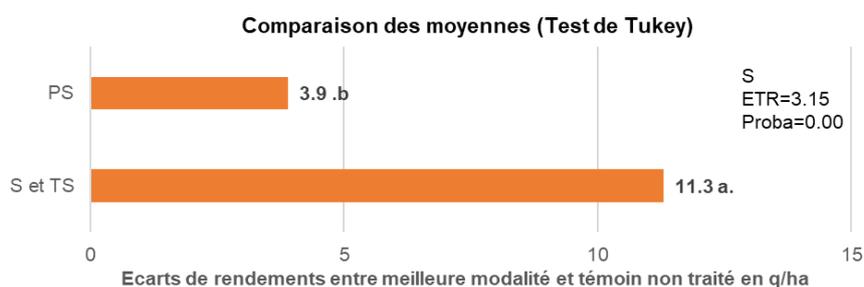
Dans les années à faible pression septoriose comme 2020 et 2022, l'intensité des symptômes de septoriose peut atteindre 50% dans les témoins des variétés sensibles alors que sur ces mêmes essais sur variétés peu sensibles, elle reste inférieure à 10%. Il y a également des écarts semblables pour les situations à pression modérée à forte.

L'intensité moyenne de septoriose constatées sur les témoins non protégés des variétés peu sensibles (21%)

est significativement ($p=0.01$) plus faible que celles constatées sur les variétés sensibles et très sensibles (39%).

Les témoins non protégés des variétés peu sensibles obtiennent un rendement brut moyen de 102.9 q/ha significativement plus élevé de +6.7 q/ha que celui des variétés sensibles 96.2 q/ha (figure 3). Cet écart résulte de différences de potentialités génétiques entre les variétés, pas nécessairement en rapport avec leur sensibilité à la septoriose.

Figure 6 : Enjeu de la protection fongicide sur le rendement (écart entre la meilleure modalité et le témoin non protégé) en fonction de la sensibilité variétale, toutes dates de semis confondues- 20 essais 2019-2022



Comme l'on pouvait s'y attendre, l'enjeu de la protection fongicide est significativement plus important sur les variétés sensibles (11.3 q/ha) que sur les variétés peu sensibles (3.9 q/ha), soit 7.4 q/ha de différence. Celui-ci peut atteindre 26 q/ha pour une variété sensible alors qu'il ne dépasse pas 8.6 q/ha pour une variété peu sensible.

La résistance variétale se confirme donc comme le levier le plus efficace. En effet, des variétés productives et résistantes aux maladies existent et leur usage se développent (Figure 14, en fin de chapitre). Choisir de telles variétés permet de réduire la protection fongicide et de réaliser des économies d'intrants.

Figure 7 : Intensité de la septoriose en % de surface atteinte en fonction de la sensibilité variétale (S et TS) et (PS) dans les témoins – toutes dates de semis confondues- 20 essais 2019-2022

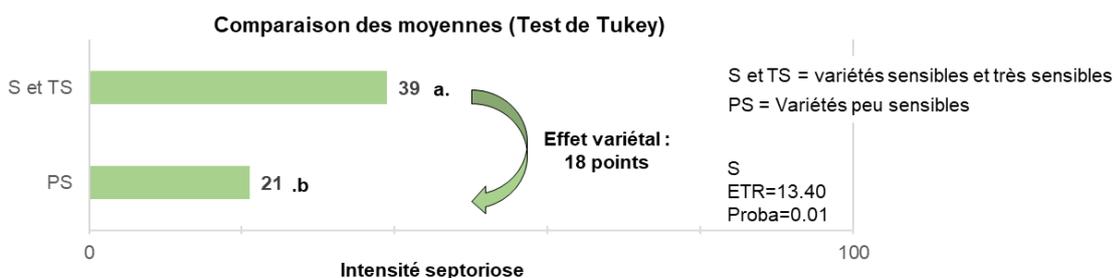
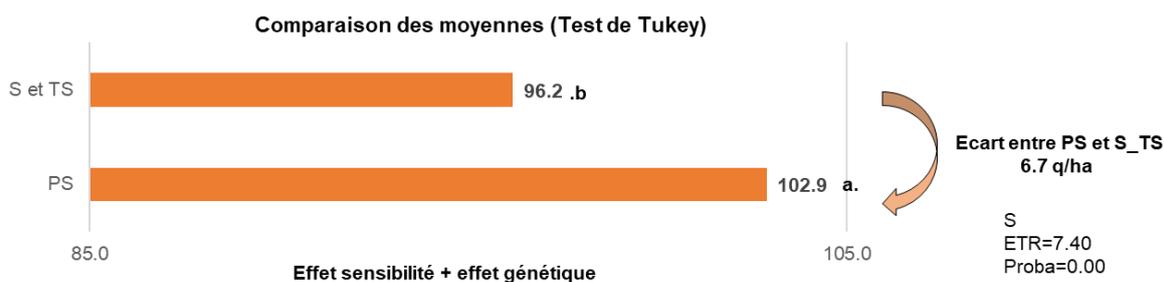


Figure 8 : Rendements bruts des témoins (q/ha) en fonction de la sensibilité variétale (S et TS) et (PS) – toutes dates de semis confondues- 27 essais 2019-2022

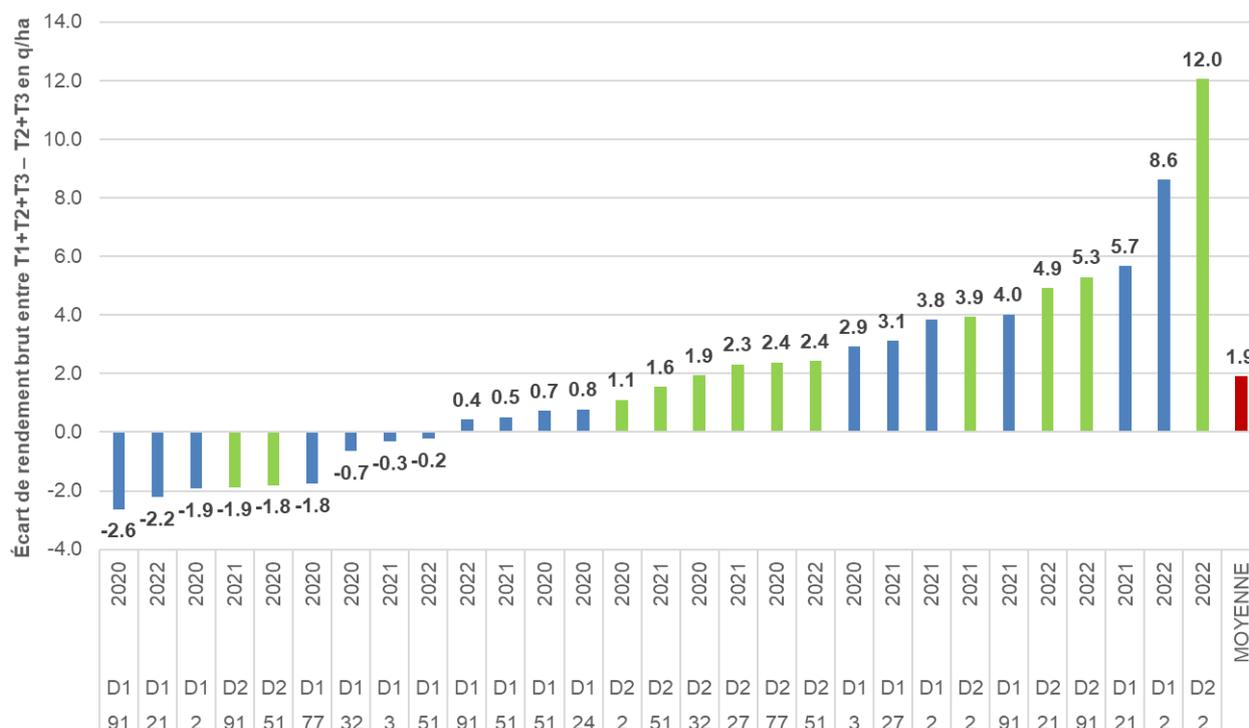


Valorisation du T1 vis-à-vis de la septoriose

Sur les variétés les plus résistantes à la septoriose, l'impasse de traitement fongicide T1 au stade deux nœuds constitue une règle. C'est pourquoi, dans nos protocoles, la comparaison des modalités avec et sans T1 n'a été réalisée que sur les variétés sensibles.

En 2020, pour les deux dates de semis, le T1 n'a pas été valorisé dans nos situations d'essais. Il n'apporte pas ou peu de rendement supplémentaire et génère des surcoûts supérieurs aux très faibles gains. Sur l'ensemble des années, le T1 était profitable en rendement brut pour la majorité des situations mais pénalise la rentabilité économique dans un tiers des cas sur variétés sensibles.

Figure 9 : Poids du T1, écarts de rendements bruts date 1 et 2 – Variétés sensibles – 29 essais – 3 années



Maintenant regardons ce même poids du T1 en variété sensible sur 29 essais et 3 années (figure 9). La tendance est la même pour les deux dates de semis. En moyenne sur ces 38 essais, le T1 est valorisé à 1.9 q/ha, justifiant l'impasse dans une majorité de situations. Les modalités avec T1/T2/T3 ont un rendement brut de 105.8 q/ha, celles avec impasse de T1 (avec seulement T2/T3) atteignent un rendement équivalent de 105.6 q/ha. L'analyse statistique est non significative. L'écart dû au T1 est de seulement 0.2 q/ha. En rendement net, en déduisant les quintaux nécessaires (avec une hypothèse de prix du quintal de 30 €) pour compenser le coût des produits et des passages, la réalisation d'un T1 fait perdre en moyenne – 1.3 q/ha.

Parmi nos quatre années d'essais figurent deux années à faible pression septoriose, situation dans laquelle l'intérêt du T1 est bien souvent négligeable voir négatif

financièrement. Bien entendu il subsiste chaque année des situations où l'intérêt du T1 est justifié pour éviter une perte de quintaux causée par un développement précoce des maladies. Mais l'impasse de T1 reste possible et souhaitable dans un grand nombre de situations. La figure 9 montre la variabilité de valorisation du T1 entre les situations d'essais. Les outils d'aide à la décision comme Septo-LIS® permettent une évaluation du risque septoriose pour chaque parcelle, en fonction de la variété, la date de semis et le climat de l'année et peuvent accompagner utilement la décision de traitement ou d'impasse.

Attention toutefois à surveiller le développement précoce d'autres maladies comme la rouille jaune dont la présence sur variété sensible peut à elle seule justifier à déclencher un traitement.

Intérêts du T3 vis-à-vis de la septoriose

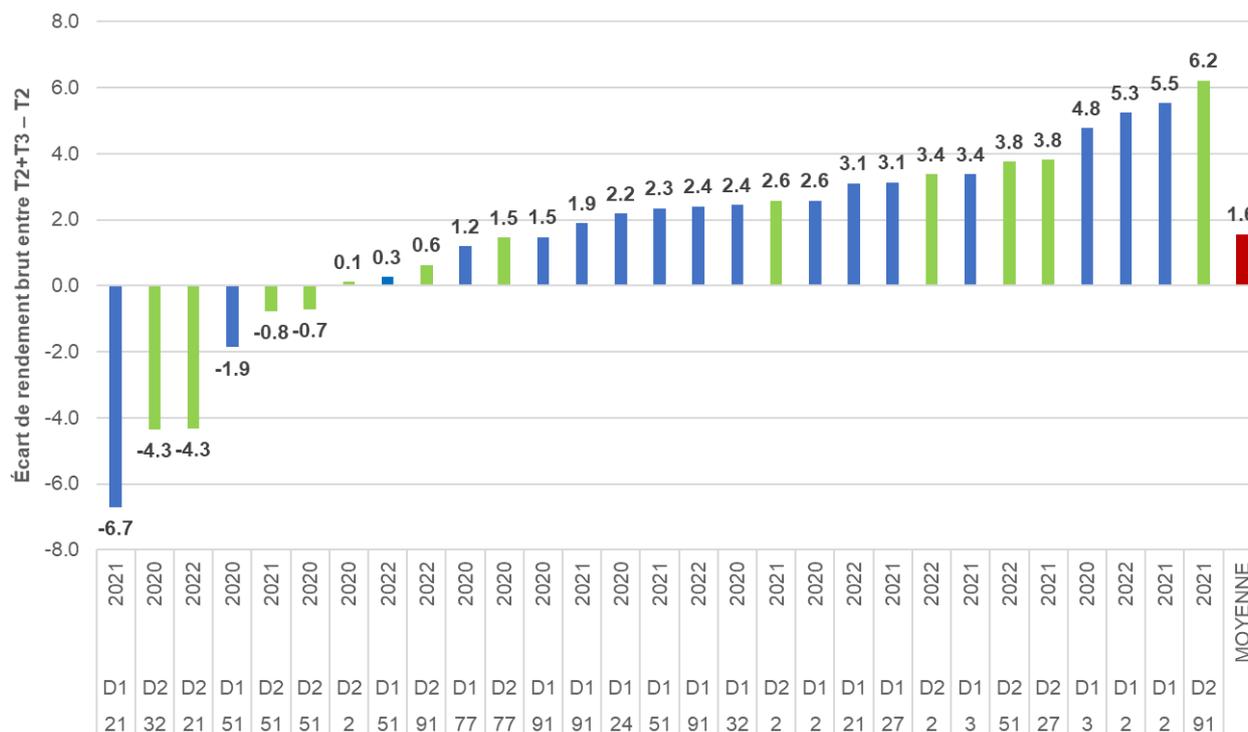
On appelle ici T3 le traitement appliqué sur les épis, généralement à la floraison pour tenter de protéger la céréale de la fusariose et des autres maladies foliaires.

Le rendement brut est amélioré de 1.6 q/ha en moyenne, ce qui suggère qu'il reste nécessaire dans un certain

nombre de cas. Les tendances sont les mêmes en date de semis classique (en bleu) et en date de semis décalé (en vert).

La valorisation du T3 dépend du contexte de pression maladie rencontrée et de la météo de l'année.

Figure 10 : Poids du T3, écarts de rendements bruts date 1 et 2 – Variétés sensibles – 29 essais – 3 années



Efficacité des programmes fongicides avec biocontrôle PYGMALION + VELOURS en T2

Si le besoin de traiter est bien présent, la possibilité d'une protection 100% biocontrôle questionne. Ont donc été comparées des protections conventionnelles (T2 / T2+T3 / T1+T2+T3) à une protection 100% biocontrôle appliquée

une ou deux fois (PYGMALION + VELOURS). Selon l'OAD Septo-LIS®, deux scénarios de déclenchement de la protection fongicide ont été réalisés sur la variété sensible septoriose. On voit sur les courbes de réponse en figure 11 que ces solutions de biocontrôle sont efficaces techniquement.

Figure 11 : Rendement brut de l'association de produits de biocontrôle PYGMALION + VELOURS comparé aux modalités conventionnelles – 3 essais (02, 21, 91) – 2022

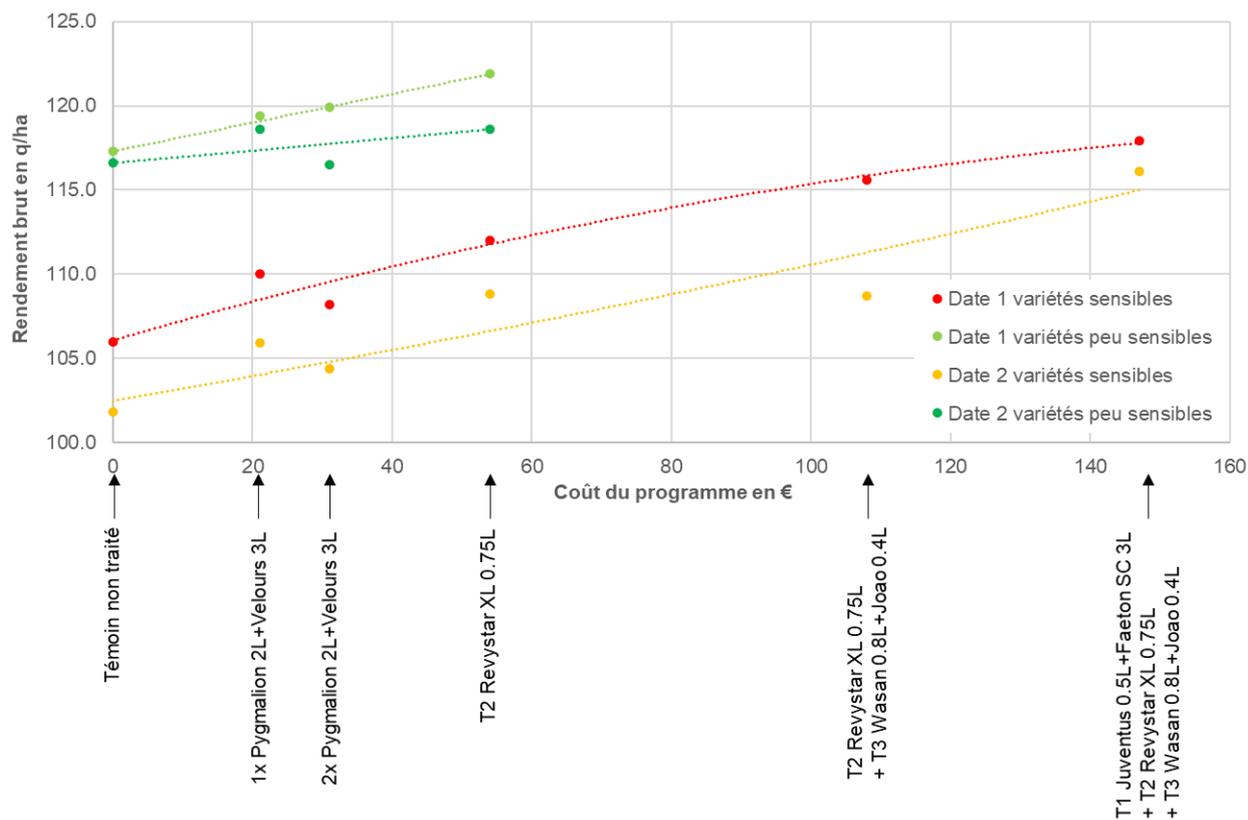
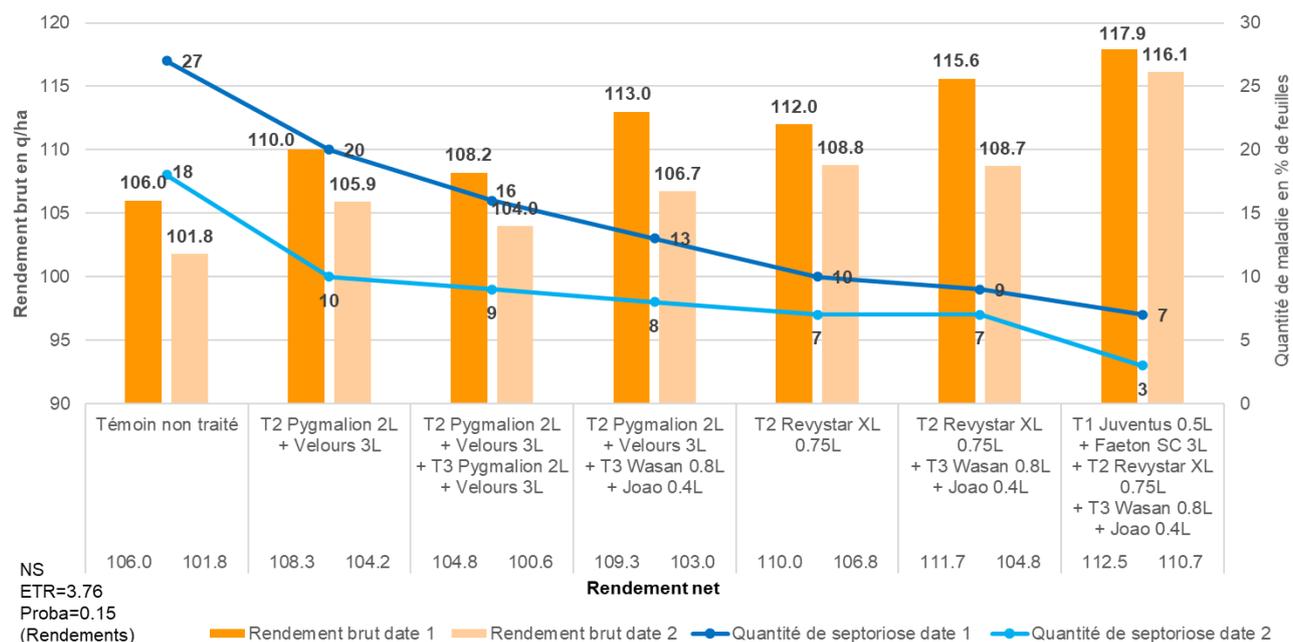


Figure 12 : Comparaison des modalités (5,6,7) de biocontrôle PYGMALION 2 l/ha + VELOURS 3l/ha et de modalités de références (1, 2, 3, 4) sur le regroupement de 3 essais 2022 semés en variétés sensibles aux dates normales 1 et dates 2 retardée, et en situations d'impasse T1 conseillée (scenario 3). Les intensités de septoriose sont représentées en courbes, les rendements en histogrammes.



La figure 12 ci-dessus présente les résultats obtenus sur le regroupement de 3 essais où Septo-LIS n'a préconisé aucune application fongicide avant le T2. Les modalités 5, 6 et 7 du scenario 3 du protocole 2022, testent l'association de biocontrôle PYGMALION 2l/ha + VELOURS 3 l/ha en T2 ou T2 et T3, en comparaison au témoin non protégé et aux références chimiques (modalités 1, 2, 3 4) (cf. tableau 2).

On retrouve ici, sur d'autres modalités, la confirmation du constat fait précédemment sur les témoins protégés de l'ensemble des essais (parmi lesquels ceux-ci) : retarder la date de semis a permis de réduire la pression de septoriose. La courbe représentant l'intensité de la maladie pour la date 2 se place en effet en dessous de celle de la date 1 « normale » pour chacune des modalités. On retrouve également, sur toutes les modalités, des rendements bruts et nets inférieurs pour les semis retardés en date 2 par rapport à la date 1 normale. Retarder la date de semis expose à une perte de potentiel de rendement.

En situation d'impasse T1, l'application en T2 au stade BBCH 39-45 de PYGMALION 2 l/ha + VELOURS 3l/ha a permis de réduire l'intensité moyenne de septoriose sur les deux dates de semis : de 27% à 20% en date de semis 1 « normale », et de 18% à 10% en date de semis 2 « retardée ». En date de semis 2, initialement moins infestée (18% sur le témoin NT), l'intensité moyenne observée sur la modalité ayant reçu un apport unique PYGMALION 2 l/ha + VELOURS 3l/ha en T2 (10%) est très proche de celle (7%) observée sur la modalité « chimique » de référence REVYSTAR XL 0.75 l/ha. En date de semis 1 « normale », soumise à une pression

initiale plus forte (27% sur le témoin NT), PYGMALION 2l/ha + VELOURS 3l/ha a, là aussi, permis de réduire l'infestation de 7 points. Cependant, l'intensité moyenne de la maladie reste à un niveau plus élevé de 20%, supérieure de 10 points à celle de 10% observée avec REVYSTAR XL 0.75 l/ha. Dans ce contexte, un relais T3 au stade BBCH 61 permet de réduire encore l'intensité de septoriose : à 16% (- 4 points) avec PYGMALION 2 l/ha + VELOURS 3 l/ha et à 13% (- 7 points), pour le WASAN 0.8+JOAO 0.4 l/ha. On notera que sur la date de semis 2, ni le T3 biocontrôle, ni le T3 conventionnel n'ont permis de faire baisser le niveau de maladies en dessous des 10% atteints avec PYGMALION + VELOURS. L'analyse statistique ne permet cependant pas de déclarer ses écarts significatifs.

En présence de REVYSTAR XL 0.75 l/ha en T2, le T3 WASAN 0.8 l/ha +JOAO 0.4 l/ha n'a pas permis de réduire les symptômes de septoriose par rapport au T2 solo.

On observe que l'intensité moyenne de septoriose observée sur les modalités ayant reçu en T1 (JUVENTUS 0.5 l/ha + FAETON 3 l/ha) sont de quelques points inférieures à celles sans T1. Cela suggère que l'application T2 est intervenue sur une septoriose déjà présente. La protection PYGMALION + VELOURS n'est peut-être pas aussi « curative » que les solutions conventionnelles. Cette solution de biocontrôle n'aurait-elle pas pu donner encore de meilleurs résultats si elle avait été positionnée un peu plus tôt, sur une maladie moins présente ?

Sur ce regroupement de 3 essais, l'enjeu de la protection fongicide, estimé par l'écart de rendement entre la meilleure modalité et le témoin non protégé, est de 11.9 q/ha brut (6.5 q/ha net) en date de semis 1 classique, et de 14.3 q/ha brut (8.9 q/ha net) pour la date de semis 2 décalée. La protection fongicide apportée par le T2 unique PYGMALION 2l/ha + VELOURS 3l/ha a permis de préserver + 4.0 q/ha brut en date 1 et +4.1 q/ha en date 2. Pour comparaison la pulvérisation unique REVYSTAR XL 0.75l/ha en T2 solo a préservé +6.0 q/ha de rendement brut. L'analyse statistique ne permet cependant pas de conclure à la significativité de ces écarts.

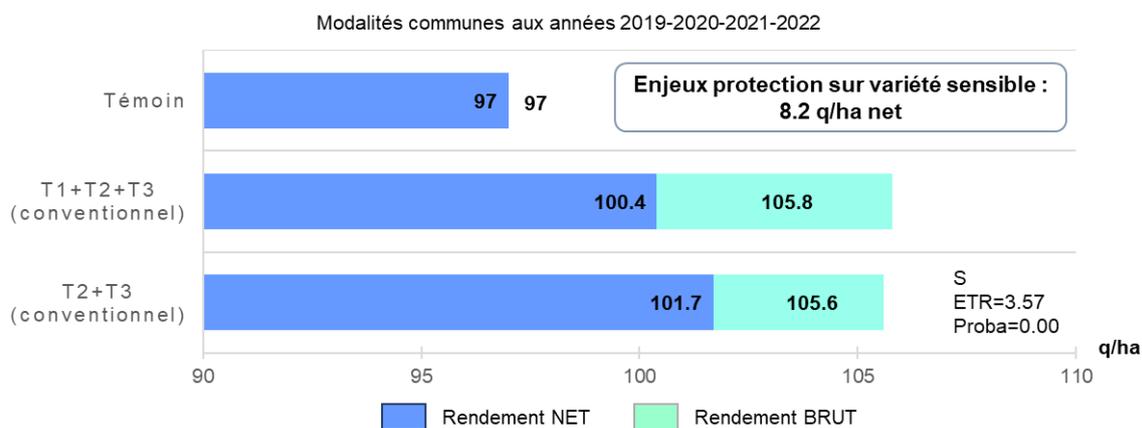
L'application unique en T2 de PYGMALION 2l/ha + VELOURS 3l/ha a été rentabilisée par un écart de rendements nets +2.3 q/ha en date 1, et +2.4 q/ha en date 2. L'analyse statistique ne permet cependant pas de conclure à une différence significative : elle place ces

modalités et le témoin non protégé dans le même groupe. Avec un écart de rendement net de +4.0 q en date de semis 1 et de +5.0 q/ha en date de semis, l'application unique de REVYSTAR XL 0.75 l/ha en T2 se place devant. L'analyse statistique ne permet pas de déclarer significatifs ces écarts de rendement net.

Résultats : enjeux de la protection fongicide

Dans nos essais, les plus hauts rendements nets sont obtenus avec la modalité T2 unique des variétés peu sensibles en date de semis classique et s'élèvent en moyenne à 107.7 q/ha. Cette modalité n'a pas été mise en place toutes les années mais d'autres y ont été les quatre années. Il s'agit des modalités témoins, T1+T2+T3 et T2+T3. Sur ces années, la pression septoriose n'a pas été forte en moyenne. L'enjeu de la protection fongicide est de 8.2 q/ha par rapport aux témoins non traités.

Figures 13 : Enjeux de la protection fongicide sur variété sensible - 3 essais - Prix du blé 30 €/q



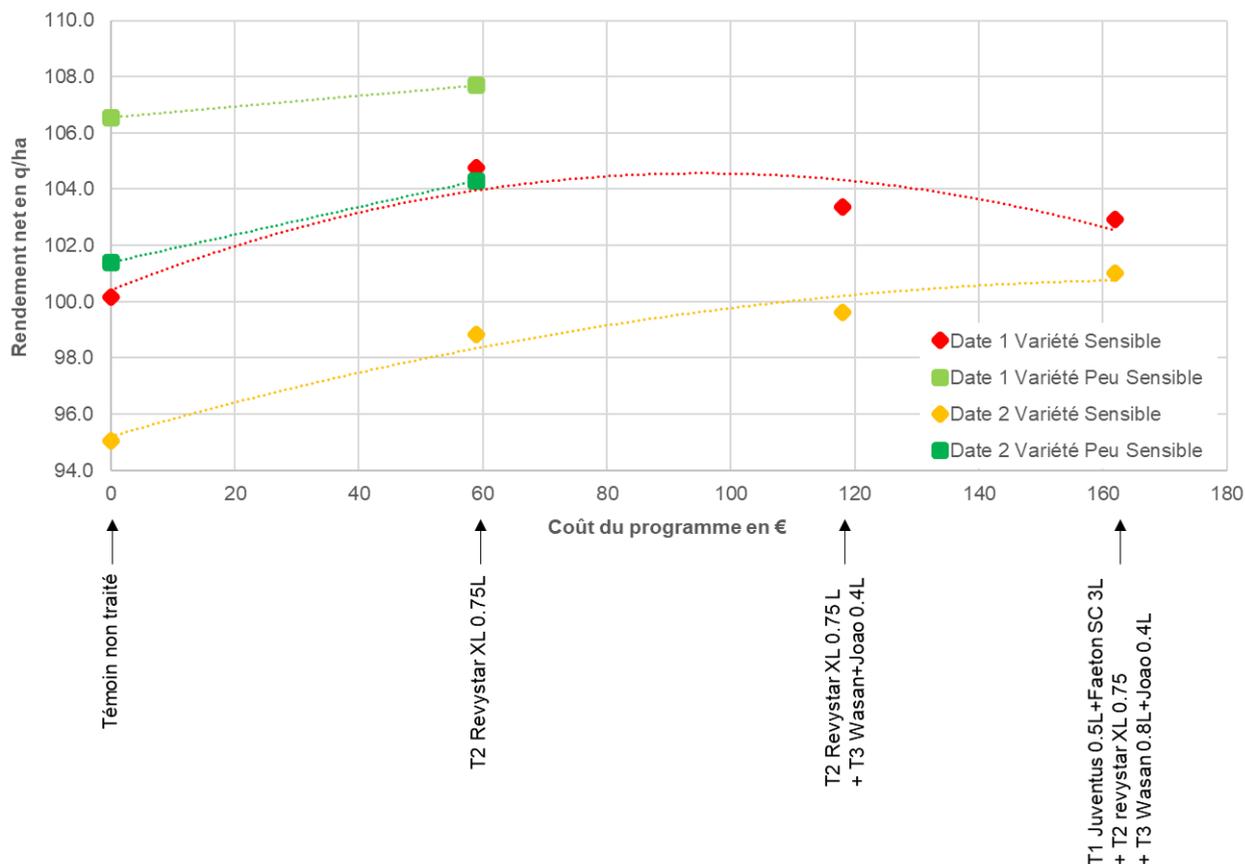
Discussion

Les essais de ces quatre années ont pu répondre aux questions posées dans cette étude. Même si l'écart de date de semis s'est avéré légèrement plus long que prévu, 22 jours en moyenne, ces dates sont bien représentatives des régions concernées par ces expérimentations. De plus, le développement de la septoriose s'est montré d'intensité moyenne. Nous n'avons pas eu d'année à très forte pression septoriose.

On peut en conclure que retarder la date de semis n'est pas sans risque. En revanche lorsque par nécessité les semis sont retardés (pour des raisons liées à la récolte du précédent, pour maîtriser l'enherbement, ou encore atténuer le risque « virose »), il est souhaitable d'en tenir compte au niveau de la protection fongicide envisagée.

Changer de variété serait un pari moins risqué, les variétés sont suffisamment nombreuses et bien caractérisées pour permettre de sélectionner des variétés peu sensibles et à fort potentiel (figure 15).

Figure 14 : Rendement économique : rendement net selon l'investissement fongicide – moyenne des 4 années (2019 à 2022) – Prix du Blé 30 €/q



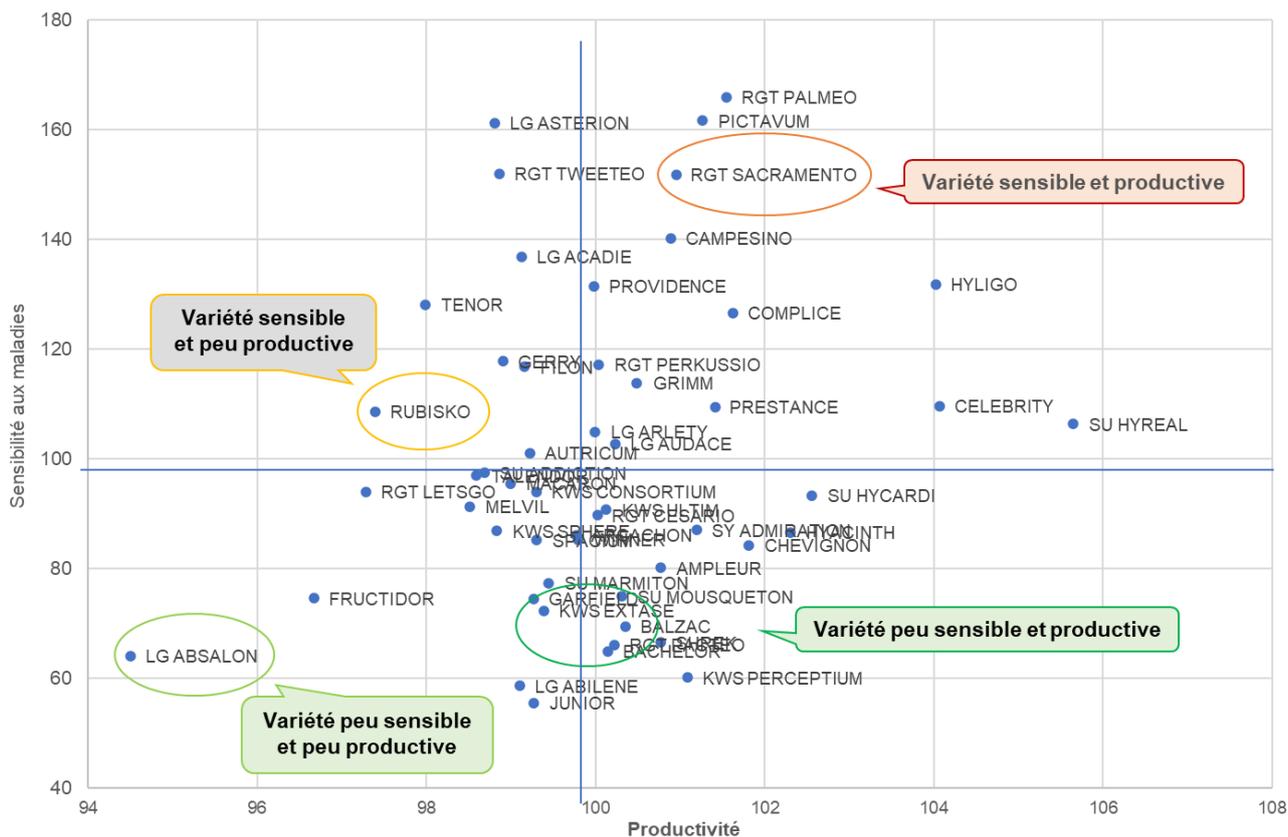
En rendement net, le programme le plus rentable est un T2 solo avec une configuration variété peu sensible productive et une date de semis classique. La même configuration en date décalée suit la même tendance mais est pénalisée sur le rendement (-4 q/ha).

La configuration variété sensible semée en décalée est la solution la moins rentable : rendement trop faible pour un coût trop élevé peu importe le nombre de traitements appliqués.

La combinaison de leviers est possible : il existe actuellement des variétés à la fois productives et peu sensibles adaptées aux différentes dates de semis. Il est donc possible de moins traiter en ayant recours à des variétés peu sensibles et productives sans pénaliser le résultat économique de la culture et cela quelle que soit la date de semis envisagée.

En revanche, retarder volontairement la date de semis au prétexte que le besoin de protection s'en trouvera diminué apparaît comme un pari risqué. Le choix variétal apparaît de loin comme le levier le plus efficace et le moins risqué pour limiter le recours aux fongicides.

Figure 15 : Répartition des variétés 2022 en fonction de leurs productivité et sensibilité aux maladies



CE QU'IL FAUT RETENIR

La résistance variétale est un levier très efficace : le choix de variétés résistantes permet de réduire le besoin en traitements fongicides.

- Retarder la date de semis permet aussi dans une majorité de situations de réduire l'intensité de septoriose et sa nuisibilité. Toutefois retarder d'une vingtaine de jours le semis par rapport à une date normale régionale s'est accompagné - à variété identique - d'une perte de rendement. Le cycle de la céréale est raccourci et la météo peut évoluer vers des conditions de semis défavorables voire pénalisantes. C'est donc un levier économiquement risqué.

- La première recommandation sera surtout d'éviter l'excès de précocité des semis pour ne pas s'exposer à un risque maladies accru.
- La seconde recommandation sera de bien ajuster son niveau de protection fongicide pour les parcelles semées plus tardivement, par exemple celles où il faut attendre la récolte d'une précédente betterave.

- L'impasse du T1 septoriose est le plus souvent possible (hors risque rouille jaune). L'intérêt d'un traitement T1 dépendant pour les variétés sensibles, de la pression de maladie rencontrée localement.

Une vigilance particulière est nécessaire vis-à-vis du risque rouille jaune pour les variétés sensibles : l'installation précoce de cette maladie et son développement à la faveur de conditions climatiques favorables peut justifier une intervention fongicide avant le T2.

- Vis-à-vis de la protection foliaire contre la septoriose, un T3 sur maladies foliaires ne se justifie que dans des régions à cycle long avec forte pression de maladie. Le plus souvent dans les régions à cycle court, le T2 suffit.

- Les différentes solutions de biocontrôle à base de phosphonates de potassium et/ ou de soufre (PYGMALION + VELOURS) testées en T2 dans ce protocole ont confirmé leur efficacité sur la septoriose.

MALADIES DES CEREALES : blés tendres et blés durs

La lutte directe

Produits phytosanitaires utilisés en expérimentation

Tableau 1 : Produits fongicides céréales utilisés en expérimentation en 2022

Spécialités commerciales	Firmes	Matières actives Concentration g/l	Dose AMM (l/ha)	Prix indicatif en €/l	Formulation	CLP	
						Pictogrammes de danger	Mentions de danger
AMISTAR	Syngenta France SAS	azoxystrobine 250 g/l	1	32	SC	SGH09	H410
AMPLITUDE	BASF France	mefentrifluconazole 100 g/l	1.5	52.7	EC	SGH07, SGH09	H315, H317, H319, H332, H335, H400, H411
BALMORA	Phyteurop	tébuconazole 250 g/l	1	18	EW	SGH05, SGH07, SGH08, SGH09	H302, H318, H332, H335, H361d, H410
CARAMBA STAR	BASF France	metconazole 90 g/l	1	34.6	EC	SGH07, SGH08, SGH09	H319, H373, H361d, H411
COMET 200	BASF France	pyraclostrobine 200 g/l	1.1	35.7	EC	SGH07, SGH08, SGH09	H302, H304, H315, H317, H319, H332, H400, H410
CURBATUR	BASF France	prothioconazole 250 g/l	0.8	55.9	EC	SGH07, SGH08, SGH09	H319, H410
ECHIQUELIER	De Sangosse	hydrogénocarbonate de potassium 850 g/kg	5 kg	13.44	SG	SGH09	Exempt de classement
ELATUS ERA	Syngenta France SAS	benzovindiflupyr 75 g/l + prothioconazole 150 g/l	1	66	EC	SGH07, SGH09	H317, H319, H355, H410
ELATUS PLUS	Syngenta France SAS	benzovindiflupyr 100 g/l	0.75	51.5	EC	SGH05, SGH07, SGH09	H302, H317, H318, H332, H335, H410
FAETON SC	Phyteurop	soufre micronisé 800 g/l	10	4.25	SC	NC	NC
FANDANGO S	Bayer CropScience	prothioconazole 100 g/l + fluoxastrobine 50 g/l	2 blé	34.60	EC	SGH08, SGH09	H351, H410
HELIOSOUFRE S	Action Pin	soufre micronisé 700 g/l	6	4.9	SC	SGH05	H318
IMTRES XE	BASF France	fluxapyroxade 62.5 g/l	2	36.66	EC	SGH07, SGH08, SGH09	H319, H332, H351, H411
ISIX	BASF France	mefentrifluconazole 90 g/l + pyraclostrobine 100 g/l	1.5	45	EC	SGH05, SGH07, SGH09	H302, H315, H317, H318, H332, H335, H400, H410
JOAO	Bayer CropScience	prothioconazole 250 g/l	0.8	69.7	EC	SGH07, SGH08, SGH09	H319, H410
JUVENTUS	BASF France	metconazole 90 g/l	1	34.6	EC	SGH07, SGH08, SGH09	H319, H373, H361d, H411
KARDIX	Bayer CropScience	bixafène 65 g/l + fluopyrame 65 g/l + prothioconazole 130 g/l	1.5 blé	59.2	EC	SGH05, SGH07, SGH08, SGH09	H302, H317, H318, H335, H410
LE 846	De Sangosse	Esters méthyliques d'acides gras 215.6 g/l	1% du volume de bouillie	11	EO	SGH09	H411
MADISON	Bayer CropScience	prothioconazole 175 g/l + trifloxystrobine 88 g/l	1.14 blé 1 orge	65.2	SC	SGH07, SGH08, SGH09	H317, H410
MELTOP ONE	Syngenta France SAS	fenpropidine 750 g/l	0.75	50.9	EC	SGH07, SGH08, SGH09	H302, H319, H332, H335, H373, H410
METCOSTAR 90	Life Scientific	metconazole 90 g/l	1	34.31	EC	SGH07, SGH08, SGH09	H319, H335, H361d, H373, H410
MIRROR	Syngenta France SAS	folpel 500 g/l	1.5	10	SC	SGH07, SGH08, SGH09	H317, H319, H351, H400
NINEVI	Syngenta France SAS	Bromuconazole 300 g/l	1		EC	SGH05, SGH07, SGH08, SGH09	H302, H304, H318, H361d, H410
PROSARO	Bayer CropScience	prothioconazole 125 g/l + tébuconazole 125 g/l	1	50.5	EC	SGH07, SGH08, SGH09	H315, H319, H335, H361d, H410
PYGMALION	De Sangosse	Phosphanate de potassium 755 g/l	4	11.8	SL	Exempt de classement	Exempt de classement
QUESTAR	Corteva Agriscience	fenicoxamide 50 g/l	2	26.9	EC	SGH05, SGH07, SGH09	H315, H318, H335, H410
REVYSTAR XL	BASF France	mefentrifluconazole 100 g/l + fluxapyroxade 50 g/l	1.5	65	EC	SGH07, SGH09	H302, H315, H317, H319, H332, H335, H362, H411
SESTO	Adama	folpel 500 g/l	1.5	14.5	SC	SGH07, SGH08, SGH09	H317, H119, H351, H400
THORE	Bayer CropScience	bixafène 125 g/l	1	78.4	EC	(vide)	H302, H304, H319, H335, H400, H410
TWIST 500 SC	Bayer CropScience	trifloxystrobine 500 g/l	0.5	91	SC	SGH09	H410
UNIVOQ	Corteva Agriscience	fenicoxamide 50 g/l + prothioconazole 100 g/l	1.5	43	EC	SGH05, SGH07, SGH09	H315, H318, H400, H410, EUH401
UNIX MAX	Syngenta France SAS	cyprodinil 300 g/l	1.5 (2.5 sur piétin)	18.9	EC	SGH07, SGH09	H317, H410
VACCIPLANT GRANDES CULTURES	UPL France	laminarine 37 g/l	1	20	SL	NC	NC
WASAN	Philagro	Bromuconazole 300 g/l	1	32.7	EC	SGH05, SGH07, SGH08, SGH09	H302, H304, H318, H361d, H410
ZOOM	BASF France	mefentrifluconazole 66.7 g/l + fluxapyroxad 63.3 g/l	1.5	68	EC	SGH05, SGH07, SGH09	H315, H317, H318, H332, H335, H362, H411, EUH401

Tableau 2 : Les Projets en expérimentation en 2022

Code société	Firmes	Matières actives / Concentration (g/l)	Dose (l/ha)
DSPF011	De Sangosse	soufre 700 g/l	3.5
F170 BCS	Bayer	bixafen 100 g/l + fluopyram 100 g/l	Blé 1.25 Orge 1
MCW 296 SC	Adama	folpel 500 g/l	1.5
APN04	Syngenta Agro SAS	pydiflumetofen 62.5 g/l + prothioconazole 75 g/l	2.65, 1.325
MCW 2073	ADAMA	Prothioconazole 150 g/l + azoxystrobine 150 g/l	1
SG01	Syngenta Agro SAS	Phosphonate de potassium 300 g/l + soufre 600 g/l	3.5
LS2PEM	Life Scientific	Prothioconazole 100g/l + metconazole 48 g/l	1
OR 402 D	Oro Agri	Huile d'orange 45 g/l + soufre 700 g/l	3.5

Tableau 3 : Les Spécialités fongicides équivalentes sur céréales

Spécialités commerciales	Matières actives Concentration g/l	Spécialités fongicides commerciales équivalentes
AMISTAR	azoxystrobine 250 g/l	AZERTY ONE, GLOBAZTAR AZT250 SC, ZAFTRA AZT250 SC, ZAKEO MAX, HAMBRA, CERAZ, PROFI AZ 250, ZOXS 250
AMPLITUDE	mefentrifluconazole 100 g/l	REYSTAR, LENYOR, MYRESA, SULKY
BALMORA	tébuconazole 250 g/l	ABNAKIS, BALTAZAR, FLOICURE EW 250, HORIZON EW, MYSTIC EW, TABULON
CARAMBA STAR METCOSTAR 90 JUVENTUS	metconazole 90 g/l	AMBARAC 90, ARIOSTE 90, METKON 90, CINCH PRO, SUNORG PRO
COMET 200	pyraclostrobine 200 g/l	LYBRO, SOLARAM 200
CURBATUR JOAO	prothioconazole 250 g/l	VOCAL, SLAPE FLEX, ATRIUM, CINERA, RUDIS FLEX, PECARI 250, EUSKATEL, KEZAKO, NEMEQUIT, KEALANI, IBEROSTAR
ELATUS ERA	benzovindiflupyr 75 g/l + prothioconazole 150 g/l	AVOLO ERA, CERATAVO ERA, VELOGY ERA
ELATUS PLUS	benzovindiflupyr 100 g/l	VELOGY PLUS
FAETON SC	soufre micronisé 800g/l	ACTIOL
FANDANGO S	fluoxastrobine 50 g/l + prothioconazole 100 g/l	EPHEBE, FOSTER, PROSARO CARE, PROSARO NEO
HELIOSOUFRE S	soufre 700 g/l	BIOSOUFRE, HELIOTERPEN SOUFRE, S 700, VERTISOUFRE
ISIX	mefentrifluconazole 90 g/l + pyraclostrobine 100 g/l	ADIFLO, EVREST
KARDIX	prothioconazole 130 g/l + bixafen 65 g/l + fluopyram 65 g/l	BENDAY, KEYNOTE, MACFARE, VELDIG, YONEERO
LE 846	esters méthyliques d'acides gras 215.6 g/l	OLIOFIX
MADISON	prothioconazole 175 g/l + trifloxystrobine 88 g/l	ETIAGE, KAPULCO, PROSARO EXPERT, PROSARO TECH, PROTOSARO ACTIV, DELARO DUO
MELTOP ONE	fenpropidine 750 g/l	UMBRET, GARDIAN
NINEVI	Bromuconazole 300 g/l	WASAN
PROSARO	prothioconazole 125 g/l + tébuconazole 125 g/l	PIANO
QUESTAR	fenpicoxamid 50 g/l	AQUINO
REYSTAR XL	mefentrifluconazole 100 g/l + fluxapyroxad 50 g/l	DIADEM
SESTO	folpel 500 g/l	PHOENIX, MIRROR, PALLAS, STAVENTO
UNIVOQ	fenpicoxamide 50 g/l + prothioconazole 100 g/l	QUENCH
UNIX MAX	cyprodinil 300 g/l	KAYAK
VACCIPLANT GRANDES CULTURES	laminarine 37 g/l	KOUROS
ZOOM	mefentrifluconazole 66.7 g/l + fluxapyroxad 63.3 g/l	FENIX, EVOQUE

La rouille jaune

2022 : UNE PRESSION SIGNIFICATIVE MAIS LOIN D'ETRE EXCEPTIONNELLE

L'année 2022 est considérée comme « une année rouille jaune » avec de nombreux retours alarmistes au mois d'avril notamment au nord de la Loire sur des variétés principalement sensibles. Néanmoins, l'épidémie observée en 2022 n'est pas si catastrophique et reste assez loin de l'année de référence haute, 2014. Malgré tout, plusieurs questions se sont posées lors de la campagne comme « pourquoi la rouille jaune est si présente alors que le printemps est sec ? », « des variétés moyennement sensibles sont attaquées, est-ce le signe de la présence de nouvelles races ? » ou encore « pourquoi les traitements semblent moins efficaces ? ». Voici quelques éléments permettant de répondre à ces questions.

Une maladie plus présente qu'attendue ?

Le modèle YELLO, utilisé dans les BSV, estimait un risque d'apparition de la rouille jaune comparable à 2021 et bien moindre que 2014 tout comme le modèle CRUSTY utilisé dans Prévilis, Xarvio ou Optiprotect. Ces modèles ont démontré leur efficacité depuis plusieurs années mais ont pu être perçus comme légèrement en défaut cette année. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce ressenti. Pour cela, il faut bien connaître les conditions de développement de cette maladie et les mettre en regard des variables utilisées dans le modèle.

Rappel des conditions de développement de la rouille jaune

La rouille jaune, causée par *Puccinia striiformis*, est une maladie qui se développe principalement sur blé tendre, blé dur et triticale. Elle peut aussi être observée sur d'autres espèces, comme l'orge d'hiver et le seigle. Il s'agit alors de formes spéciales spécifiquement adaptées à ces cultures, dont les attaques sont rares et généralement de faible d'intensité.

Les symptômes en stries sont caractéristiques et se présentent sous forme de pustules jaunes alignées entre les nervures des feuilles. Mais les symptômes, notamment en présence d'une résistance partielle, peuvent être moins caractéristiques : peu sporulant et s'exprimant sous forme de chloroses et/ou de nécroses. A l'échelle de la parcelle, la maladie apparaît souvent en foyers.

Pendant l'été, il est considéré que la présence de repousses permet à la maladie de se maintenir même si

cela n'a jamais été complètement démontré en France. Pendant la période automne-hiver, le champignon se maintient sur les cultures hôtes. Au printemps, son développement épidémique dépend des conditions climatiques et en particulier de trois facteurs : températures, humidité, et vent.

L'humidité

L'humidité joue un rôle important dans le développement de l'agent pathogène. Elle conditionne la germination des spores, mais peut aussi limiter leur survie. La germination des spores exige en effet trois heures d'humidité continue proche de la saturation. La formation de rosée, au cours des nuits qui suivent une pluie (ou une irrigation) favorise donc la maladie. Les régions ou périodes avec des rosées fréquentes sont par conséquent propices à son développement.

Une humidité élevée peut aussi affecter la viabilité des spores. Des conditions sèches permettent inversement une meilleure conservation des spores et leur transport sur de plus longues distances. En effet, les spores de rouille jaune selon l'humidité vont se disperser individuellement ou en cluster. Plus l'humidité est élevée, plus les amas sont importants et moindre est leur dispersion. En revanche leur adhésion sur le feuillage est meilleure. De ces propriétés découlent la formation des foyers dans les parcelles.

La température

La température influence également le développement de la rouille jaune. La maladie est généralement associée à des climats tempérés, où elle peut se développer tôt en saison. La germination des spores est optimale à environ 10°C, mais elle reste possible entre 3 et 22°C. Certaines races sont adaptées à des températures plus élevées, qui autorisent leur propagation dans des régions où la maladie n'est habituellement pas attendue (Sud de la France par exemple), mais seraient incapables de germer à des températures > 30°C. Plus que la température moyenne, ou les maximas de températures, les températures minimales élevées (le plus souvent nocturnes) limitent le développement de la maladie. Remarquons que la formation de rosée est associée à une forte évapotranspiration le jour et à une baisse suffisante des températures nocturnes pour atteindre le point de rosée.

Le vent

Le vent assure la dispersion des spores sur de longue distance. Pour mémoire, des études génétiques des populations récentes suggèrent que les races Warrior observées en Europe à partir de 2011, transportées par le vent, proviendraient des contreforts de l'Himalaya.

Si le vent peut être un facteur de dispersion sur de longues distances, il l'est également à une échelle locale. Il peut aussi en « asséchant » les spores, limiter la germination et réduire le succès des contaminations.

Le rayonnement Ultra-Violet (UV)

Il est souvent considéré que les spores de rouille jaune sont sensibles aux UV, mais à l'expérience cette sensibilité n'est pas suffisante pour interrompre le développement de la maladie. Un temps ensoleillé n'est en effet pas incompatible avec une épidémie de rouille jaune, pour peu que les conditions de température et d'humidité soient favorables. La viabilité des spores au cours d'un transport aérien sur de longues distances peut toutefois être affectée par les UV.

Retour sur les conditions climatiques de l'année et compréhension de l'épidémie de 2022

Tout d'abord, les conditions pluvieuses et relativement fraîches de l'été 2021 ont pu favoriser les repousses et donc permettre à l'inoculum primaire de se maintenir à un niveau assez élevé. Ensuite, les températures douces de l'hiver avec l'absence de gelées très importantes ont pu contribuer à préserver l'inoculum. En effet, plusieurs études internationales ont montré que la rouille jaune pouvait survivre de façon asymptomatique (sans pustules visibles, mycélium dans les feuilles) dans les feuilles de blé jusqu'à au moins -7°C voir -10°C ou tant que la feuille est vivante. De plus, les températures douces du début de printemps (au niveau de la température optimale pour le champignon 10-13°C) ont été favorables à la dynamique épidémique. Néanmoins, reste la question de l'humidité ? En effet, la pluviométrie a été plutôt faible au printemps avec un déficit par rapport à la moyenne de la normale (2001-2020) ce qui aurait dû limiter le développement du champignon comme le suggérait l'indice calculé par le modèle YELLO. Cependant, ce modèle comme le modèle CRUSTY, ne prend pas en compte la rosée. Or, malgré un déficit de pluie, nous avons pu constater que la rosée était bien présente au printemps et qu'elle a pu être suffisante pour permettre la germination des spores de *P. striiformis*.

Ainsi, l'ensemble de ces éléments climatiques permettent d'expliquer en partie la présence assez importante de rouille jaune en 2022.

Est-ce que l'évolution des races peut expliquer cette épidémie de 2022 ?

La lutte génétique

Parmi les leviers de la protection intégrée, la lutte génétique est incontestablement la solution la plus efficace, la plus économique et la plus écologique. Mais c'est aussi une solution qui peut se révéler fragile. Les populations de rouille jaune sont en constante évolution et s'adaptent en permanence au paysage variétal qui lui est opposé. De nouvelles races émergent et contournent les gènes de résistance nouvellement introduits dans les variétés récentes. C'est la raison pour laquelle les populations pathogènes sont hautement surveillées par l'INRAE et par ARVALIS. Une gestion efficace de la lutte génétique suppose en effet un suivi des populations et de l'évolution de leur profil de virulence. A l'échelle du territoire, ce suivi est réalisé sur le terrain, conjointement entre les sélectionneurs, ARVALIS et l'INRAE Bioger qui analysent annuellement les populations de rouille jaune pour détecter précocement la présence de nouvelles virulences. S'agissant des variétés, elles font l'objet d'observations annuelles par ARVALIS et ses partenaires participant au réseau de post-inscription, en vue d'actualiser leur note de sensibilité aux maladies et en particulier à la rouille jaune.

Retour sur 15 ans d'évolution de la rouille jaune et les contournements de résistance

Nous avons estimé, depuis 2006, le nombre de variétés contournées par an par la rouille jaune grâce aux réseaux d'essais d'ARVALIS, de ses partenaires et des données d'inscription au CTPS (figure 1). Jusqu'à 2011, les contournements de résistance étaient relativement peu fréquents, environ 1 à 3 variétés par an. Depuis 2012, ce nombre est un peu plus important avec en moyenne 6 variétés contournées par an. En comparant ce chiffre au nombre de variétés au catalogue et cultivées en France, il est déjà important de noter que, oui il existe des contournements de résistance et qu'ils ont progressé depuis 2012, que non ce n'est pas la règle et que la majorité des variétés de blé tendre conserve un haut niveau de résistance à la rouille jaune avec une note moyenne d'environ 6.5 entre 2005 et 2020 (figure 2). Par contre, il est vrai que ces contournements peuvent être très dommageables quand ils surviennent sur des variétés très développées pour lesquelles le risque est théoriquement plus élevé en raison de la forte pression de sélection qu'elles exercent sur l'agent pathogène. Cependant, il faut aussi comprendre que les variétés possèdent des gènes de résistance majeurs mais aussi des résistances quantitatives et/ou adultes qui peuvent permettre de résister à des contournements brutaux ce qui est confirmé par le faible nombre de variétés avec des baisses de cotation de plus de 4 points.

Figure 1 : Nombre de variétés de blé tendre contournées par an depuis 2006 basé sur la soustraction de la cotation minimale sur la maximale en deux classes (-2 à -3 ; -4 à -6).

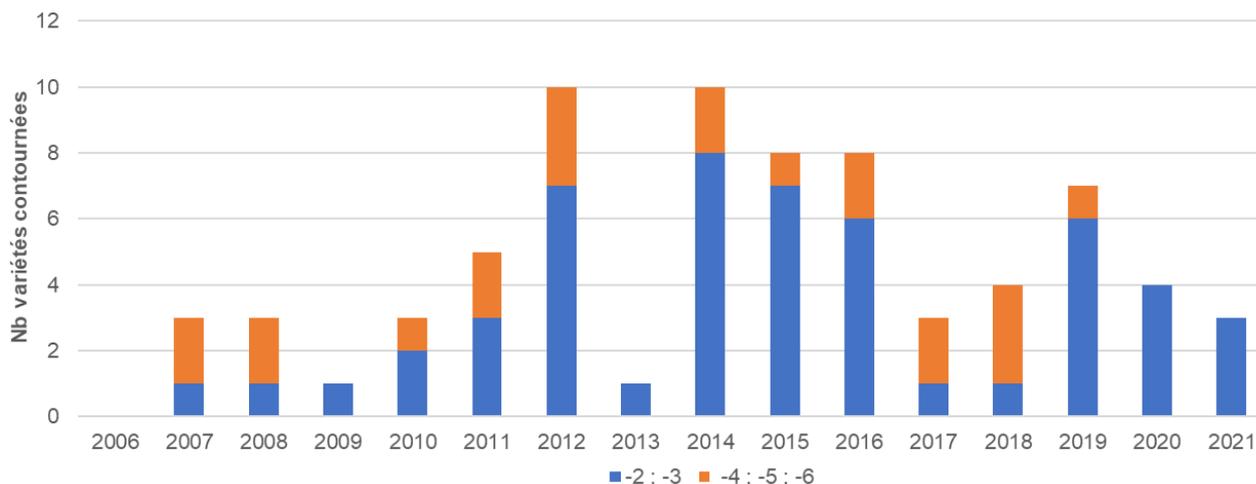
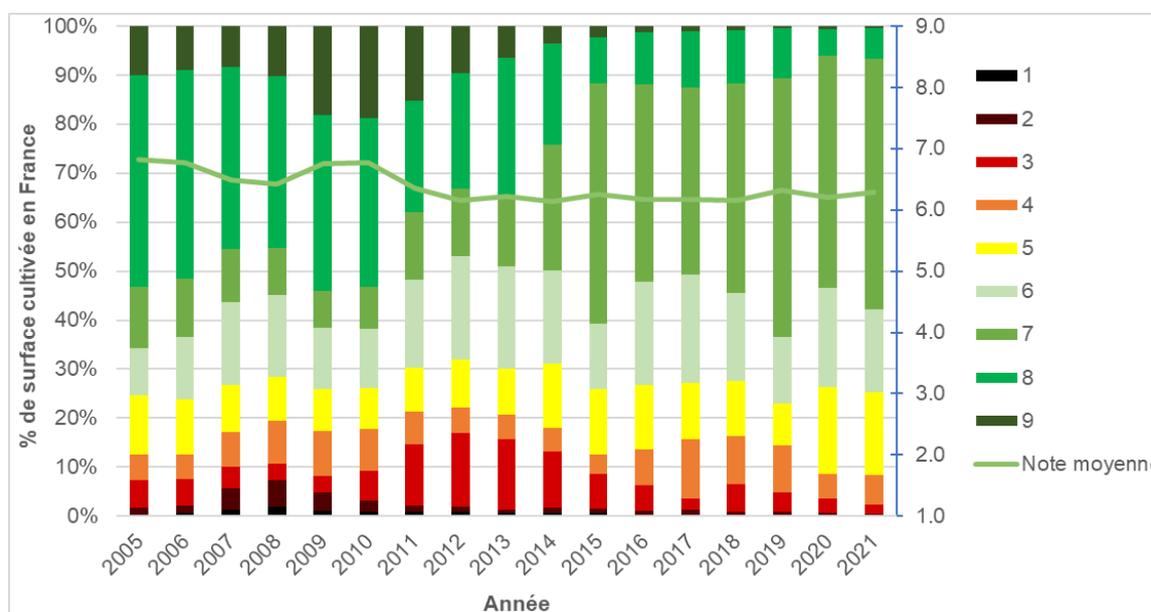


Figure 2 : Evolution du niveau de résistance à la rouille jaune des variétés de blé tendre cultivées en France (source ARVALIS, FranceAgriMer, CTPS/GEVES).



La résistance au stade jeune et au stade adulte

Il existe deux types de gènes de résistance. Les gènes majeurs assurent un niveau de résistance total de la plante s'ils ne sont pas contournés. Ils exercent une forte pression de sélection sur les populations pathogènes et présentent un risque de contournement important. Les gènes mineurs sont réputés plus « durables ». Certains de ces gènes sont actifs tout au long de la culture, protégeant la plante dès le stade plantule. D'autres, qualifiés de gènes de résistance adulte, ne s'activent qu'au cours de la montaison de la culture. Par conséquent beaucoup de variétés résistantes au stade adulte (en fin montaison et durant le remplissage) peuvent présenter des foyers actifs de rouille jaune durant le tallage et le

début de la montaison en cas d'attaque précoce. Les résistances qui s'expriment au stade adulte s'appuient sur plusieurs gènes mineurs, qui constituent des niveaux de protection efficaces, ou sur des gènes de résistance majeurs qui protègent totalement la plante, mais ils sont aussi soumis à des risques de contournement plus important.

Dans le cas d'une variété sensible au stade plantule et résistante ou assez résistante au stade adulte, la présence de pustules en fin d'hiver et début de printemps doit s'estomper au fur et à mesure de la mise en place de la résistance au stade adulte. Il est à noter que la majorité des variétés de blé tendre entre dans ce cas de figure (sensible plantule, résistante adulte).

Il en résulte que l'observation de foyers actifs de rouille jaune début montaison, n'indique pas nécessairement un contournement. Ils peuvent tout simplement résulter d'une mise en place tardive de la résistance au stade adulte. Rappelons que les notes publiées dans les catalogues caractérisent le niveau de résistance des variétés au stade adulte.

Dans le cas d'une variété considérée comme résistante dès le stade plantule, mais qui présente encore des foyers actifs à la montaison, on peut suspecter un contournement des gènes de résistance de la variété par le champignon. Malheureusement, cette information (résistance plantule des variétés) n'est actuellement pas disponible en routine.

Une variété dite « résistante » n'est pas une variété sans pustule !

Il n'est pas rare d'observer des stries isolées, voire dans certains cas des foyers actifs, sur des variétés considérées comme assez résistantes ou partiellement résistantes (note de 7 ou 8), en particulier en cas de forte pression. Cela ne signifie pas nécessairement que la résistance de ces variétés est contournée, d'autant que les cas avérés de contournements restent relativement peu fréquents au regard du nombre de variétés cultivées. Le plus souvent ces symptômes cessent rapidement d'évoluer et n'engendrent pas de perte de production significative. Du fait de la pression assez forte en 2022, ce cas a pu faire l'objet d'inquiétude et participé au ressenti d'une possible évolution des races de rouille jaune. Il est cependant important de maintenir la surveillance dans ces situations et de prévenir ARVALIS et ses partenaires pour anticiper tout risque de contournement et la détection de nouveaux variants.

Comment expliquer l'accélération des contournements à partir de 2012 ?

Jusqu'en 2010, les races de rouille jaune évoluaient à partir d'un fond génétique assez peu diversifié et les sélectionneurs comme les chercheurs pouvaient assez facilement caractériser les races et déployer des gènes de résistance majeurs efficaces. Cela n'a pas empêché le contournement de gènes majeurs assez bien connus comme Yr32 et Yr6 qui se sont retrouvés contournés par les races Robigus et Solstice/Oakley (selon le nom des variétés sur lesquelles elles ont été isolées et caractérisées).

A partir de 2011, une nouvelle race de rouille jaune nommée « Warrior » est arrivée et a rapidement remplacé les « anciennes » races européennes. En 2013, la race nommée « Warrior (-) » est détectée et se développe rapidement, pour devenir majoritaire depuis 2014. Ces deux « races » sont désormais les principales sur blé

tendre et leur fréquence est relativement stable ces dernières années. En 2021, Warrior (-) représente plus de 90 % des 179 échantillons analysés sur blé tendre (figure 3). Cependant, si la fréquence de Warrior (-) est stable sur blé tendre, elle cache une diversité encore assez mal connue. En effet, sous le terme de « warrior (-) », caractérisés par le groupe génétique nommé PstS10, se distinguent actuellement au moins 4 « variants » nommés warrior (-), Amboise, Némo et Benchmark (ce dernier n'a pas encore été formellement détecté en France) (tableau 1). Ces variants se caractérisent par leur capacité à attaquer (virulent) ou non (avirulent) la variété Némo (VNémo ou ANémo) et la présence de la virulence 17 (vir17), ou son absence (Avr17), qui permet au variant d'attaquer des variétés porteuses du gène de résistance Yr17. L'avirulence Yr17 est observée depuis 2013. Le variant capable d'attaquer Némo (VNémoA17) est apparu en 2016 et a conduit au contournement de cette variété. En 2019, un autre variant (nommé Amboise) capable d'attaquer Némo et donc aussi Amboise, a été détecté. Ce variant a rapidement augmenté en fréquence et représentait en 2020, 67% des échantillons du groupe PstS10 (groupe « warrior (-) »). Le variant A17ANémo a été observé pour la dernière fois en 2019.

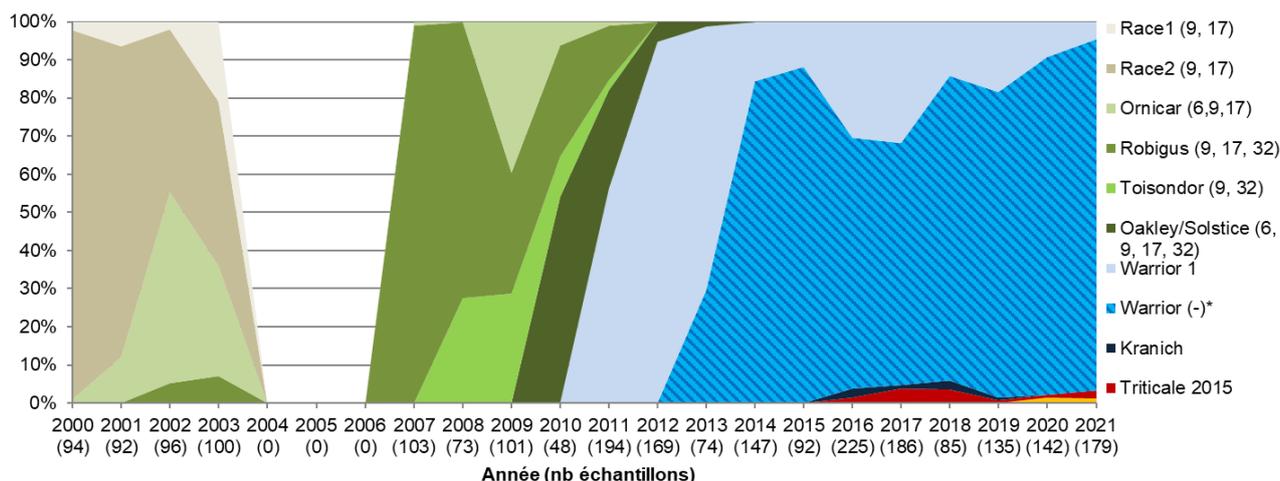
Aucune nouvelle race ou nouveau variant n'a été identifié en 2022 jusqu'à présent mais peu de pathotypages ont pu être réalisés à ce jour par les chercheurs d'INRAE BIOGER.

Ainsi, l'arrivée, probablement d'Asie, de ces nouvelles races, différentes des races européennes habituelles, a sans doute entraîné une « mal-adaptation » des variétés européennes et provoqué l'accélération des contournements lors des premières années. Depuis, la vitesse de contournement semble s'être réduite pour retrouver un niveau habituel. Ceci s'explique par le déploiement de variétés adaptées aux nouvelles races.

Pour 2022, aucun contournement majeur n'a été détecté à ce jour même si quelques érosions de résistance ont pu être observées. Par conséquent, l'épidémie observée en 2022 n'est probablement pas liée à une évolution massive des races de rouille jaune même si les analyses des races sont encore en cours à ce jour. Les premiers résultats disponibles en Europe sur le site du Global Rust Reference Center montrent la prédominance du groupe PstS10 partout en Europe mais ne permettent pas encore de connaître les variants basés sur le spectre de virulence. (<https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/wheatrust/>)

Et toutes ces informations confirment l'importance de continuer cette surveillance à l'échelle européenne et française.

Figure 3 : Evolution des races de rouille jaune prélevées en France sur blé tendre entre 2000 et 2021 (source INRAE BIOGER).



Est-ce que la lutte directe a été moins efficace ?

Au cours de la campagne 2021-2022, plusieurs remontées du terrain ont alarmé sur un possible risque de baisse d'efficacité des traitements fongicides contre la rouille jaune. En effet, dans certaines situations, il a été observé l'apparition de nouveaux foyers après l'utilisation d'IDM comme du tébuconazole ou l'utilisation de strobilurines seules. Tout d'abord, il convient de rappeler que dans le cas de foyer actif sur des variétés sensibles, il est conseillé de traiter avec une association IDM et Qol. De plus, l'efficacité peut être mis légèrement à défaut dans le cas où la pression est très forte et que l'application est tardive donc curative...

Ensuite, jusqu'à aujourd'hui, en pratique les espèces de rouille sont peu concernées par la résistance aux fongicides et sont classées dans la catégorie de faible risque de résistance. A ce jour, sur 9 classes de fongicides avec des résistances avérées chez d'autres agents pathogènes, 6 n'ont jamais été identifiées chez les rouilles. Les trois autres classes (Qol, SDHI et IDM) pour lesquelles des mutations conférant de la résistance ont été observées, l'ont été pour la rouille du soja (*Phakospora pachyrhizi*) avec des niveaux de résistance assez faibles et chez quelques isolats de rouille naine pour les SDHI (cf. note commune). Concernant la résistance aux Qols, qui est principalement liée à la mutation G143A du cytochrome B, les rouilles des céréales sont théoriquement protégées par la présence d'un intron dans ce codon alors que la mutation F129L retrouvée chez la rouille du soja a des facteurs de résistance plutôt faible. A ce jour et à notre connaissance, une seule étude a étudié par des approches de séquençage des gènes cibles, les mutations pouvant être présentes dans les populations de rouille jaune à l'échelle

mondiale (Cook et al., 2021²⁴). Alors que les auteurs ont retrouvé une mutation dans le gène Cyp51 (Y134F) dans des populations de *P. striiformis* chinoises et néo-zélandaises, cette mutation qui conférerait une résistance faible aux IDM n'a pas été retrouvée dans les isolats français testés. Ainsi, ces résultats encourageants laissent suggérer que les remontées du terrain ne sont pas le signe d'une baisse d'efficacité des produits à cause d'une adaptation de l'agent pathogène. Néanmoins, afin de confirmer ce résultat, des analyses de séquençage des mêmes gènes cibles sont en cours pour des isolats prélevés dans des parcelles à risque cette année.

Quel risque pour 2023 ?

Il est bien sûr difficile de faire des pronostics sur le vivant ! Toutefois, nous pouvons apporter quelques réflexions.

L'importance de l'épidémie de 2021 a permis d'avoir un inoculum primaire qui pourrait être conséquent. Néanmoins, la sécheresse de l'été a probablement limité les repousses et la survie de la rouille jaune. Par contre, les douceurs de ce début d'automne sont favorables à la maladie. D'ailleurs, même si ce n'est pas les mêmes formes spéciales (c'est-à-dire des races incompatibles avec les céréales cultivées), il n'est pas rare de noter des foyers de rouille jaune sur les gazons des jardins cette année ! Il est donc probable que la rouille jaune soit de nouveau très présente en 2023. Le climat de l'hiver et du début de printemps sera la clef du développement épidémique de la maladie et ce facteur n'est pas modulable ! Par contre, nous pouvons jouer sur d'autres facteurs comme l'utilisation de variétés résistantes, et si possible, en diversifiant les gènes et les fonds génétiques pour théoriquement maximiser la durabilité des résistances.

²⁴ Cook, N.M., Chng, S., Woodman, T.L., Warren, R., Oliver, R.P. & Saunders, D.G.O. (2021) High frequency of fungicide resistance-associated mutations in the wheat yellow rust

pathogen *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Pest Management Science, 77, 3358–3371.

Activer tous les leviers agronomiques

Parmi les mesures prophylactiques, le choix variétal est la mesure la plus efficace.

Incidence des techniques culturales	Choix variétal		<ul style="list-style-type: none"> • Moyen de lutte le plus efficace, bien que fragile (contournement à surveiller) • Préférer les variétés avec une note > 7
	Fertilisation azotée		<ul style="list-style-type: none"> • L'azote favorise la maladie en créant un couvert végétal dense et un microclimat plus humide • Fractionnement défavorable à la maladie
	Densité de semis		<ul style="list-style-type: none"> • Les densités élevées sont plus favorables au développement du parasite
	Mélanges variétaux		<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité vis-à-vis de la rouille jaune • Attaque plus faible sur le mélange que sur les variétés pures
	Destruction des repousses		<ul style="list-style-type: none"> • Diminue la conservation de la maladie pendant l'interculture
	Date de semis		<ul style="list-style-type: none"> • Les semis précoces favorisent les rouilles en règle générale (<i>dans certains cas, des semis tardifs se sont avérés plus sensibles à la rouille jaune</i>)
	Travail du sol enfouissement/ broyage des résidus		<ul style="list-style-type: none"> • Peu d'influence sur la gravité des attaques de rouille jaune

Réseau Performance

Le Réseau Performance a collecté cette année 279 échantillons de feuilles portant des symptômes de septoriose, prélevés en fin de saison sur les parcelles traitées et non traitées. Ces échantillons ont permis d'étudier des populations de *Zymoseptoria tritici* provenant de 18 départements céréaliers. Seulement 62 % des échantillons ont pu être exploités (173

populations au total). Les 38 % restant ne présentaient pas ou pas assez de symptômes ou se sont avérés trop sales, contaminés à l'isolement en particulier par des bactéries, pour être exploités. En 2022, les échantillons prélevés au cours du mois de juin ont pour beaucoup subi les fortes chaleurs qui peuvent expliquer l'absence de germination des spores observées dans certains cas.

Tableau 1 : Les 25 Partenaires du "Réseau Performance" en 2022

ADAMA	CA 03	CORTEVA	NUFARM	SYNGENTA
AGORA	CA 37	CRA W	PHYTEUROP	TERNOVEO
BASF	CA 80	DE SANGOSSE	SETAB	UCATA
BAYER	CA IDF	EMC2	STAPHYT	UNEAL
CA 02	CERESIA	NORD NEGOCE	SUMITOMO	VIVESCIA

LE POINT SUR LES RESISTANCES

Rappel : Extrait de la note commune INRA, ANSES, ARVALIS-Institut du végétal - janvier 2022

Résistance aux IDM

Les souches de *Z. tritici* moyennement résistantes (TriMR) aux triazoles (principale classe d'IDM²⁵) continuent leur régression et représentent désormais une souche sur huit parmi les populations analysées. Pour mémoire, ces souches sont pour une part, entièrement sensibles au prochloraze en particulier dans les régions de la façade atlantique.

Corrélativement les fréquences moyennes des souches les plus résistantes de type TriHR²⁶ et MDR²⁷ atteignent respectivement 62 % et 24 % sur l'ensemble du territoire en 2021, tandis que leur occurrence dans les populations est respectivement de 99 % et 84 % (en légère progression).

Un nombre croissant de travaux²⁸ montre clairement que les génotypes résistants (correspondants à des combinaisons de mutations affectant le gène codant pour la cible des IDM) sont associés à des spectres de résistance croisée affectant différemment les triazoles, permettant de constituer trois groupes. Un premier groupe de résistance croisée rassemble le prothioconazole, mais aussi le cyproconazole, l'époxiconazole, le tétraconazole et le bromuconazole. Un deuxième contient le difénoconazole, le tébuconazole mais aussi le méfentrifluconazole. Le metconazole et le prochloraze constituent un troisième groupe. La diversité locale des populations (fréquence des génotypes résistants) affecte différemment l'efficacité des triazoles selon les sites. Ceci est décrit également à l'échelle européenne²⁹. Même si la sensibilité au méfentrifluconazole a évolué avant même sa mise sur le marché du fait de la sélection par les autres triazoles, les doses employées sont efficaces sur les souches évoluées présentes dans les populations, notamment du fait de la bonne activité intrinsèque de cette molécule.

Pour mémoire, on a pu observer pour certains triazoles comme l'époxiconazole ou le tébuconazole, des efficacités relatives variables d'un site d'essai à l'autre, le premier étant plus efficace que le second dans le Sud et vice-versa dans le Nord. Le difénoconazole (125 g/ha) se distingue également par sa bonne efficacité générale dans le Nord. Comme les années précédentes, dans les parcelles présentant des fréquences élevées de souches TriHR et/ou MDR, l'efficacité de tous les triazoles est altérée par la résistance généralisée des populations, à l'exception du méfentrifluconazole

²⁵ IDM : Inhibiteur de la 14 α -DéMéthylation des stérols

²⁶ TriHR = TriMR évoluées, i.e. très résistantes à au moins un triazole. Voir description : Garnault, M., et al. (2019).

"Spatiotemporal dynamics of fungicide resistance contrast quantitatively in the pathogenic fungus *Zymoseptoria tritici*". *Pest Management Science*. **75**(7) : 1794-1807. DOI:10.1002/ps.5360.

²⁷ MDR = Résistance multilogues. Voir description : Leroux P, Walker AS, Multiple mechanisms account for resistance to sterol 14 α -demethylation inhibitors in field isolates of *Mycosphaerella graminicola*. (2011). *Pest Management Science* **67**(1), 47-59, Doi:10.1002/ps.2028.

²⁸ Par exemple : Heick, T. M., et al. (2020). "Reduced field efficacy and sensitivity of demethylation inhibitors in the Danish and Swedish *Zymoseptoria tritici* populations." *European Journal of Plant Pathology* **157**(3): 625-636.

²⁹ Jørgensen, L.N., Matzen, N., Heick, T.M. et al. Decreasing azole sensitivity of *Z. tritici* in Europe contributes to reduced and varying field efficacy. *J Plant Dis Prot* (2020). <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00372-4>.

Résistance aux SDHI

La résistance aux SDHI est principalement associée à une mutation affectant la sous-unité B, C ou D de la succinate déshydrogénase³⁰. En France, cette résistance a été détectée pour la première fois en 2012 chez un isolat du nord de la France portant le changement C-T79N, associé à des facteurs de résistance faibles pour les SDHI de la classe des pyrazoles. La fréquence de cette substitution, quasiment généralisée en Irlande, augmente régulièrement en France. D'autres substitutions associées à des facteurs de résistance faibles à moyens (B-N225I, D-D129G et surtout C-W80S...) sont détectées à faible fréquence. La substitution C-N86S est moyennement résistante. Elle semble progresser plus fortement que les autres ces dernières années. Détectée depuis 2014 en Europe, actuellement bien implantée au Royaume Uni et en Irlande, la substitution C-H152R (associée aux facteurs de résistance les plus élevés pour la majorité des SDHI) est régulièrement identifiée dans l'Ouest et le Nord de la France depuis 2018 à faible fréquence. Exceptionnellement, plusieurs de ces substitutions peuvent être combinées dans le même isolat, contribuant à augmenter les facteurs de résistance. Enfin, des souches associant plusieurs mécanismes de résistance (mutation du gène codant pour la cible et efflux accru (MDR)) sont régulièrement détectées.

Un test phénotypique basé sur deux doses discriminantes de bixafène permet de quantifier leur progression. La première dose permet de discriminer toutes les souches résistantes aux SDHI, quels que soient leurs facteurs de résistance (CarR). La deuxième dose a été optimisée pour discriminer les souches très résistantes aux SDHI (CarHR). En 2021, 64 % des populations analysées sont concernées par la présence de souches résistantes CarR, contre 51% en 2020, 36 % en 2019 et seulement 5 % en 2018. A l'échelle nationale, la fréquence moyenne de souches CarR dans les populations était de 21 % en 2021 (18% en 2020), tous génotypes confondus. La fréquence moyenne des souches très résistantes (CarHR) atteint 9% en 2021 (non mesurée en 2020).

Pour l'instant, étant donné la structure des populations, il n'y a pas lieu de craindre de perte d'efficacité majeure des SDHI pour 2022 mais la gestion de cette résistance reste une priorité.

³⁰ Liste non exhaustive des mutations identifiées pouvant être combinées au sein d'un même génotype. SdhB : N225T/I, R265P, H267L, T268I/A ; SdhC : T79N/I, W80S/A, A84F, **N86S/A**, P127A, R151S/M/T/G, R151S/T, **H152R/Y**, V166M, T168R ; SdhD : I50F, M114V, D129G. Les mutations ayant le plus d'impact sur l'efficacité sont listées en gras.

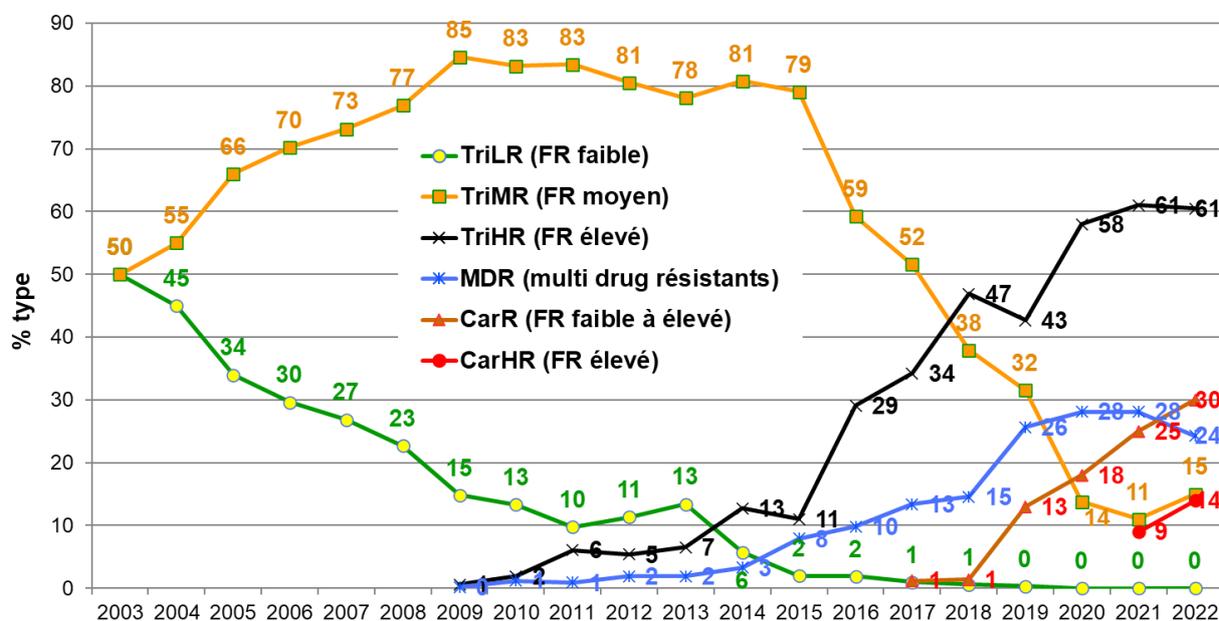
En 2022, la situation vis-à-vis de la résistance aux IDM est stable mais progresse vis-à-vis de la résistance aux SDHI

En 2022, la situation vis-à-vis de la résistance aux IDM semble stable par rapport à 2021. Cette année, avec une pression parasitaire faible, on observe une stabilité des souches TriHR mais surtout une progression des souches CarR. Sur la base des analyses du seul réseau Performance, les souches TriHR représenteraient en effet 61 % de la population contre 61 % l'année dernière. Les souches dites CarR quant à elles représenteraient 30 % de la population, contre 25 % en 2021 et 18 % en 2020 (Figure 1). Ces dernières résistent spécifiquement aux SDHI, avec des niveaux de résistance faibles à forts potentiellement associées à une grande diversité de mutations. Des analyses génétiques sont en cours pour identifier les mutations les plus fréquentes. En effet

plusieurs génotypes résistants aux SDHI ont été détectés en France, en Angleterre ou en Irlande depuis 2012. La substitution C-H152R, induisant une résistance forte aux pyrazoles initialement détectée en Irlande et Grande Bretagne, a été isolée pour la première fois en France lors de la campagne 2018 en Bretagne et Normandie. Parallèlement la fréquence moyenne des souches hautement résistantes CarHR progresse pour atteindre 14% en 2022 (9% en 2021).

Quant aux souches MDR, elles sont présentes à la fréquence moyenne de 24 %. Rappelons que la famille des SDHI est aussi concernée par le mécanisme de résistance MDR, avec des facteurs de résistance compris entre 5 et 15. À ce titre, il est important de rappeler que les SDHI sélectionnent des souches de type MDR et qu'il est souhaitable d'anticiper le risque de résistance multiple CarR + MDR.

Figure 1 : Evolution des phénotypes les plus résistants (TriHR + MDR) de *Z. tritici* dans les échantillons du Réseau Performance depuis 2009



La fréquence moyenne des souches CarR (marron) et CarHR (rouge) progresse.

Tableau 2 : Structure type de la population de *Z. tritici* sur le "Réseau Performance" en 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 (tous échantillons)

				2018 (%)	2019 (%)	2020 (%)	2021 (%)	2022 (%)
TriS (Sensible)	Phénotypes déjà présents avant 2008	Tri R1/R3	Les souches sensibles ont disparu	0	0	0	0	0
TriLR (Faiblement résistant)	Phénotypes déjà présents avant 2008	Tri R2/R4 Tri R5	Les souches faiblement résistantes sont minoritaires	0.6	0.3	0.0	0.5	0.3
TriMR (Moyennement à fortement résistant)	Phénotypes déjà présents avant 2008	Tri R6 Tri R7 Tri R8	Les souches Tri R6 dominent dans le Nord de la France par rapport aux souches Tri R7 et R8	37.9	31.5	13.8	10.6	14.9
TriHR (Hautement résistant)	Phénotypes anciennement « TriMR évolués »	Tri R5+ Tri R8+	Même mutation que Tri R5 et Tri R8 avec facteurs de résistance plus élevé	46.9	42.7	58.0	61.0	60.5
		Tri R9 Tri R10 Tri R11 Tri R12	Nouvelles combinaisons de mutations déjà connues.					
		Tri Rz New ...	Facteurs de résistance moyens voire élevés pour quelques IDM (jusqu'à 6 mutations combinées)					
MDR (MultiDrug résistant)	Phénotypes MDR associés ou non à des mutations de cible	MDR 6 MDR 7 MDR 10 ...	Résistance croisée à tous les IDM et niveaux de résistance très élevés. Facteur de résistance faible pour les SDHI	14.6	25.6	28.1	27.9	24.3
CarR (faiblement à fortement résistant)	Phénotypes CarR détectés pour la première fois en 2012		Résistance croisée à tous les SDHI et niveaux de résistance faibles à fort selon les mutations. Mutations B-N225I, C-T79N, D-D129G associées à des facteurs de résistance faible à moyen selon SDHI. Mutation C-H152R est associée à des facteurs élevés a été identifiée en 2018 dans l'Ouest de la France.	1.4	13.0	18.0	25.3	30.4

Les chiffres présentés représentent les pourcentages moyens de chaque phénotype dans l'ensemble des échantillons du Réseau Performance.

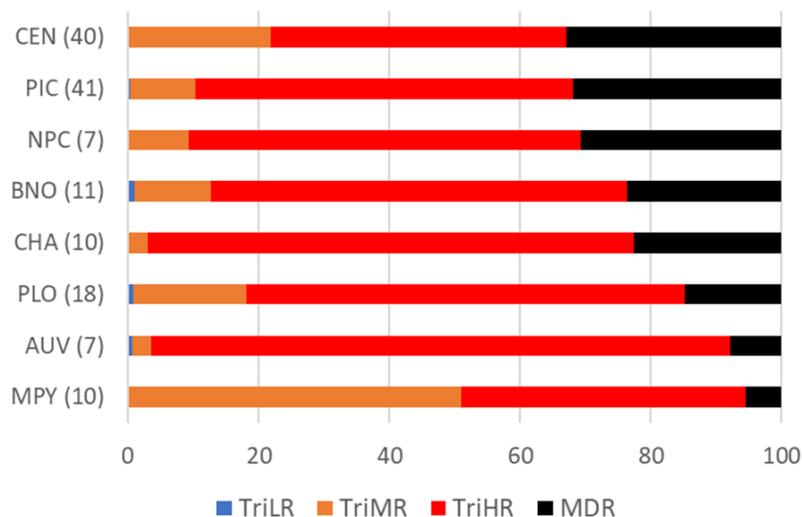
Sur le plan de la structure générale de la population (Tableau 2), les souches les plus sensibles (TriLR), ont quasiment disparu en 2022. Les souches TriMR augmentent légèrement et les TriHR (61%) restent ultra dominantes. Leur proportion reste très variable d'une région à l'autre. Il faut toutefois souligner que le nombre d'échantillons par région est le plus souvent insuffisant pour proposer une interprétation locale.

Les souches MDR, en légère baisse cette année, présentent des facteurs de résistance faibles aux SDHI. Elles constituent toutefois un terrain favorable de recombinaison avec des souches présentant des résistances spécifiques émergentes CarR (résistance

aux SDHI). De ce fait, un risque d'accélération de la résistance en pratique est possible quel que soit le mode d'action considéré.

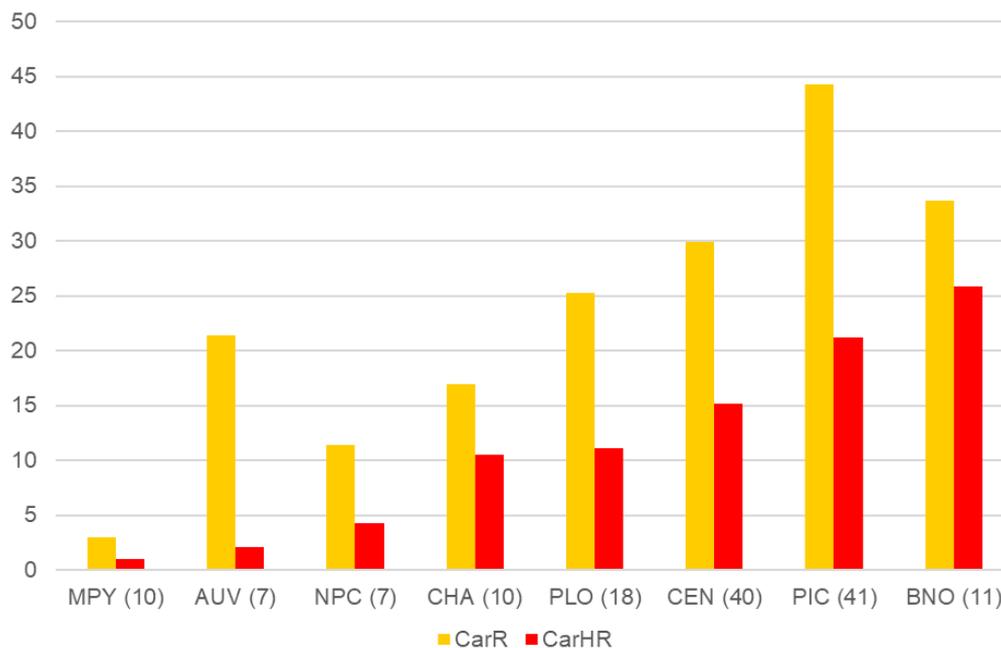
Quant aux souches CarR présentes dans huit échantillons sur dix, elles représentent en moyenne 30% des populations de *Zymoseptoria tritici*. La recherche de phénotype CarHR, basée sur une dose discriminante élevée de SDHI, a permis d'identifier parmi les souches CarR (30%), près de la moitié (14%) sont des souches CarHR. Cela suggère la présence majoritaire de génotypes à faible résistance envers les pyrazoles, mais indique également une progression de ce type de souche.

Figure 2 : Répartition des populations de *Z. tritici* résistantes aux IDM en fonction des régions - 173 populations 2022 (nombre d'analyses)



Les souches TriHR sont ultra dominantes dans presque toutes les régions.

Figure 3 : Répartition des populations de *Z. tritici* résistantes aux SDHI en fonction des régions - 173 populations 2022 (nombre d'analyses)



Les souches CarR représentent en moyenne en France 30% de la population et les CarHR 14%.

RESULTATS AU CHAMP DU RESEAU PERFORMANCE 2022

Un total de 38 essais a été mis en place en 2022 par les 25 partenaires du réseau. Tous les essais et toutes les modalités du tronc commun ont été accompagnées d'analyses de résistance (Inrae). Comme en 2021, le Réseau Performance offre le choix pour le tronc commun entre trois modules à base de SDHI + triazole. Cette année : Kardix (7 essais), Elatus Era (21 essais), et Revystar XL (10 essais). Les modalités de chaque essai sont identifiées par des libellés réduits, en fonction des modes d'actions entrant dans la composition des produits retenus. Un même libellé peut donc correspondre à plusieurs produits commerciaux.

Chaque module est décliné avec les produits commerciaux suivants : Kardix, Elatus Era, Revystar XL et répond aux mêmes questions :

- Intérêt du T1,

- Intérêt d'une impasse,
- Intérêt d'un biocontrôle au T1 et au T2
- Intérêt d'un multisite au T1 et au T2,
- Intérêt d'un Qil avec SDHI,

Les résultats qui suivent portent sur les 28 essais récoltés qui ont échappés à la grêle, à la verse et qui ont présenté une nuisibilité supérieure à 4 q/ha. La pression rouille jaune sur au moins 5 essais ne permet pas de regrouper l'ensemble des essais. L'absence de septoriose sur un grand nombre d'essais et la présence de rouille jaune nous permet de regrouper seulement 15 essais homogènes avec des notations septoriose significative. Les comparaisons réalisées, chaque fois que cela est possible, s'efforcent de maximiser le nombre d'essais pris en compte.

Tableau 3 : Modalités mises en place dans le tronc commun du "Réseau Performance" en 2022 – deux applications : Z32 (2 Nœuds) puis Z39 (DFE)

N°	T1	T2
1	Témoin Non Traité	Témoin Non Traité
2	M 45 + SO 2400 g/ha	SDHI + IDM
3	PK 1510 + SO 2100 g/ha	SDHI + IDM + PK 1510 g/ha
4	FP 600 + SO 2400 g/ha	SDHI + IDM + FP 600 g/ha
5	impasse	SDHI + IDM
6	impasse	FX 55 g/ha + BZ 55 g/ha

M : metconazole au T1, IDM : prothioconazole ou méfentrifluconazole au T2; SO : soufre ; SDHI : benzovindiflupyr, fluopyram+bixafen, ou fluxapyroxad ; FP : folpel ; FX : fenpicoxamid ; BZ : benzovindiflupyr ; PK : phosphonates de potassium.

Module Kardix, base **prothioconazole**

N° Modalité	T1 Z32 (F3 étalée)	Dose/ha	T2 Z39 (DFE)	Dose/ha
1	TEMOIN NON-TRAITE		TEMOIN NON-TRAITE	
2	JUVENTUS + SOUFRE *	0.5 + 3 ou 3.5	KARDIX	0.9
3	PYGMALION + SOUFRE **	2 + 2.63 ou 3	KARDIX + PYGMALION	0.9 + 2
4	SESTO + SOUFRE *	1.2 + 3 ou 3.5	KARDIX + SESTO	0.9 + 1.2
5	impasse		KARDIX	0.9
6	impasse		QUESTAR + ELATUS PLUS	1.1 + 0.55

Module Elatus Era, base **prothioconazole**

N° Modalité	T1 Z32 (F3 étalée)	Dose/ha	T2 Z39 (DFE)	Dose/ha
1	TEMOIN NON-TRAITE		TEMOIN NON-TRAITE	
2	JUVENTUS + SOUFRE *	0.5 + 3 ou 3.5	ELATUS ERA	0.8
3	PYGMALION + SOUFRE **	2 + 2.63 ou 3	ELATUS ERA + PYGMALION	0.8 + 2
4	SESTO + SOUFRE *	1.2 + 3 ou 3.5	ELATUS ERA + SESTO	0.8 + 1.2
5	impasse		ELATUS ERA	0.8
6	impasse		QUESTAR + ELATUS PLUS	1.1 + 0.55

Module Revystar XL, base **méfentrifluconazole**

N° Modalité	T1 Z32 (F3 étalée)	Dose/ha	T2 Z39 (DFE)	Dose/ha
1	TEMOIN NON-TRAITE		TEMOIN NON-TRAITE	
2	JUVENTUS + SOUFRE *	0.5 + 3 ou 3.5	REYSTAR XL	0.8
3	PYGMALION + SOUFRE **	2 + 2.63 ou 3	REYSTAR XL + PYGMALION	0.8 + 2
4	SESTO + SOUFRE *	1.2 + 3 ou 3.5	REYSTAR XL + SESTO	0.8 + 1.2
5	impasse		REYSTAR XL	0.8
6	impasse		QUESTAR + ELATUS PLUS	1.1 + 0.55

* Selon les formulations de soufre 2400 ou 2450 g/ha : Actiol, Biosoufre, Faeton SC, Flosul, Heliosoufre S, Jubile, Microthiol, Thiovit jet microbilles, Vertisoufre.

** soufre 2100 g/ha

Les résultats présentés ci-dessous correspondent au tronc commun (modalités 1 à 6). Rappelons que les essais du Réseau Performance comprennent une proportion de variétés sensibles ou moyennement sensibles, plus importante que celle constatée en pratique.

Un T1 triazole indispensable sur rouille jaune

2022 restera comme une année tardive sur le plan du développement de la septoriose mais avec une pression très forte de rouille jaune sur variété sensible. En

moyenne les gains de rendement maxima permis par les fongicides sont en moyenne de 11 q/ha sur la totalité des essais du Réseau Performance et de 22.2 q/ha sur les 5 essais à dominante rouille jaune (figure 4). Dans ces conditions, les gains de rendement permis par un traitement T1 (Met45+SO2400) sont forts avec en moyenne 5.5 q/ha de mieux. L'impasse de T1 sur rouille jaune n'était pas souhaitable.

Les phosphonates de potassium, le soufre ou le folpel n'ayant aucune activité sur rouille jaune, il n'était pas avantageux de les utiliser dans ces conditions.

Figure 4 : Rendements des modalités du Réseau Performance - Prix du blé 30 €/q - 5 essais à dominante rouille jaune 2022 (45, 2, 60,62, 80)

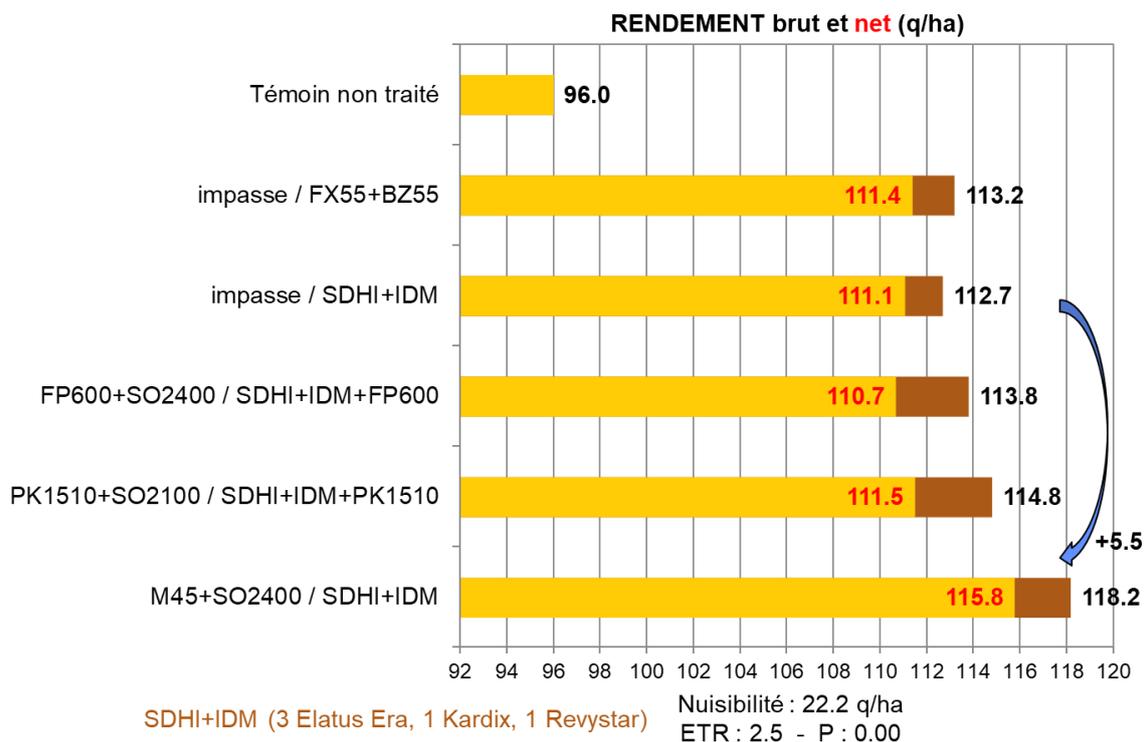
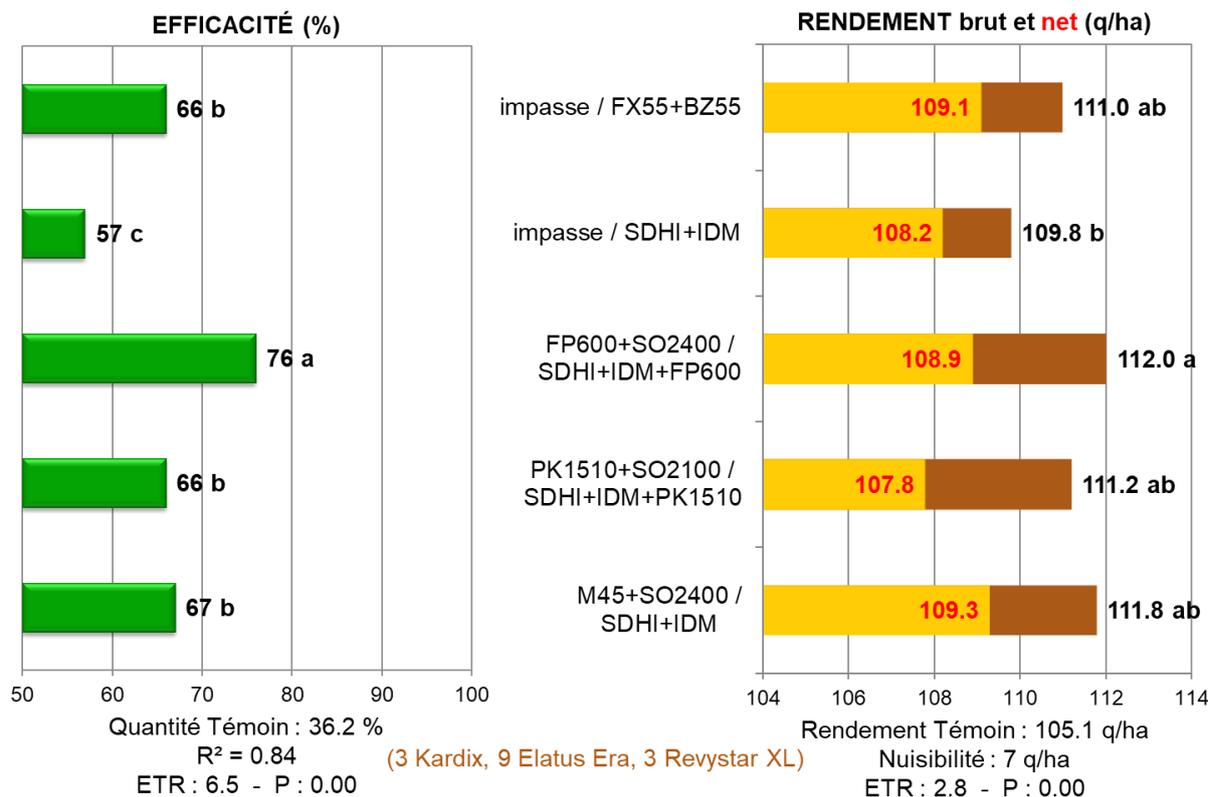


Figure 5 : Efficacités sur septoriose et rendements des modalités du Réseau Performance - Prix du blé 30€/q - 15 essais 2022. (TriHR :70%-MDR :19%-CarHR : 7%)



L'association FX55+BZ55 (Questar 1.1 l/ha+ Elatus Plus 0.55 l/ha) au T2 permet ici de s'affranchir d'un T1 mieux que la référence SDHI+IDM.

Traiter avec un biocontrôle au T1 est possible

Des notations d'efficacités ont pu être réalisées sur 15 essais complets, avec observation des efficacités et mesure des rendements. Sur ces 15 essais apparaissent des différences significatives entre modalités de traitement, sur le plan des efficacités mais aussi sur les rendements.

La solution soufre+phosphonates de potassium au T1 suivie d'un SDHI+IDM+phosphonates permet les mêmes efficacité septoriose que le programme IDM+soufre puis SDHI+IDM (figure 5).

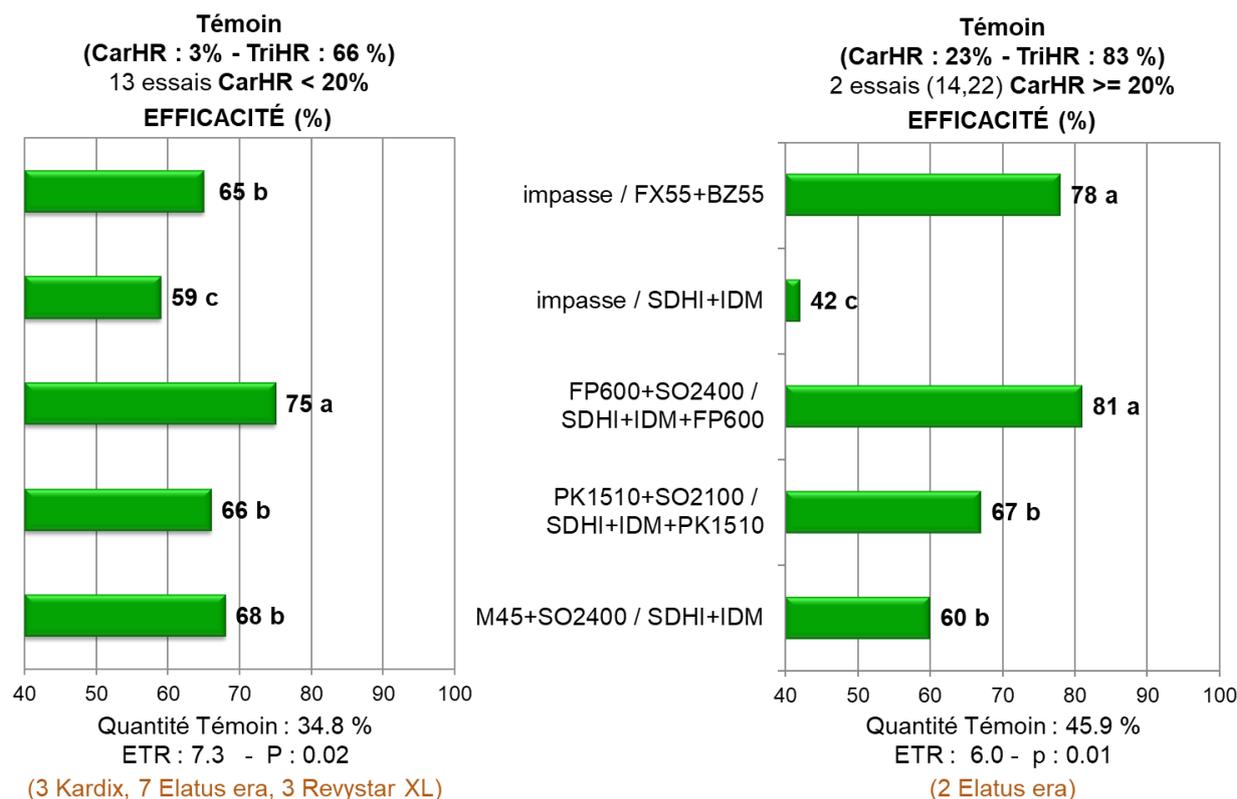
Qil au T2 : un bénéfice à l'innovation

Pour la deuxième année de test, la solution Qil+SDHI, utilisée solo au T2 obtient des résultats techniques et économiques comparables à la solution T1 puis SDHI+IDM. Dans le contexte de ces essais, cette nouvelle proposition permet en moyenne l'impasse du T1 (figures 5).

Folpel au T1 et au T2 renforce les efficacités

L'adjonction de 600 g/ha de folpel au T2 a été testée en 2022 sur une base de SDHI+IDM et avec également du folpel + soufre au T1. Dans ce contexte, l'ajout de folpel au T1 et au T2 améliore significativement les efficacités. Les rendements avec folpel ne progressent pas sur ces mêmes essais.

Figure 6 : Efficacités sur septoriose en fonction du pourcentage de souches hautement résistantes aux SDHI (Car HR) dans les témoins non traités. 13 essais avec CarHR <20% et 2 essais avec CarHR >=20%



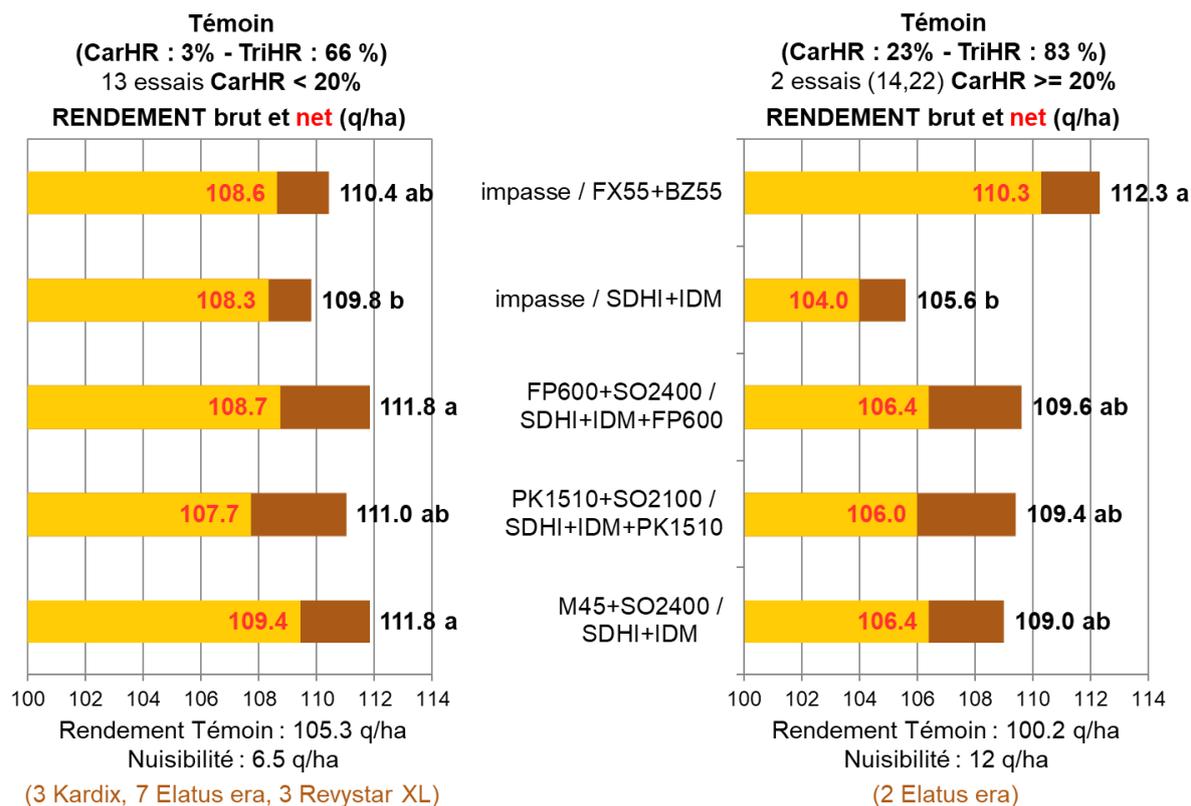
Pour la première fois, un impact des souches avec des facteurs de résistance élevées aux SDHI est perceptible sur l'efficacité mesurée. La proportion de souches CarHR semble impacter l'efficacité du SDHI+IDM.

Premier effet mesurable des souches hautement résistantes aux SDHI.

Parmi les 15 essais, 2 essais (14,22) présentent un pourcentage de souches avec des facteurs de résistance élevés aux SDHI (CarHR) supérieurs ou égale à 20% dans les témoins. Sur ces deux essais on constate une baisse d'efficacité en pratique notable (-17 points) pour le SDHI+IDM comparativement aux 13 essais avec des

fréquences de souches CarHR inférieures à 20% (figure 6). Dans ces deux essais, l'association SDHI est réalisée avec du prothioconazole. Avec un SDHI associé à du mefentrifluconazole, le résultat pourrait être différent. Dans ces situations, la solution Qil+SDHI et le double folpel se démarquent en efficacité. Hors contexte rouille jaune, les bénéfices apportés par le T1 apparaissent dépendants de l'efficacité du T2, de la nature du produit et de la fréquence des souches Car HR (figure 7).

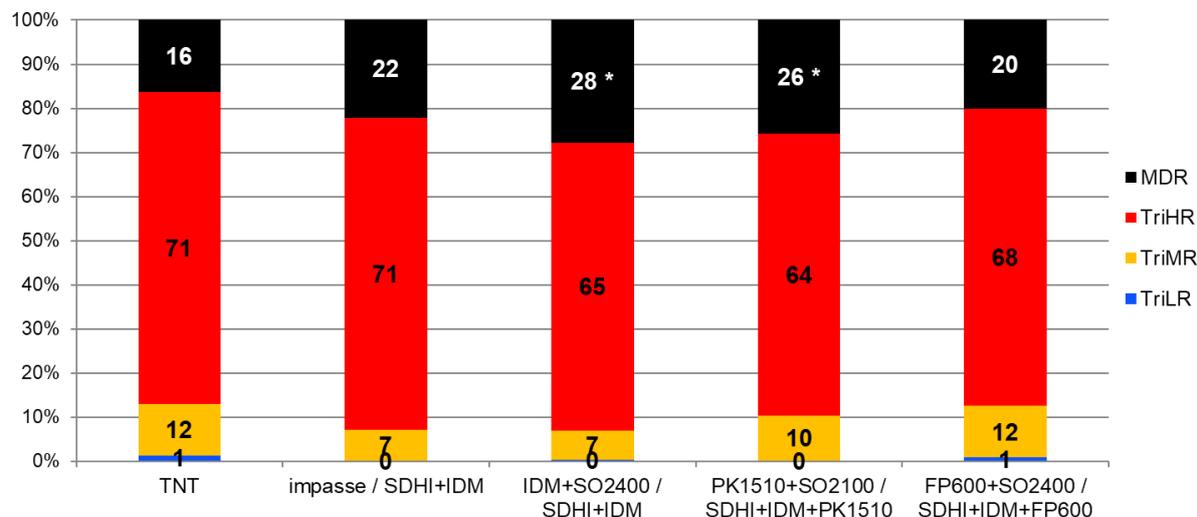
Figure 7 : Rendements en fonction du pourcentage de souches hautement résistantes aux SDHI (CarHR) dans les témoins non traités. 13 essais avec CarHR <20% et 2 essais avec CarHR >=20%



Hors contexte rouille jaune, les bénéfices apportés par le T1 apparaissent dépendants de l'efficacité du T2, de la nature du produit et de la fréquence des souches CarHR.

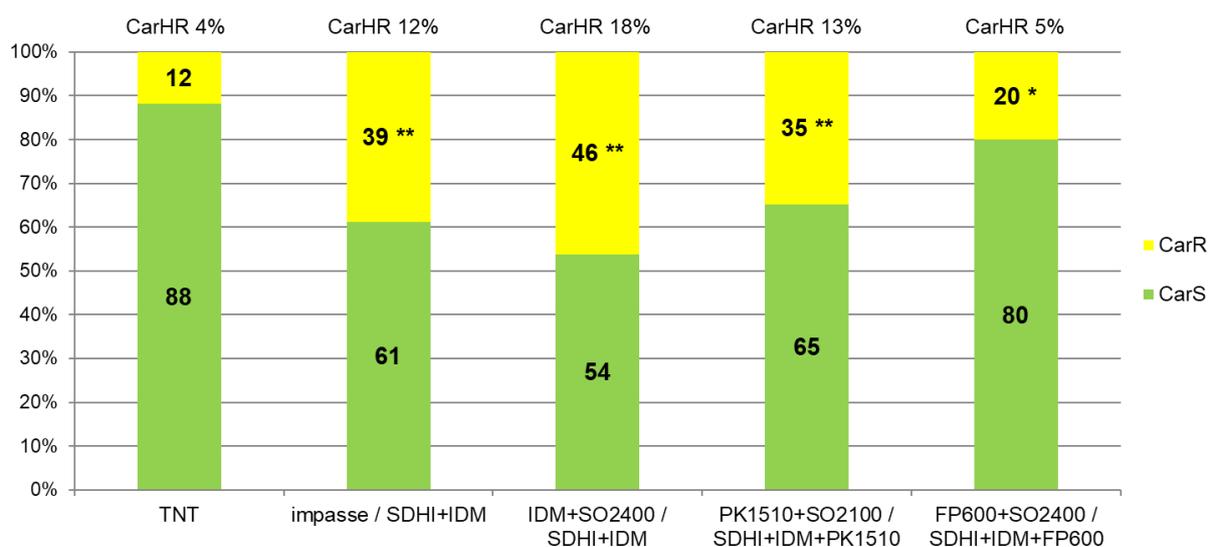
Incidence des traitements sur la résistance : structure des populations après traitements

Figure 8 : Effet de différents traitements sur la sensibilité des populations de septoriose aux IDM. 12 essais du Réseau Performance 2022



Le programme avec une double application de folpel limite la progression de la résistance MDR.

Figure 9 : Effet de différents traitements sur la sensibilité des populations de septoriose aux SDHI (CarR). 12 essais du Réseau Performance 2022



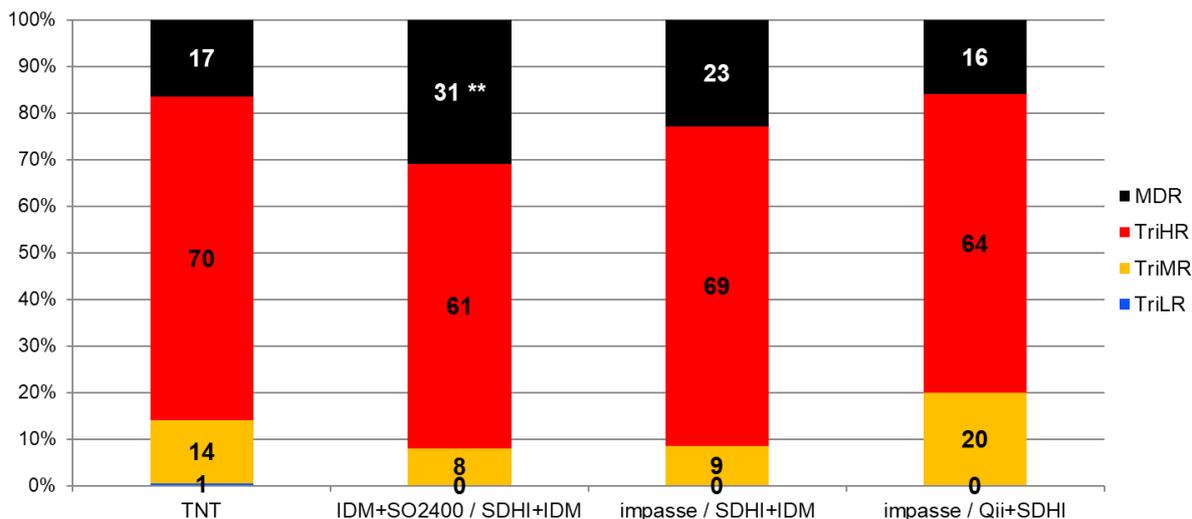
Folpel associé à du soufre au T1 et associé à un SDHI+IDM au T2 ralentit significativement la progression des souches CarR, mieux qu'une impasse de traitement au T1 et qu'une association phosphonates de potassium et soufre. Les % de CarHR précisés pour chaque modalité sont compris dans le % de CarR (en jaune)

Le folpel associé au T1 et au T2 à un effet positif sur la progression de la résistance

Contrairement à 2020 et 2021 où le folpel a été testé uniquement en ajout au T2 nous l'avons introduit en T1 et en T2 cette année. Dans ce contexte, les résultats sont positifs sur la progression de la résistance. À la fois sur

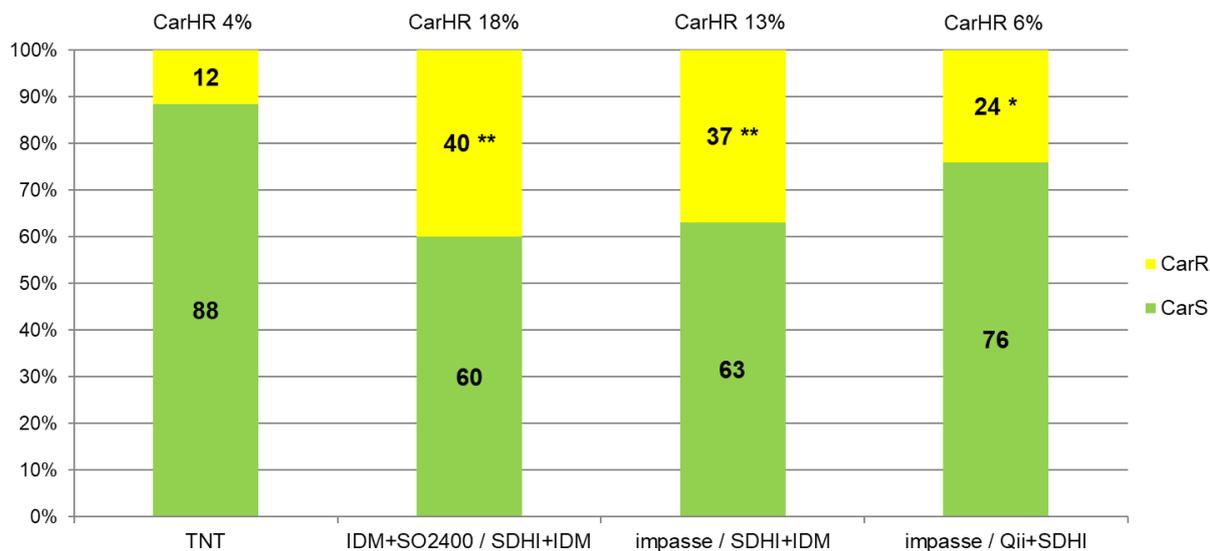
les souches MDR (figure 8) et sur les souches CarR (figure 9). Folpel, associé à du soufre au T1 et associé à un SDHI+IDM au T2, ralentit significativement la progression des souches CarR, mieux qu'une impasse de traitement au T1 et qu'une association phosphonates de potassium associée au soufre suivie d'un SDHI+IDM+phosphonates.

Figure 10 : Effet d'une impasse de T1 et de l'apport d'un QII+SDHI sur la sensibilité des populations de septoriose aux IDM. 10 essais du Réseau Performance 2022



L'association fepnicoxamid + SDHI ne fait pas progresser les souches MDR

Figure 11 : Effet d'une impasse de T1 et de l'apport d'un QII+SDHI sur la sensibilité des populations de septoriose aux Carboxamides. 10 essais du Réseau Performance 2022



La fepnicoxamide associée à un SDHI constitue un partenaire efficace pour ralentir (mais pas neutraliser) la pression de sélection exercée par le SDHI

Le fepnicoxamide confirme le ralentissement de la progression des CarR

En 2021 sur 6 essais, le fepnicoxamide associé au benzovindiflupyr diminuait de moitié le pourcentage de

CarR par rapport à la solution impasse suivie de SDHI+IDM. Cette année, cette association confirme ce premier résultat. Le fepnicoxamide associée à un SDHI constitue un partenaire efficace pour ralentir (mais pas neutraliser) la pression de sélection exercée par le SDHI.

A RETENIR

Évolution des populations

- Stabilité des souches TriHR et des souches MDR, mais progression des CarR dont des souches Car HR.
- Stabilité des souches avec des facteurs de résistance élevés au méfentrifluconazole.
- Aucune souche résistante spécifiquement au fenpicoxamide n'a été détectée.

Pression de sélection

- Les SDHI+IDM continuent de sélectionner les souches MDR mais aussi CarR.
- Les phosphonates de potassium associés au soufre au T1 et au SDHI+IDM au T2 est neutre. Il ne ralentit pas, (ni accélère pas) la progression des souches résistantes.
- Folpel associé **au T1 et au T2** ralentit la progression des souches résistantes, quel que soit le type de souches : CarR, ou MDR.
- Associé à un SDHI, le fenpicoxamide confirme le ralentissement de la progression des CarR.

Efficacité / Rendement

- Dans le contexte 2022, apport très important (5.5 q/ha en moyenne) du T1 triazole sur rouille jaune mais plus modeste sur septoriose (2 q/ha en moyenne).
- Premier impact perceptible au champ (2 essais) de la progression des Car HR sur la performance des SDHI (associés aux IDM).
- Hors contexte rouille jaune, les bénéfices apportés par le T1 apparaissent dépendants de l'efficacité du T2, de la nature du produit, de sa dose et chose plus nouvelle de la fréquence des souches Car HR.
- L'association soufre+phosphonates au T1 puis SDHI+IDM+phosphonates est aussi efficace contre la septoriose que la solution IDM+soufre au T1 puis SDHI+IDM.
- Le folpel au T1 et au T2 fait progresser les efficacités. L'apport est plus net dans les situations les plus résistantes.
- Bonne efficacité et régularité du fenpicoxamide associé au benzovindiflupyr ou au prothioconazole dans toutes les situations.

Eurowheat

UN RESEAU EUROPEEN DEDIE AU SUIVI DES RESISTANCES

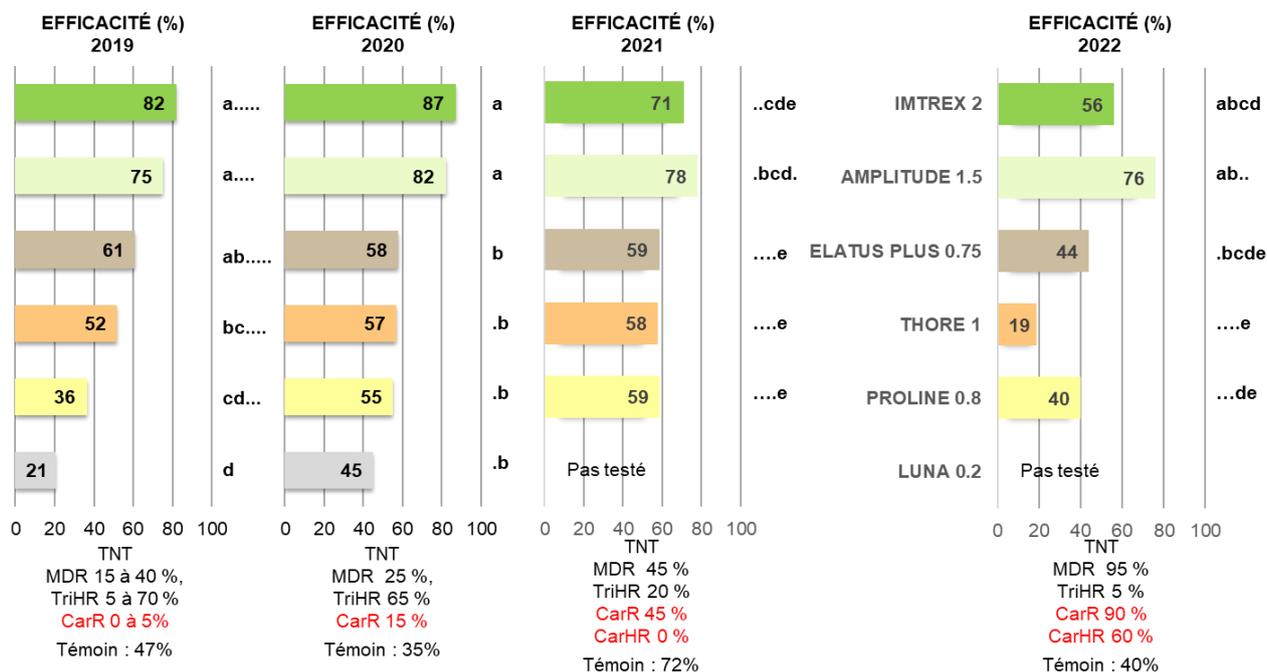
Eurowheat est un projet européen initié en 2015 pour collecter des données d'efficacité sur la base d'un même protocole dans différents pays. Jusqu'en 2019, le réseau était orienté sur l'efficacité des IDM. Depuis, le réseau a pris une nouvelle orientation en intégrant les SDHI à la problématique. L'objectif est maintenant de comparer en même temps les populations de septoriose et les efficacités des principaux SDHI entre eux sur septoriose dans différentes régions d'Europe, en intégrant dans la comparaison le prothioconazole et le mefentrifluconazole. Quelle est l'efficacité des SDHI dans les différents pays européens : Allemagne, Angleterre, France, Irlande et quel est l'état de la résistance aux SDHI dans les populations de septoriose concernées ? Comment se comporte les IDM les plus efficaces au regard des SDHI ?

Premier impact pour les SDHI !

En 2019 (point zéro) les souches CarR (résistantes aux SDHI) sont peu présentes sur le site français (un essai dans le Nord de la France à Aubigny aux Kaisnes, dans l'Aisne : 0 à 5% de souches résistantes détectées) à une vingtaine de km au sud-est de Saint-Quentin. On peut penser que l'efficacité des SDHI dans ce contexte n'est pas affectée. Les principaux représentant des SDHI ont été évalués à dose réduite et à dose pleine, comparés entre eux et aux meilleures références de la famille des triazoles : prothioconazole (Proline) et mefentrifluconazole (Amplitude) (figure 1, partie gauche).

Figure 1 : Efficacités en % et rendements de différents SDHI et IDM sur septoriose du blé, appliqués au stade DFE - 4 essais : 2019 (figure à gauche), 2020 et 2021 (figures au milieu) et 2022 (figure à droite)

Le classement des SDHI et la comparaison des SDHI avec le mefentrifluconazole et le prothioconazole changent entre 2019 et 2022



Légende (g/ha) : IMTREG 2 (fluxapyroxad 125), AMPLITUDE 1.5 (mefentrifluconazole 150), ELATUS PLUS 0.75 (benzovindi-flupyr 75), THORE 1 (bixafen 125), PROLINE 0.8 (prothioconazole 200), LUNA 0.2 (fluopyram 50)

Pour la quatrième année, le mefentrifluconazole exprime les meilleures efficacités.

En 2020, les souches CarR sur le site de Dury (commune limitrophe d'Aubigny aux Kaisnes (02)), sont présentes en faible proportion (CarR 15%). La pression de maladie y est un peu plus faible qu'en 2019 et les efficacités légèrement plus élevées.

En 2021, à nouveau sur le site d'Aubigny aux Kaisnes (02), les souches CarR sont fortement présentes (45%) mais les CarHR (hautement résistante aux SDHI) ne sont pas détectées. Pour les modalités communes aux trois années (fluopyram solo = Luna 0.2 n'est plus testé en

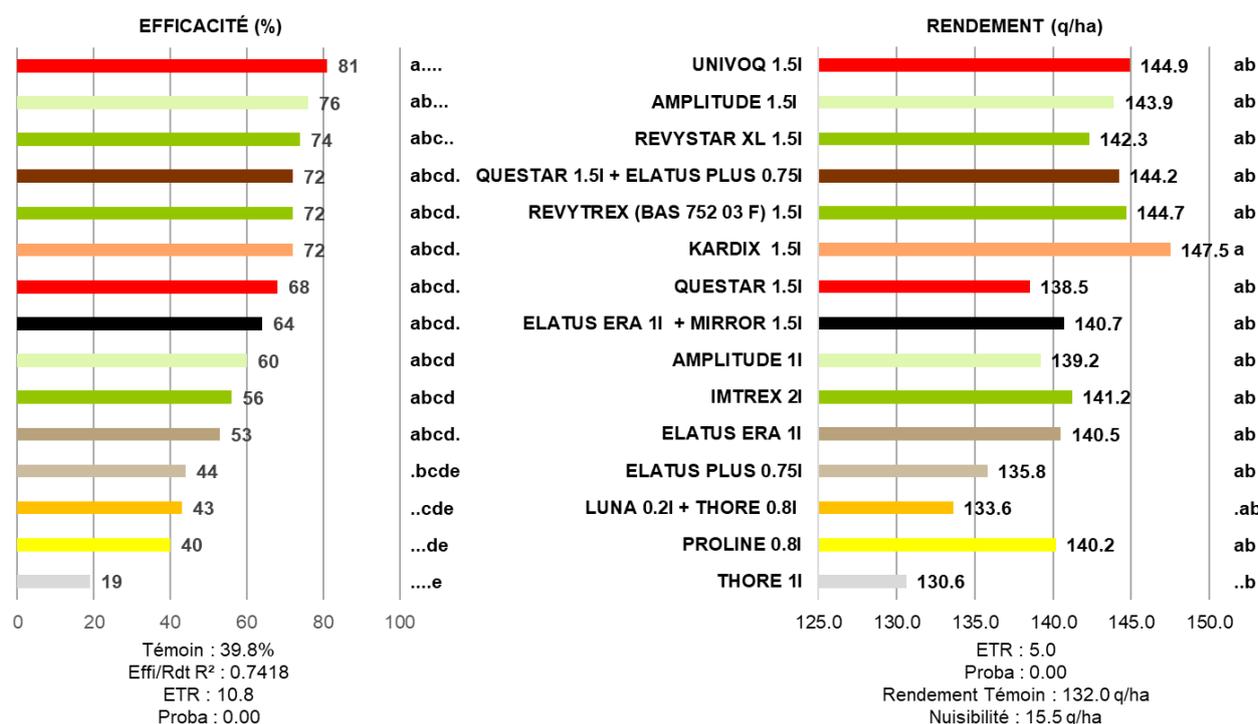
2021), le classement des SDHI reste quasi identique (fluxapyroxad en tête, suivi du benzovindiflupyr et du bixafen) et la comparaison des SDHI avec le mefentrifluconazole et le prothioconazole ne change pas, suggérant une stabilité de l'efficacité des SDHI par rapport aux IDM. Le paysage des souches a cependant évolué et présente désormais une fréquence de souches résistantes aux SDHI très significative dans les parcelles non traitées.

En 2022, les souches CarR ont encore progressé pour atteindre 90% dans le témoin et les souches CarHR sont

fortement présentes (60%). Pour la première fois, l'efficacité du fluxapyroxad est inférieure à 60%, l'efficacité du benzovindiflupyr chute à 44% et le bixafen à 19%. La fréquence de souches résistantes aux SDHI très importante dans les parcelles non traitées affecte vraisemblablement l'efficacité de tous les SDHI dans cet essai situé à Aubigny aux Kaisnes (figure 1 partie droite).

Notons également que pour la quatrième année, le mefentrifluconazole exprime les meilleures efficacités (avec pour la première fois un net avantage sur les SDHI).

Figure 2 : Efficacités en % et rendements de différents SDHI et IDM sur septoriose du blé, appliqués au stade DFE - 1 essai (02) : 2022



Légende (q/ha) : REVYSTAR XL 1.5 (fluxapyroxad 75+ mefentrifluconazole 150), ELATUS ERA 1 (benzovindiflupyr 75+ prothioconazole 150), MIRROR 1.5 (folpel 750), IMTREX 2 (fluxapyroxad 125), AMPLITUDE 1.5 (mefentrifluconazole 150), QUESTAR 1.5 (fencipoxamide 75), ELATUS PLUS 0.75 (benzovindiflupyr 75), THORE 1 (bixafen 125), PROLINE 0.8 (prothioconazole 200), KARDIX 1.5 (bixafen 98+ fluopyram 98+ prothioconazole 195), REVYTREX 1.5 (fluxapyroxad 100+ mefentrifluconazole 100), LUNA 0.2 (fluopyram 100), UNIVIQ 1.5 (fencipoxamide 75+ prothioconazole 150)

La figure 2 restitue l'ensemble des modalités comparées dans l'essai EUROWHEAT 2022 d'Aubigny aux Kaisnes (02). On y retrouve les SDHI et les IDM précédemment cités avec la même hiérarchie, et des produits formulés qui les contiennent. Parmi les meilleures associations, on retrouve fencipoxamide + prothioconazole et fluxapyroxad+ mefentrifluconazole. A noter pour la première fois le mefentrifluconazole solo fait aussi bien que l'association fluxapyroxad + mefentrifluconazole. A ces comparaisons ont été ajoutées un mélange extemporané avec Mirror 1.5 l/ha (folpel 750 g/l), associé à Elatus Era 1 l/ha. L'apport de 11 points du folpel est substantiel mais non significatif dans cet essai. Notez également la contribution du fluopyram lorsque l'on

compare Thore (bixafen 125 g/ha) et Luna +Thore (fluopyram 100 g/ha +bixafen 100 g/ha), ainsi que celle d'Elatus Plus dans le mélange extemporané avec Questar.

Avant de s'engager à étudier les SDHI, le réseau EUROWHEAT a suivi depuis 2016, les substances actives de la famille des IDM, en incluant dans ses travaux la dernière molécule de cette famille, le mefentrifluconazole. Ceux-ci ont fait l'objet de 4 publications successives. La plus récente résumant l'ensemble des années concernées, est disponible à l'adresse suivante : <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00372-4>.

Y figure une analyse des données de résistance croisée entre IDM, plus précisément entre époxiconazole, metconazole, tébuconazole et prothio-desthio. Une publication récente à partir d'isolats danois et suédois élargit le champ de l'étude de la résistance croisée entre

IDM en intégrant aussi le difénoconazole et le mefentrifluconazole. On y apprend que la résistance croisée entre le mefentrifluconazole, le tébuconazole et le difénoconazole est forte et qu'elle est partielle avec le prothio-desthio.

A RETENIR

- Pression de septoriose tardive mais assez importante en fin de cycle, forte présence de souches CarR (90%) dont CarHR (60%) et de MDR (95%).
- Une hiérarchie marquée des SDHI entre eux : Fluxapyroxad > benzovindiflupyr > bixafen.
- Faible efficacité du prothioconazole et très bonne efficacité du mefentrifluconazole > à tous les SDHI.
- Apport du Folpel sur l'efficacité uniquement (non significatif).
- Sur ce secteur une érosion de l'efficacité est perceptible en 2022, pour la première fois, pour tous les SDHI !.
- En attente des résultats des autres pays.

Septoriose

RESULTATS DES ESSAIS D'EVALUATION PRODUITS 2022 ARVALIS - INSTITUT DU VEGETAL

Essais de criblage de solutions de biocontrôle

Le protocole de criblage a pour but d'étudier l'efficacité spécifique des solutions de biocontrôle, sans risquer de masquer leurs effets avec d'autres fongicides. Pour cela, elles sont testées seules en quatre applications successives identiques appliquées à partir du stade BBCH31 tous les 10 jours.

Quatre essais ont été mis en place en 2022 sur ce protocole.

En dépit du choix de variétés sensibles à la septoriose, SY MOISSON et RGT VENEZIO, l'essai d'Hirsingue (68) et celui de Montaut-les Créneaux (32) n'ont pas

développé de symptômes de septoriose à un niveau suffisant pour être retenus dans cette synthèse.

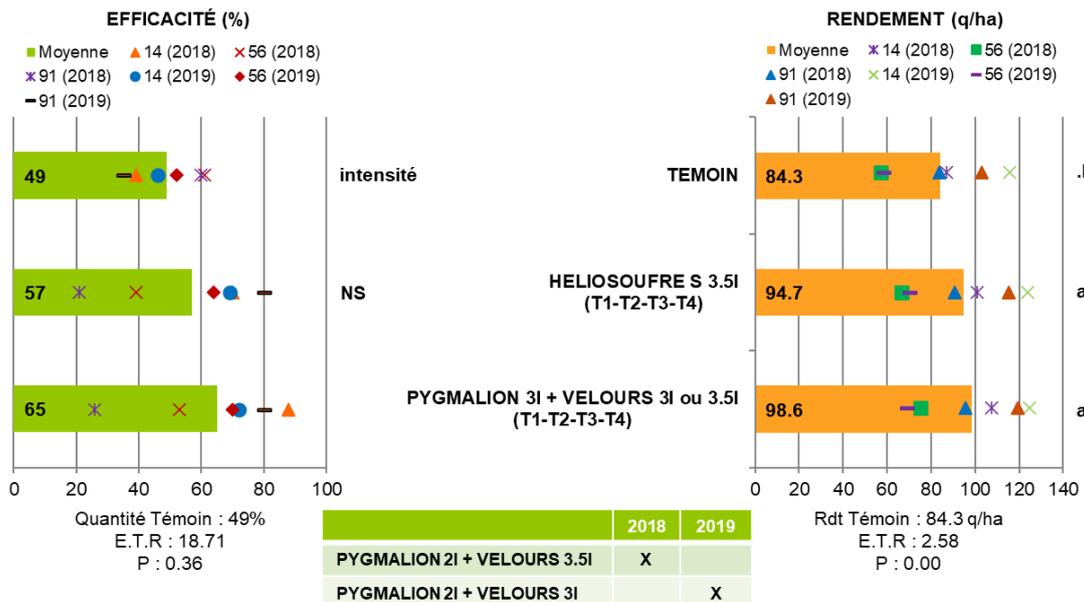
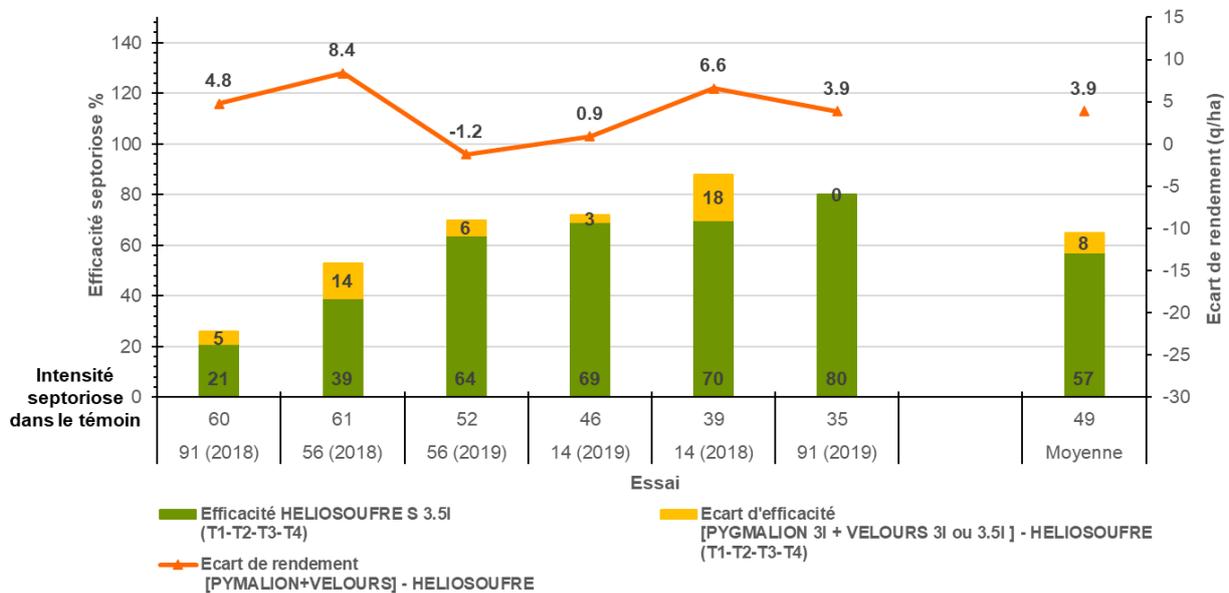
Pour 2022, nous avons retenu deux essais :

- Bergerac (24) sur la variété TENOR, où la septoriose s'est développée avec une intensité de 15% sur le témoin sans protection fongicide et avec une nuisibilité de 11 q/ha.

- Boigneville (91) sur la variété OREGRAIN, où la septoriose s'est développée avec une intensité de 14% sur le témoin et avec une nuisibilité de 11 q/ha également.

Les résultats de l'année ont été consolidés par des analyses pluriannuelles pour les modalités déjà étudiées les années précédentes.

Figure 1 : Efficacité et rendement du soufre seul (HELIOSOUFRE S 3.5 l/ha) et associé au phosphonates de potassium (PYGMALION 3 l/ha + VELOURS 3 l/ha) testés en 4 applications identiques successives à 10 jours d'intervalle du stade BBCH31 au stade BBCH 39 sur 6 essais 2018-2019.
a : Comparaison des efficacités et du rendement [HELIOSOUFRE] vs [PYGMALION + VELOURS] sur les essais individuels.
b : Moyenne des résultats sur le regroupement des essais.

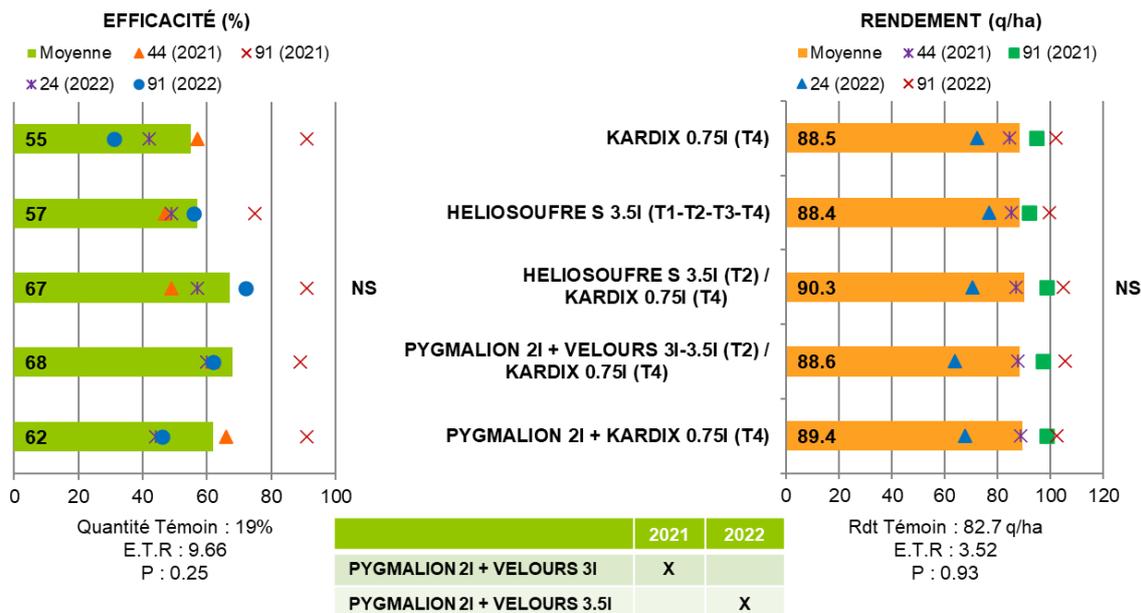


Sur ce regroupement annuel de 6 essais, PYGMALION 3 l/ha (phosphonates de potassium 2265 g/ha) associé au VELOURS appliqué à 3.5 l/ha en 2018 et 3.0 l/ha en 2019 (soufre 2100 et 2450 g/ha), a permis, en quatre applications, une réduction moyenne de 65% des symptômes de septoriose, avec un rendement de 98.6 q/ha. En comparaison, les quatre applications de la formulation HELIOSOUFRE S 3.5 l/ha (soufre 2450 g/ha) a montré 57% d'efficacité et atteint 94.7 q/ha.

L'écart entre ces deux modalités peut être relié à l'activité intrinsèque des phosphonates de potassium via

l'induction des défenses de la plante. Cet écart apparaît variable selon les sites d'essais Figure 1a atteignant jusqu'à 14 et même 18 points d'efficacité supplémentaires dans certains lieux, et plus faibles dans d'autres. Les causes de cette variabilité restent inexpliquées. Les écarts moyens sur les six essais sont de +8 points d'efficacité et de +3.9 q/ha, sans que les analyses statistiques ne permettent de les déclarer significatifs. Les effets bénéfiques sur le rendement pourraient être liés à l'activité de protection des phosphonates mais aussi à leur activité biostimulante connue en horticulture par exemple.

Figure 2 : Efficacité sur les symptômes de septoriose et le rendement des phosphonates de potassium (PYGMALION) et du soufre VELOURS vs HELIOSOUFRE sur le regroupement de 4 essais 2021-2022



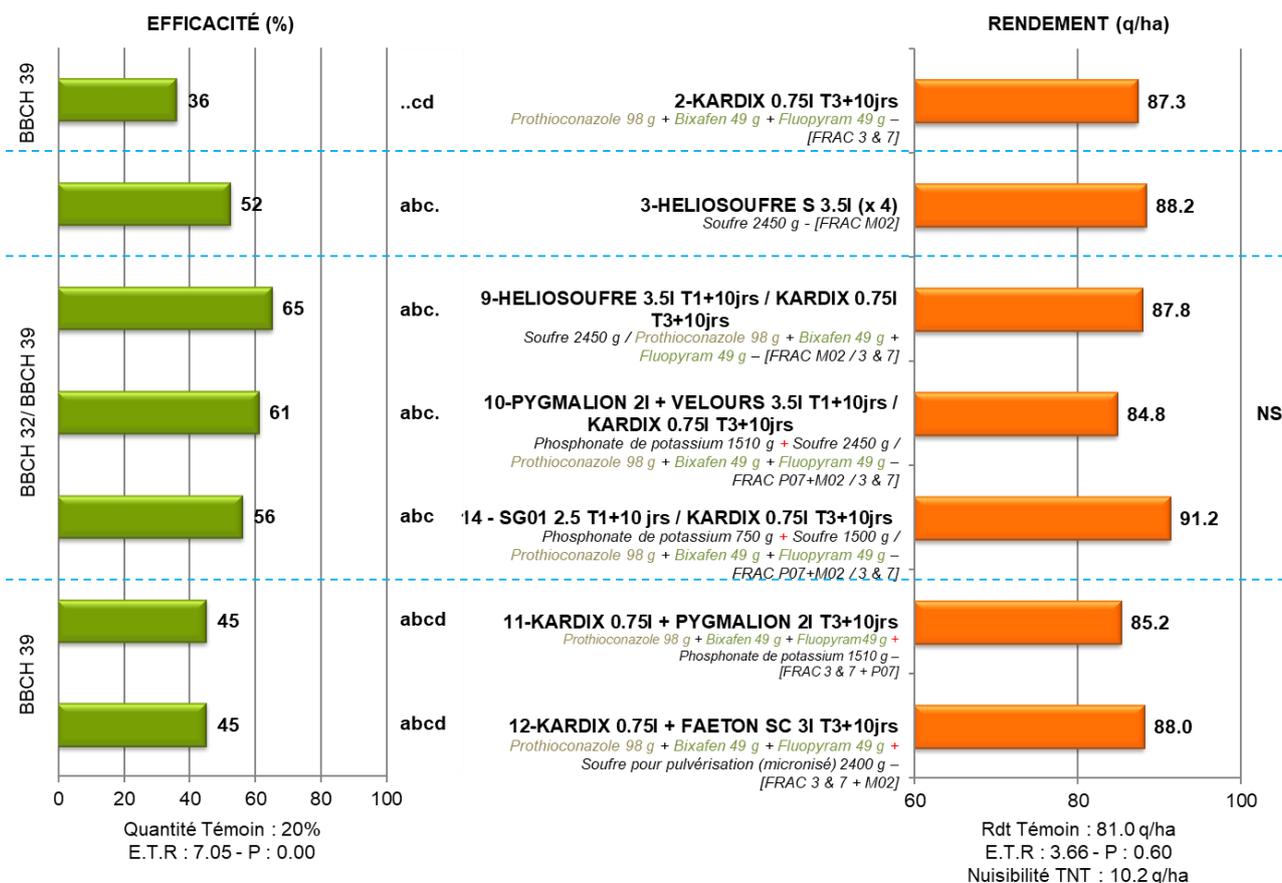
Sur ce regroupement de 4 essais, les quatre applications successives d'HELIOSOUFRE S 3.5l/ha se sont montrées aussi efficaces qu'une application unique de KARDIX 0.75 l/ha au stade BBCH39.

Cette dernière sert de base de comparaison ; son efficacité moyenne sur la septoriose a été de 55%. L'association de PYGMALION 2 l/ha (1510 g/ha de phosphonates de potassium) en tank mix avec le KARDIX 0.75 l/ha au stade BBCH 39 (T2) a obtenu une efficacité de 62% soit +7 points supplémentaires par rapport à la base KARDIX seule. Les analyses statistiques ne

permettent pas de déclarer que ces différences sont significatives.

Une seule application plus précoce, au stade BBCH32 (T1), de PYGMALION 2 l/ha + VELOURS 3.0 l/ha en 2021 et 3.5 l/ha en 2022 a atteint 68% d'efficacité, soit un écart de +13 points que la base KARDIX 0.75 l/ha à BBCH 39 seule. Une efficacité équivalente (68%) a été obtenue avec une application d'HELIOSOUFRE S 3.6 l/ha. Côté rendement, aucune différence significative n'est observée entre les modalités, dans un contexte où le gain de rendement maximum permis par les fongicides est voisin 8 quintaux.

Figure 3 : Efficacité sur la septoriose et rendement de solutions de biocontrôle à base de soufre et de phosphonates de potassium sur le regroupement de deux essais 2022 de Bergerac (21) et Boigneville (91)



La nouvelle association prête à l'emploi de soufre et de phosphonates développée par SYNGENTA, sous le code SG01 a été testée pour la première fois par ARVALIS dans les essais 2022.

L'application unique de KARDIX 0.75 l/ha au stade BBCH 39 sert de base de comparaison ; son efficacité moyenne sur la septoriose a été de 36%.

Au T2, l'association de PYGMALION 2l/ha (1510 g/ha de phosphonates de potassium) en tank mix avec le KARDIX 0.75 l/ha au stade BBCH 39 a obtenu une efficacité de 45% soit +9 points supplémentaires. Un résultat équivalent (45%) a été obtenu avec l'association de FAETON SC 3 l/ha au T2 également (2400 g/ha de soufre).

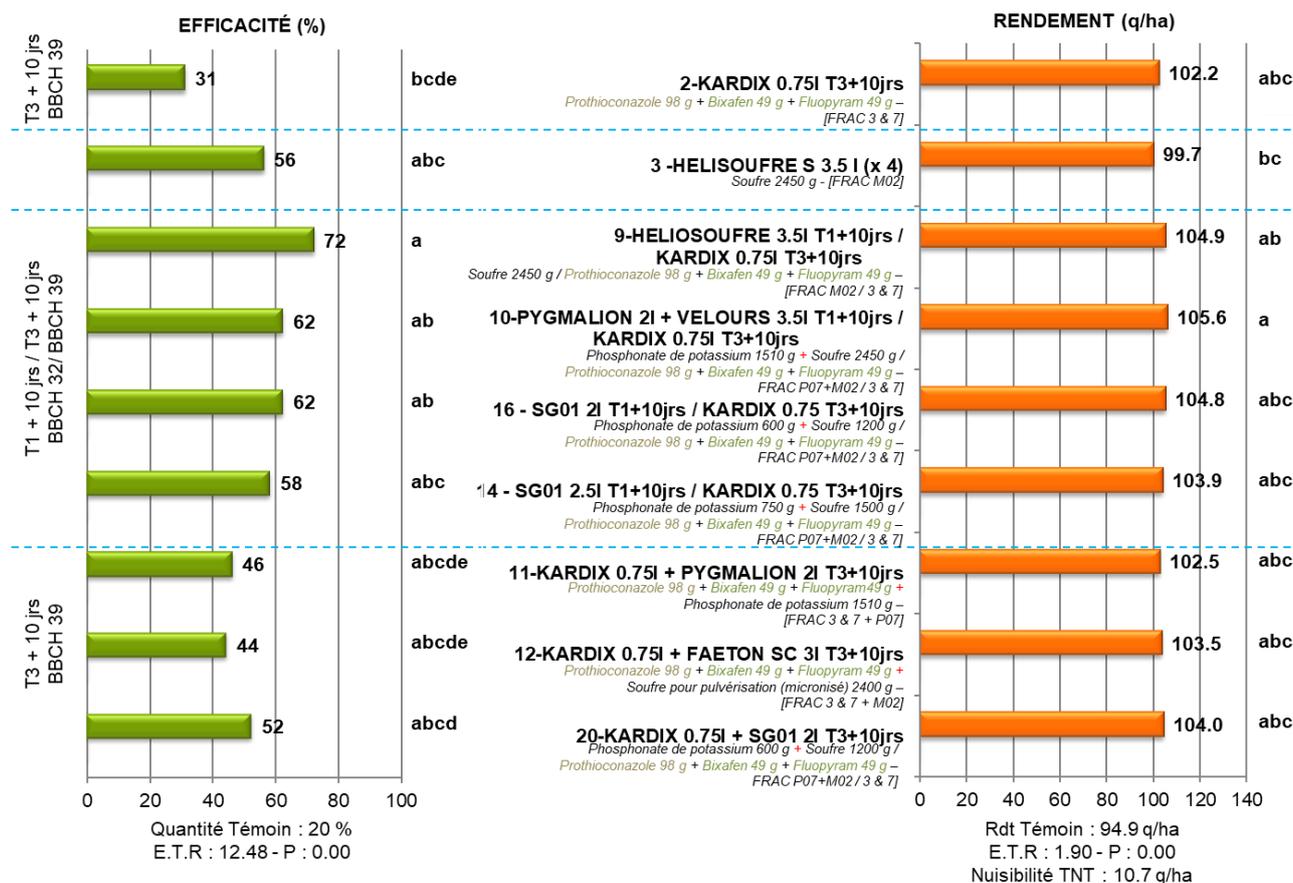
C'est en application plus précoce au T1, dès le stade BBCH32, et suivie de KARDIX 0.75 l/ha, que les deux solutions à base de soufre et de phosphonates ont le

mieux contrôlé la septoriose : 56% d'efficacité avec la formulation prête à l'emploi SG01 2.5 l/ha (1500 g/ha de soufre + 750 de phosphonate), soit 20 points supplémentaires par rapport au KARDIX solo; 61% d'efficacité avec l'association tank mix PYGMALION 2l/ha + VELOURS 3.5 l/ha (2450 g/ha de soufre + 1510 g de phosphonates de potassium) soit + 29 points supplémentaires par rapport au KARDIX seul. Leur efficacité est très proche de celle de 65% obtenue avec HELIOUSOUFRE 3.5 l/ha appliqué dans les mêmes conditions.

Au regard des tests statistiques, on ne peut pas conclure à une différence statistiquement significative d'efficacité entre les solutions présentées, toutes appartiennent au groupe c.

L'analyse statistique sur les rendements ne permet pas davantage déclarer que les écarts observés sont significatifs (p=0.60).

Figure 4 : Efficacité et rendement de modalités supplémentaires d'évaluation de la nouvelle formulation SG01 testées uniquement sur l'essai de Boigneville (91) en 2022.



Une seconde dose de 2.0 l/ha de SG01 a été comparée au stade BBCH 32 avec la dose de 2.5 l/ha. Les efficacités des deux doses sur le contrôle des symptômes de septoriose apparaissent équivalentes dans le contexte

de cet essai : seulement +4 points d'écart en faveur de la plus forte dose. Cet essai n'est pas, à lui seul suffisant pour pouvoir généraliser une conclusion sur la dose efficace.

Essais de comparaisons de solutions conventionnelles et de biocontrôle

En 2022 cinq essais ont été mis en place et suivi selon un protocole de comparaison de solutions fongicides contre la septoriose en T2 aux stades BBCH 39-45 (17 ITF SPMA).

Les deux essais du Subdray (18) et de Bergerac (24) n'ont pu être retenus pour cette synthèse faute de développement de la septoriose sur les variétés SY ADMIRATION et TENOR. Restent 3 essais :

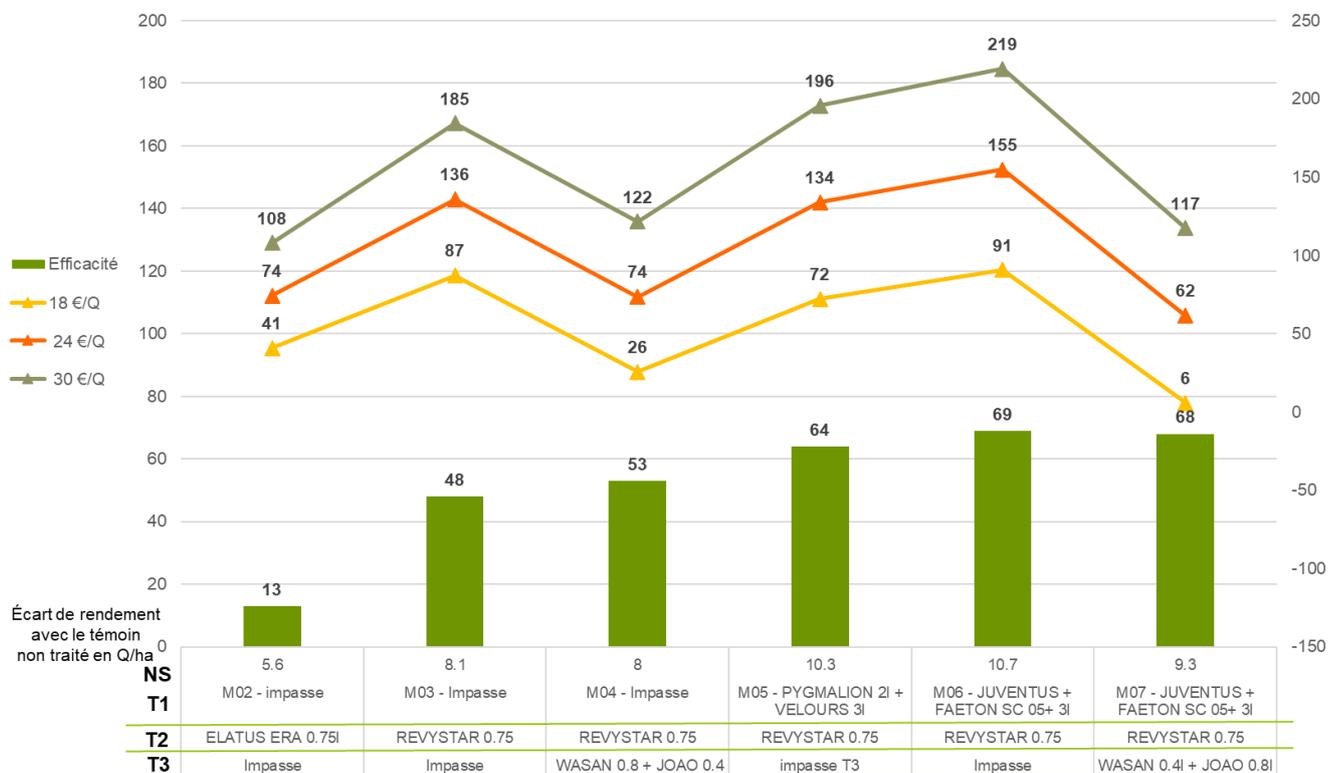
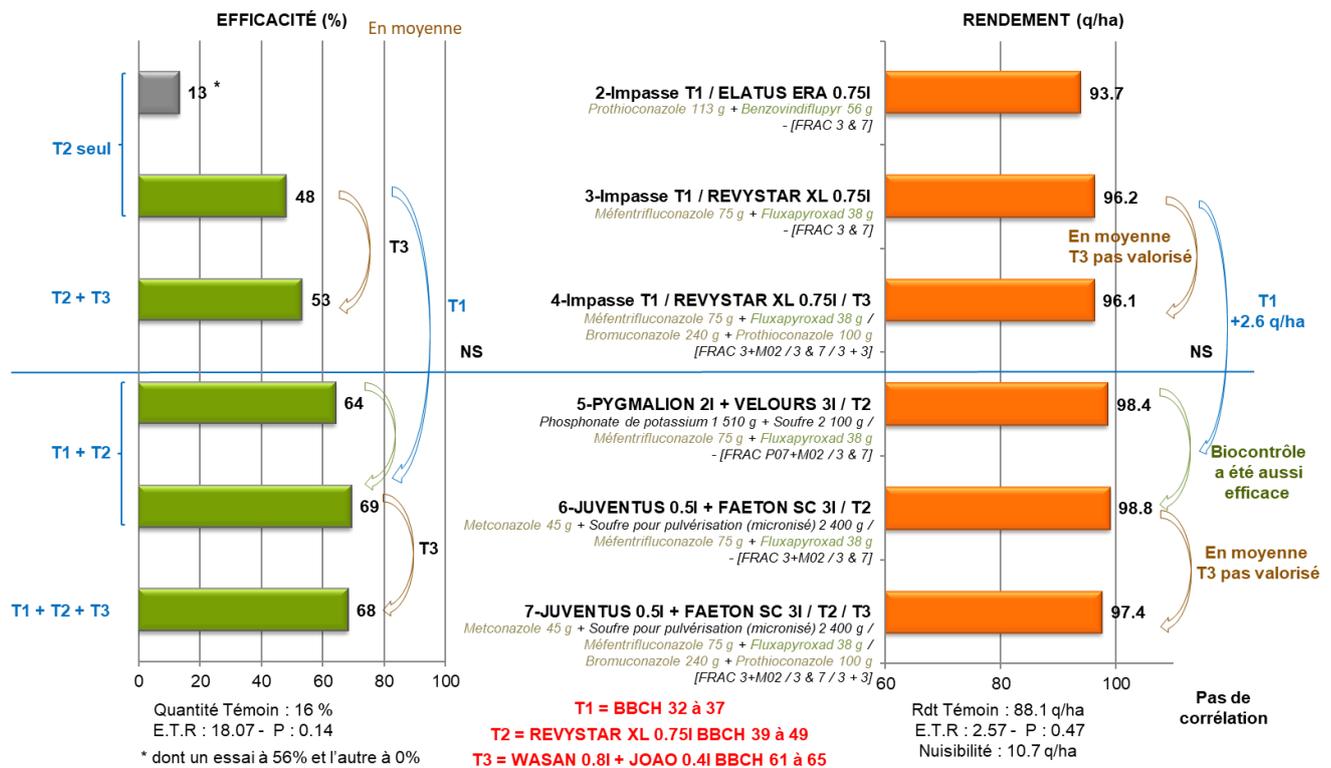
- Soulangy (14) sur RGT SACRAMENTO où une intensité moyenne de 14% de septoriose a été notée sur les

témoins sans protection fongicide. La nuisibilité maladie estimée par l'écart entre le meilleur rendement d'une modalité protégée et le témoin non traité est de 26 q/ha ;

- Ploërmel (56) sur APACHE où l'intensité moyenne de septoriose a été de 17% en l'absence de protection et la nuisibilité de 8 q/ha ;

- Oucques (41) sur RUBISKO où la septoriose a été notée avec une intensité moyenne de 60%. Une verse importante a perturbé le rendement de cet essai. L'écart de la meilleure modalité protégée avec le témoin est de 16 q/ha.

Figure 5 : Comparaisons de solutions conventionnelles et de biocontrôle en T1 sur le regroupement de deux essais 2022 à Soulangy (14) et Ploërmel (56).
a : Efficacités sur la septoriose et rendement
b : Efficacités, écarts de rendement au témoin non protégé et marge brute (€/ha). La marge brute est calculée pour 3 hypothèses de prix du quintal : 18, 24 et 30 €/ha. Outre le coût des fongicides, le coût d'un passage de pulvérisation supplémentaire a été chiffré à 15 €/ha.



Avec une probabilité critique $p=0.14$, l'analyse statistique ne permet pas de confirmer aux seuils usuels, les différences d'efficacité entre modalités.

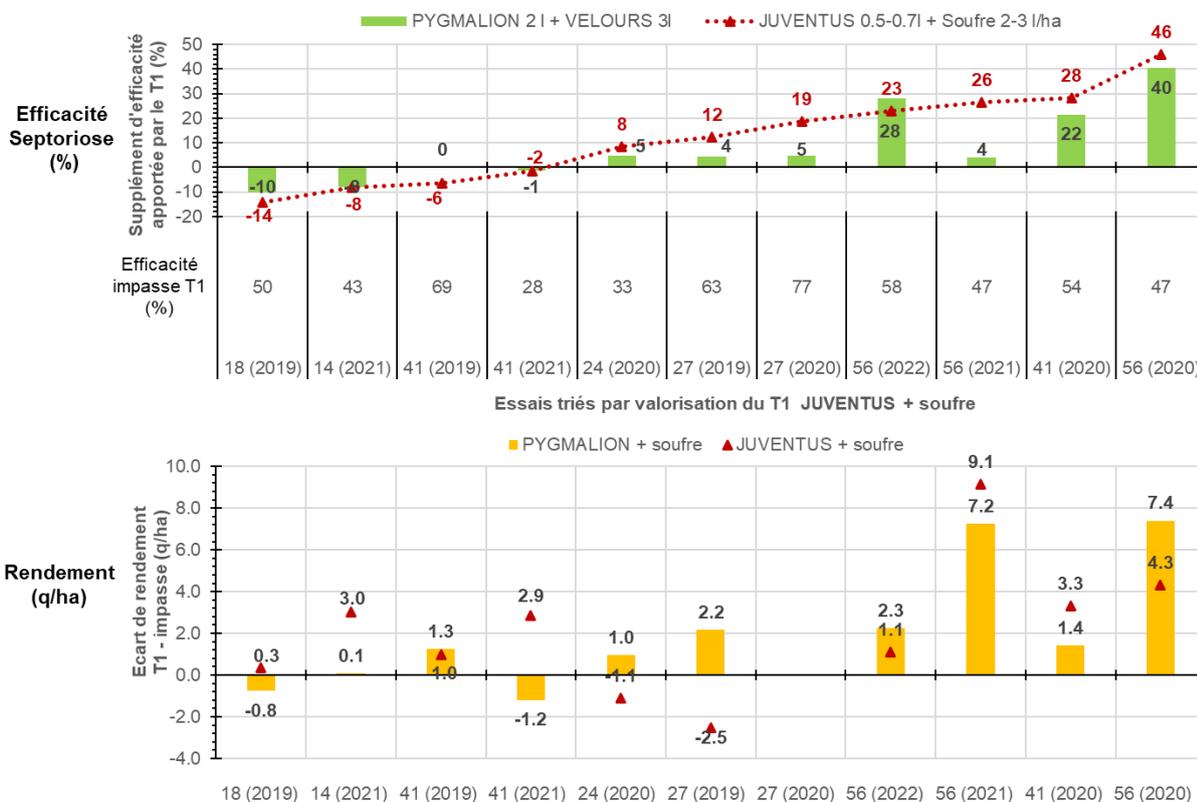
Toutefois, en moyenne sur ces deux situations, la solution mixte JUVENUS S 0.5l/ha + FAETON SC 3 l/ha a permis de faire progresser l'efficacité sur la septoriose à 69% soit + 21 points supplémentaires par rapport à la base REVYSTAR XL 0.75 l/ha en T2 solo à BBCH 39 à 49. Simultanément, l'application de ce T1 s'est accompagnée d'un écart de + 2.6 q/ha.

Le T1 tout biocontrôle PYGMALION 2l/ha + VELOURS 3 l/ha a obtenu des résultats sensiblement équivalents à la solution mixte avec JUVENUS.

Dans ces contextes, le T3 à BBCH 39-49 n'a pas été valorisé, qu'il soit précédé d'une seule application T2 ou de deux applications T1+T2. En l'absence de gain de rendement, le coût de ce T3 a réduit fortement la marge brute.

Avec un prix du quintal de 18€ dans ces contextes d'essais, le retour sur investissement du T1 apparaît en moyenne très limité, les marges avec et sans T1 étant très voisines. Avec un prix du quintal plus élevé, la solution de biocontrôle a permis de sécuriser la marge par ha dans ces situations où le T1 a malgré tout permis de réduire le développement des symptômes de septoriose.

Figure 6 : Effet, d'un T1 PYGMALION 2 l/ha + VELOURS 3 l/ha comparé à un T1 JUVENUS 0.7 l/ha + soufre 3 l/ha en présence d'un T2 identique (ELATUS ERA 0.7-075 l/ha) sur 11 essais 2021-2022.



Les essais de la figure 6 sont présentés par ordre croissant de valorisation en efficacité sur les symptômes de septoriose du T1 JUVENUS 0.7-0.5 l/ha + soufre 2-3 l/ha. Il n'y a pas de valorisation de ce T1 conventionnel de référence dans les essais situés sur la partie gauche du graphique. Dans ces situations, il est donc logique de ne pas constater davantage d'efficacité du T1 à base de phosphonates et de soufre. Par contre pour les essais placés droite du graphique les T1 de référence sont valorisés par une augmentation d'efficacité (triangles rouges reliés par les pointillés). Dans ces conditions un

T1 tout biocontrôle PYGMALION 2 l/ha + VELOURS 3 l/ha permet lui aussi d'améliorer l'efficacité sur la septoriose (barres vertes) par rapport à l'im passe de T1. On note toutefois que son supplément d'efficacité est en retrait de quelques points sur certains essais et d'avantage sur quelques autres. Les causes de cette variabilité de réponses n'ont pas été clairement identifiées pour le moment, elles sont probablement à rechercher dans les conditions d'applications des phosphonates de potassium et du soufre en relation avec la dynamique de développement de la septoriose.

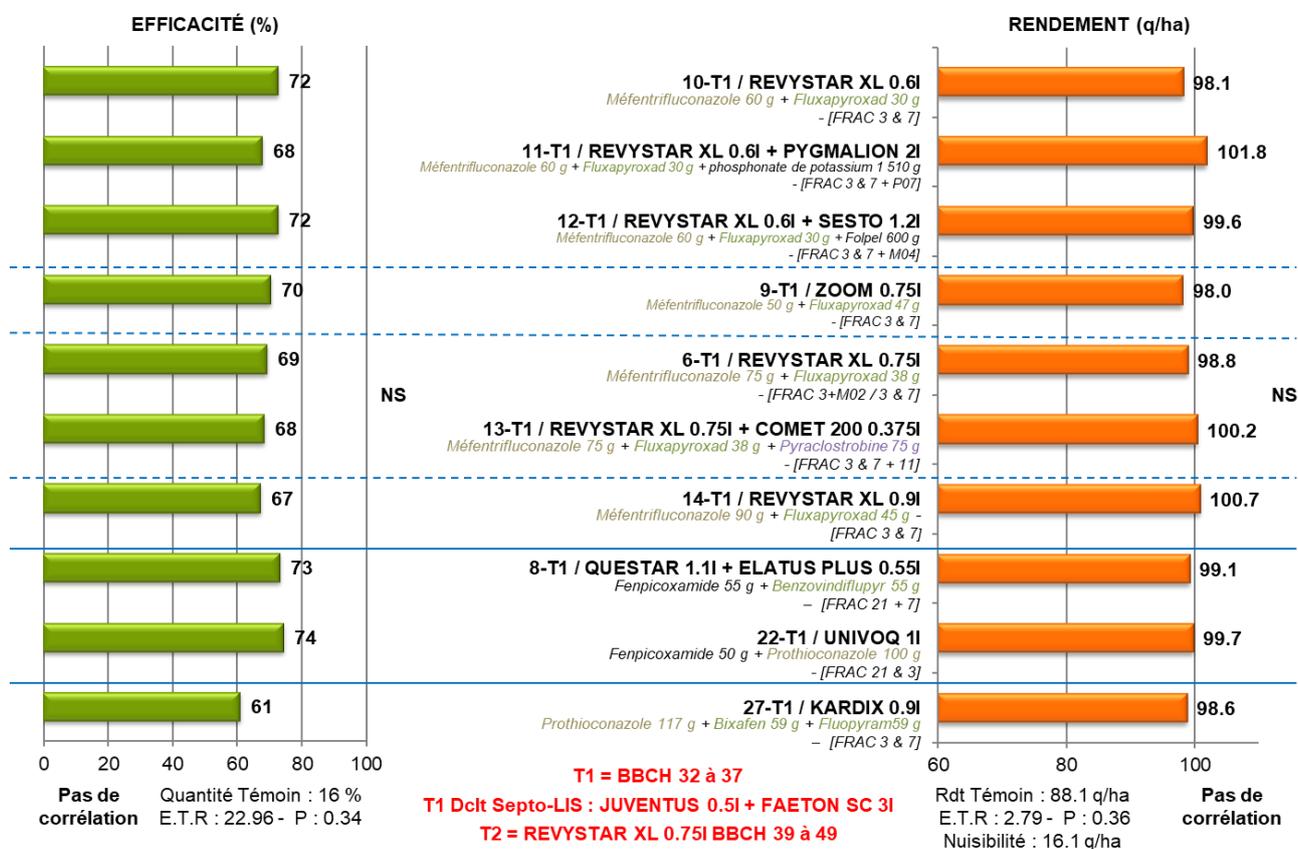
Evaluation de l'association PYGMALION + VELOURS en T2

Le positionnement en T2 de l'association PYGMALION + VELOURS a été étudié dans le protocole consacré aux combinaisons de leviers. Les résultats sont commentés dans le chapitre correspondant ci-après.

RESULTATS DES ESSAIS D'EVALUATION DE SOLUTIONS DE SYNTHÈSE EN T2

Comparaisons de solutions actuellement disponibles contre la septoriose en T2

Figure 7 : Comparaison d'efficacité sur la septoriose et le rendement de produits fongicides actuellement disponibles appliqués en T2 sur le regroupement de deux essais 2022 à Soulangy (14) et Plœrmel (56)

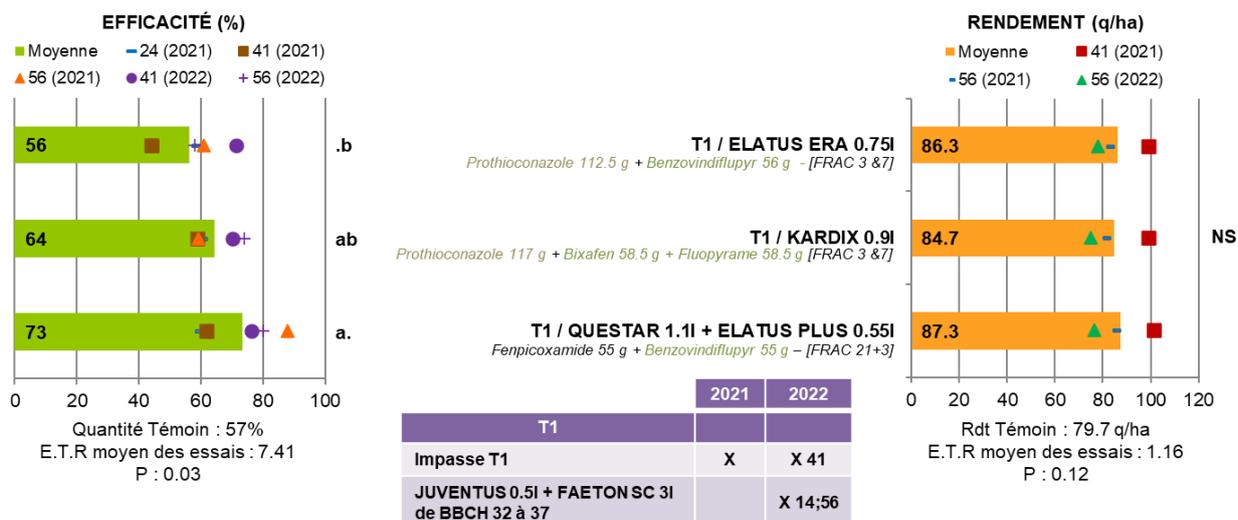


Dans ce regroupement de 2 essais 2022, toutes les solutions comparées ont montré des efficacités très groupées entre 67% à 74%. Aucune différence entre modalité n'est statistiquement significative. Le KARDIX 0.9 l/ha solo apparait quelque peu en retrait sur l'efficacité

et le rendement. Pour autant cela ne signifie pas qu'aucune différence n'existe entre ces modalités. La puissance de 2 essais est sans doute insuffisante pour mettre en évidence de quelconque différence.

Evaluation pluriannuelle de l'association QUESTAR + ELATUS PLUS

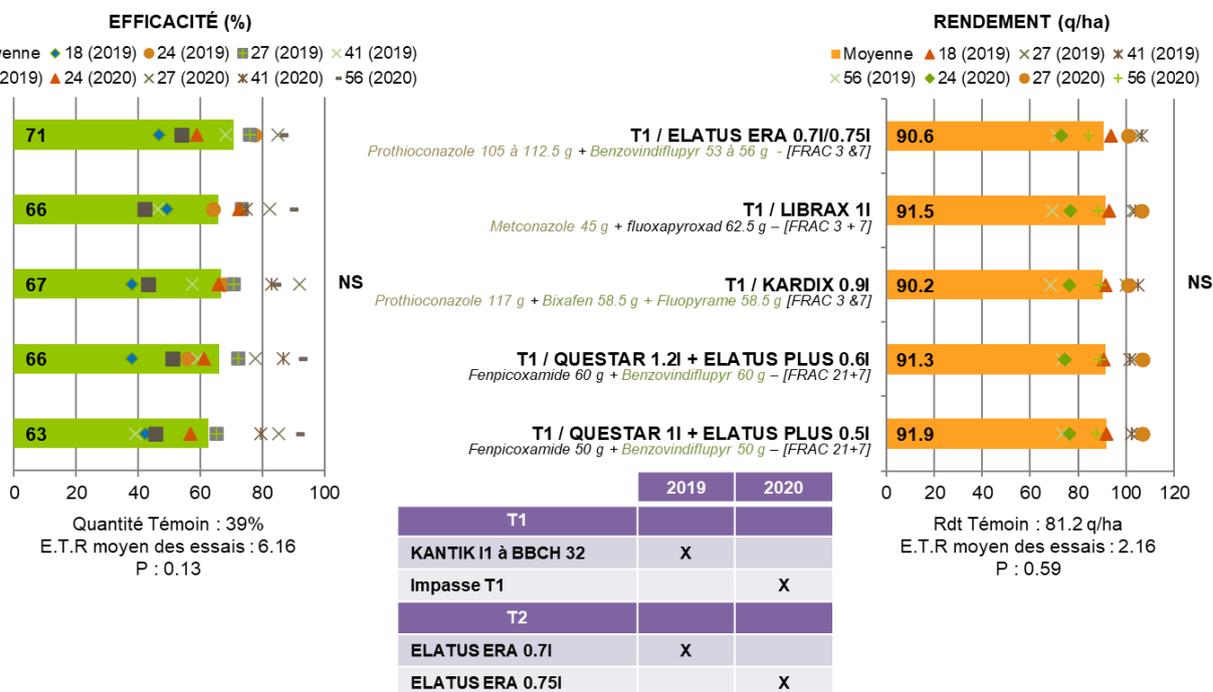
Figure 8 : Efficacité sur la septoriose et rendement de l'association QUESTAR 1.1 l/ha + ELATUS PLUS 0.55 l/ha à et de références fongicides appliquées en T2 sur un regroupement de 5 essais 2021-2022.



Dans ce regroupement d'essais, l'association QUESTAR 1.1 l/ha + ELATUS PLUS 0.55 l/ha a fait preuve d'une efficacité de 73%, significativement supérieure à celle de 56% de l'ELATUS ERA à 0.75l/ha. Le KARDIX à 0.9 l/ha se place en position intermédiaire avec 64% d'efficacité.

Sur le rendement les écarts sont réduits et non significatifs, mais l'association devance encore de peu les références.

Figure 9 : Comparaison de l'efficacité sur la septoriose et du rendement de l'association QUESTAR + ELATUS PLUS à deux doses 1.2 + 0.6 et 1+0.5 l/ha et de références fongicides sur le regroupement de 5 essais 2019-2020

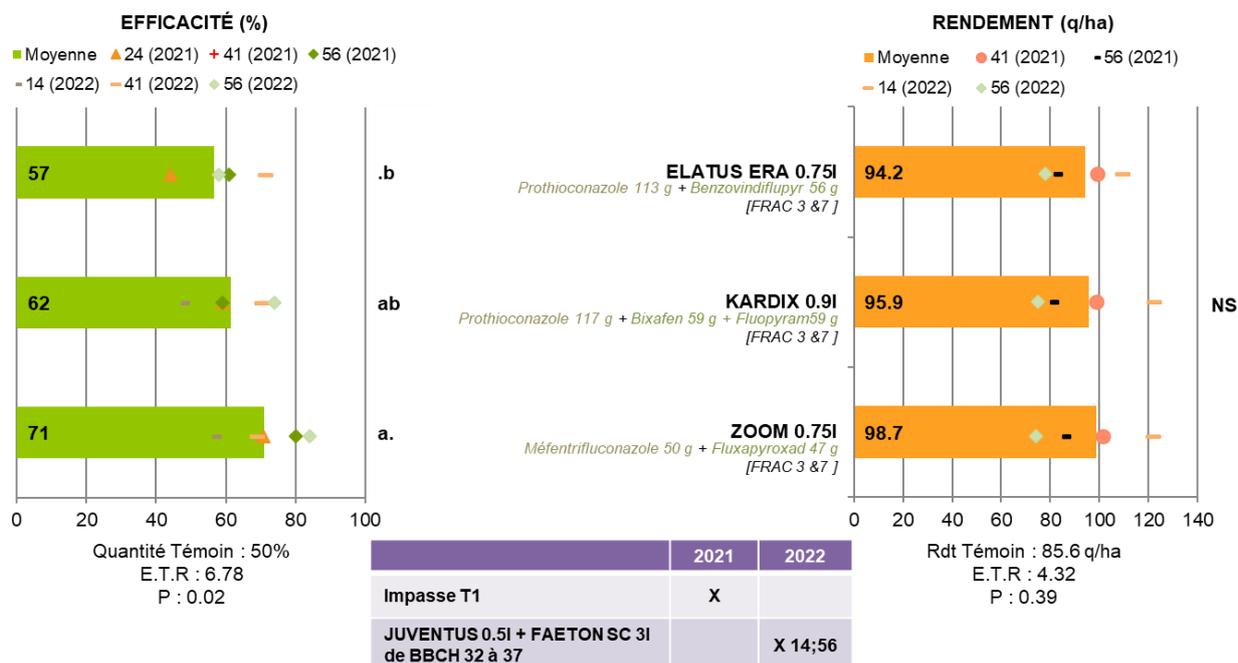


Aux deux doses, l'association QUESTAR + ELATUS PLUS 1.2 + 0.6 et 1 + 0.5 l/ha s'est montrée équivalente aux références LIBRAX 1l/ha, KARDIX 0.9 l/ha et même à quelques points non significatifs ($p=0.13$) en léger retrait

sur l'ELATUS ERA 0.75l/ha. Les différences de rendement ne dépassent pas 1.7 q/ha et restent non significatives.

Evaluation pluriannuelle du ZOOM

Figure 10 : Comparaison de l'efficacité sur la septoriose et du rendement du ZOOM 0.75 l/ha à des références fongicides appliquées en T2 sur un regroupement de 6 essais 2021-2022



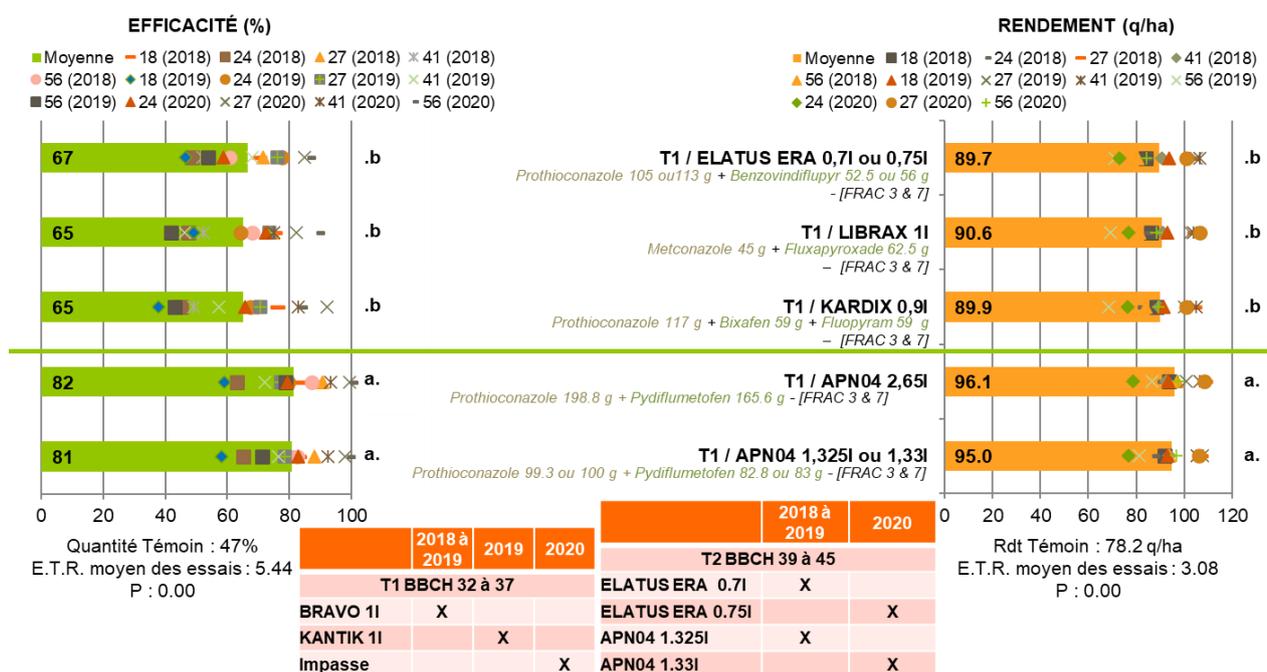
Le ZOOM mis au marché en 2021 est une association de méfentrifluconazole 66.7 g/l et de fluxapyroxad 63.3 g/l.

Sur ce regroupement de six essais, ZOOM à 0.75 l/ha en T2, a montré un bon niveau d'efficacité de 71% (a) sur la septoriose, significativement supérieur de +14 points à celui de 57% (b) obtenu par l'ELATUS ERA à 0.75 l/ha. Avec 62% d'efficacité le KARDIX à 0.9 l/ha s'est placé à un niveau intermédiaire.

Le même classement est conservé sur les rendements, avec un écart de +4.5 q/ha en faveur du ZOOM 0.75 l/ha par rapport à l'ELATUS ERA 0.75 l/ha et de +2.8 par rapport au KARDIX 0.9 l/ha. Le test statistique ne permet pas de déclarer ces différences de rendement significative.

Evaluation pluriannuelle du projet en cours de développement APN04

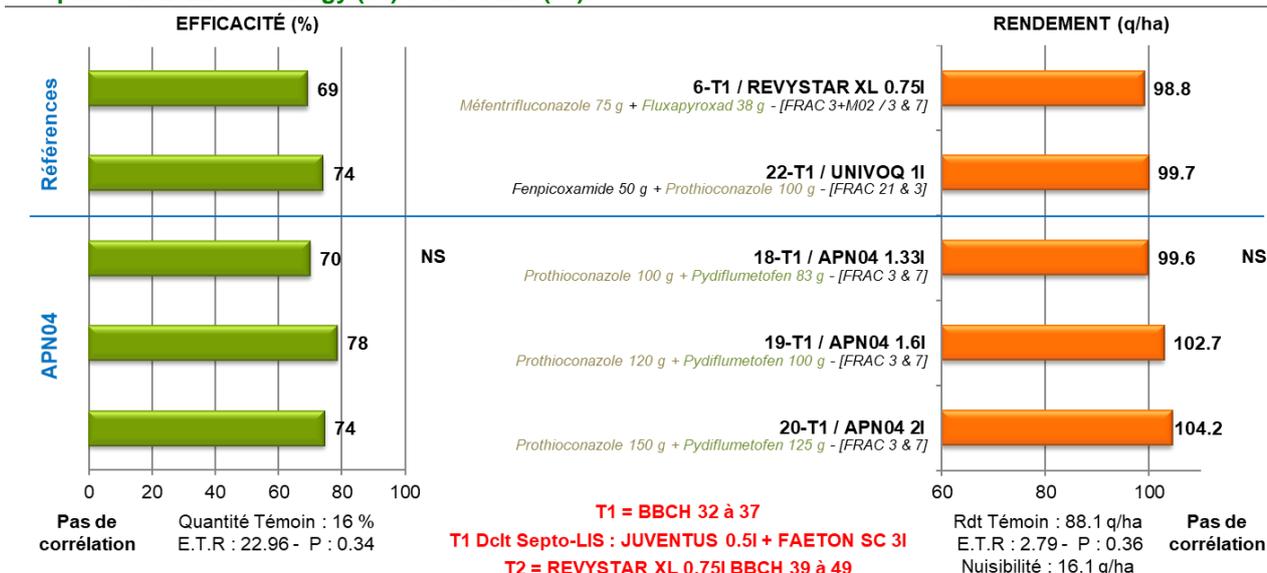
Figure 11 : Comparaison de l'efficacité sur la septoriose et du rendement de l'APN04 testé à deux doses 2.7 l/ha et 1.33 l/ha à des références fongicides appliquées en T2 sur un regroupement de 14 essais 2018-2020.



Sur ce regroupement de 14 essais sur la période 2018-2020, l'APN04 démontre sa bonne aptitude à contrôler le développement de la septoriose aussi bien à la dose de 1.33 l/ha qu'à celle de 2.65 l/ha. Toutes deux ont obtenu des efficacités dépassant 80%, et significativement supérieures d'une quinzaine de points à celles, groupées

entre 65 et 67%, des références LIBRAX 1 l/ha, KARDIX 0.9 l/ha ou encore ELATUS ERA 0.75 l/ha. Cette différence s'est traduite sur les rendements par un avantage de +5 à +6 quintaux (significatif) des deux doses d'APN04 par rapport aux références.

Figure 12 : Comparaison de l'efficacité (%) sur la septoriose et du rendement de l'APN04 testé à deux doses 2.7 l/ha et 1.33 l/ha à des références fongicides appliquées en T2 sur le regroupement de deux essais mis en place en 2022 à Soulangy (14) et Ploërmel (56).



En comparaison à d'autres références fongicides le regroupement de deux essais 2022 vient confirmer les résultats antérieurs : l'APN04 confirme une bonne efficacité sur la septoriose, aux trois doses testées. La matière active pydiflumetofen (ADEPYDIN™) est en

cours d'évaluation au niveau européen. Aucun fongicide contenant cette matière active n'a encore d'autorisation de mise en marché en France : il faudra encore patienter plusieurs mois avant que le produit soit disponible pour une utilisation en culture.

REPERES POUR LA LUTTE CONTRE LA SEPTORIOSE EN 2023

- L'offre de variétés productives et résistantes à la septoriose, et simultanément à d'autres maladies pour certaines, se développe. Ces variétés sont de plus adoptées et cultivées.
- La combinaison de leviers agronomiques vise à placer la culture dans des conditions défavorables aux maladies et à en diminuer la nuisibilité. Dans un contexte économique incertain la mise en œuvre des principes de protection intégrée des cultures, est l'un des moyens à privilégier pour concilier performance économique, et rendement avec économie d'intrants. Des essais spécifiques ont été mis en place par ARVALIS entre 2020-2022, ils sont présentés dans un des chapitres suivants.
- Plusieurs années récentes se succèdent avec de faibles pressions et une faible nuisibilité de la septoriose. Nul ne sait encore si le climat de 2023 sera ou non favorable à la septoriose. Le recours à des variétés résistantes et/ou aux outils d'aide à la décision comme Septo-LIS permet sereinement de tenter l'impasse d'une pulvérisation fongicide en T1 avec la sécurité de pouvoir réagir à temps et selon les parcelles si les modèles agro-climatiques prévoient un risque au-dessus des seuils.
- La possibilité de réaliser fréquemment l'impasse d'une protection contre la septoriose en T1 ne dispense pas de surveiller l'arrivée de la rouille jaune qui peut être très préjudiciable pour le rendement. Il sera nécessaire de rester vigilant, particulièrement sur les variétés très sensibles à la rouille jaune.
- Lorsqu'un T1 s'avère nécessaire sur septoriose les associations de phosphonates et de soufre ont fait preuve de leur efficacité pour contrôler le développement des premiers symptômes de septoriose. La gamme s'élargit : outre l'association PYGMALION + VELOURS (de SANGOSSE) étudiée avec intérêt dans les essais ARVALIS depuis plusieurs années, une nouvelle formulation prête à l'emploi, est annoncée par SYNGENTA qui espère recevoir l'autorisation de mise au marché à temps pour un lancement au printemps 2023. Dans les essais ARVALIS 2022 ces deux propositions de biocontrôle ont obtenu des efficacités très proches. Toutes deux ne sont autorisées que pour un usage contre la septoriose.

Plusieurs fongicides céréales récents, mais déjà disponibles en cultures cette campagne, confirment année après année leur bon niveau de performance sur la septoriose.

- Les deux associations mefentrifluconazole + fluxapyroxade, que ce soit dans l'équilibre du REVYSTAR XL (100 + 50 g/l) ou celui du ZOOM (66.7+63.3 g/l), montrent des résultats équivalents, entre elles, aux doses testées de 0.9 l/ha et 0.75 l/ha.
- La fenpicoxamide a elle aussi confirmé son intérêt dans des associations avec du prothioconazole à 100 g/ha (UNIVOQ prêt à l'emploi testé à 1l/ha) ou du benzovindiflupyr 55g/ha (QUESTAR 1.1 l + ELATUS PLUS 0.55 l/h). En pluriannuel, cette association s'est montrée significativement plus efficace que les références ELATUS ERA 0.75 l/ha (prothioconazole 113 g/ha + benzovindiflupyr) ou KARDIX 0.9 l/ha solo.

D'une façon générale, il est essentiel d'utiliser au mieux la gamme de fongicides disponibles et de prendre toutes les dispositions pour préserver dans la durée leur efficacité. Il y a peu d'innovations de substances actives identifiées, et les délais nécessaires aux procédures d'autorisation de mise au marché et de lancement des formulations sont encore longs pour celles qui sont annoncées

- Le projet APN04 (formulation de pydiflumetofen 62.5 g/l + 75 g/l de prothioconazole) confirme année après année son très bon niveau d'efficacité sur la septoriose, supérieur aux références. Il est conforté sur septoriose par une certaine souplesse vis-à-vis de la dose utilisée. Il ne faut cependant pas s'attendre à pouvoir réaliser les premières pulvérisations sur céréales avant 2025, au mieux.

Rouille brune

RESULTATS DES ESSAIS D'ÉVALUATION PRODUITS 2022

En 2022, c'est principalement dans le sud de la France, que la rouille brune s'est manifestée. Les conditions climatiques du mois de mai ont favorisé de forts niveaux d'attaques sur certaines parcelles et variétés sensibles.

Trois essais ont été mis en place pour évaluer les solutions fongicides récentes ou encore en développement, pour lutter en T2 contre la rouille brune :

- A Puycasquier dans le Gers (32), la rouille brune s'est développée rapidement pour atteindre 72% d'intensité moyenne sur le témoin non protégé. La nuisibilité a été mesurée à 26 q/ha par l'écart entre la modalité protégée qui a obtenu le meilleur rendement et le témoin non traité.
- A Etoile-sur-Rhône (26) l'essai en variété Arezzo a subi à partir de fin mai une attaque de 50% d'intensité

moyenne sur les témoins avec une nuisibilité de 12 quintaux.

- A Labastide-d'Anjou (11), un troisième essai a été mis en place. Trop peu présents sur les premières notations disponibles, les symptômes de rouille ne permettent pas de discriminer les modalités testées. La senescence du feuillage est ensuite survenue rapidement.

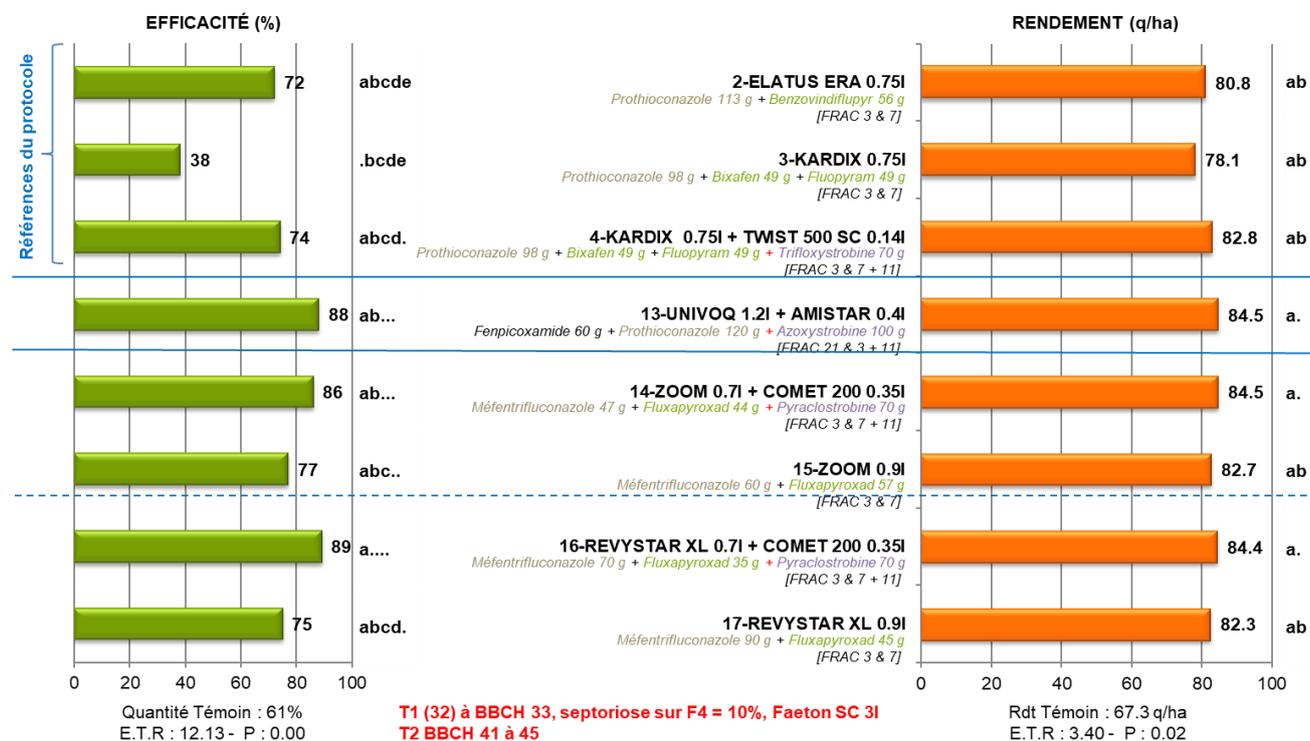
Les traitements comparés en T2 ont été appliqués à BBCH 41-45 avant le développement des symptômes de rouille brune.

Les résultats de l'année ont été obtenus à partir des deux premiers essais et consolidés par une analyse pluriannuelle sur les modalités communes déjà testées les années précédentes.

Produits actuels avec AMM

► Evaluation de l'efficacité de fongicides actuels sur rouille brune sur les essais 2022

■ Figure 1 : Efficacité (%) sur la rouille brune et rendement de solutions fongicides actuelles appliquées en T2 à BBCH 41 à 45 sur le regroupement des essais 2022 d'Etoile-sur-Rhône (26) et de Puycasquier (32).



En moyenne, sur ces deux essais, l'intensité de rouille brune a été de 60%.

KARDIX 0.75 l/ha solo n'a obtenu que 38% d'efficacité. Son association avec TWIST 500 SC 0.14 l/ha (Trifloxystrobine 70 g/ha) a fait progresser l'efficacité à 74%, niveau équivalent à l'autre référence ELATUS ERA 0.75 l/ha (72%).

REYSTAR XL 0.9 l/ha et ZOOM 0.9 l/ha seuls, se sont montrés équivalents entre eux avec respectivement 75% et 77% d'efficacité et au même niveau que les deux références précédentes.

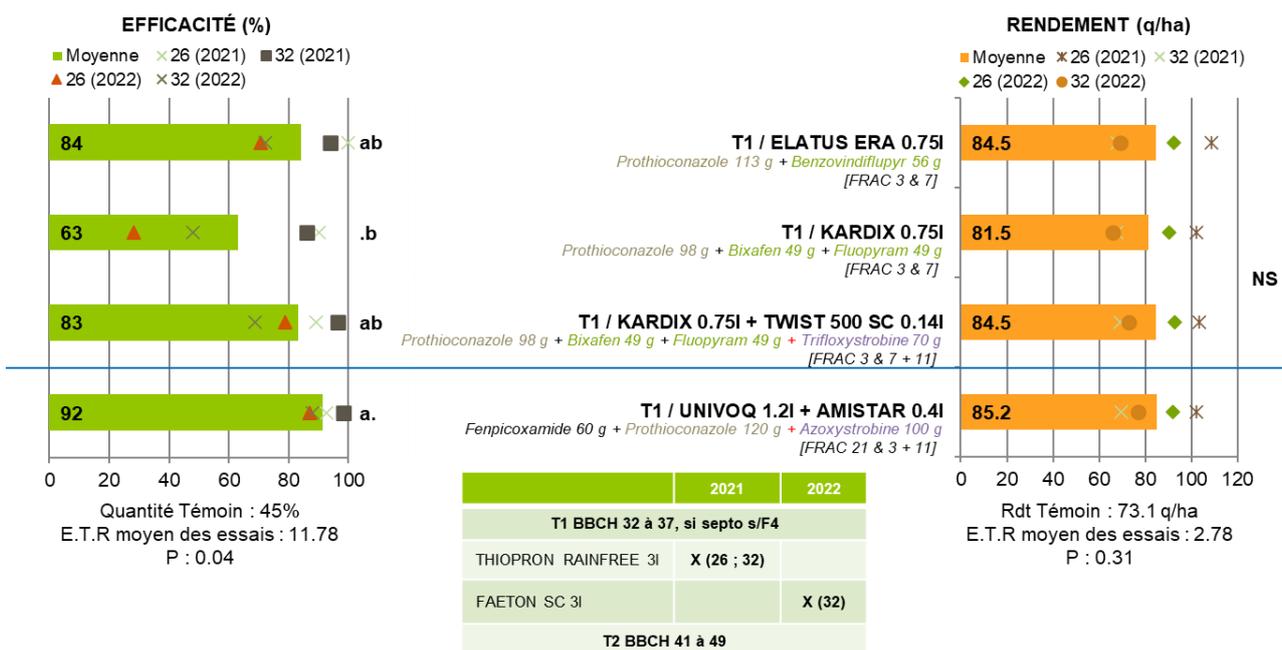
L'association de COMET 200 0.35 l/ha (pyraclostrobine 70g) avec une dose réduite à 0.7 l/ha de ZOOM comme de REYSTAR XL a permis d'atteindre respectivement des efficacités de 86% et 89%.

L'association UNIVOQ 1.2 l/ha + AMISTAR 0.4 l/ha (fenpicoxamide 60 g + prothioconazole 120 g + azoxystrobine 100 g) est arrivée elle aussi au même niveau avec 88% d'efficacité.

Les rendements se situent dans un intervalle de 78.1 à 84.4 q/ha, la statistique ne permet pas déclarer les écarts significatifs entre les modalités présentées ici car tous appartiennent au même groupe « a » ou « ab ».

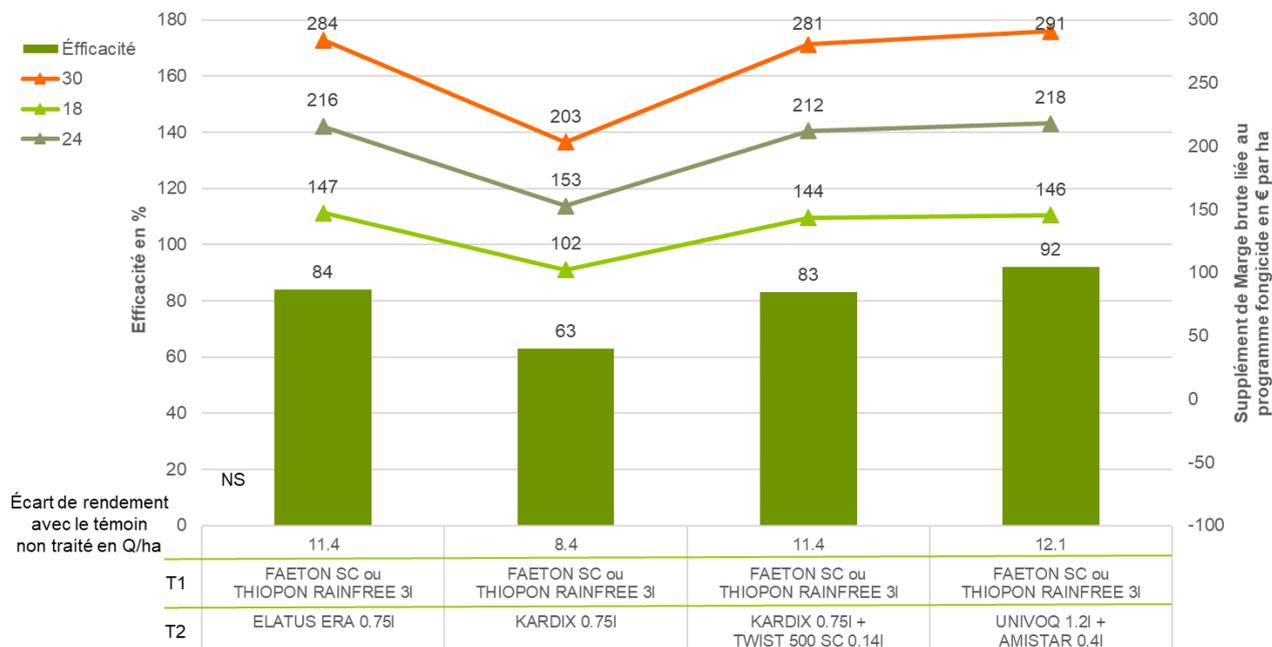
► Evaluation pluriannuelle de l'efficacité de l'association UNIVOQ + AMISTAR sur la rouille brune

Figure 2 : Efficacité (%) sur la rouille brune et rendement de l'association UNIVOQ 1.2 l/ha + AMISTRA 0.4 l/ha comparée à des fongicides de référence sur le regroupement de 4 essais sur la période 2021-2022.



Dans ce regroupement pluriannuel l'association UNIVOQ 1.2 l/ha + AMISTAR 0.4 l/ha a montré une très bonne efficacité (92 %) sur la rouille brune. Celle-ci apparaît significativement supérieure au KARDIX 0.75 l/ha et se place devant ELATUS ERA 0.75 l/ha et KARDIX 0.75 l/ha

+ TWIST SC 500 0.14 l/ha, sans que l'analyse statistique ne permette de déclarer significatifs les écarts avec ces deux dernières références. Les rendements vont dans le même sens, mais les différences sont non significatives.

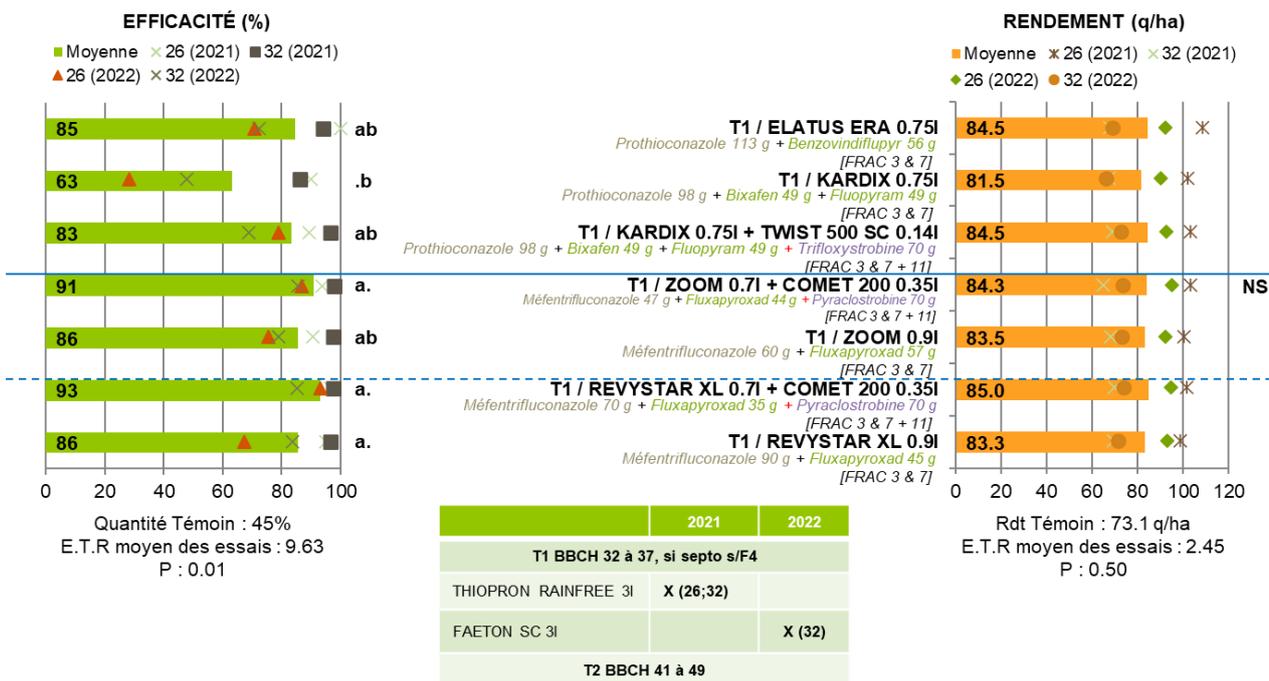


Les marges brutes des trois solutions sont très voisines pour une hypothèse de prix de 18 € du quintal de blé. Les écarts s'accroissent en relation avec les gains de rendement mesurés pour les hypothèses de prix

supérieures 24€/ha et 30€/ha. Avec le gain de rendement mesuré inférieur KARDIX 0.75 l/ha obtient la marge la plus basse.

► Evaluation pluriannuelle de l'efficacité du ZOOM et du REVYSTAR XL sur la rouille brune

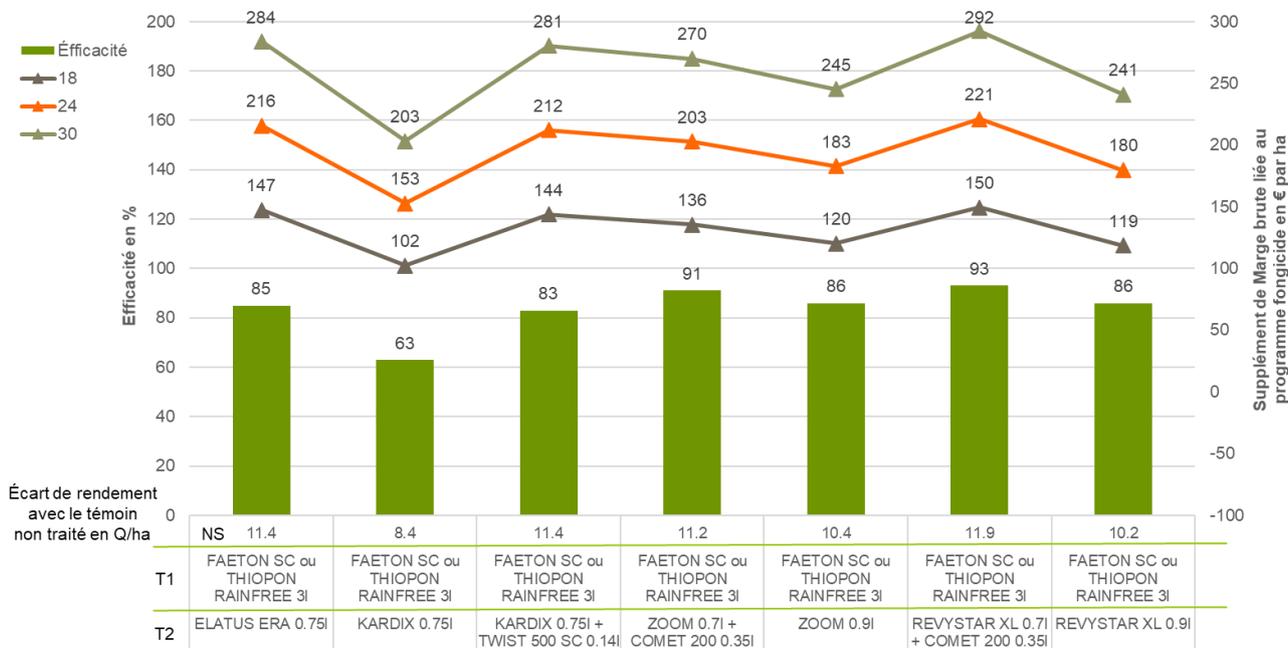
Figure 3 : Efficacité (%) sur la rouille brune et rendement (q/ha) du ZOOM et du REVYSTAR XL comparés à des fongicides de référence sur le regroupement de 4 essais 2021-2022.



Le regroupement des essais 2021 avec ceux de 2022 consolide la même conclusion : ZOOM 0.9 l/ha et REVYSTAR XL 0.9 l/ha ont montré sur la rouille brune une efficacité supérieure au KARDIX 0.75 l/ha solo et équivalente aux deux autres références.

Pour ces deux fongicides l'efficacité sur la rouille brune a progressé de + 5 et + 7 points lorsqu'ils ont été associés avec les 70 g/ha de pyraclostrobine du partenaire COMET 200 SC 0.35 l/ha, eux-mêmes étant appliqués à une dose réduite de 0.7 l/ha.

Les rendements ne sont pas significativement différents.



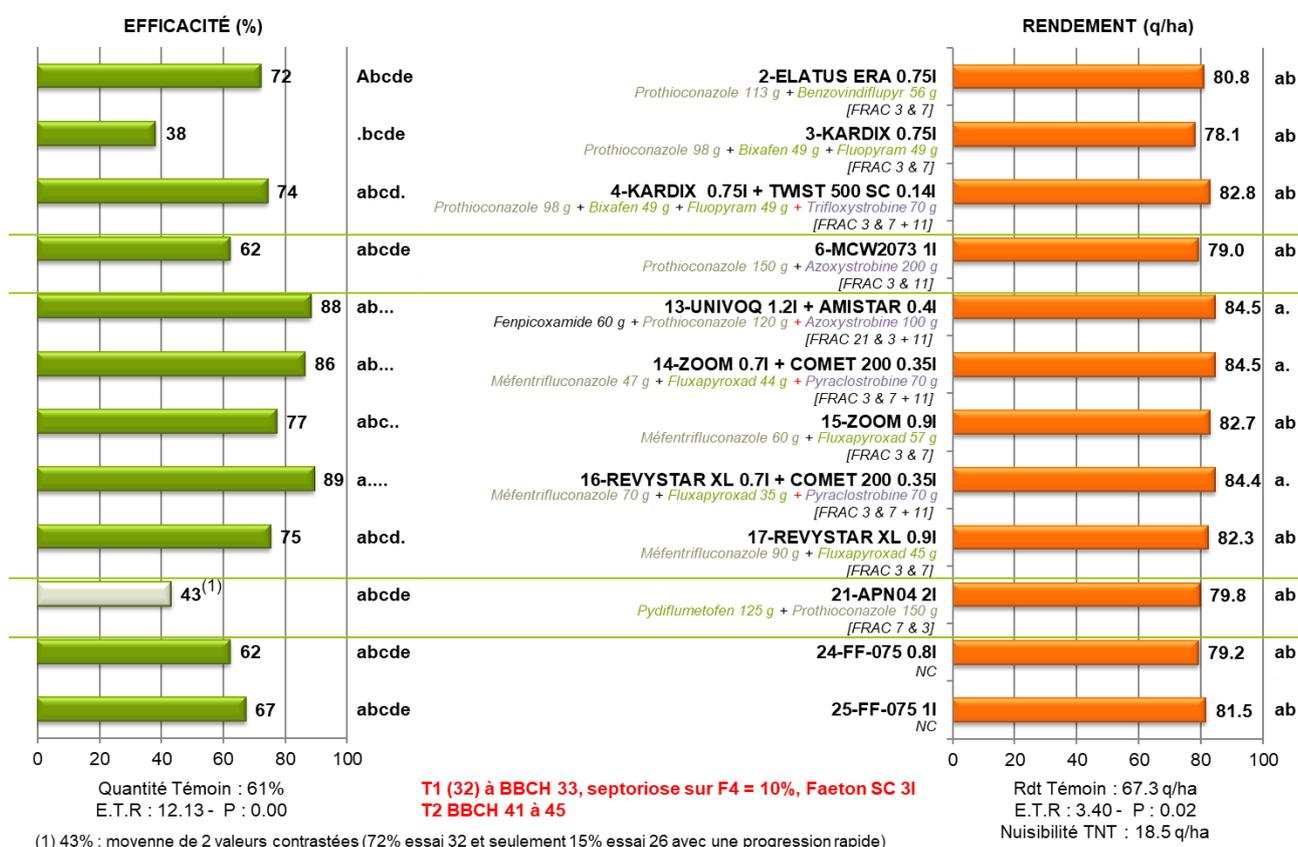
Suivant les écarts de rendements mesurés, les marges brutes obtenues avec les associations ZOOM 0.7 l/ha + COMET 200 0.35 l/ha et REVYSTAR XL 0.7 l/ha + COMET 200 0.35 l/ha sont un peu plus élevées que celle

de ces mêmes fongicides appliqués seuls. L'addition de COMET 200 0.35 l/ha apparaît donc comme une opération rentable dans les conditions de ces essais.

Produits en cours de développement

► Essais 2022

Figure 4 : Efficacité (%) sur la rouille brune et rendement de solutions fongicides en développement comparées à des références sur le regroupement de deux essais mis en place à Etoile-sur-Rhône (26) et Puycasquier (32) en 2022.



Sont présentées ici des modalités de produits en développement sur le même regroupement d'essais que celui de la Figure 1 ci-dessus avec les solutions disponibles : ces résultats se complètent et peuvent être comparés.

Les analyses statistiques ne permettent pas de confirmer que les différences d'efficacité ou de rendement sont significatives : le groupe a étant commun à toutes les modalités présentées ici, tant dans l'analyse des efficacités que celle des rendements.

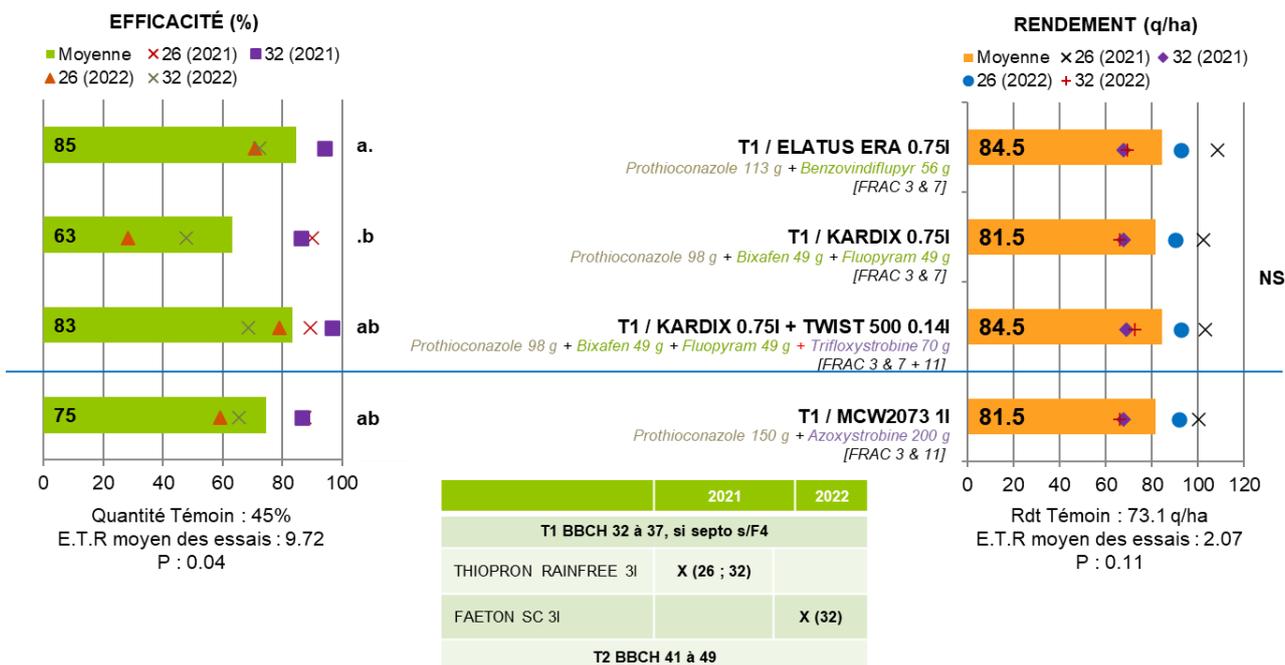
La modalité MCW2073 1 l/ha (ADAMA) ayant reçu 150 g de prothioconazole +200 g d'azoxystrobine a obtenu une efficacité de 62%. Elle se place en retrait par rapport aux références ELATUS ERA 0.75l/ha et KARDIX 0.75 l/ha + TWIST 500 SC 0.14 l/ha. Le fongicide FF-075 (ALBAUGH), testé pour la première année dans nos

essais, s'est positionné à un niveau très proche avec 67% d'efficacité à la dose de 1l/ha et 62% à la dose de 0.8 l/ha. Sa composition ne peut être encore communiquée.

La moyenne d'efficacité de l'APN04 a 2l/ha est à considérer avec précautions, elle reflète deux valeurs très contrastées. L'efficacité rouille brune notée sur l'essai de Puycasquier (32) est de 72% ce qui le place à équivalence sur cet essai avec les références ELATUS ERA 0.75 l/ha et KARDIX 0.75 l/ha + TWIST SC 500 0.14 l/ha. Il a cependant été noté avec une efficacité faible avec beaucoup de symptômes de rouille sur l'essai d'Etoile sur Rhône (26). Ce dernier résultat dénote fortement avec les essais accumulés les années précédentes (cf. ci-dessous) et n'a pas pu être expliqué, il doit pour le moins être considéré comme suspect tant qu'il ne se reproduit pas sur de nouveaux essais !

► Evaluation pluriannuelle de l'efficacité sur la rouille brune du projet fongicide MCW2073 (ADAMA)

Figure 5 : Efficacité (%) sur la rouille brune et rendement du fongicide en développement MCW2073 comparé à des références sur un regroupement de 4 essais sur la période 2021-2022.



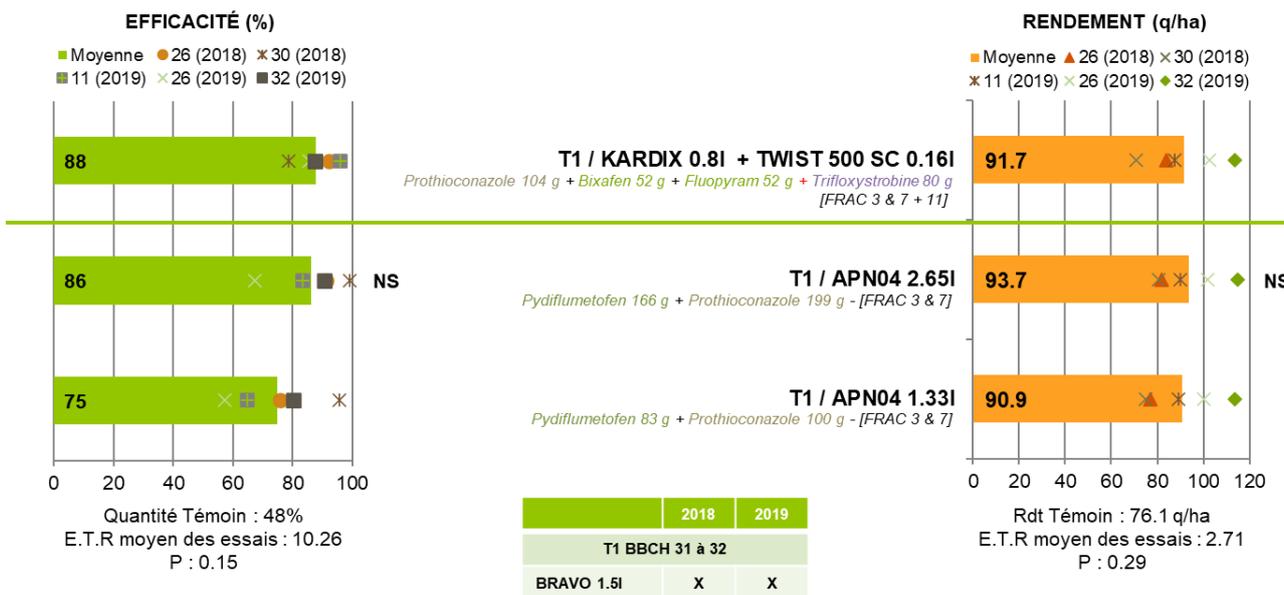
Le projet fongicide d'ADAMA codé MCW2073 testé à 1l/ha associé à 150 g/ha de prothioconazole + 200 g/ha d'azoxystrobine. Dans ce regroupement de 4 essais, il a obtenu un niveau d'efficacité tout à fait correct sur la rouille brune (75%), intermédiaire entre KARDIX 075 (63%) l/ha et ELATUS ERA 0.75 l/ha (85%). Il est apparu en retrait à quelques -8 points d'efficacité derrière KARDIX 0.75l/ha + TWIST 500 SC 0.14 l/ha, sans que la

statistique ne permette de les déclarer significativement différents.

L'analyse statistique ne permet de déclarer significatifs les écarts de rendement, toutefois on notera que la probabilité critique de $p=0.11$, est supérieure aux seuils usuels sans en être très éloignée. MCW2073 a obtenu le même rendement que KARDIX de 3 quintaux inférieur aux deux autres références.

► Evaluation pluriannuelle de l'efficacité sur la rouille brune de l'APN04 (SYNGENTA)

Figure 6 : Efficacité (%) sur la rouille brune et le rendement de l'APN04 testé à 2 doses 2.65 /ha et 1.33 l/ha sur un regroupement de 5 essais réalisés en 2018 et 2019



Cinq essais réalisés par ARVALIS ces dernières années permettent de consolider la comparaison en 2022 de l'APN04 avec la même référence KARDIX 0.8 l/ha + TWIST SC 500 0.16l/ha qu'en 2022 dans un contexte d'intensité moyenne en rouille brune de 86%. L'APN04, à la dose de 2.65 l/ha s'y est montré aussi efficace que la référence et a obtenu un rendement très proche si ce n'est légèrement supérieur à + 2 q/ha (NS) près. Une demi-dose de 1.33 l/ha a simultanément été testée dans

les mêmes essais. Les analyses statistiques ne permettent pas de déclarer significatifs les écarts avec la dose pleine : toutefois on constate que l'efficacité a été notée en retrait de -11 points par rapport à la dose pleine avec un rendement inférieur - 2.8 q/ha.

Ce résultat confirme une très bonne efficacité de l'APN04 sur la rouille brune. Il montre aussi qu'une réduction de dose (50% ici) est susceptible d'en réduire l'efficacité.

REPERES POUR LA LUTTE CONTRE LA ROUILLE BRUNE EN 2023

- Sur certains essais 2022, la rouille brune a fait preuve de sa capacité de développement rapide des symptômes dès qu'elle rencontre des conditions climatiques qui lui sont favorables. Sur l'essai présentant la plus forte intensité de symptômes de rouille brune, la nuisibilité a atteint 26 q/ha.
- L'ELATUS ERA 0.75 l/ha associant un SDHI (benzovindiflupyr 56 g/ha) et une triazole (prothioconazole 113 g/ha) constitue l'une des références de comparaison dans la lutte sur la rouille brune.
- C'est le complément de 70 g de trifloxystrobine (TWIST 500 SC 0.14 l/ha) qui permet de faire progresser l'efficacité du KARDIX 0.75 l/ha (prothioconazole 98 g/ha + bixafen 46 g + fluopyram 49 g/ha) à un niveau comparable à celui un ELATUS ERA 0.75 l/ha.
- REVYSTAR XL 0.9 l/ha et ZOOM 0.9 l/ha (mefentrifluconazole + fluxapyroxade) ont confirmé sur les essais une efficacité sur la rouille brune équivalente aux références ELATUS ERA 0.75 l/ha ou KARDIX 0.75 l/ha + TWIST 500 SVC 0.14 l/ha.
Leur association avec COMET 200 SV (70 g/ha de pyraclostrobine), a permis de faire progresser d'un cran supplémentaire l'efficacité du ZOOM comme celle du REVYSTAR XL malgré leurs doses réduites 0.7 l/ha pour atteindre des efficacités dépassant les 86%.
- L'association AMISTAR 0.4 l/ha (azoxystrobine 100 g/ha) + UNIVOQ 1.2l/ha (fenpicoxamide 60 g/ha + prothioconazole 120 g/ha) confirme elle aussi sa bonne efficacité sur la rouille brune.
- Ces constats successifs confirment l'intérêt d'associer des strobilurines à d'autres modes d'actions comme les triazoles ou les SDHI pour lutter efficacement contre la rouille brune.
- Dans l'état actuel des connaissances, ni la rouille brune, ni la rouille jaune, ni la rouille naine ne sont concernées par des phénomènes de résistance en pratique vis-à-vis des Qol ou des triazoles ou des SDHI.

Et concernant les produits en développement :

- L'APN04 (Pydiflumetofen 166g/ha + prothioconazole) à 2.65 l/ha peut rivaliser vis-à-vis de de la rouille brune avec les meilleures références disponibles. Toutefois il ne faudra probablement pas aller trop loin en réduction de dose qui paraît susceptible de réduire son efficacité en présence de fortes attaques.
- Les deux autres projets MCW2073 1l/ha (associant 200g/ha d'azoxystrobine + 150 g/ha prothioconazole) et FF-075 1 l/ha dont la composition est encore confidentielle, semblent d'un niveau assez comparable et un cran en en dessous de KARDIX 0.75l/ha + TWISTSC 0.14 l/ha.

Les fusarioses

Fusarium graminearum spp.

Comme chaque année, les essais réalisés visent à évaluer les solutions en cours de développement sur les cibles *Fusarium graminearum* et *Microdochium nivale* et *majus* et à les comparer aux solutions déjà disponibles. La plupart d'entre elles correspondent à des associations avec triazoles, préparant l'après « tébuconazole ». Rappelons qu'en 2023, l'utilisation du tébuconazole reste possible, mais que son avenir est incertain en 2024. Cette molécule « historique » (et tous les produits qui la contiennent) pourrait donc terminer sa carrière sur blé en 2023.

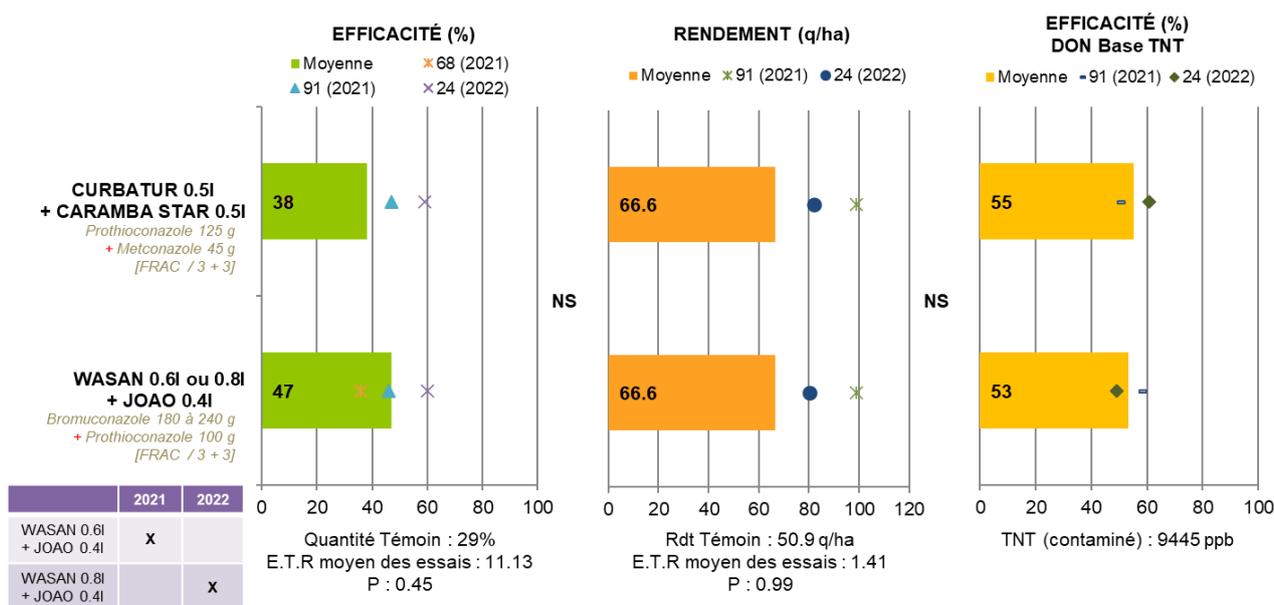
Le contexte de la fin du printemps a été particulièrement sec cette année et le risque de développement de

fusarioses sur épi parmi les plus faibles qui soient. Le taux de traitement fongicide au stade épiaison-floraison a par conséquent baissé. Il reste cependant élevé, de l'ordre de 6 hectares sur 10 dans un contexte qui présentait très peu de risque « maladies ».

Résultats

Sur les 5 essais mis en place, trois sur blé tendre et deux sur blé dur, ciblant respectivement *F. graminearum* et *Microdochium* spp., seul un essai a conduit à des résultats utilisables : Bergerac (24), sur la variété RGT CESARIO. Les résultats sont agrégés à ceux de 2021 et présentés en figure 1 et 2.

Figure 1 : Efficacité, rendement, et teneur en DON obtenus après application de deux solutions fongicides en mélange : à base de prothioconazole pour lutter contre *Fusarium* spp. sur épi. (3 essais 2021-2022)

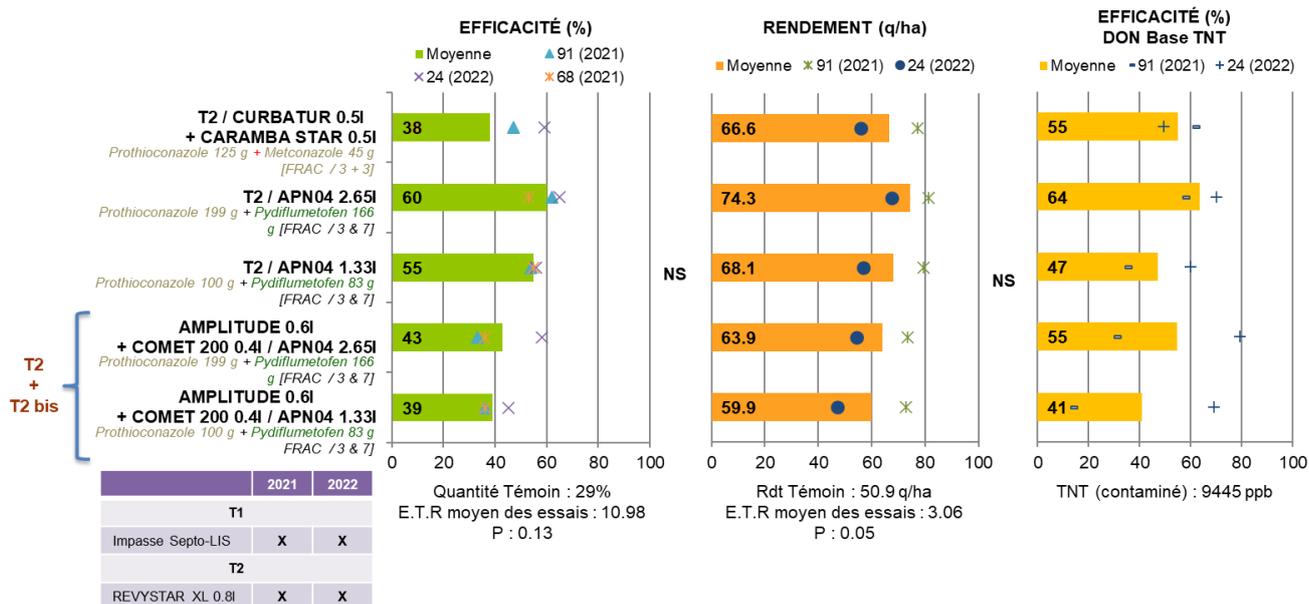


Les associations de triazole fournissent, sans surprise, une alternative à la référence historique PROSARO

Les deux solutions en mélange extemporané, CURBATUR+CARAMBA STAR et WASAN + JOAO appelées à participer à terme au remplacement de la référence PROSARO, présentent des efficacités modestes et peu différentes entre elles. Les rendements sont en moyenne identiques pour les deux mélanges et permettent toutefois des augmentations de rendement très conséquentes : environ 16 q/ha. Soulignant ainsi la

très forte nuisibilité de la maladie dans un contexte de contamination artificielle avec apport d'eau. Les réductions de teneur en DON après traitement avec chacune des modalités sont voisines entre elles et ne permettent pas en moyenne de revenir à une teneur moyenne inférieure au seuil réglementaire de 1250 ppb. L'efficacité est toutefois d'un très bon niveau et dépassent les efficacités visuelles.

Figure 2 : Efficacité, rendement et teneur en DON obtenus après application du projet APN04 de SYNGNETA pour lutter contre la fusariose de l'épi : effet dose et positionnement (BBCH51-55 vs BBCH61) : 3 essais de 2021 et 2022.



Positionné à la floraison, APN04 devrait permettre un gain substantiel d'efficacité pour lutter contre la fusariose de l'épi (*F. graminearum*)

APN04, association de prothioconazole + pydiflumetofen (ADEPIDYN™ donne dans des résultats en tendance supérieurs à ceux de la référence ($p = 0.13$). Ce projet fongicide en développement est espéré à horizon 2024. Il devrait permettre un gain substantiel d'efficacité. La dose pleine de 2.65 l/ha est efficace à 60% soit 22 points de mieux que la référence CURBATUR 0.5 l/ha + CARAMBA STAR 0.5 l/ha. Les rendements sont également très favorables à APN04 à 2.65 l/ha avec près de 8 q/ha de mieux que la référence. La dose réduite de 1.33 l/ha est sensiblement moins efficace (55%) sans être différente

significativement. En plus d'un positionnement classique à la floraison, l'efficacité d'APN04 a été évaluée sur un positionnement plus précoce, début épiaison à mi-épiaison (T2bis sur la figure 2). Il s'agissait d'observer le comportement de la solution sur un positionnement mixte septoriose et fusariose. Les résultats sur les trois essais considérés sont sensiblement en retrait. A priori le stade floraison reste le positionnement le plus efficace dans ce contexte. Il en va de même pour le rendement et la réduction des teneurs en DON

REPERES POUR 2023

- L'impact sur le rendement des fusarioses à *Fusarium graminearum* et *Microdochium spp.* peut être très élevé en conditions particulièrement favorables contamination + brumisation (+16 q/ha en moyenne pour 3 essais 2021 et 2022).
- La protection contre les fusarioses à *Fusarium graminearum* et *spp.* et les mycotoxines associées représentent un enjeu en matière de qualité sanitaire, appelé à se renforcer du fait de projet d'abaissement des seuils réglementaires en cours de finalisation à l'EFSA (entrée en vigueur attendu en 2023).
- La baisse d'efficacité des triazoles constatée au champ se confirme d'année en année, et aurait pour origine la présence de souches résistantes de *Fusarium graminearum* et de *Microdochium spp.* au prothioconazole (voir la note commune INRAE, ANSES, ARVALIS, à paraître courant janvier 2023).
- Les essais 2021 et 2022 n'ont pas mis en évidence d'écarts statistiquement significatifs entre les solutions fongicides actuelles testées.
- Positionné à la floraison, et à la dose de 2.65 l/ha, APN04 (attendu en 2024) devrait permettre un gain substantiel d'efficacité pour lutter contre la fusariose de l'épi (*F. graminearum*).
- D'autres fongicides de biocontrôle ou conventionnels pour lutter contre la fusariose sont en cours de développement et d'évaluation.

MALADIES DES CEREALES : blés tendres et blés durs

Les stratégies fongicides régionales blés

Elaborer son programme en morte saison

En 2016, ARVALIS Institut du végétal a mis au point un indicateur régional de risque dont l'objectif est d'estimer a priori la nuisibilité des maladies foliaires du blé pour éventuellement aider au choix variétal, mais surtout adapter le programme de traitement envisagé en morte saison. Nous l'avons actualisé avec les essais de 2000 à 2020 en estimant la nuisibilité sur les principaux bassins de productions et non plus par zone géographique. Cet indicateur permet d'estimer la nuisibilité (en q/ha) à

laquelle on peut s'attendre dans un bassin de production en fonction d'un profil de sensibilité variétal « global ».

Le profil de sensibilité « global » d'une variété : sensible, moyennement sensible ou résistante est défini par maladie en fonction de sa sensibilité. Les valeurs « seuil » des notes définissent l'appartenance à une classe de sensibilité qui figurent au tableau 1.

Tableau 1 : Classe de sensibilité pour la septoriose, la rouille jaune et la rouille brune

Maladie / Classe de sensibilité	Sensible	Moyennement sensible	Résistante
Septoriose	note <= 5	5 > note <= 6	note > 6
Rouille jaune	note <= 4	4 > note <= 6	note > 6
Rouille brune	note <= 4	4 > note <= 6	note > 6

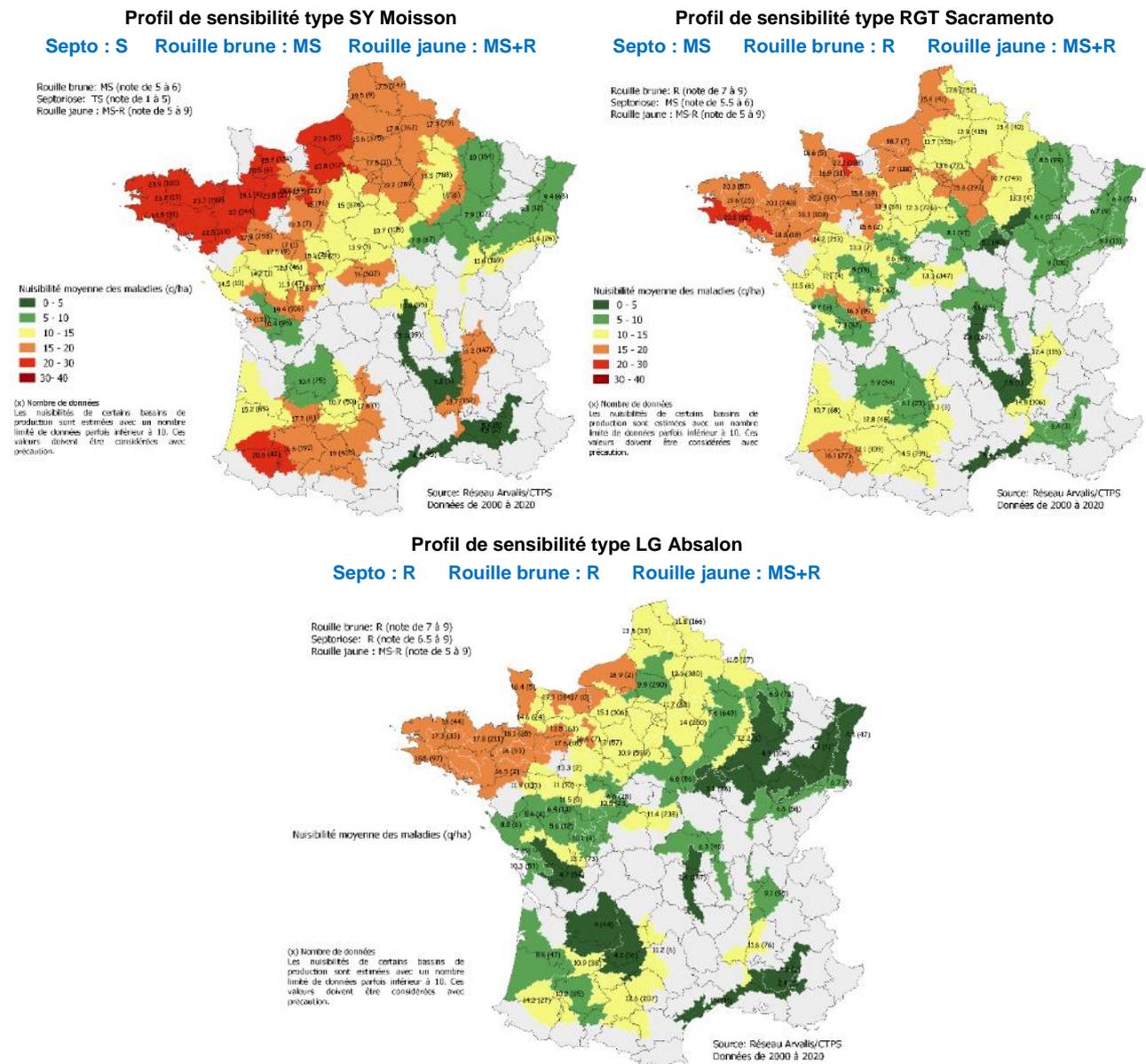
La résistance des variétés à la rouille brune, à la rouille jaune et la septoriose est décrite par une note (CTPS/Arvalis) allant de 1 (les plus sensibles) à 9 (les plus résistantes) pour chacune des maladies. Le profil de sensibilité global d'une variété est défini à partir de ces notes et des valeurs seuils présentées ci-dessus.

Pour chaque profil et pour chaque bassin de production est proposé grâce à la modélisation, un niveau de nuisibilité moyen. Cette valeur de sortie a été estimée à partir d'un modèle statistique établi à partir des écarts de

rendement traité - non traité observés dans 2861 essais entre 2000 et 2020.

Elle est présentée sous forme de 3 cartes représentant 3 exemples de profil de résistance variétale pour la septoriose et aux rouilles : un profil sensible correspondant à un type SY Moisson, un profil moyennement sensible correspondant à un type RGT Sacramento et un profil résistant correspondant à un type LG Absalon (Figure 1).

Figure 1 : Cartes de nuisibilité (q/ha) de 2000 à 2020 entre trois profils globaux différents représentatifs de variétés cultivées : sensible (S) à la septoriose, moyennement sensible (MS) et résistant (R)



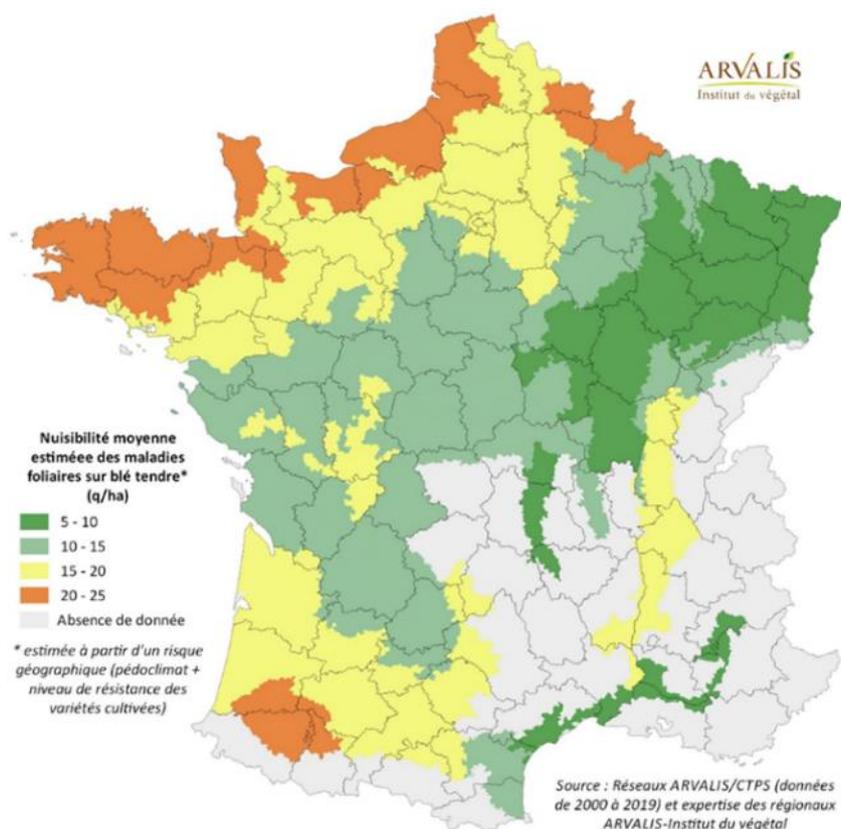
Les zones grisées sont celles où le nombre de données d'essais pour le profil considéré est trop faible pour estimer des valeurs de nuisibilités fiables. (x) représente le nombre de données ayant servi à estimer la nuisibilité. Les nuisibilités de certains bassins de production sont estimées avec un nombre limité de données, parfois inférieur à 10. Ces valeurs doivent être considérées avec précaution.

Ces cartes permettent de visualiser la variabilité spatiale de l'indicateur, c'est-à-dire du risque maladie en q/ha.

On constate de fortes disparités de nuisibilité potentielle entre les régions. La région Champagne est par exemple, une zone où la nuisibilité est modérée quel que soit le profil variétal retenu : elle atteint en moyenne 14 q/ha pour un profil sensible, 11 q/ha pour un profil moyennement sensible, et 10 q/ha pour un profil résistant. Parallèlement, le niveau moyen de nuisibilité est très fort

en Bretagne et en Basse Normandie. Il atteint en moyenne plus de 25 q/ha pour un profil sensible, près de 20 q/ha pour un profil moyennement sensible et 16 q/ha pour un profil résistant. Sur cette base, des recommandations peuvent être adaptées et harmonisées en intégrant à la fois l'effet variété et l'effet région. Les enjeux pouvant être différents d'une variété et d'une région à l'autre, le conseil peut ainsi être nuancé sur une base objective, et même faire l'objet d'une analyse du risque fréquentiel.

Figure 2 : carte repère des nuisibilités moyennes pluriannuelles dues aux maladies selon les régions



Nuisibilité moyenne de 2000 à 2019, des maladies foliaires sur blé tendre

Les nuisibilités moyennes représentées sur cette carte ont été estimées à partir des écarts de rendement entre des modalités « traitées fongicides » et « non traitées fongicides » issus d'essais maladies et variétés (CTPS, Arvalis et partenaires), en pondérant en fonction des profils de sensibilité aux maladies foliaires des variétés les plus cultivées de chaque bassin de production. Les résultats obtenus ont été consolidés par les ingénieurs régionaux Arvalis.

Quelle enveloppe fongicide pour 2023 ?

Il est naturellement difficile de prévoir ce que sera la saison prochaine, aussi bien en termes de pression de maladies, que de cours des céréales. Ces derniers mois, les variations de prix du quintal de blé comme celui des orges ont pu dépasser 100% des prix historiques, soit un doublement ! Parallèlement le coût des intrants explose, et pas seulement celui de l'azote. L'augmentation moyenne des fongicides pourrait se situer aux alentours de 10 à 20% selon les produits. Comment tenir compte de ces changements et de ces incertitudes ? Faut-il envisager une protection fongicide sans augmenter la dépense (approche « dépense fongicide constant ») ? Faut-il préférer une entrée plus « biologique » en raisonnant à dose constante, et donc en acceptant une augmentation des dépenses limitée à celle des prix des fongicides (approche « optimum technique ») ? Ou encore faut-il profiter des cours du blé soutenus pour aller chercher un ou deux quintaux de plus en acceptant d'investir significativement plus sur sa protection (« approche dernier quintal ») ?³¹

Les résultats de nos simulations montrent que les trois options se valent. Que l'on choisisse de maintenir la dépense, de maintenir la dose ou d'aller chercher le dernier quintal, les bénéfices de la protection fongicide sont très semblables sur le plan économique (l'écart maximal est de 8 €/ha, pour du blé à 30€ et des fongicides 20% plus cher, en présence d'une pression de maladie « moyenne »). Mais dans le premier cas (pas d'augmentation de la dépense) l'investissement, comme l'IFT sont les plus faibles, dans le dernier cas la dépense,

la consommation d'intrants mais aussi le rendement sont les plus élevés.

Pour établir nos propositions de programmes pour la saison 2023, nous avons retenu l'approche « technique » intermédiaire sans changer les doses proposées en 2022, pour un risque identique. Du fait de l'évolution du prix des fongicides ces propositions sont de 10 à 12 % plus chères qu'en 2022 pour une performance de protection identique. L'évolution du prix du quintal devrait sans doute plus que compenser cette hausse.

Comme déjà dit, il est aussi possible de contenir la dépense (ce qui revient à baisser la dose en proportion de l'augmentation du coût fongicide), comme il est aussi possible d'augmenter les doses pour exploiter l'amélioration des cours. In fine sur le plan économique, toutes les solutions se valent. L'essentiel étant avant tout de retenir une protection adaptée au contexte parasitaire de la parcelle.

Rappelons tout de même que la meilleure protection vis-à-vis de l'incertitude économique reste la mise en œuvre des principes de protection intégrée, largement développée par ailleurs dans ce document. Elle vise en effet à actionner tous les leviers disponibles en amont pour éviter le développement et la nuisibilité des maladies et de limiter le besoin d'applications fongicides directes.

Une protection adaptée est la clé de la réussite, il s'agira donc d'adapter le nombre et la dose de chaque application aux conditions de l'année, à la région et à la variété en s'appuyant si besoin sur des OAD.

³¹ A titre de repère, la dépense fongicide moyenne sur blé tendre s'est établie en 2022 à 63 €/ha (2021 à 60 €/ha, 2020 à 59 €/ha, 2019 à 69 €/ha, 2018 à 70 €/ha, 2017 à 70 €/ha, 2016 à 84 €/ha, 2015 à 82 €/ha, 2014 à 87 €/ha et 2013 à 80 €/ha). On constate une baisse régulière ces dernières années sans doute à rapprocher des débuts de printemps secs ainsi que du développement de variétés résistantes à la septoriose.

Tableau 1 : Gains obtenus par simulation selon trois scénarios de protection fongicide en 2023 (+20 % du prix du fongicide et le prix du blé est de 30 €/q), comparé au contexte 2022 (prix du fongicide à 57 €/l et le prix du blé à 19 €/q) - Simulations réalisées avec l'équation de Monod³²

	Contexte 2022	Scénario 1 : Je n'augmente pas la dépense	Scénario 2 : Je ne change pas la dose	Scénario 3 : J'ajuste la dose
Hypothèses				
Enjeux "maladies"	17 q/ha	17 q/ha	17 q/ha	17 q/ha
Aug. Fong.	0%	20%	20%	20%
Blé €/q	19 €	30 €	30 €	30 €
Résultats				
Dose optimale L/ha	1.0	1.2	1.2	1.2
Dose retenue L/ha	1.0	0.8	1.0	1.2
Dépense fongicides	57 €	57 €	68 €	82 €
Gain q/ha	13.1	12.5	13.1	13.6
Gain €	249 €	375 €	393 €	408 €
Gain net (-coût fongicides)	191 €	318 €	324 €	326 €

En 2022, pour un potentiel de nuisibilité des maladies de 17 q/ha, du blé à 19 €/q et des fongicides à 57€/L : la dose optimale était de 1 L/ha. Elle serait de 1.2 L/ha en 2023 pour du blé à 30€/ha et des fongicides à 68€/L. Les trois scénarii conduisent à des résultats économiques comparables.

Des SDHI au T2, mais pas toujours !

Les SDHI confirment leur place au T2 dans les programmes de traitement,

A priori, si l'on choisit d'utiliser les SDHI, leur positionnement naturel est en T2 dans le cadre d'un programme à 2 ou 3 traitements, mais ils peuvent être aussi valorisés en traitement unique à partir de dernière feuille étalée. Ces molécules n'ayant pas d'activité marquée sur la fusariose de l'épi, leur place n'est donc pas en T3.

Mais l'on peut aussi s'appuyer au T2 sur une nouvelle substance active le fenpicoxamid (et nouveau mode d'action) efficace sur septoriose et de cette façon contribuer à l'alternance des modes d'action et la limitation de la pression de sélection exercée par les SDHI.

Quant au folpel, il est une autre option possible et facultative au T2 en complément d'autres modes d'actions. Sa contribution à l'efficacité du traitement sera d'autant plus grande que la résistance aura affecté l'efficacité des substances actives avec lesquelles il est associé. Sa contribution, en qualité de multisite, à la gestion des résistances des matières actives auxquelles il est associé n'est a priori pas significative en application unique.

Les autres solutions sont-elles hors-jeu ?

Les **solutions autres ne sont pas pour autant disqualifiées**. Elles trouveront leur place en T1 ou en T3 (lorsque ceux-ci se justifient) par exemple là où les exigences en termes d'efficacité sur septoriose sont les moins aiguës. C'est aussi au T1 que l'on peut envisager des solutions de biocontrôle à base de soufre ou de phosphonates. Par ailleurs, certaines solutions autres que SDHI sur rouille brune présentent un rapport qualité-prix intéressant. Les strobilurines associées à des triazoles, conservent tout leur intérêt en T1 vis-à-vis de la rouille jaune, comme à l'épiaison-floraison vis-à-vis de la rouille brune. **Les SDHI ne méritent donc pas d'être systématisés et doivent être limités à une seule application par an, voire moins.**

³² L'équation de Monod est un modèle mathématique empirique utilisé pour la croissance d'un micro-organisme (levure, bactéries...) donné en fonction de la concentration en substrat limitant cette croissance. Il est adapté ici pour modéliser les gains de rendement permis par l'utilisation de fongicides en fonction de la dose utilisée.

Tableau des efficacités sur blé

Efficacités par maladie des principaux fongicides ou associations utilisables sur blé

	Prix indicatif (€/ha)	Septoriose	Rouille brune	Rouille jaune	Fusariose épi	
					<i>F. graminearum</i>	<i>Microdochium spp</i>
AMPLITUDE / SULKY 0.6 + PRIAXOR EC 0.6	63	+++	+++	+++		
AVIATOR XPRO 0.6 I	39	+	+	+		
AVIATOR XPRO 0.75 I	49	++	++	+		
BALMORA 1 I	18		++	++	+	
CURBATUR 0.4 + COMET 200 0.4	32	++	++	++	+	
CURBATUR 0.3 + OXAR 0.6	50	++	+++	+++		
CURBATUR 0.4 + CARAMBA STAR 0.4	40	++	++	++	++	+
DJEMBE 0.8 + SITIA 3	37	++	+	+		
ELATUS ERA 0.75	50	+++	+++	+++		
ELATUS ERA 1 I	66	+++	+++	+++		
ELATUS ERA 0.6 + SESTO 1	54	+++	+++	+++		
ELATUS ERA 0.6 + AMISTAR 0.3	48	+++	+++	+++		
ELATUS PLUS 0.6 + ARIOSTE 90 0.6	56	+++	+++	+++		
ELATUS PLUS 0.55 + QUESTAR 1.1	55	+++	+++	+++		
FANDANGO S 1 I	35	+	+	+	+	+
FANDANGO S 1.6 I	55	+	++	++	++	++
ISIX 0.7 + IMTRES XE 0.7	64	+++	+++	+++		
ISIX 0.6 + IMTRES XE 0.6	55	++	+++	+++		
JOAO 0.4 I	28	+			+	+
JUVENTUS 0.8 + COMET 200 0.4	38	++	++	++		
JUVENTUS 0.7 + JUBILE 2.1	31	++	+	+		
KARDIX 1.5 I	89	+++	++	++		
KARDIX 0.9 I	53	+++	++	+		
KARDIX 0.7 I	41	++	+	+		
KARDIX 0.7 I + TWIST 500 SC 0.14	46	++	++	++		
KESTREL 0.5 I	30	+	+	+	+	+
KESTREL 1 I	60	++	++	++	++	++
LIBRAX 0.8 + COMET 200 0.4	52	++	+++	+++		
LIBRAX 0.8 I	41	++	++	++		
LIBRAX 0.9 I	46	+++	++	++		
LIBRAX 1 I	51	+++	++	++		
MELTOP ONE 0.5 I	26					
PROSARO 0.5 I	25	+	+	+	+	+
PROSARO 1 I	51	++	++	++	++	++
PYGMALION 2I + VELOURS 2I	34	+				
QUESTAR 1.1 + APROVIA PLUS 0.55	55	+++	+++	+++		
QUESTAR 1.1 + APTRELL 90 0.055	45	+++	++	++		
REVYSTAR XL 1.5	98	+++	+++	+++		
REVYSTAR XL 0.9	59	+++	++	++		
REVYSTAR XL 0.75	49	+++	++	+		
REVYSTAR XL 0.7 + COMET 200 0.35	60	+++	+++	+++		

REVYSTAR XL 0.5 + OXAR 0.5	66	+++	+++	+++		
SOLEIL 1.2	33	+	+	+	+	
SUNORG PRO 1 I	35	+	++	+	+	
UNIVOQ 1.1 I	47	+++	++	++		
UNIVOQ 1 I + AMISTAR 0.4	51	+++	+++	+++		
VARIANO XPRO 1.2 I	55	++	++	+		
ZOOM 0.75 I	51	+++	++	+		
ZOOM 0.7 + COMET 200 0.35	57	+++	+++	+++		

Légende :

+++	Très bonne efficacité	++	Bonne efficacité	+	Efficacité moyenne		Faible efficacité
	Sans intérêt ou non autorisé						