



HAL
open science

Impacts physiologiques et agronomiques de l'application d'une nouvelle spécialité fongicide en T2 sur des couverts de blé

Pierre Bancal, Marie-Odile Bancal

► **To cite this version:**

Pierre Bancal, Marie-Odile Bancal. Impacts physiologiques et agronomiques de l'application d'une nouvelle spécialité fongicide en T2 sur des couverts de blé. 2016. hal-02947484

HAL Id: hal-02947484

<https://hal.inrae.fr/hal-02947484>

Submitted on 24 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Impacts physiologiques et agronomiques de l'application d'une nouvelle spécialité fongicide en T2 sur des couverts de blé

Contrat de prestation de services: Partenaires_Syngenta-Arvalis-INRA Ecosys

Réalisé par :

Bancal Pierre, Fortineau Alain, Flanchet Christelle (INRA ECOSYS)

Bancal Marie-Odile (UMR INRA ECOSYS – AGROPARISTECH)

Stagiaires : Jelsch Thiébaud (ESITPA, diplôme de fin d'études)

Baratto Matthieu (Licence professionnelle Biotechnologies Végétales & Création
Variétale, Univ. Lyon)



Rappel des termes du contrat

Objectif s: Syngenta veut caractériser l'origine physiologique de l'effet Stay Green d'une nouvelle spécialité fongicide (Solatenol®) et son intérêt agronomique en termes de rendement, composantes du rendement et qualité des récoltes.

A.1 Essai comparatif en parcelles expérimentales

La molécule à tester sera comparée du point de vue de son efficacité fongicide avec une protection classique (triazoles) par rapport à un témoin non traité. L'INRA utilisera deux variétés contrastées choisies selon ses critères de recherche propres. Sur ces essais, l'INRA mesurera les paramètres usuels d'élaboration du rendement (NE/m², NG/E, PMG) ceux de l'IFVI (LAI, T), ainsi que la teneur protéique des grains.

A.2 Mini peuplements en conditions semi contrôlées

Sur une de ces variétés l'INRA croisera deux fertilisations azotées très contrastées et deux traitements, dont l'un utilisera la molécule à tester, afin de décortiquer leur impact sur les métabolismes du carbone et de l'azote après la floraison. Cette expérimentation inclura des mesures d'échange gazeux des organes (Assimilation Nette, Respiration), des marquages au ¹⁵N pour distinguer l'absorption de la remobilisation, des suivis enzymatiques des enzymes du métabolisme azoté (Nitrate Reductase, Glutamate Synthetase, Protéases), activités indicatrices des phases d'assimilation et de remobilisation de l'azote. Par ailleurs, l'évolution de la surface verte des feuilles ainsi que leur teneur en chlorophylle et en protéines permettra de quantifier l'évolution visible et métabolique de la sénescence foliaire.

A.3 Restitution des données

Une, voire plusieurs réunions techniques seront à prévoir pour la bonne mise en place du protocole. L'INRA s'engage à présenter les données brutes acquises lors d'une première réunion dont la date sera fixée d'un commun accord entre les parties au 4^{ème} trimestre 2015, et un document de synthèse sera fourni à Arvalis par l'INRA au 1er Avril 2016, date de clôture prévisionnelle du contrat

Réalisations 2015 en parcelles expérimentales

Le protocole initial a été modifié suite à la visite du centre de recherche Syngenta de Stein en Février 2015. Les expérimentations menées par Syngenta sur plantules en conditions semi contrôlées laissent supposer un effet précoce du Solatenol® juste après application, via le comportement hydrique et/ou photosynthétique des feuilles traitées. Par contre, l'hypothèse initiale d'une augmentation de la durée de vie verte n'a pas été observée dans des conditions non stressantes de culture.

En conséquence et d'un commun accord avec nos partenaires, nous avons reformaté l'essai comparatif en parcelles expérimentales pour tester certaines hypothèses déduites des résultats indiqués par Syngenta. Ces hypothèses sont notamment: 1) les effets du Solatenol® vont mieux s'exprimer en conditions stressantes (eau, azote, maladies) ; 2) les effets sont plutôt attendus de manière précoce: modification physiologique des organes traités dans les semaines suivant le traitement, conduisant à un avantage cumulatif pour la plante en peuplement qui s'exprime tardivement en termes de rendement. Le présent rapport indique les résultats obtenus sur les effets de court terme du Solatenol® sur le fonctionnement des feuilles 1 ainsi que la dynamique de surface verte et d'élaboration du rendement au court du temps. Enfin, la teneur en protéines des grains de chaque modalité

est mesurée à la récolte, afin d'évaluer si la molécule testée a eu un impact sur les flux d'azote dans la plante.

A-Matériel et méthodes

1) Implantation de l'essai

Le plateau de Grignon (48°50N; 1°57'E) est situé sur un plateau calcaire monté de limons des plateaux et bordé de craies blanches à silex et d'alluvions modernes, les parcelles ont un sol ayant de bonnes caractéristiques agricoles non limitantes pour les cultures. Le sol cultivé appartient à la classe des sols bruns lessivés, sur limons loessiques. Sa texture est limono-argileuse, le sol est moyennement battant, sensible au tassement; sa profondeur lui confère une forte réserve utile (environ 180 mm).

L'essai a été semé le 16 Octobre 2014 puis mené en conditions agricoles (sans irrigation d'appoint), avec les interventions détaillées dans le tableau 1, suivant les décisions de l'Unité Expérimentale de Grignon. L'unité étant équipée d'un semoir adapté avec un train de semis de 1.75 mètres de large et un écart inter-rang de 19 cm, qui permet à chaque microparcelle de comprendre 9 rangs de plantes sur une longueur de 26 mètres.

Date	Intervention	Matériel	Produit	Dose/ha
Blé tendre - A07 (4-6) 0,50 ha				
13/05/2014	Déchaumage	rabe bluebird pattes d'oies		0,000
	<i>Notes : Paille enfouie</i>			
12/09/2014	Herbicide		Roundup innov (l / ha)	3,000
	<i>Notes : Chardons</i>			
15/09/2014	Déchaumage	rabe bluebird dents droites		0,000
16/10/2014	Travail du sol labour	Charrue		0,000
16/10/2014	Travail du sol animé	herse rotative amazone		0,000
	<i>Notes : 2 passages</i>			
16/10/2014	Semis / Plantation	semoir INOTEC - oône à bande	variétés (grains/m2)	1,000
	<i>Notes : Voir plan de semis</i>			
16/10/2014	Semis / Plantation	amazone	Arezzo (grains/m2)	250,000
	<i>Notes : Semis des allées (PMG 40)</i>			
24/10/2014	Molluscicide	Delimbe	Metarex (kg / ha)	4,000
24/11/2014	Herbicide		legacy duo (l / ha)	2,400
	<i>Notes : stade 3 feuilles</i>			
06/03/2015	Fertilisation	src	ammonitrate 33.5% (unités / ha)	15,000
	<i>Notes : 15, 30 et 90 unités N - Voir plan (N0-N1-N2)</i>			
09/03/2015	Herbicide	Berthoud	actirob b (l / ha) Atlantis wg (kg / ha) harmony extra SX (g / ha) Primus wg (g / ha)	1,000 0,500 60,000 20,000
	<i>Notes : Gaillet, vulpin</i>			
07/04/2015	Fertilisation	aero	ammonitrate 33.5% (unités / ha)	100,000
	<i>Notes : 100 et 140 unités N - Voir plan (N1-N2)</i>			
08/04/2015	Mélange fongicide + . . .		moddus (l / ha) Unix max (l / ha)	0,500 2,500
	<i>Notes : Modalités F0, F1 et F2 (satde 1 noeud du blé)</i>			
21/04/2015	Fertilisation	src	ammonitrate 33.5% (unités / ha)	55,000
	<i>Notes : Voir plan (N0)</i>			

21/04/2015	Fongicide	Berthoud	Cherokee (l / ha)	1,400
<i>Notes : Modalités F1 et F2 (2 noeuds du blé)</i>				
06/05/2015	Fertilisation	aero	ammonitrate 33.5% (unités / ha)	90,000
<i>Notes : Voir plan (N2)</i>				
07/05/2015	Fongicide	Berthoud	Joao (l / ha)	0,400
<i>Notes : Modalité F1 - stade DFE</i>				
07/05/2015	Fongicide	Berthoud	Sto1 (l / ha)	0,750
			Joao (l / ha)	0,400
<i>Notes : Modalité F2 - stade DFE</i>				
13/05/2015	Fongicide	Berthoud	Horizon	0,400
			Topsin (l / ha)	1,500
<i>Notes : Toute la parcelle - stade début épiaison</i>				
15/07/2015	Récolte	MB hege	Rendement (qx / ha)	1,000
<i>Notes : Evaluation rdé parcellaire</i>				
15/07/2015	Récolte	Moissonneuse batteuse JD 1186 S2	Rendement (qx / ha)	1,000
<i>Notes : Vrac</i>				

Tableau 1: Calendrier des interventions culturales

2) Modalités expérimentales

Deux cultivars de blé tendre d’hiver ont été utilisés pour l’expérimentation: Soissons et Trémie. Le choix de ces deux variétés s’est fait essentiellement sur des critères d’élaboration du rendement. La variété Soissons est une lignée de type barbu inscrite par Florimond Desprez en 1988 en France. Elle donne des épis de petite taille et un PMG également petit mais produit beaucoup de talles. La variété Trémie est une lignée de type non barbu inscrite par le groupe RAGT en 1993 en France. Elle donne plutôt des grains de grosse taille (avec un PMG très élevé) et produit très peu d’épis.

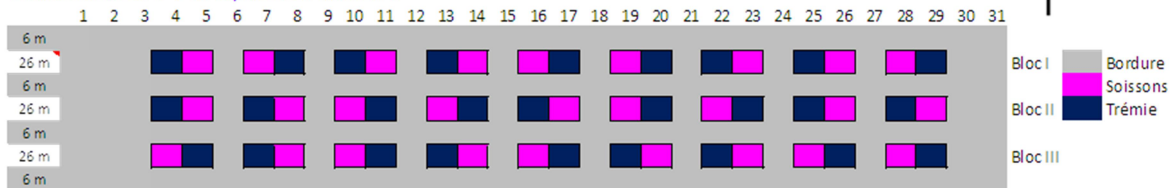
Le dispositif mis en place était réparti en trois blocs et comprenait trois modalités d'ITK (densité de semis+fertilisation, ci-dessous notées N0-N1-N2) ainsi que trois types de protection phytosanitaire (ci-dessous notées F0-F1-F2). L’essai comprenait donc en tout: 2 cultivars × 3 modalités ITK × 3 protections phytosanitaires × 3 blocs soit un total de 54 micro-parcelles utiles (figure 1).

Split-plot avec ITK en principale, fongicide en sub-plot et génotype en sub-sub-plot

Parcelle = VIGNES AVII 4-6

3x26 + 4x6 = 102 m

2 niveaux de Cv S-T en répartition aléatoire



3 niveaux de fongicides F0-F1-F2 en répartition alterne



3 niveaux d'azote N0-N1-N2

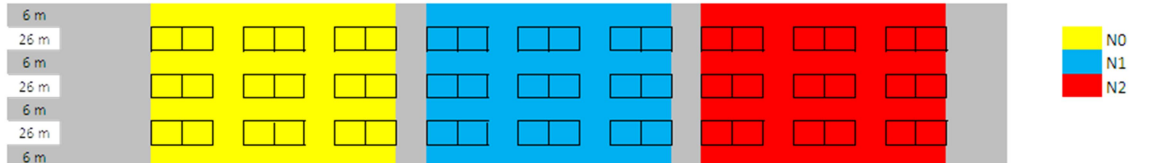


Figure 1: Le dispositif expérimental

Les trois modalités ITK ont été installées en fonction de la densité de semis (tab.2):

- ✓ N0 correspond à une conduite à faibles intrants ciblant des INN à floraison autour de 0.6 et des couverts plutôt clairs (faible LAI)
- ✓ N1 reçoit une fertilisation à la dose "bilan" apportée en début de cycle, ce qui tend à maximiser l'absorption en azote avant floraison et conduit à un tallage surabondant avec un ombrage des parties basses (LAI élevé) qui sénescent rapidement.
- ✓ N2 reçoit au final la même fertilisation que N1, mais apportée très tard, alors que la densité de semis est doublée. On déclenche ainsi une carence précoce en azote, qui diminue le LAI du peuplement. L'absorption post-floraison peut représenter 40 % du rendement azoté, ce qui permet une augmentation de la vie verte des feuilles.

ITK	Densité Semis	----- Apports N (U) -----				
		RSH 2 Février	Sortie Hiver 6 Mars	1 Nœud 7Avril	2 Nœuds 21 Avril	Gonflement 6 Mai
N0	150 grains/m ²	10	15	0	55	0
N1	220 grains/m ²	10	90	140	0	0
N2	450 grains/m ²	10	30	100	0	90

Tableau 2: Les diverses modalités ITK

Les trois modalités de protection phytosanitaire ont été appliquées sur chacune des deux variétés et des trois modalités azote: les traitements sont donc totalement croisés (tab. 3):

- ✓ Les parcelles notées F0 n'ont reçu aucune protection contre les maladies foliaires tardives. Elles ont par contre été traitées contre les maladies du pied au stade début montaison et contre la rouille jaune, dès détection, par un produit spécifique
- ✓ Les parcelles notées F1 ont reçu en plus de F0 une protection fongique classique à base de triazoles fournie par la société Syngenta
- ✓ Enfin, le dernier niveau de protection fongique noté F2 rajoutait le Solatenol® à tester à la protection F1, en deuxième traitement.

Traitement	Date	Stade	Produit	L/ha	Molécule	mg/m ²
F0, F1, F2	08-avr	Z31	UnixMax	2.50	Cyprodinil 300 g/L	75.00
F0, F1, F2	08-avr	Z31	Moddus	0.50	Trinéxapac-éthyl 250 g/L	12.50
F1, F2	21-avr	Z32	Cherokee	1.40	Chlorothalonil 375 g/L	52.50
					Cyproconazole 50 g/L	7.00
					Propiconazole 62.5 g/L	8.75
F1, F2	21-avr	Z45	Joao	0.40	Prothioconazole 250 g/L	10.00
F2	21-avr	Z45	Solatenol	0.75		
F0, F1, F2	13-mai	Z55	Topsin 500SC	1.50	Thiophanate-méthyl 500 g/L	75.00

Tableau 3: Les diverses modalités fongicide

3) Suivi des dynamiques de sénescence du couvert et de croissance des grains

En plus de la récolte finale avec une moissonneuse adaptée aux microparcelles, un suivi dynamique a été assuré par une série de prélèvements à partir du traitement fongicide T2, au stade dernière feuille étalée, et pendant toute la période de remplissage du grain.

3.a Prélèvements placettes

- ✓ Le premier, de 0.35 m² a eu lieu à la floraison, le 21 Mai. Il sert à déterminer la taille du brin-maitre "moyen", représentatif de la parcelle du point de vue de sa biomasse en frais, et à caractériser sa longueur d'épi. Une cinquantaine d'épis "moyens" sont ensuite repérés sur chaque parcelle dans les 5 rangs centraux. C'est eux qui servent à tous les prélèvements intermédiaires.
- ✓ Le deuxième prélèvement placette, de 5 × 0.175 m² a eu lieu le 7 Juillet, une semaine avant la récolte machine. Il sert à préciser les données rapportées au m² (densité d'épis et rendement) et à corriger l'estimation précédente du brin "moyen", pour permettre une transition au m² des prélèvements intermédiaires.

3.b Prélèvements hebdomadaires

Censés avoir lieu de la semaine 22 à la semaine 28, ils ont été avancés d'une semaine du fait de la précocité des cultures. En effet l'épiaison s'est produite du 10 au 13 Mai, et la floraison du 17 au 20 Mai. Le suivi consistait à prélever 5 brins marqués par parcelle en les coupant au ras du sol. Les plantes étaient ensuite rapportées au laboratoire et traitées comme suit:

- ✓ Les limbes des étages 1 à 4 sont coupés exactement au niveau de la ligule, étalés sur un transparent et scannés (Format Tiff ; 300 dpi ; couleurs brutes). Même si certains sont morts, les cinq limbes de ces étages sont scannés toutes les semaines. Les feuilles plus bas ne sont pas scannées, car déjà en sénescence avancée.
- ✓ L'épi est coupé sous le dernier épillet (qui peut être stérile ou pas), puis stockés à -20°C avant d'être lyophilisés une semaine plus tard. Après séchage, les épis sont pesés puis battus manuellement pour en retirer les grains qui sont comptés et pesés.

D'autres prélèvements intermédiaires ont eu lieu à un rythme hebdomadaire pour détermination du contenu relatif en eau (RWC) et des échanges gazeux en conditions contrôlées. Ils seront décrits dans les sections correspondantes.

3.c Détermination du LAI et de l'IFVI

- ✓ L'IFVI (Indice Foliaire Vert Intégré, correspondant plus ou moins au HAD anglais) a été déterminé à partir des scans effectués lors des prélèvements hebdomadaires. Grâce à un logiciel de traitement d'images, on a mesuré pour chaque limbe sa surface totale brute (SF_b) et son % brut de surface verte (%SV_b).
- ✓ La surface des limbes varie beaucoup entre individus, mais assez peu au cours du temps tant que les limbes restent verts (les feuilles sèches se recroquevillent). On a donc utilisé l'ensemble des limbes de %SV_b supérieur à 60% pour estimer dans chaque modalité la relation entre longueur des limbes et SF. On en déduit la SF originelle (SF₀) des limbes secs ou non, et leur %SV vrai (%SV₀), corrigé de l'impact du dessèchement sur les parties mortes.
- ✓ A partir des mesures précédentes, on utilise l'ensemble des prélèvements de la saison (soit 35 plantes par parcelle) pour déterminer la SF₀ de chaque strate foliaire du brin moyen. En sommant les strates, et en multipliant le tout par la densité épi, on obtient une détermination de l'indice foliaire (LAI)
- ✓ D'autre part les %SV₀ ne dépendent pas de la taille des feuilles, mais seulement du degré de sénescence des limbes. On a donc ajusté tous les %SV₀ d'une parcelle selon leur âge à une équation sigmoïde de type Gompertz :

$$\%SV_0 = \exp[-\exp\{r \cdot (T-t)\}]$$

où t est le temps, exprimé en degré-jours, base 0°C (dj), et r et T deux paramètres. L'intégrale de cette équation entre l'épiaison et la maturité s'appelle IFVI%, et a la dimension d'un temps (on l'exprime en dj). Si on multiplie l'IFVI% par le LAI (en m² de feuille / m² de sol), on obtient l'IFVI (en dj·m²/m²).

4) Mesure des échanges gazeux des limbes supérieurs

Un suivi hebdomadaire du 6 Mai au 23 Juin a permis de déterminer plusieurs paramètres importants de ces échanges: l'assimilation maximale (A_{max}), l'intensité de respiration à l'obscurité (R_d), la conductance stomatique (g_{sw}) et le niveau de transpiration. On a choisi de réaliser ces mesures en conditions standardisées d'hygrométrie et de température favorable au blé. Cela imposait de prélever les plantes au champ, puis de les ramener au laboratoire.

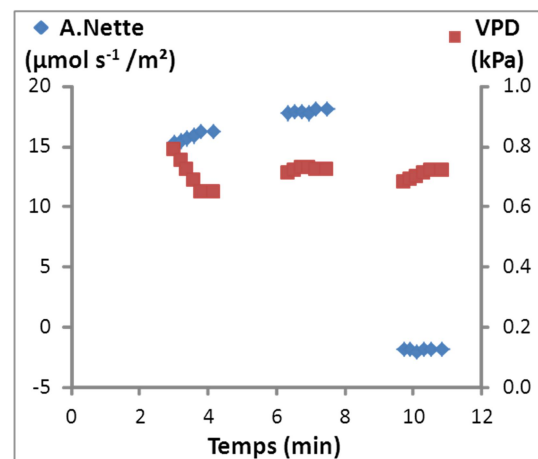
4.a Préparation des plantes

- ✓ Pour des raisons pratiques Soissons et Trémie étaient mesurés deux jours successifs. Dans chaque microparcelle, une plante présélectionnée (d'après sa longueur d'épi, cf. ci-dessus) était prélevée au champ la veille de la mesure, en fin d'après-midi. On coupait la tige au ras du sol, puis la plante était aussitôt étiquetée et placée dans un sac plastique. Le champ étant distant de moins de 1 km, les plantes étaient ramenées au laboratoire en ½ heure environ.
- ✓ Chaque plante était alors recoupée sous l'eau au-dessus du troisième nœud en partant du haut, puis nettoyée sous l'eau des gaines coupées autour de la tige. La plante ainsi préparée comportait deux entrenœuds plus le col, deux nœuds, deux feuilles complètes (gaine + limbe), et l'épi. On plaçait ensuite la base de la plante dans une bouteille individuelle de 250 mL d'eau déminéralisée, puis toutes les plantes étaient mises en chambre de culture à 10°C à l'obscurité. Le lendemain, les lampes s'allumaient une heure avant le début des mesures pour que les plantes s'acclimatent à 15°C, sous une Densité de Flux de Photons dans le Rayonnement Photosynthétiquement Actif, (PPFD) de 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}/\text{m}^2$. On a préalablement vérifié sur des plantes en pot que ce protocole, inspiré de Driever *et al.* (2014), permet un fonctionnement optimal des limbes (fig. 2a).



Figure 2
a. Installation des plantes pour les mesures d'échanges gazeux.

b. Exemple de données brutes recueillies par mesure d'échanges gazeux



4.b Acquisition des données

- ✓ Les plantes étant mesurées successivement, on a tenu compte d'un éventuel effet horaire en effectuant les mesures bloc après bloc; à l'intérieur de chaque bloc ITK après ITK; à l'intérieur de chaque ITK fongicide après fongicide. Selon cette séquence les modalités fongicides sont mesurées avec très peu de décalage (moins de 30 min), et les blocs avec le décalage maximal (au moins 90 min).
- ✓ On mesurait ensuite les échanges gazeux sur 3 cm de longueur du limbe supérieur, la largeur du limbe était mesurée de part et d'autre des 3 cm. Toutes les mesures ont été effectuées grâce à un analyseur différentiel de type Licor 6400XT avec une source lumineuse mixant des LED bleues et rouges. La concentration en CO_2 était réglée à 400 ppm, l'humidité relative à 80 % au sein de la chambre de mesure et la température de feuille à 20°C.
- ✓ L'acquisition utilisait un programme développé au laboratoire réalisant en 12 min deux plateaux de PPFD à 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}/\text{m}^2$ pour l'assimilation nette maximale (Amax), puis un plateau de PPFD à 0 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}/\text{m}^2$ pour la respiration (Rd). Chaque plateau consiste en 1.5 à 2 min de pause, une rafale de 6 scrutations espacées de 10 s afin de vérifier rétrospectivement la stabilité des échanges gazeux, puis un auto-zéro utilisé rétrospectivement dans les calculs (fig. 2b).

5) Mesure du contenu relatif en eau (RWC) des limbes supérieurs

L'objectif était de voir l'impact d'une application de Solatenol® sur le RWC de la feuille étendard. A la demande de Syngenta, la campagne d'acquisition de données a débuté dès le 05 Mai, la veille du traitement T2, puis elle a été répétée 3 fois jusqu'à 150 dj après épiaison. Une mesure supplémentaire a été effectuée le 11 Juin, 400 dj après l'épiaison. Le jour de prélèvement variait chaque semaine selon la météo, de manière à ce qu'il s'agisse toujours d'une journée très ensoleillée.

- ✓ Avant le début des mesures, des sacs de congélations ont été identifiés et tarés. A 14h légale (environ midi solaire), un échantillon de 5 limbes de F1 par micro parcelle a été prélevé. Chaque limbe était placé dans un sac individuel immédiatement fermé hermétiquement et placé à l'ombre. Le prélèvement hebdomadaire représentait donc un total de $5 \times 54 = 270$ sacs recueillis par deux personnes en un peu moins d'une heure.
- ✓ Les sacs étaient ensuite ramenés au labo et pesés sans ouverture avec leur contenu (Poids Frais + Tare). Puis les 270 limbes étaient placés dans des tubes individuels de 10 mL, la ligule immergée dans de l'eau déminéralisée. L'ensemble des tubes était placé en chambre froide (5°C) pendant une nuit. Le lendemain matin, chaque limbe était rapidement essuyé puis pesé (Poids saturé). Enfin les limbes étaient mis à l'étuve pendant 48 heures. A la sortie, une dernière pesée était effectuée (Poids Sec). Le RWC est obtenu par la formule qui suit:

$$\text{RWC} = ([\text{Poids Frais} + \text{Tare}] - \text{Poids sec} - \text{Tare}) / (\text{Poids Saturé} - \text{Poids Sec})$$

- ✓ Le Poids Frais est une mesure très instable: dès qu'ils sont prélevés, les tissus se dessèchent (surtout si on fait le prélèvement au champ, en plein soleil). Nous avons donc préalablement vérifié qu'en plaçant les limbes dans un sac hermétique immédiatement après leur prélèvement, l'eau évaporée ne disparaît pas, on la compte quand même à la pesée. Le RWC mesuré est donc celui des feuilles au moment de leur prélèvement.

6) Traitement statistique

Pour évaluer l'impact du fongicide sur les différents paramètres étudiés, on a réalisé des ANOVA à quatre facteurs (Génotype, ITK, Fongicide, Bloc), suivies par un test de Newman-Keuls au seuil 5% pour identifier les groupes statistiquement différents. Les interactions de premier ordre entre facteurs ont été prises en compte dans l'analyse. L'ensemble des tests préliminaires permettant de vérifier la robustesse de l'ANOVA (test du χ^2 pour vérifier la normalité du jeu de données et test de Bartlett pour l'homoscédasticité des variances) ont chaque fois été effectués. Les effets génotypes, ITK et bloc seront mentionnés dans ce rapport, mais détaillés seulement en annexe, sauf s'ils entrent en interaction avec l'effet fongicide.

B-Résultats

1) Une année culturelle problématique

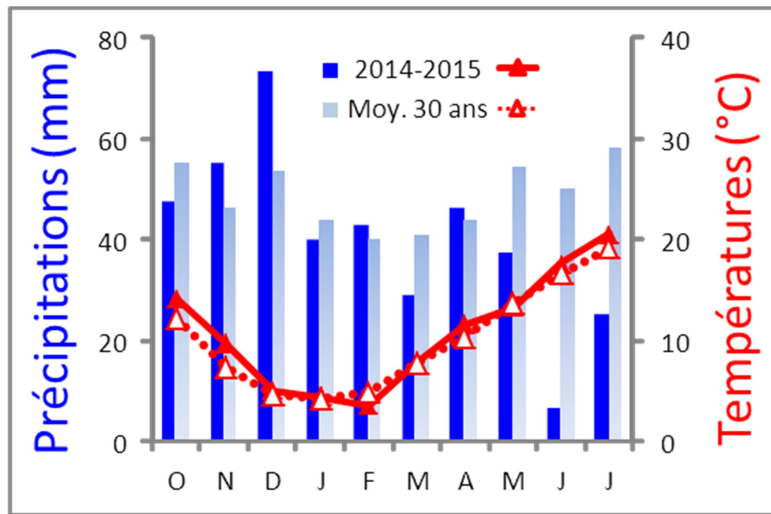


Figure 3: Diagramme ombro-thermique comparant les caractéristiques climatiques de l'année 2014-2015 à la moyenne des 30 dernières années sur le site INRA de Grignon. Les températures moyennes mensuelles sont figurées, en courbe rouge, les précipitations cumulées mensuelles en histogramme bleu. L'année 2014-2015 est en trait plein, et la moyenne des 30 dernières années en pointillés.

La campagne 2014-2015 a eu un déroulement relativement atypique ce qui peut expliquer une partie des résultats observés durant cet essai. Sur la figure 3, qui représente les caractéristiques climatiques de l'année comparée à la moyenne trentenaire, on remarque les éléments suivants:

- ✓ Température d'automne supérieure à la moyenne trentenaire
- ✓ Volume de précipitations d'été très inférieure à la moyenne trentenaire

De fait, ces contraintes climatiques ont eu comme conséquences :

- ✓ Un résidu d'azote en sortie hiver anormalement bas
- ✓ Un échaudage thermique interrompant le remplissage
- ✓ Une pression septoriose faible malgré des contaminations précoces significatives.

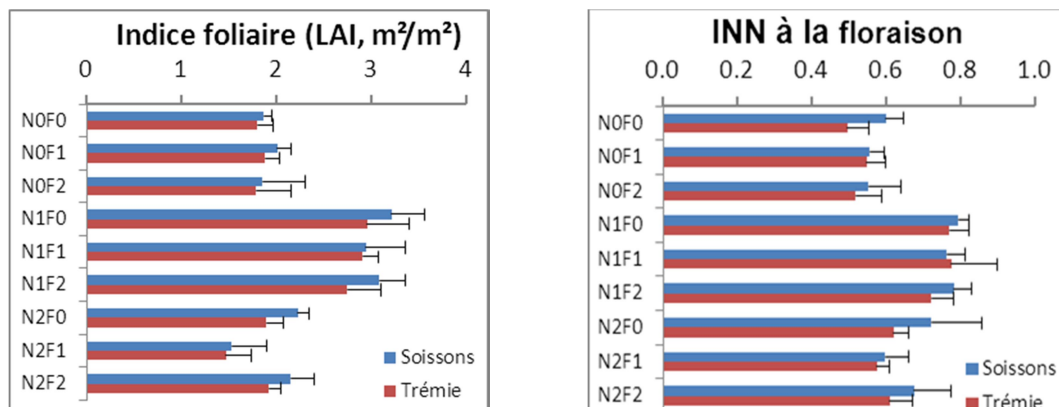


Figure 4: Mesure des Indices foliaires (4a) et des indices de nutrition azotée à la floraison (4b) en fonction des différentes stratégies de fertilisation azotée (N0, N1, N2) et des traitements fongicides (F0, F1, F2). Moyenne et écart-type pour les trois blocs considérés comme des répétitions

Tous ces faits sont à l'origine des problèmes suivants:

- ✓ La chaleur d'automne a pu entraîner une sur-minéralisation précoce de l'azote du sol, lessivé pendant l'hiver. Les cultures ont donc souffert d'un déficit d'azote en début de cycle, comme l'indique le résidu en sortie d'hiver exceptionnellement faible. Celui-ci peut à son tour expliquer le faible développement du feuillage par rapport à l'habitude (Fig. 4a). De plus, sur la figure 4b représentant l'indice de nutrition azotée (INN) de nos 54 parcelles au stade floraison, on remarque que ceux-ci sont faibles en comparaison

des habitudes de la station (0.5 pour N0, 0.8 pour N1, 0.6 pour N2). Ces valeurs sont particulièrement faibles pour N2, qui s'est comporté quasiment comme N0, alors qu'il a reçu autant d'engrais que N1. La conduite N2 (forte densité de semis, apports retardés) conduit structurellement à une carence en début de cycle, mais elle a été beaucoup plus intense que d'habitude. De plus les conditions climatiques de l'année ont conduit à une mauvaise valorisation du dernier apport d'azote, si bien que les cultures sous cette conduite N2 ne se sont pas remises.

- ✓ La sécheresse de fin de cycle a conduit à un arrêt prématuré du remplissage (Fig. 5). Ce point n'est pas forcément préjudiciable à l'étude dans la mesure où selon Syngenta, le Solatenol® est supposé agir dans les jours qui suivent le traitement plutôt qu'en fin de cycle. Cependant dans ces conditions de déficit d'alimentation hydrique, la profondeur de sol n'étant pas complètement homogène, les différences entre blocs sont exacerbées. Le facteur bloc ne peut être négligé dans l'étude, et il arrive parfois que sa p-value soit inférieure à celles des facteurs d'intérêt! D'autre part, l'essai était semé en blé sur blé, avec une certaine incidence de piétin malgré la couverture fongicide. Les plantes atteintes se seraient sans doute correctement comportées en conditions normales, mais cette année elles ont sénescé par déshydratation précoce environ une semaine avant les autres. Ceci peut expliquer pourquoi les brins sélectionnés (sans piétin) ont atteint un PMG légèrement supérieur à celui de la parcelle correspondante, comme on l'observe sur la figure 5.

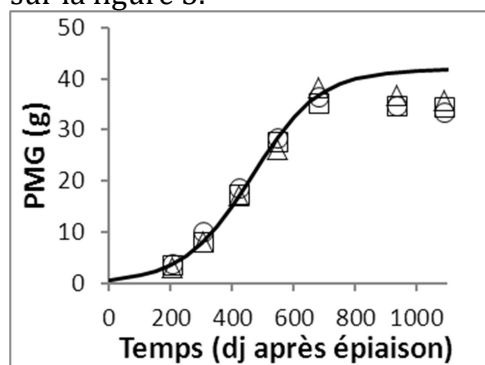


Figure 5: Evolution du poids de mille grains (PMG) sur les parcelles de Soissons N1F0 au cours du temps en dj après épiaison. Les symboles (ronds, carrés, triangles) correspondent aux trois blocs expérimentaux. Les points de 200 à 700 dj sont obtenus par prélèvements hebdomadaires de brins sélectionnés. Ils ont été ajustés à une sigmoïde logistique. Les points à 930 dj correspondent au prélèvement d'une placette de 0.925 m², et les points à 1090 dj à la récolte 'machine'.

- ✓ Dès les premiers jours, on a pu constater à l'œil que le peuplement des parcelles conduites en N2F1 était anormalement clair. De fait, le nombre d'épis au m² y est aussi faible que dans les modalités non fertilisées. Il semble donc logique de penser qu'il existe un problème structural au niveau de ce train de semis ayant conduit à une dégradation de cette composante de rendement. Le train de semis correspondant était à l'extrémité du dispositif, alors que l'Unité Expérimentale n'a pas respecté le protocole prévoyant une bordure (fig. 1). Il est possible que le sol ait été anormalement tassé sous ce train. Au final, on constate que ces parcelles présentent quasi systématiquement des résultats en décalage avec les autres (fig. 4). Cela provoque la création d'une interaction statistique dont il est difficile de s'affranchir. Afin de pouvoir répondre au mieux à nos objectifs, nous avons décidé d'exclure toutes les modalités "N2", complètement atypiques cette année, en gardant un dispositif équilibré pour se laisser la possibilité de comparer trois stratégies fongicides avec deux stratégies de fertilisation azotée (N0 et N1).

2) Des résultats 'machine' peu crédibles

	Rendement (gMS/m ²)	PMG (mg/grain)	NG/m ² (milliers)		Rdt	PMG	NG/m ²
S N0F0	450 ± 24	33.8 ± 0.5	13.3 ± 0.9		0.00%	0.00%	10%
S N0F1	429 ± 35	34.3 ± 1.5	12.6 ± 1.4		0.00%	0.10%	0.00%
S N0F2	475 ± 43	33.8 ± 1.1	14.0 ± 1.2		0.00%	0.17%	0.00%
S N1F0	648 ± 55	34.6 ± 1.0	18.7 ± 1.0		0.00%	0.42%	0.00%
S N1F1	681 ± 85	36.7 ± 0.6	18.6 ± 2.4		2.71%	0.42%	2.52%
S N1F2	732 ± 55	37.0 ± 1.1	19.8 ± 1.4		41%	28%	41%
S N2F0	603 ± 47	35.1 ± 0.6	17.2 ± 1.3		13%	0.10%	3.62%
S N2F1	522 ± 68	35.2 ± 1.0	14.8 ± 1.6		1.40%	0.37%	55%
S N2F2	573 ± 33	35.6 ± 1.1	16.1 ± 1.3		2.31%	1.91%	24%
T N0F0	531 ± 83	40.9 ± 1.6	13.0 ± 1.9		30%	9%	3.10%
T N0F1	545 ± 61	42.7 ± 0.6	12.8 ± 1.3				
T N0F2	581 ± 43	39.9 ± 0.9	14.6 ± 0.8				
T N1F0	710 ± 64	40.1 ± 2.3	17.7 ± 1.4				
T N1F1	746 ± 83	41.8 ± 2.2	17.8 ± 1.1				
T N1F2	809 ± 59	42.1 ± 2.3	19.2 ± 0.5				
T N2F0	615 ± 38	39.0 ± 0.9	15.7 ± 0.7				
T N2F1	509 ± 60	41.4 ± 1.0	12.3 ± 1.4				
T N2F2	631 ± 74	41.1 ± 2.6	15.3 ± 0.8				

Tableau 4: Effets des traitements Cultivar (S= Soissons; T= Trémie), ITK (N0, N1, N2) et Fongicide (F0, F1, F2) sur les mesures obtenues par la récolte 'Machine'. Pour chaque traitement est donnée la valeur moyenne et l'écart-type des 3 blocs. Les résultats de l'analyse de variance multifactorielle (modalités N2 exclues) sont donnés avec les P-values pour les effets simples (Cv, N, F, et Bloc) et les interactions de premier ordre. Un code couleur est superposé aux P-values: rouge=ns (P>5%); jaune = P<5%; nuances de vert P<1%. Voir les résultats plus détaillés en annexe.

- ✓ Les résultats du tableau 4 font apparaître, entre autres, un effet très significatif ($P < 10^{-4}$) de la modalité fongicide sur le rendement, en interaction avec l'ITK: les rendements des parcelles F2 sont toujours plus élevés; tandis que les rendements des parcelles F1 ne dépassent ceux des F0 qu'en cas de fertilisation élevée (N1). Cependant, l'augmentation du rendement de F1 à F2 (6 qx/ha à 15% d'humidité) apparaît relativement modérée.
- ✓ De plus, cette différence de rendement ne passe pas par une augmentation du PMG. En effet l'ANOVA ne détecte un effet fongicide ($P < 1\%$) que sous fertilisation élevée (N1), et celui-ci est assez trivial: $F0 < F2 = F1$ (le PMG est identique sous F1 et F2, et plus élevé de 1.2 mg/grain que sous F0, sans couverture fongicide).
- ✓ Les effets de F2 sur le rendement découlent donc d'une différence de NG/m² plus élevée de 1300 grains/m² sous F2 que sous F1 et F0 ($P < 10^{-4}$). Il n'y a pas d'interactions concernant les fongicides pour ce paramètre, si ce n'est que l'effet bloc est plus marqué sous F1 et F2 que sous F0.

Au final, la faible différence de rendement 'machine' constatée sur les parcelles F2, ne provient pas d'une augmentation du PMG, mais d'un nombre de grains plus élevé. Or il est peu crédible que le Solatenol®, dispensé une semaine avant l'épiaison, ait pu jouer sur ce facteur. Les valeurs "machine" sont en fait assez critiquables, car sur ces microparcelles l'effet "bordure" est très important (4 lignes de semis sur 9 plus les extrémités, soit la moitié de la surface). Nous préférons rapporter nos conclusions au prélèvement terminal d'une placette de 0.925 m², bien localisée et subdivisée en 5 répétitions.

3) Des résultats 'placette' négatifs

	Rendement (gMS/m ²)	PMG (mg/grain)	NG/m ² (milliers)	NE/m ²	NG/E
S N0F0	530 ± 72	33.4 ± 2.9	15.8 ± 0.8	379 ± 24	41.7 ± 3.1
S N0F1	612 ± 27	35.7 ± 2.7	17.2 ± 0.9	414 ± 57	41.9 ± 3.6
S N0F2	536 ± 121	33.7 ± 3.0	15.8 ± 2.4	379 ± 62	41.9 ± 0.5
S N1F0	772 ± 58	35.5 ± 1.1	21.7 ± 0.9	546 ± 27	40.0 ± 0.5
S N1F1	795 ± 73	37.8 ± 0.6	21.0 ± 1.6	506 ± 49	41.8 ± 1.2
S N1F2	788 ± 64	37.4 ± 1.1	21.0 ± 1.3	494 ± 48	42.8 ± 2.9
S N2F0	649 ± 48	35.1 ± 0.8	18.5 ± 1.0	529 ± 41	35.2 ± 1.6
S N2F1	570 ± 96	36.6 ± 0.8	15.6 ± 2.4	434 ± 56	36.2 ± 1.2
S N2F2	633 ± 41	34.6 ± 0.5	18.3 ± 1.0	545 ± 42	33.6 ± 1.2
T N0F0	623 ± 33	39.5 ± 1.4	15.7 ± 0.5	330 ± 9	47.7 ± 2.8
T N0F1	678 ± 55	41.1 ± 0.8	16.5 ± 1.0	335 ± 22	49.2 ± 0.8
T N0F2	591 ± 105	39.4 ± 0.5	15.0 ± 2.6	317 ± 57	47.3 ± 2.5
T N1F0	819 ± 25	41.4 ± 1.3	19.8 ± 0.5	434 ± 29	45.8 ± 2.4
T N1F1	850 ± 58	42.3 ± 1.2	20.1 ± 0.9	420 ± 38	48.3 ± 2.5
T N1F2	828 ± 75	42.6 ± 2.1	19.4 ± 1.0	407 ± 20	47.9 ± 0.3
T N2F0	679 ± 47	39.4 ± 1.1	17.2 ± 0.8	441 ± 22	39.3 ± 1.4
T N2F1	585 ± 12	40.4 ± 2.0	14.5 ± 1.0	386 ± 10	37.7 ± 1.5
T N2F2	678 ± 2	40.2 ± 2.1	16.9 ± 0.9	443 ± 50	38.4 ± 2.6

Tableau 5: Effets des traitements Cultivar (S= Soissons; T= Trémie), ITK (N0, N1, N2) et Fongicide (F0, F1, F2) sur les mesures obtenues par prélèvement placette. Pour chaque traitement est donnée la valeur moyenne et l'écart-type des 3 blocs. Les résultats de l'analyse de variance multifactorielle (modalités N2 exclues) sont donnés avec les *P*-values pour les effets simples (Cv, N, F, et Bloc) et les interactions de premier ordre. Voir les résultats plus détaillés en annexe.

	Rdt	PMG	NG/m ²	NE/m ²	NG/E
Cv	0.34%	0.00%	0.75%	0.00%	0.00%
N	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	43%
F	6%	3.84%	13%	2.64%	16%
Bloc	0.33%	8%	0.25%	0.00%	0.76%
CxN	49%	57%	17%	3.10%	73%
CxF	87%	70%	89%	87%	56%
CxB	75%	33%	83%	16%	59%
NxF	30%	33%	28%	3.40%	28%
NxB	66%	9%	76%	76%	99%
FxB	8%	25%	5%	1.72%	55%

Le tableau 5 récapitule les données de paramètres du rendement issues d'un prélèvement placette de 0.925 m² un peu avant la récolte machine. La lecture de ces résultats est plus claire que sur les microparcelles, puisque, sauf pour la densité épi, il n'y a pas d'interaction entre facteurs.

- ✓ En ce qui concerne les fongicides, les ANOVA n'indiquent pas d'effet significatif sur le rendement, ni sur le NG/m², ni sur le NG/E. Le PMG est significativement plus léger sous F0 que sous F1 (1.8 mg /grain; *P* <5%), mais sous F2 le PMG est intermédiaire, significativement différent ni de F0, ni de F1. Enfin la densité épi paraît vaguement plus faible (de 20 épis/m², *P* <5%) sous F2 que sous F0 ou F1, ce qui est sans doute un artefact.
- ✓ Les résultats concernant le rendement et le NG/m² sont donc contradictoires avec ceux obtenus par la récolte 'machine'. D'ailleurs un test apparié entre les résultats des deux méthodes indique entre eux une différence significative (*P* <10⁻⁴) dont nous avons l'habitude: les NG/m² et les rendements sont plus faibles selon la machine que selon les placettes, ce que nous attribuons aux bordures de la microparcelle.

- ✓ Par contre le test apparié sur le PMG indique qu'il n'y a pas de différence significative ($P > 5\%$) entre les mesures 'placette' et 'machine' qui s'alignent sur la première bissectrice ($r^2=0.8$). Les résultats de l'ANOVA, sont pour l'essentiel concordants, mais négatifs: le traitement F2 n'a pas permis d'augmenter le PMG par rapport au F1.
- ✓ Nous avons une troisième mesure indépendante du PMG grâce aux prélèvements hebdomadaires de brins sélectionnés. En effet le dernier d'entre eux a été réalisé au moment où l'échaudage de fin de cycle s'est produit (cf. fig.5). Il est donc représentatif du PMG final, bien que moins précis que les données placettes, puisque ces résultats ne reposent que sur 5 plantes seulement par microparcelle (cf. Matériel & méthodes), avec une surestimation du PMG, puisque ces plantes sont exemptes de piétin (cf. section 1). L'ANOVA sur ces échantillons reproduit cependant une troisième fois le classement observé entre modalités fongicide, mais sans effet significatif ($P > 5\%$).

4) Pas d'effet du Solatenol® sur la sénescence des couverts

L'IFVI est un indicateur intégré qui rend compte de toute la cinétique de sénescence des strates foliaires (Tab. 6)

	IFVI (dj·m ² /m ²)		IFVI (dj·m ² /m ²)		IFVI
S N0F0	644 ± 56	T N0F0	682 ± 36	Cv	36%
S N0F1	896 ± 108	T N0F1	855 ± 69	N	0.00%
S N0F2	754 ± 134	T N0F2	785 ± 76	F	0.04%
S N1F0	1260 ± 96	T N1F0	1133 ± 108	Bloc	0.13%
S N1F1	1402 ± 275	T N1F1	1388 ± 146	CxN	24%
S N1F2	1452 ± 156	T N1F2	1373 ± 233	CxF	97%
S N2F0	869 ± 24	T N2F0	789 ± 70	CxB	78%
S N2F1	690 ± 173	T N2F1	695 ± 94	NxF	30%
S N2F2	976 ± 130	T N2F2	954 ± 85	NxB	8%
				FxB	38%

Tableau 6: Effets des traitements Cultivar (S= Soissons ; T= Trémie), ITK (N0, N1, N2) et Fongicide (F0, F1, F2) sur l'IFVI des couverts. Pour chaque traitement est donnée la valeur moyenne et l'écart-type des 3 blocs. Les résultats de l'analyse de variance multifactorielle (modalités N2 exclues) sont donnés avec les P-values pour les effets simples (Cv, N, F, et Bloc) et les interactions de premier ordre. Voir les résultats plus détaillés en annexe.

Les valeurs d'IFVI de l'essai sont extrêmement faibles, environ un tiers de celles usuelles, pour deux raisons. D'une part la faible densité des peuplements a conduit à des LAI limitants (fig.4a). D'autre part, la sécheresse de fin de cycle a déclenché une sénescence prématurée. L'ANOVA n'indique pas d'interaction significative entre facteurs, et l'effet fongicide ($P < 0.1\%$) est assez trivial. On avait en effet constaté une attaque de septoriose en début de cycle, qui n'a pas pu totalement s'exprimer du fait de la sénescence précoce par stress hydrique. L'IFVI est donc significativement réduit de 180 dj·m²/m² sous F0, en l'absence de couverture fongicide. Par contre il n'y a pas de différence significative entre F1 et F2. Le Solatenol® ne semble pas avoir prolongé la vie verte de ces couverts soumis à carence hydrique.

5) Pas d'effet fongicide sur les échanges gazeux

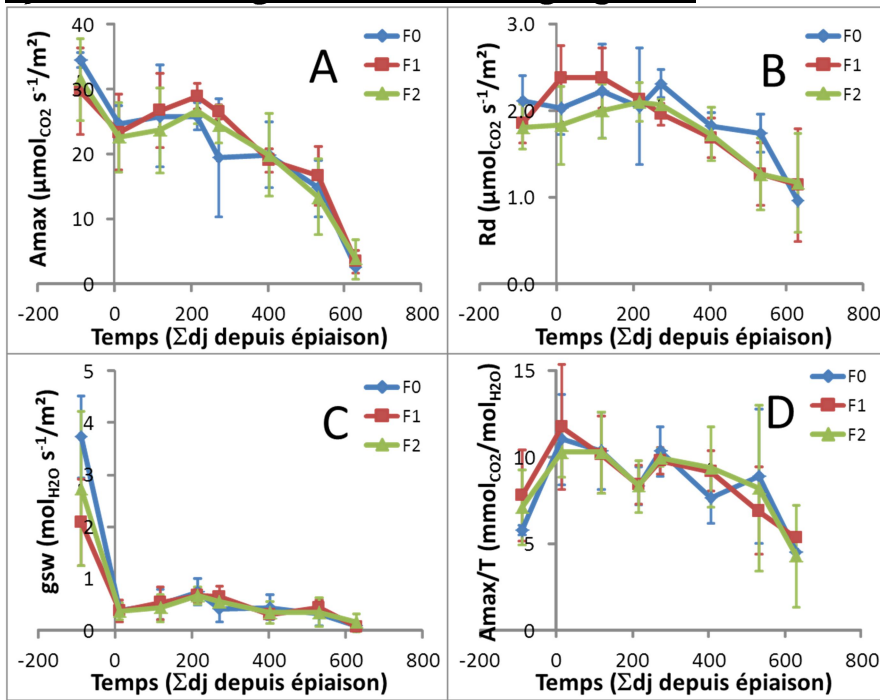


Figure 6: Evolution des échanges gazeux entre le 5 Mai et le 22 Juin 2015 pour le Cv Soissons sous ITK N1. Les trois traitements fongicides (F0, F1 et F2) sont reportés. Moyenne et écart-type pour les trois blocs considérés comme des répétitions

Les échanges gazeux des limbes étandard ont été suivis en condition standard sur des plantes prélevées entre le 5 Mai, veille du jour d'application du Solatenol® au champ, et le 22 Juin, dernière semaine où les feuilles sont encore vertes. La figure 6 détaille l'évolution de quatre variables issues de ces mesures pour la variété Soissons sous ITK N1 (voire en annexe les autres modalités). Les variables représentées sont l'assimilation brute en PPF non limitant (A_{max} ; A), la respiration (R_d ; B), la conductance stomatique (g_{sw} ; C) et le rapport entre A_{max} et transpiration (A_{max}/T ; D). Elles sont toutes rapportées à la surface foliaire (la surface non verte ne devient importante dans la zone mesurée qu'au dernier point).

Les barres d'erreur de la figure sont relativement importantes parce qu'elles considèrent les blocs comme des répétitions expérimentales alors que l'analyse statistique suggère au contraire qu'il s'agit du premier facteur de variation (tab.7). En réalité l'heure de mesure semble affecter les résultats, avec des échanges qui diminuent vers midi solaire bien que les plantes soient en conditions standard. Notre protocole expérimental (cf Matériel et Méthodes) a minimisé l'influence horaire sur l'estimation de l'effet fongicide en maximisant au contraire le biais sur l'effet bloc. La courbe 6C indique aussi une conductance beaucoup plus élevée la première semaine que les suivantes, ce qui pourrait être lié à des problèmes de régulation des chambres climatiques cette première semaine.

Une première analyse de variance a été réalisée sur les données des plantes prélevées le 5 Mai, avant séparation des modalités F1 et F2 (cf. Annexes). Si on exclut les données des plantes sous ITK N2, on obtient un effet cultivar et un effet bloc sur R_d et le rapport A_{max}/T . Tous les autres facteurs et toutes les interactions sont sans effet significatifs ($P > 5\%$). Et il n'y a aucun effet significatif sur A_{max} et g_{sw} .

Pour rendre compte de toutes les données après le 5 Mai, on a d'abord calculé par triangulation l'aire sous la courbe de chacune des variables ci-dessus entre l'épiaison (1 à 2 jours avant le deuxième point sur la figure 6) et la sénescence; les résultats sont rapportés au tableau 7. Comme on peut le constater, il n'y a aucun effet significatif sur la respiration R_d . Pour A_{max} , g_{sw} et A_{max}/T , on peut mettre en évidence un effet bloc dont la signification ($P < 10^{-4}$) est sans doute exagérée) et un effet ITK, voire un effet cultivar, mais pas d'effet fongicide.

	Amax (dj·mmol _{CO2} s ⁻¹ /m ²)	Rd (dj·mmol _{CO2} s ⁻¹ /m ²)	gsw (dj·kmol _{H2O} s ⁻¹ /m ²)	Amax/T (dj·mol _{CO2} /mol _{H2O})
S N0F0	12.6 ± 1.4	1.19 ± 0.00	0.28 ± 0.07	4.7 ± 0.5
S N0F1	12.5 ± 1.2	1.11 ± 0.04	0.27 ± 0.05	5.0 ± 0.6
S N0F2	11.5 ± 1.2	1.16 ± 0.17	0.22 ± 0.06	5.6 ± 0.6
S N1F0	12.4 ± 3.1	1.18 ± 0.07	0.27 ± 0.13	5.5 ± 1.1
S N1F1	13.4 ± 1.0	1.16 ± 0.11	0.29 ± 0.05	5.5 ± 0.7
S N1F2	12.6 ± 2.3	1.10 ± 0.14	0.27 ± 0.08	5.6 ± 1.2
S N2F0	12.3 ± 2.6	1.07 ± 0.04	0.28 ± 0.11	5.1 ± 1.2
S N2F1	11.7 ± 1.8	1.25 ± 0.07	0.24 ± 0.08	5.7 ± 1.2
S N2F2	12.3 ± 2.5	1.12 ± 0.11	0.24 ± 0.07	5.8 ± 1.1
T N0F0	10.6 ± 0.3	1.06 ± 0.05	0.25 ± 0.05	5.0 ± 1.0
T N0F1	10.5 ± 1.5	1.11 ± 0.19	0.25 ± 0.05	4.8 ± 0.2
T N0F2	11.1 ± 1.5	1.05 ± 0.06	0.26 ± 0.02	5.1 ± 0.2
T N1F0	11.1 ± 1.7	1.01 ± 0.11	0.25 ± 0.05	5.6 ± 0.2
T N1F1	12.5 ± 1.6	1.11 ± 0.13	0.31 ± 0.08	5.3 ± 0.4
T N1F2	12.6 ± 1.2	1.15 ± 0.09	0.30 ± 0.07	5.4 ± 0.8
T N2F0	11.6 ± 1.3	1.07 ± 0.11	0.28 ± 0.06	5.3 ± 0.8
T N2F1	12.7 ± 1.2	1.17 ± 0.04	0.33 ± 0.07	4.7 ± 0.7
T N2F2	10.3 ± 0.4	1.03 ± 0.07	0.21 ± 0.01	5.9 ± 0.9

Tableau 7: Effets des traitements Cultivar (S= Soissons; T= Trémie), ITK (N0, N1, N2) et Fongicide (F0, F1, F2) sur l'aire sous la courbe d'évolution des mesures d'échange gazeux entre épiaison et maturité. Pour chaque traitement est donnée la valeur moyenne et l'écart-type des 3 blocs. Les résultats de l'analyse de variance multifactorielle (modalités N2 exclues) sont donnés avec les *P*-values pour les effets simples (Cv, N, F, et Bloc) et les interactions de premier ordre. Voir les résultats plus détaillés en annexe.

	Amax	Rd	gsw	Am/Tr
Cv	0.10%	7%	60%	45%
N	0.37%	87%	1.96%	0.45%
F	27%	95%	28%	25%
Bloc	0.00%	12%	0.00%	0.00%
CxN	21%	79%	53%	95%
CxF	9%	32%	6%	25%
CxB	20%	31%	24%	14%
NxF	15%	80%	17%	45%
NxB	22%	85%	7%	21%
FxB	30%	74%	47%	49%

L'analyse de variance a été répétée sur les valeurs brutes en n'utilisant que les données des trois premières semaines (11, 18 et 25 Mai), et en introduisant un facteur date. Les résultats (cf. annexe) font apparaître de nombreuses interactions. Un effet fongicide distingue dans certains cas le traitement F0, mais il n'y a jamais de différence statistique entre F1 et F2

6) Pas d'effet du Solatenol® sur le RWC

Nous avons choisi de mesurer le contenu en eau relatif (RWC) au champ, comme une donnée complémentaire des mesures d'échanges gazeux en conditions standard (voir ci-dessus). Ces dernières indiquent le potentiel des plantes, et le RWC ce qu'elles font réellement au champ dans nos conditions. La première mesure a été réalisée sur des plantes prélevées la veille du jour d'application du Solatenol® et les suivantes les trois semaines qui ont suivi (fig. 7). Une dernière mesure a été réalisée le 11 Juin, qui fait apparaître une baisse marquante du RWC avec le début de sénescence, mais avec trop de variabilité entre feuilles pour être statistiquement exploitable. Bien que la fin de saison ait été marquée par un stress hydrique important (fig. 3), les mesures de la station météo de l'INRA indiquent une VPD horaire limitée au moment des prélèvements (de 0.7 à 1.5 kPa).

Les conditions étaient plus stressantes en fin d'après-midi, mais il ne nous était pas possible de traiter un tel nombre d'échantillons en commençant plus tard dans la journée.

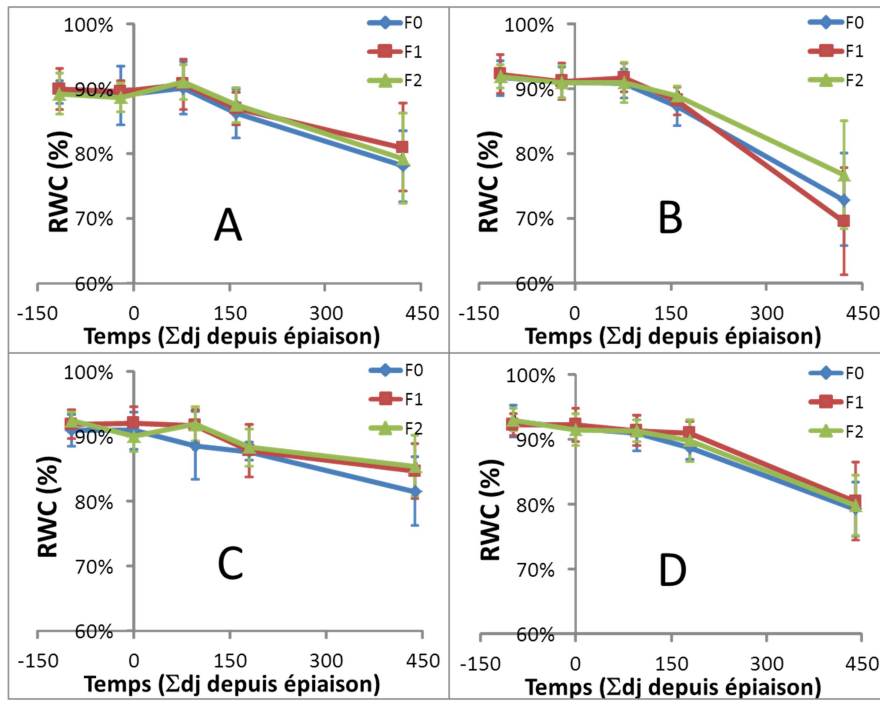


Figure 7: Evolution du contenu en eau relatif (RWC) des limbes étendard entre le 5 Mai et le 11 Juin 2015. A. Soissons ITK N0; B. Soissons ITK N1; C. Trémie ITK N0; D. Trémie ITK N1. Les trois traitements fongicides (F0, F1 et F2) sont reportés. Moyenne et écart-type pour les trois blocs considérés comme des répétitions

Une première analyse de variance a été réalisée sur les données des plantes prélevées le 5 Mai, avant séparation des modalités F1 et F2, en excluant les données des plantes sous ITK N2 (cf. Annexes). En fait les données de Soissons et Trémie ayant une dispersion statistiquement différente ($P < 1\%$), on a réalisé deux ANOVA avec les facteurs ITK, Fongicide et Bloc. L'ITK est significatif chez Soissons ($P < 10^{-3}$) comme chez Trémie ($P < 5\%$), avec dans les deux cas un RWC plus faible sous N0 que sous N1. Un effet bloc est également détecté pour Trémie ($P < 5\%$), mais il n'y a pas d'effet fongicide à cette date.

On a ensuite répété l'analyse de variance sur les données des trois premiers prélèvements après application du Solatenol®, soit les 11, 18 et 25 Mai (tab. 8). Les données sous ITK N0 et N1 ayant une dispersion statistiquement différente ($P < 10^{-4}$), on a réalisé deux ANOVA avec les facteurs Cultivar, Fongicide, Bloc et Date. En fait l'ANOVA sous N1 est un peu abusive, car ces données ne sont pas parfaitement gaussiennes (skewness et Kurtosis relatifs à 4.8 et 3.1, respectivement). On a donc vérifié ces résultats en comparant les échantillons pour le seul facteur Fongicide par le test t (comparaison de F0 à F1) ou le test W (comparaisons de F0 et F1 à F2). Les résultats recourent ceux de l'ANOVA qui est présentée au tableau 8 pour son aspect synthétique.

Sous les deux ITK N0 et N1, on observe deux effets très significatifs ($P < 10^{-4}$) de la date (le RWC commence à décliner dès le 25 Mai), et du bloc (le bloc 3 est plus sec que les autres). On observe même un effet cultivar, avec une RWC plus faible chez Soissons que chez Trémie ($P < 1\%$). L'effet fongicide reste significatif ($P < 5\%$), mais il distingue seulement les plantes non protégées F0 des plantes F1 (écart de 1,0% en moyenne). Les plantes F2 ont une RWC inférieure de 0.3% aux plantes F1 qui les rend non significativement différentes ni des F0 ni des F1 ($P > 5\%$).

	RWC 11 Mai (%)	RWC 18 Mai (%)	RWC 25 Mai (%)		NO	N1
S N0F0	89% ± 5%	90% ± 4%	86% ± 4%			
S N0F1	90% ± 2%	91% ± 4%	87% ± 3%			
S N0F2	89% ± 2%	91% ± 3%	88% ± 3%			
S N1F0	91% ± 2%	91% ± 2%	87% ± 3%			
S N1F1	91% ± 3%	92% ± 2%	88% ± 2%			
S N1F2	91% ± 2%	91% ± 3%	89% ± 1%			
S N2F0	91% ± 3%	89% ± 3%	86% ± 4%			
S N2F1	89% ± 3%	89% ± 3%	85% ± 4%	Cv	0.62%	0.15%
S N2F2	92% ± 2%	92% ± 3%	88% ± 2%	F	3.33%	3.24%
T N0F0	91% ± 3%	89% ± 5%	88% ± 1%	Bloc	0.00%	0.00%
T N0F1	92% ± 3%	92% ± 2%	88% ± 4%	Date	0.00%	0.00%
T N0F2	90% ± 2%	92% ± 3%	88% ± 3%	CxF	68%	55%
T N1F0	92% ± 1%	91% ± 3%	89% ± 2%	CxB	0.63%	54%
T N1F1	92% ± 3%	91% ± 2%	91% ± 2%	CxD	10%	3.93%
T N1F2	92% ± 2%	91% ± 2%	90% ± 3%	FxB	15%	74%
T N2F0	91% ± 4%	91% ± 3%	87% ± 3%	FxD	6%	42%
T N2F1	89% ± 3%	91% ± 3%	87% ± 3%	BxD	0.02%	9%
T N2F2	92% ± 2%	92% ± 3%	89% ± 4%			

Tableau 8: Effets des traitements Cultivar (S= Soissons; T= Trémie), ITK (N0, N1, N2) et Fongicide (F0, F1, F2) sur le contenu en eau relatif mesuré les 11-18 et 25 Mai, soit 1,2 et 3 semaines après application du traitement F2. Pour chaque traitement est donnée la valeur moyenne et l'écart-type des 3 blocs. Les résultats d'analyses de variance multifactorielles sont donnés avec les *P*-values pour les effets simples (Cv, F, Bloc et Date) et les interactions de premier ordre. Voir les résultats plus détaillés en annexe.

7) Pas d'effet fongicide sur la qualité des récoltes

En plus des observations précédentes qui portaient surtout sur le métabolisme carboné, nous avons testé la qualité des récoltes, exprimée par la teneur protéique des grains (GPC), qu'on a estimée en multipliant par 5.75 la teneur azotée (méthode Dumas) des grains du prélèvement placette (Tab. 9)

	GPC (%MS)		GPC (%MS)	
S N0F0	9.5 ± 0.6	T N0F0	7.9 ± 0.4	0.01% Cv
S N0F1	9.2 ± 1.4	T N0F1	8.2 ± 0.5	0.00% N
S N0F2	9.2 ± 0.8	T N0F2	8.1 ± 0.2	52% Fon
S N1F0	10.6 ± 0.6	T N1F0	9.4 ± 0.2	63% Bl
S N1F1	11.0 ± 0.4	T N1F1	10.1 ± 0.4	97% CxF
S N1F2	11.3 ± 0.8	T N1F2	9.6 ± 0.7	67% CxN
S N2F0	9.9 ± 0.1	T N2F0	9.2 ± 0.4	38% CxB
S N2F1	9.2 ± 0.4	T N2F1	7.9 ± 0.7	53% Nx F
S N2F2	10.0 ± 0.6	T N2F2	9.2 ± 0.2	32% Nx B
				94% Fx B

Tableau 9: Effets des traitements Cultivar (S= Soissons ; T= Trémie), ITK (N0, N1, N2) et Fongicide (F0, F1, F2) sur la teneur protéique des grains. Pour chaque traitement est donnée la valeur moyenne et l'écart-type des 3 blocs. Les résultats de l'analyse de variance multifactorielle (modalités N2 exclues) sont donnés avec les *P*-values pour les effets simples (Cv, N, F, et Bloc) et les interactions de premier ordre. Voir les résultats plus détaillés en annexe.

D'après les résultats de l'ANOVA, on observe que deux facteurs présentent des différences significatives: la variété et la stratégie de fertilisation azotée. Soissons a une GPC significativement supérieure à celle de Trémie ($P < 10^{-3}$), tandis que les parcelles N1 plus fertilisées donnent de meilleurs résultats que les N0 ($P < 10^{-4}$). Aucun autre effet n'est observé, ni d'interaction entre facteurs. En particulier, nous n'avons pas observé d'effet fongicide, sans doute parce que la maladie n'a pas pu s'exprimer pleinement.

Conclusion- Perspectives

En synthèse, notons que cet essai a bien répondu aux objectifs fixés dans les points A1 et A2 de la demande initiale : la variabilité induite par les traitements azotés et les deux variétés est importante, les conditions de culture ont été limitantes (permettant de tester l'hypothèse qu'en conditions de stress l'effet de Solatenol® s'extériorisera plus qu'en conditions optimales), les modalités fongicides appliquées aux stades requis.

Dans ce contexte pédoclimatique néanmoins, force est de constater un développement limité de la septoriose, néanmoins contrôlé de manière significative par les deux modalités fongicides, et une durée de remplissage réduite par un stress hydrique tardif pour toutes les modalités, qui a pu limiter l'expression tardive de différences entre modalités fongicides.

La conclusion majeure de cet essai est : 1) l'absence d'effet du Solatenol® en adjonction T2 sur le rendement et son élaboration, quel que soit le traitement azoté et quelle que soit la variété. De même aucun effet sur la teneur en protéines des grains n'est observé. Par contre, validant la qualité de cet essai, on retrouve bien les effets de l'azote et de la variété sur le rendement et ses composantes, ainsi que sur la teneur en protéines finales des grains. Une hypothèse serait que la durée écourtée de remplissage par le stress hydrique tardif n'a pas permis d'exprimer les effets attendus du Solatenol® sur ces variables ; c'est totalement cohérent avec l'absence notable d'effet fongicide sur l'IFVI. Néanmoins, les expérimentations initiales de Stein montraient un effet plutôt précoce suite à l'application du produit.



Nous avons donc recherché à l'échelle foliaire des effets physiologiques précoces suite au T2 sur les variables d'intérêt que nous avons fixé ensemble à Stein: l'assimilation nette (AN), la conductance stomatique (gsw) et le contenu en eau relatif (RWC) des feuilles étendard. Encore une fois, aucun effet du traitement fongicide n'est notable, y compris juste après traitement. Au moment des mesures d'échanges gazeux, réalisées sur des plantes moyennes prélevées au champ puis placées en conditions contrôlées, aucun stress hydrique n'était notable. Au moment de celles de RWC, le stress était représentatif des conditions de la culture. Donc, à court et moyen terme, il ne semble pas que le Solatenol® ajouté au T2 joue sur AN, gsw ou RWC, ce qui est cohérent avec l'absence d'effets sur le rendement et ses composantes.

Dans leur ensemble, les résultats de cet essai, qui répond en grande partie aux volets A1 et A2 de la demande initiale, n'a pas permis de mettre en évidence un effet du produit sur le fonctionnement physiologique des couverts de blé ni sur l'élaboration du rendement et de la qualité pour deux variétés contrastées menées en conditions de nutrition azotée également contrastées.

Il nous semble donc difficile, en l'absence d'hypothèse tangible, d'aller plus avant dans une expérimentation en conditions contrôlées. En accord avec le commanditaire, nous suggérons de renoncer à cette part de la prestation.

ANNEXE 1

Protocole Expérimental détaillé

  UMR Ecosys	Protocole Expérimental	Réf. :
	Champs 2015	Version : Date : 18 Mai 2015 Page 19 sur 24 Fichier : 2015 Champs.docx

Mots-clés : SDHI, Solatenol®, Surface Verte, Durée de vie verte, Rendement, Composantes du rendement, Assimilation nette, RWC

Liste de diffusion : Interne et contractuelle

Liste des documents associés : Rapport de stage de fin d'études confidentiel de T Jelsch

M-O Bancal; P Bancal postes 5546 -5557 Mi Octobre 2014 - Fin Juillet 2015			
	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom :	Bancal Pierre	Bancal MO	Lafouge F
Fonction :	Chercheur	Ens. Chercheur	Resp. équipe technique
Visa :			

<p>Précautions particulières hygiène et sécurité : RAS hormis les délais de pénétration parcelle après traitement</p> <p>Compétences impliquées : mesures d'ANette , RWC, Surface verte et maladies par scan et analyse images, agronomie de terrain</p> <p>Personnes envisagées: 1 AI (2j/sem) ; 2 TR 1j/sem ; 2 stagiaires (3-6 mois) ; 2 chercheurs</p> <p>Lieu: Parcelle UE AVII 4-6</p>

<p>Contexte : Dans le cadre d'un contrat de prestation de service avec Arvalis, mais en association avec la société Syngenta, il s'agit de réaliser à l'INRA une expérimentation utilisant l'effet "stay green" développé par un fongicide expérimental de Syngenta. Syngenta souhaite caractériser l'origine physiologique de l'effet "stay green" dudit fongicide et montrer son intérêt agronomique (ou non) en termes de rendement et de qualité (teneur protéique des grains).</p> <p>Problématique :</p> <p>L'Indice Foliaire Vert Intégré (IFVI) est un critère important de l'élaboration du rendement des couverts végétaux qui permet de discriminer entre le potentiel permis par la photosynthèse foliaire et les facteurs qui réalisent ce potentiel en rendement. Un premier travail (INRA Arvalis etc...) a permis d'initier la mise au point d'un indicateur permettant de distinguer les effets année X site [E] de ceux du génotype [G]. Cet indicateur manque cependant de valeurs de validation pour les forts niveaux d'IFVI. De plus, malgré un jeu de données conséquent regroupant 165 couples [E ; G], force est de constater que 1) toute la gamme d'IFVI n'est pas explorée par chacun des génotypes ; 2) on n'a pas étudié l'influence de l'élaboration de l'IFVI par différentes voies (LAI floraison faible & sénescence du couvert tardive vs LAI floraison fort & sénescence rapide) ce qui pourrait être lié à 3) des dynamiques contrastées de remobilisation de l'azote foliaire vers les grains.</p> <p>L'INRA Grignon (UMR INRA-AgroParisTech EGC), et Arvalis poursuivent leur collaboration pour approfondir l'étude des mécanismes en jeu dans la relation IFVI-rendement-protéine. Cela se traduit actuellement par une thèse (04/2014-04/2017) cofinancée, qui inclut également l'Université de Nottingham (équipe de MJ Foulkes).</p>
--

Intérêt expérimental du fongicide pour l'INRA et Arvalis :

L'utilisation de fongicide jouant sur l'IFVI toutes choses égales par ailleurs permettrait de répondre à plusieurs questions soulevées ci-dessus :

- permettre l'obtention de fortes valeurs d'IFVI pour l'ensemble des géotypes, et donc une estimation plus fiable du rendement potentiel à fort IFVI D'une part, on pourrait ainsi fiabiliser l'indicateur, d'autre part on améliorerait ainsi la caractérisation variétale.
- s'affranchir des interactions (année x site X ITK) pour étudier la relation entre IFVI et rendement
- analyser si les modifications de l'IFVI sont liées à des dynamiques de l'azote absorbé et remobilisé entre les organes
- optimiser les stratégies d'élaboration de l'IFVI : (LAI vs. sénescence)

Nous proposons donc l'essai ci-dessous en parcelles expérimentales. Il ajoute une modalité FON Syngenta aux essais INRA, à comparer avec une protection FON classique pour deux variétés contrastées choisies selon les critères de recherche de l'INRA. Sur ces essais, on obtiendra les paramètres d'élaboration du rendement (NE/m², NG/E, PMG) et de l'IFVI (LAI, T), ainsi que la teneur protéique des grains.

Dispositif expérimental :

- L'expérimentation comprend les deux cultivars Soissons et Trémie, Soissons est une variété à petits grains qui talle beaucoup; Trémie une variété à gros grains qui talle peu. Toutes deux sont sensibles à la septoriose.

Géotype	Année Inscr	Précocité Montaison	Précocité Epiaison	NE/m ²	PMG	GPC	Rouille brune	Rouille jaune	Septo. tritici
Soissons	1988	4	7	8	3	4	2	6	5
Trémie	1992	4	7	2.5	6	2?	6	5	4

- L'expérimentation comprend trois modalités de nutrition azotée (N) différant par la densité de semis et le plan de fertilisation suivant (dates approximatives, ce sont les stades qui comptent):

N	Densité Semis	Apports N (U)			
		Sortie Hiver	1 Nœud	2 Nœuds	Gonflement
		15 Mars	10 Avril	20 Avril	10 Mai
0	150 grains/m ²	45-RSH	0	55	0
1	220 grains/m ²	120-RSH	120	0	0
2	450 grains/m ²	60-RSH	90	0	90

- ✓ N0 correspond à une conduite extensive à faibles intrants avec des INN floraison autour de 0,6 et des couverts clairs (LAI # 2,0).
- ✓ N1 maximise l'absorption avant floraison et conduit à un tallage surabondant avec ombrage des parties basses → INN floraison vers 0,8, LAI #4,5. L'absorption post-floraison représente 25% du rendement azoté et la teneur protéique 10,5%.
- ✓ N2 passe par une carence précoce, puis maximise l'absorption après floraison → INN floraison vers 0,8, LAI #3. L'absorption post-floraison représente 40% du rendement azoté et la teneur protéique 12,0%.
- En outre, trois types de protection sanitaire seront appliqués à chaque variété et chaque ITK.
 - ✓ Certaines parcelles (F0) ne seront pas protégées contre les maladies foliaires tardives, mais seulement contre les maladies du pied (*Unix-Max*[®] 2,5 L/ha [=cyprodinil 75 mg/m²] seulement).
 - ✓ D'autres (F1) recevront en plus une couverture fongicide complète à base de triazoles (protocole Syngenta) avec au moins deux apports (2Noeuds et Gonflement).

- ✓ Le dernier niveau de protection fongicide (F2) utilisera en plus de F1 la molécule Syngenta fournie par cette société avec le protocole d'utilisation.

- L'ensemble définit 9 ITK selon le tableau suivant:

Fertilisation	Protocole de traitements fongicides		
	F0	F1	F2
N0	1	2	3
N1	4	5	6
N2	7	8	9

- Chaque modalité est répétée trois fois, soit un total de $2cv \times 3N \times 3fon \times 3blocs = 54$ parcelles utiles, correspondant à un train de semis (1,75 m de large = 9 rangs de plantes) sur 26 m longueur, soit 45,5 m².
- Les 54 parcelles sont agencées selon un dispositif en split plot, avec l'azote en principale, les fongicides en sub-plot et le génotype en sub-sub-plot (Localisation: Vignes AVII 4-6; le train n°1 est le plus près de la route vers Plaisir)

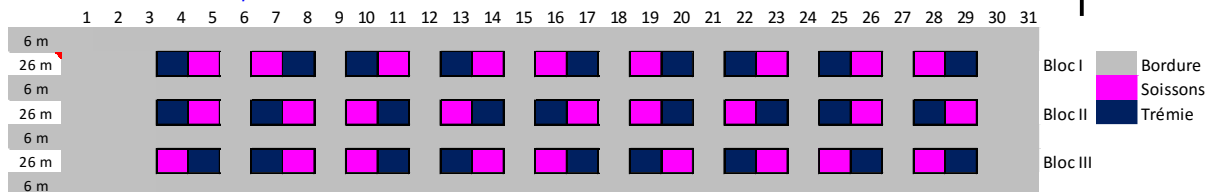
Split-plot avec ITK en principale, fongicide en sub-plot et génotype en sub-sub-plot

Parcelle = VIGNES AVII 4-6

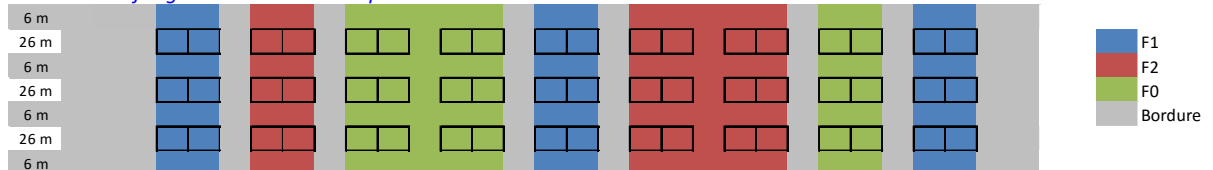
$3 \times 26 + 4 \times 6 = 102$ m

↑
PLAISIR

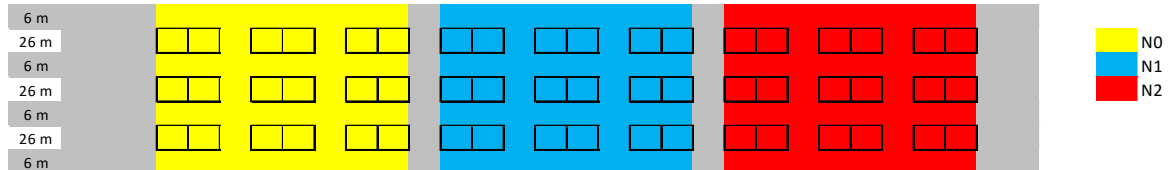
2 niveaux de Cv S-T en répartition aléatoire



3 niveaux de fongicides F0-F1-F2 en répartition alterne



3 niveaux d'azote N0-N1-N2



Préparation / Mise en place / Installation :

- Les semences sont commerciales et pré-traitées. Les doses seront préparées pour 26m de longueur, selon le PMG et la faculté germinative pour chaque ITK. On pèse dans des sacs papiers à classer selon l'ordre de semis (semoir de précision Inotec). **Temps estimé : 1 x ½J x 1 personne**
- Pendant l'hiver, on quantifiera le % de levée (comptage sur 2x50 cm/parcelle). **Temps estimé : 1 x ½J x 2 personnes**
- En début de montaison, on repérera dans chacune des 54 parcelles une zone homogène de 2m de long (si pb de levée, homogénéisation en sortie d'hiver par déplacement de plantes). **Temps estimé : 1 x ½J x 1 personne**
- Fin mai, les dates d'épiaison et de floraison de chacune des 54 parcelles seront estimées par comptages trihebdomadaires non destructifs de 15 épis successifs. **Temps estimé : 8 x ¼J x 2 personnes**

Précautions particulières :

- Eviter les bords de route qui entraînent une hétérogénéité de contaminations des parcelles non traitées.
- Le semoir de précision est demandé afin d'aboutir à un semis régulier ! Préparer le terrain plusieurs jours à l'avance si nécessaire (semis demandé Mi-Octobre).
- Les doses du 1^{er} apport, mi-Mars, sont calculées selon le résultat des mesures RSH. En précédent Blé, on peut estimer le RSH à 30 si les mesures ne sont pas disponibles à temps.
- Les calendriers de fumure et de traitement doivent être respectés, afin que les stress se produisent aux stades de développement programmés, ni plus tôt ni plus tard.

Mesures en plus des prélèvements hebdomadaires:

- De la semaine 19 à la semaine 23, on effectuera dans chaque parcelle une acquisition hebdomadaire hors zone repérée de la teneur en eau relative des limbes F1 (5 limbes par parcelle, cf Mode opératoire). **Temps estimé : 5 × 2J × 2 personnes**
- De la semaine 19 à la semaine 27, on effectuera dans chaque parcelle une acquisition hebdomadaire hors zone repérée des paramètres de photosynthèse des limbes F1 (une plante par parcelle, cf Mode opératoire). **Temps estimé : 9 × 1J × 2 personnes**
- Hors zone repérée, on prélèvera à l'anthèse (semaine 21) deux placettes non adjacentes de 2×0,5 m linéaire (soit 0,35 m² par parcelle), les brins étant arrachés avec leurs racines. Les deux placettes seront traitées séparément comme des répétitions. **Temps estimé : 2 × 1J × 6 personnes**
 - ✓ Les plantes prélevées (environ 35 par placette) sont séparées en brin maîtres, en talles montantes (SF>3) et en talles juvéniles (SF <3).
 - ✓ Avant de couper les racines, séparer les brins maîtres, les talles montantes (SF>3) et les talles juvéniles (SF <3). Compter et peser séparément en frais à ±0,1 g; noter ces valeurs.
 - ✓ Dans une des deux placettes Sélectionner un lot de 5 brins maîtres dont le poids frais individuel est égal ±0,5 g à la médiane des maîtres brins de la placette (≈ poids frais moyen). Noter le poids frais du lot qui sera utilisé comme point Zéro.
 - ✓ Le reste des placettes (en sus des brins maîtres sélectionnés) est séché à l'étuve à 80°C, puis pesé à ±0,01 g. Après broyage, il servira à la détermination de l'INN.
- Vers la mi-juillet (semaine 29), les cinq rangs centraux des 54 zones repérées seront prélevés sur 1 m de long (soit 0,875 m² en tout). Les cinq rangs seront traités séparément comme des répétitions. On coupera tous les brins au niveau du sol. **Temps estimé : 1 × ½J × 4 personnes** A partir de ces échantillons, on déterminera le nombre de brins épiés et de tardillons, et enfin la biomasse totale et la biomasse épi de chaque échantillon. **Temps estimé : 1 × 4J × 3 personnes.** Après battage, on pèsera balle et grains, on comptera un aliquote de grains pour déterminer le PMG. Enfin on déterminera la teneur protéique de cet aliquote. **Temps estimé : 1 × 4J × 3 personnes**
- On demandera à l'UE ses paramètres de récolte (Rendement-machine et PMG), et on récupèrera des grains pour déterminer leur teneur protéique.

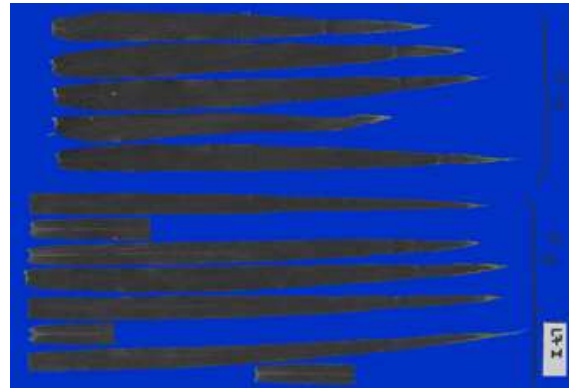
Précautions particulières :

- La récolte doit être faite le plus tard possible, mais avant moisson par l'UE
- Mettre au point des routines Licor pour Amax et Resp des F1 et épi

Les prélèvements hebdomadaires (semaines 22 à 28):

- Le suivi sera assuré par prélèvements hebdomadaires de 5 brins par parcelle dans les 5 rangs centraux, hors zone repérée. A part ceux du point zéro, ce sont les brins repérés d'après la longueur de leur épi (cf. ci-dessus). **Temps estimé : 7 × 1J × 6 personnes**
- Ces épis sont ensuite rapportés au labo et traités comme suit:

- ✓ Couper **les limbes** exactement au niveau de la ligule et préparer un transparent à scanner pour les limbes des étages 1 à 4 (les feuilles du bas ne sont pas scannées). Même si certains sont morts, les cinq limbes de chaque étage d'une placette sont regroupés sur un même transparent identifié, puis scannés (Format Tiff; 300 dpi; couleurs brutes). NB : les limbes ne doivent pas dépasser du transparent; couper leur base s'ils sont trop long (cf. photo).
- ✓ Après le scan, récupérer les limbes du transparent en barquettes séparées. Stocker à 5°C avant hachage. Peser chaque lot de limbes, et noter le PF sur la feuille correspondante. Découper aux ciseaux en tronçons de 5 mm, de manière à prélever une aliquote de 225 ±25 mg. Peser ces aliquotes dans un tube carré, et noter les poids correspondants. Déposer dans chaque tube carré des billes d'innox (deux de diamètre 5 mm ou 3 de diamètre 4,5 mm), fermer et congeler à -80°C. Le reste des limbes est placé dans un sachet étiqueté (étages séparés) à lyophiliser.
- ✓ Couper **l'épi** exactement au niveau des glumes les plus basses, puis l'ensacher. Couper **les tiges** au-dessus des nœuds et les ensacher.
- ✓ A ce stade, les brins ont été disséqués en six parties dans des sachets étiquetés : Limbe 1 - Limbe 2 - Limbe 3 - Limbe 4- Tige + Gaines - Epi. Stocker à -20°C avant de lyophiliser une semaine.
- ✓ Chaque échantillon est étiqueté par un numéro de type $\alpha\beta\gamma\delta.\epsilon$, où α est le numéro de prélèvement (0 à 8), β celui de Cv (S ou T), γ celui d'ITK (1 à 9), δ celui de bloc (de 1 à 3) et ϵ celui d'organe (de 1 à 7).



01.06.15 T n2f0 I PB 3T71.5 T+G
--

Précautions particulières :

•

Manipulations différées dans le temps

- Echantillons séchés: Peser chaque échantillon étuvé à ±0,1 mg et noter le PS correspondant dans le fichier. **Temps estimé : 8 × 1J × 2 personnes**
- Scans des limbes: Récupérer une copie des fichiers correspondants et estimer la surface et le %vert des limbes (logiciel Assess). **Temps estimé : 8 × ¼J × 1 personne** Corriger les surfaces des limbes de leur rétractation après le début de la sénescence en utilisant la relation longueur-surface des limbes bien vert. Ajuster les résultats de %vert à des sigmoïdes et recalculer l'IFVI pour chaque strate. **Temps estimé : 3 × 1J × 1 personne**

Précautions particulières :

Besoins estimés en matériel d'expérimentation et consommables :

- Nbre d'échantillons des pts 0-8: $54 \times 9 = 486$. Nbre de sachets: $486 \times 6 = 2916$. Nbre de planches