

FsoV

Limagrain 

ARVALIS
Institut du végétal

syngenta

NIAB

Momont
LA FORCE FERTILE

KWS



PROSYN : Apport des blés synthétiques à l'amélioration conjointe de la productivité, de la teneur en protéines et l'efficience d'utilisation de l'azote

Jérémy DERORY, Matthieu BOGARD, Philippe MOMONT, Sebastien CAIVEAU, Phil HOWELL, Céline DUQUE, Constance LAVERGNE, Katia BEAUCHENE, Jacob LAGE, Olga ZHADENOVA



Pourquoi s'intéresser à l'efficacité d'utilisation de l'azote chez le blé tendre?

❑ NUE pour Nitrogen Use Efficiency (Moll *et al.* 1982)

$$\text{NUE} = \text{Rendement grain} / \text{Azote disponible}$$

❑ Contexte économique/géopolitique

- ✓ Poste majeur des charges opérationnelles d'une exploitation
- ✓ Hausse des prix du gaz sous l'effet des crises géopolitiques et de la raréfaction de la ressource

❑ Contexte agropédoclimatique

- ✓ La montaison coïncide avec une période de faible pluie, provoquant un retard d'accessibilité de l'azote

❑ Contexte législatif

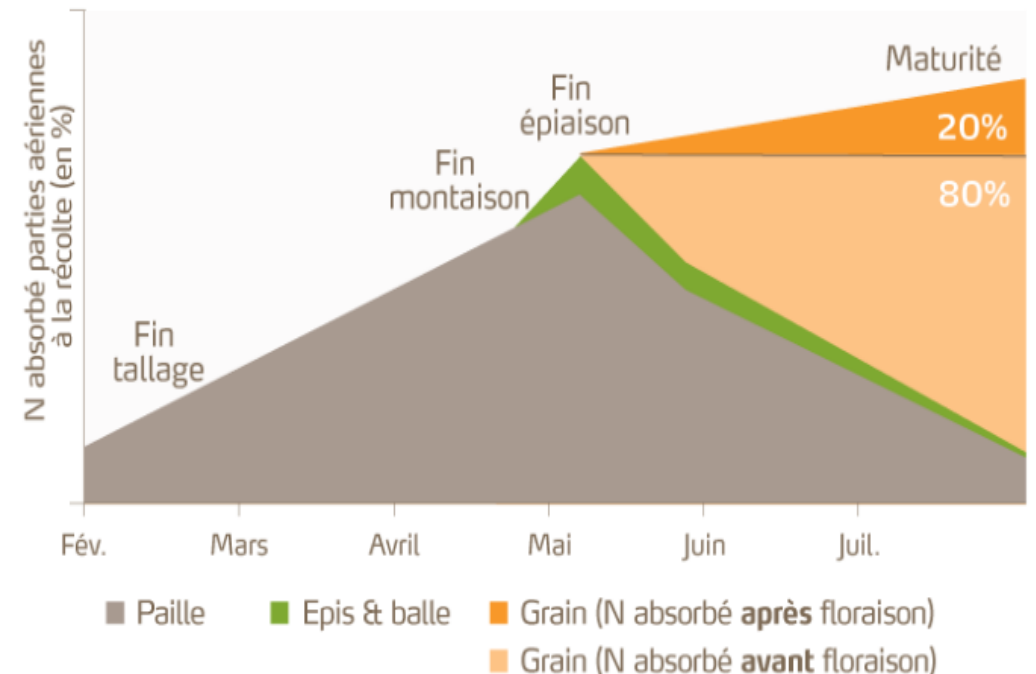
- ✓ Directive Nitrates EU
- ✓ Loi climat FR



La fertilisation azoté du blé tendre

- ❑ Apport N minéral moyen: 164 kg/ha*
- ❑ Trois apports conseillés:
 - ✓ Tallage: maintenir l'alimentation azotée du blé jusqu'à montaison
 - ✓ Début de montaison: satisfaire les besoins élevés du blé pour la croissance (biomasse)
 - ✓ Emergence de la feuille étendard: assurer la production de grains et une teneur en protéines élevée

Transfert de l'azote au cours du cycle du blé

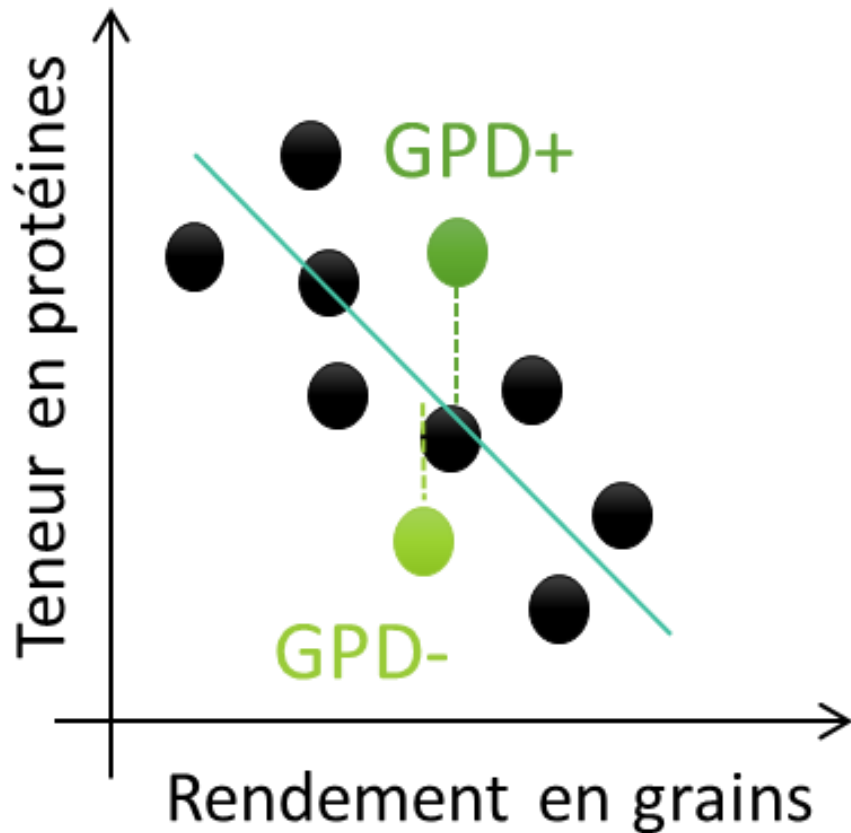


*Source : SSP - Agreste - Enquête Pratiques culturales en grandes cultures 2019

Note de lecture : la quantité moyenne d'azote organique apportée pour le blé tendre est de 9,5 kg/ha.



Qu'est ce que le GPD?



- ❑ GPD pour **Grain Protein Deviation** ou Ecart de teneur en Protéines du Grain (Monaghan *et al.* 2001)
- ❑ GPD = Ecart à la droite de régression
- ❑ Phénomène de dilution: les protéines sont diluées dans l'amidon contenu dans les grains
 - ✓ Pente estimée à 1% t/ha (Le Buanec, 1999; Triboi *et al.* 2006)
 - ✓ Cette relation traduit aussi les différences variétales → effets génétiques



Les objectifs du projet PROSYN

- ❑ PROSYN vise à étudier et exploiter une collection originale de 250 lignées d'introgression de blés synthétiques (SHW) dans un fond élite adapté (Robigus).
 - ✓ Caractérisation phénotypique de lignées d'introgressions de blés synthétiques dans un réseau d'essais multi-local
 - ✓ Identification des lignées supérieures pour le GPD, le rendement et l'efficacité d'utilisation de l'azote
 - ✓ Identification des régions génomiques associées avec les caractères d'intérêts



Un projet d'exploitation de ressources génétiques

188 lignées issues de croisement Robigus / SHW et
43 lignées issues de croisements Robigus / tetraploïde

Essais 2017
231 lignées

- ✓ 7 pépinières d'observation
- ✓ 1 essai zéro azote
- ✓ Multiplication semences
- ✓ Sélection maladies et/ou tallage et/ou architecture épi

Essais 2018
121 lignées

- ✓ 7 pépinières maladies (Rouille jaune, Mildiou, Septoria)
- ✓ 7 essais rendement/GPD
- ✓ 5 essais rendement sous azote faible

Essais 2019
45 lignées

- ✓ 15 essais rendement/GPD
- ✓ 9 essais rendement sous azote faible



Une première année d'observation en pépinière (2017)

Forte susceptibilité
rouille jaune malgré
une année à faible
pression (0→100%)

Présence de
mélanges

121/231 lignées sélectionnées dans au
moins 1 environnement, dont 9 dans tous
les environnements



Un projet d'exploitation de ressources génétiques

188 lignées issues de croisement Robigus / SHW et
43 lignées issues de croisements Robigus / tetraploide

Essais 2017
231 lignées

- ✓ 7 pépinières d'observation
- ✓ 1 essai zéro azote
- ✓ Multiplication semences
- ✓ Sélection maladies et/ou tallage et/ou architecture épi

Essais 2018
121 lignées

- ✓ 7 pépinières maladies (Rouille jaune, Mildiou, Septoria)
- ✓ 7 essais rendement/GPD
- ✓ 5 essais rendement sous azote faible

Essais 2019
45 lignées

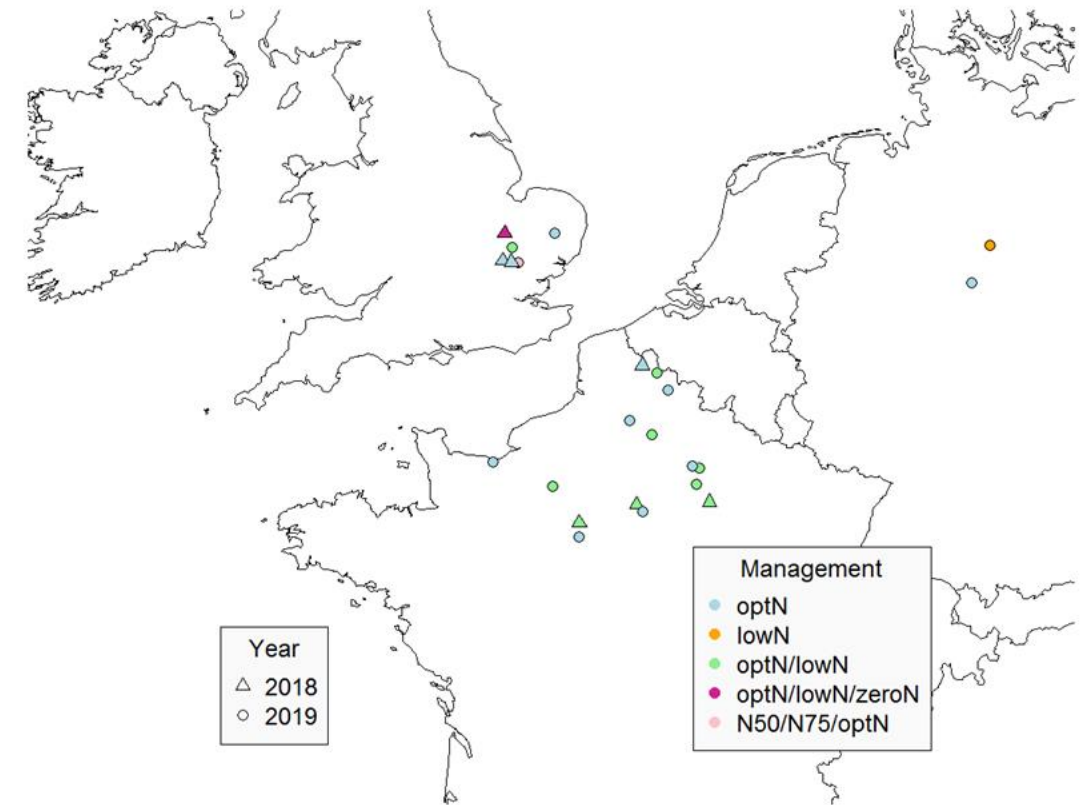
- ✓ 15 essais rendement/GPD
- ✓ 9 essais rendement sous azote faible



Les essais rendement et GPD en 2018

- ❑ Un dispositif expérimental sur 7 lieux
 - ❑ 12 modalités au total

- ❑ Caractères phénotypiques:
 - ✓ Date d'épiaison
 - ✓ Hauteur de plante
 - ✓ Notations opportunistes
 - ✓ Rendement grains
 - ✓ Teneur en protéines du grain
 - ➔ **Grain Protein Deviation**
 - ✓ Poids spécifique
 - ✓ Poids de Mille Grains



Essais azote 2018 - NIAB



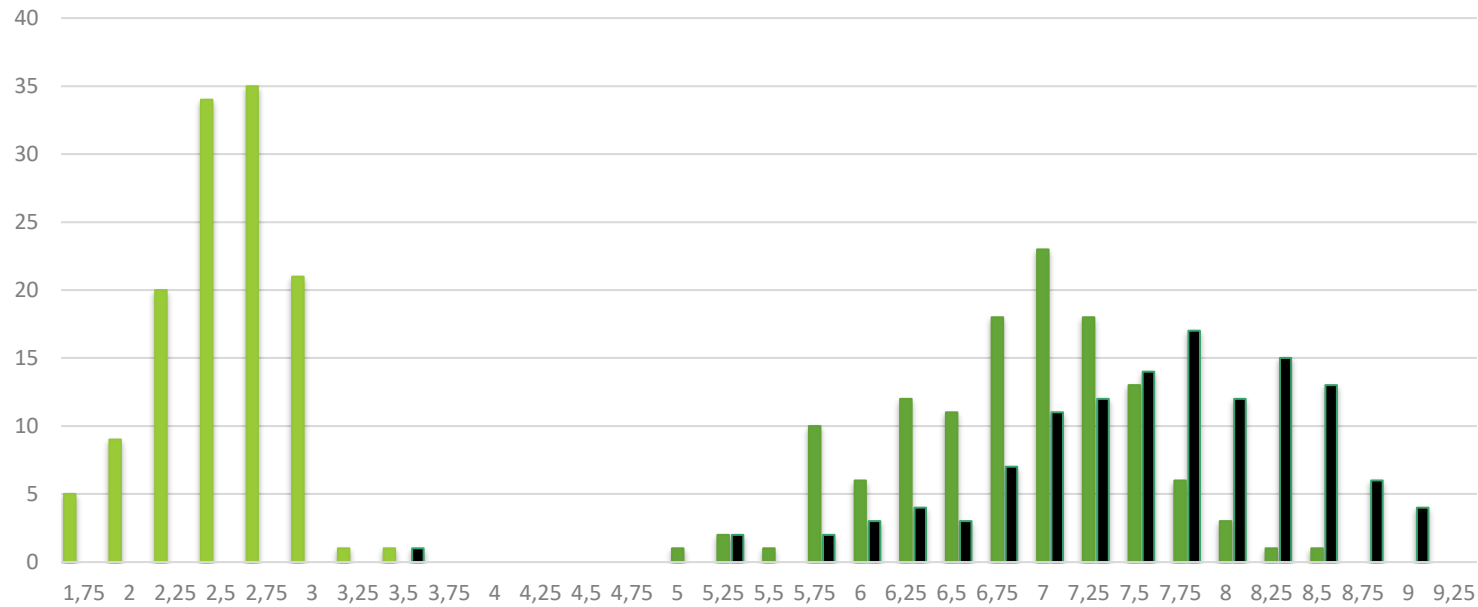
N0 moyenne 2.69 t/ha
Gamme 1.79-3.56



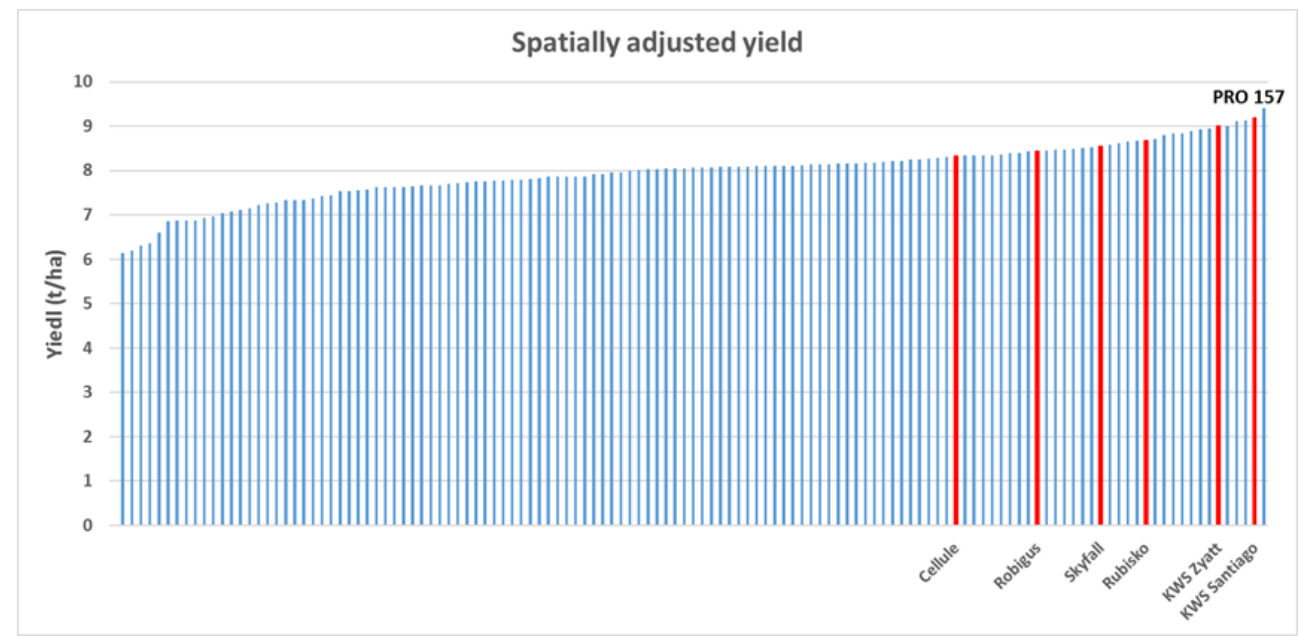
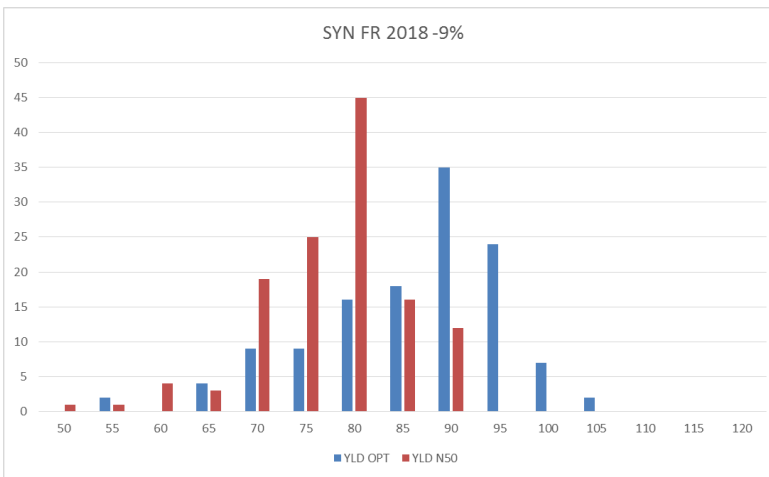
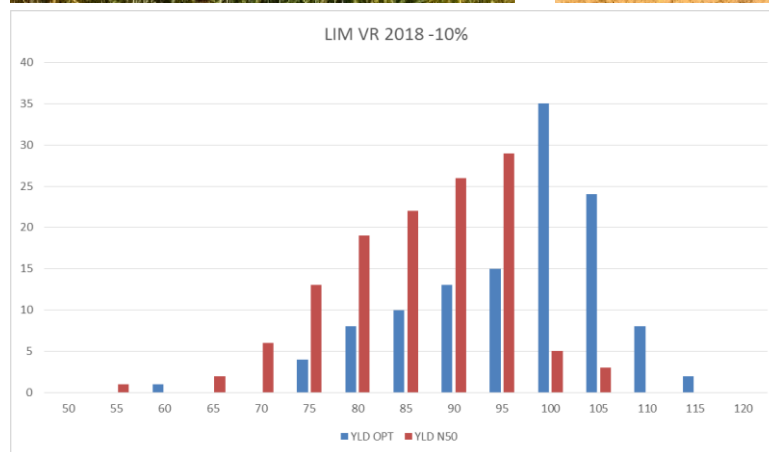
N50 moyenne 6.96 t/ha
Gamme 5.11-8.53



N Opt moyenne 7.71 t/ha
Gamme 3.56-9.17



Essais azote 2018 - France



La sélection opérée en 2018

- ❑ Sur le rendement et le maintien du rendement sous modalité faible azote, à l'aide d'un index de tolérance

$$\text{Index de Tolerance} = (\text{YLD OPT} - \text{YLD lowN}) / \text{YLD OPT}$$

- ✓ Rendement optimal supérieur à 95% du rendement du témoin Robigus ET un indice de tolérance dans les 20% des meilleurs
→ 15 lignées sélectionnées

- ❑ Une sélection complémentaire sur la base du GPD
→ 9 lignées sélectionnées

- ❑ Une sélection sur la base du rendement sous modalité optimal
→ 21 lignées sélectionnées

→ 45/121 lignées sélectionnées pour la dernière année d'essais



Un projet d'exploitation de ressources génétiques

188 lignées issues de croisement Robigus / SHW et
43 lignées issues de croisements Robigus / tetraploide

Essais 2017
231 lignées

- ✓ 7 pépinières d'observation
- ✓ 1 essai zéro azote
- ✓ Multiplication semences
- ✓ Sélection maladies et/ou tallage et/ou architecture épi

Essais 2018
121 lignées

- ✓ 7 pépinières maladies (Rouille jaune, Mildiou, Septoria)
- ✓ 7 essais rendement/GPD
- ✓ 5 essais rendement sous azote faible

Essais 2019
45 lignées

- ✓ 15 essais rendement/GPD
- ✓ 9 essais rendement sous azote faible



Le réseau d'essais rendement multi local /année

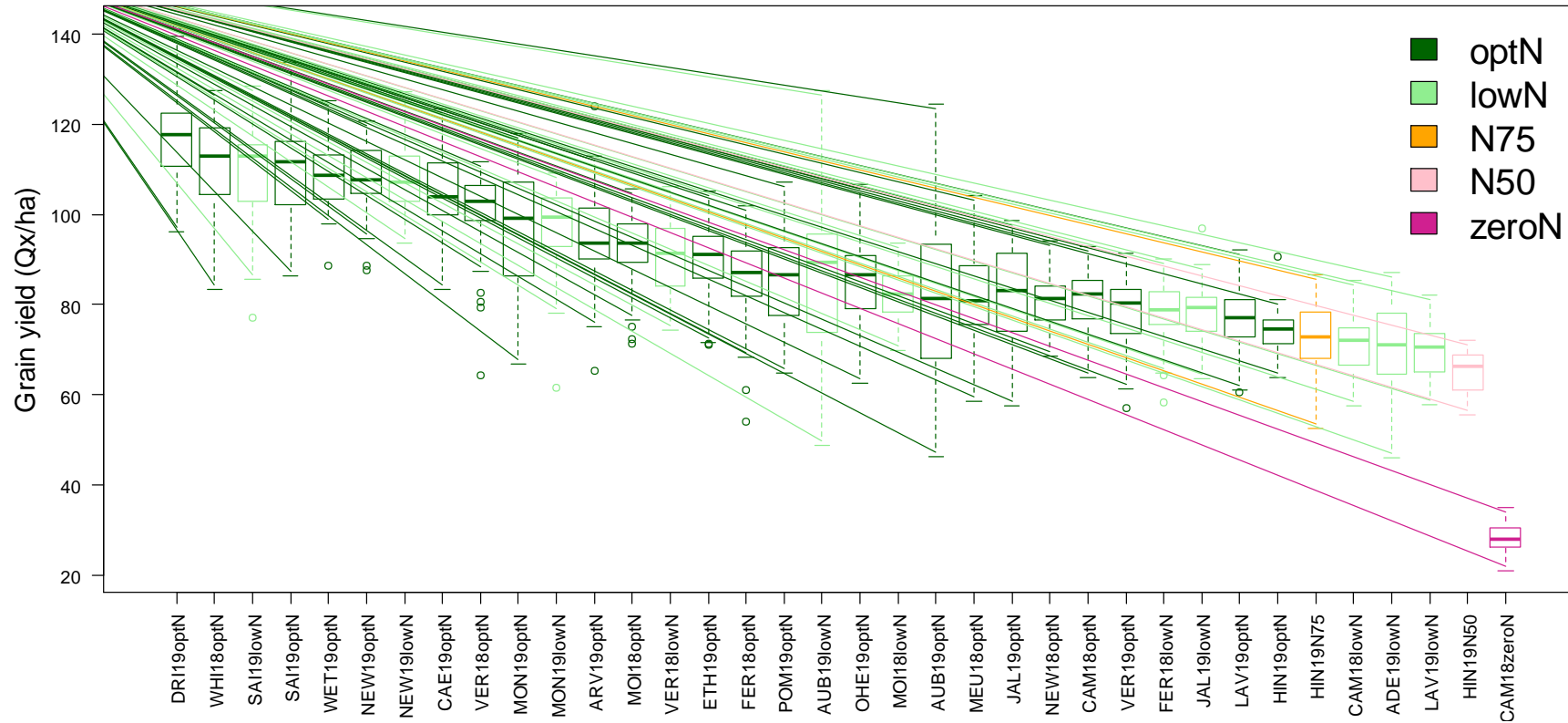
- Un total de 23 combinaisons lieu x année
- 36 combinaisons lieu x année x modalité N
 - 14 faible azote, 22 azote « optimal »

Une réduction de la dose apportée de moitié pour une disponibilité en azote réduite de 30%

Nitrogen balance Harvest 2018 FSOV PROSYN

				TO FILL			TO FILL						TO FILL				
				Requirements			Supplies						Fertilizer Inputs (N unit)				
	Modality	Previous crop	Crop requirements (Targeted Yield (q/ha) * 3U)	Post-harvest Nitrogen residues (estimate according to abacus)	Total needs	Soil Nitrogen residues (measured by soil sampling)	Nitrogen resulting from the mineralization of humus (according to abacus)	Nitrogen from residues of the previous crop (according to abacus)	Nitrogen already absorbed at the time of sampling (according to abacus)	Fertilizer Nitrogen (Dose X)	Nitrogen available to the crop (CALCULATED)	Nitrogen available / Total needs	Reduction (CALCULATED)	First	Second	Third	Fourth
Verneuil	optimum	Sugar beet	300	25	325	49	25	20	15	188	282	86.8%	32%	48	60	30	35
	less N		300	25	228	49	25	20	15	98	192	59.1%		48	0	0	35
Haussimont	optimum	Potatoe	300	30	330	65	22	20	25	198	330	100.0%	27%	48		90	60
	less N		300	30	231	65	22	20	25	99	240	72.7%		48		0	60

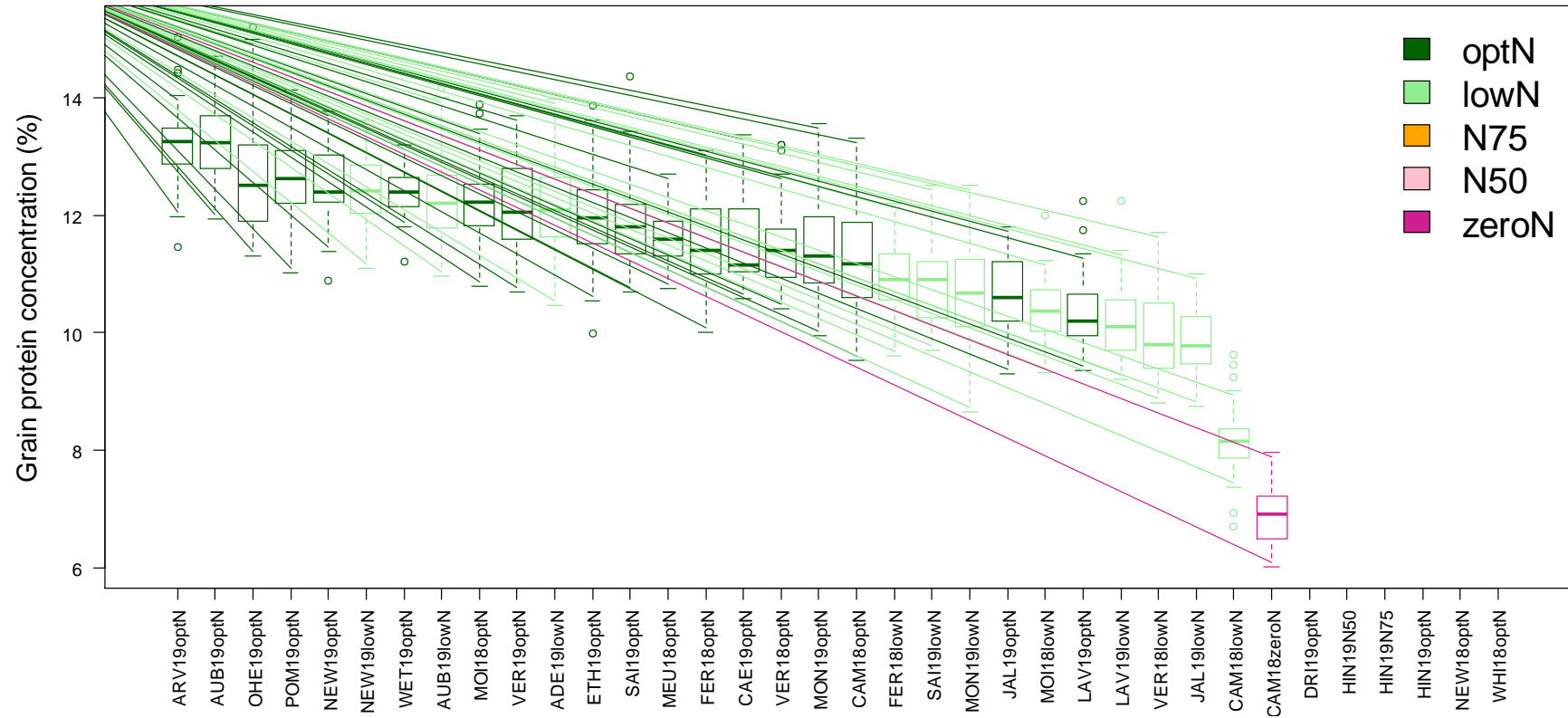
Distribution des rendements observés



- ✓ Le rendement moyen varie de 20 à 140 qx/ha
- ✓ Pas de structuration claire par rapport au niveau de fertilisation azotée
- ✓ Quelques combinaisons lieu x année qui montrent des rendements supérieurs en conduite faible azote



Distribution des teneurs en protéines observées



- ✓ La teneur en protéines moyenne varie de **6 à 15%**
- ✓ Les essais sous conduite faible azote ont une teneur en protéines plus faible



Analyse de Variance des facteurs du dispositif

- Les effets génotype et lieu sont hautement significatifs avec un effet lieu prépondérant

Rendement Grain

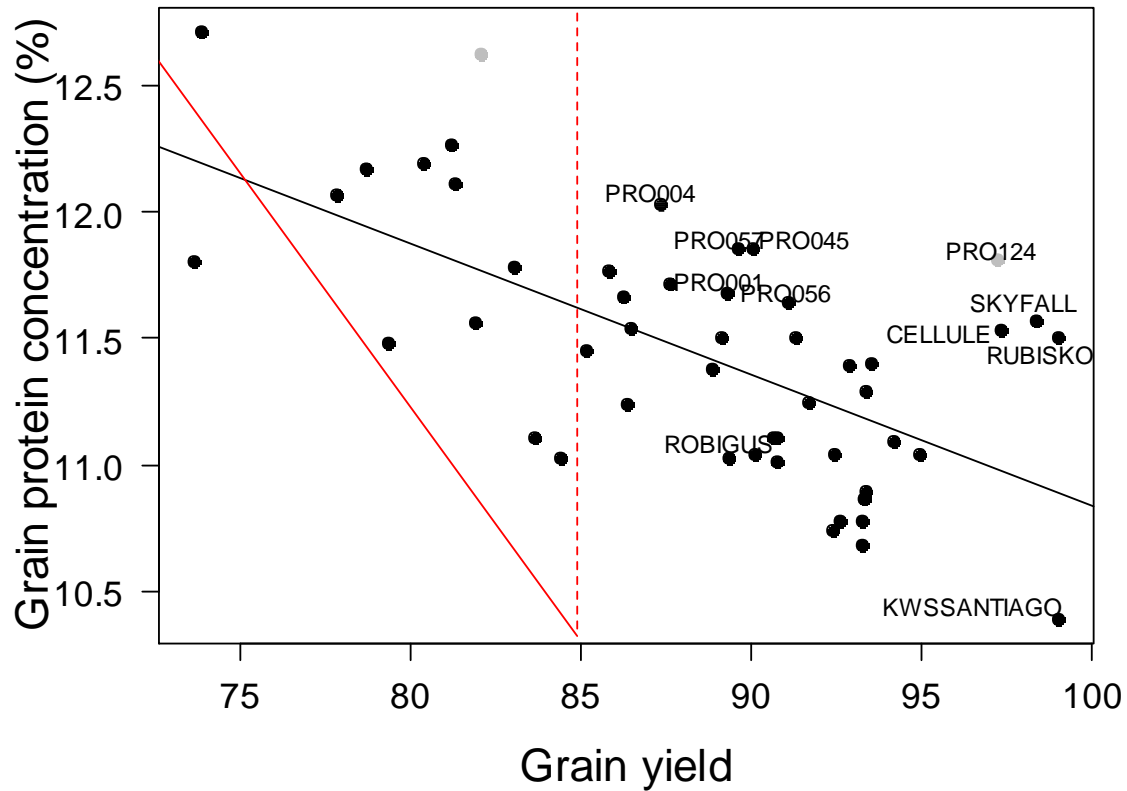
FACTOR	DF	Mean Sq	Var. Exp (%)
GENOTYPE	49	1269.8***	9.99
TRIAL	35	13577.6***	76.30
Residuals	1545	55.3	13.71

Teneur en protéine du grain

FACTOR	DF	Mean Sq	Var. Exp (%)
GENOTYPE	49	6.64***	9.75
TRIAL	29	93.05***	80.90
Residuals	1258	0.25	9.35



Identification des lignées d'intérêt



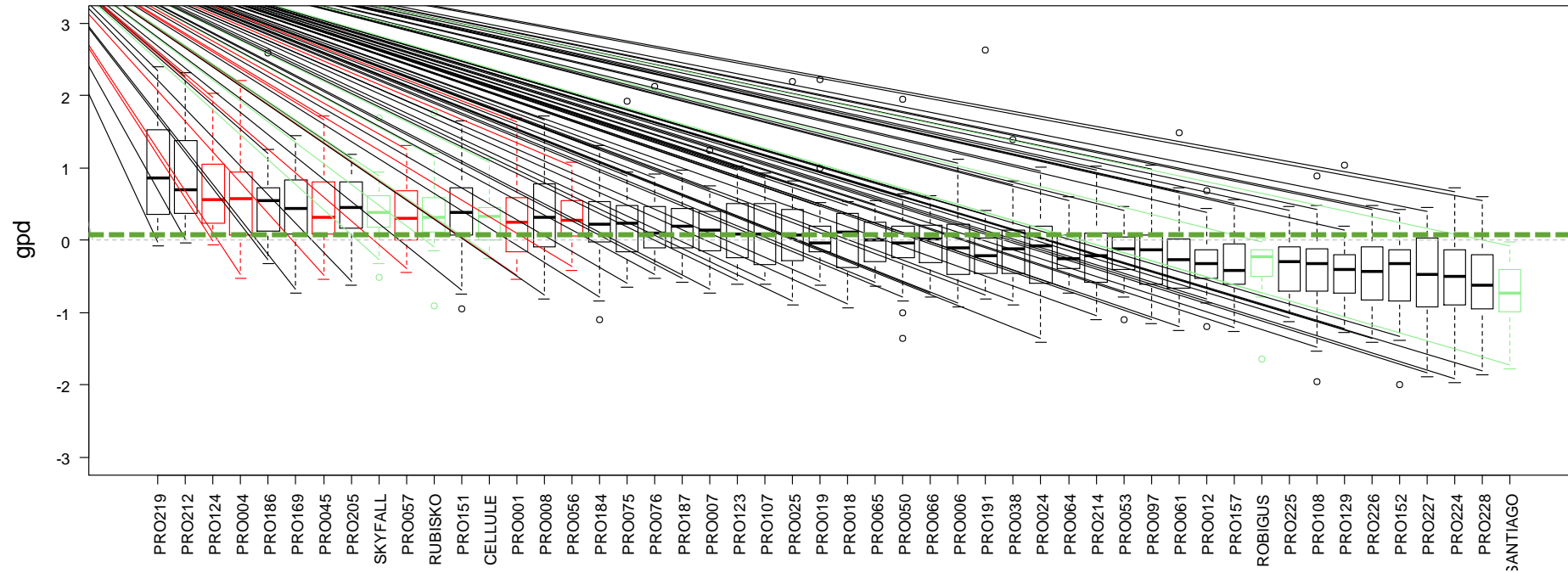
Lignée	Source	Accession	2017 Generation
PRO001	LoLaD	038>2-3-1-1	BC1F6
PRO004	LoLaD	038>5-4-1-1	BC1F6
PRO045	LoLaD	045>9-12-1-1	BC1F6
PRO056	LoLaD	050>8-7-1-1	BC1F6
PRO057	LoLaD	050>8-7-2-1	BC1F6
PRO124	WISPD	NIAB SHW BC 038-15-13-1-1	BC1F6

✓ Le GPD est calculé sur les valeurs moyennes

$$GY \geq 0.95 \times GY_{\text{ROBIGUS}} = 83 \text{ qx/ha ET } GPD \geq 0.3$$



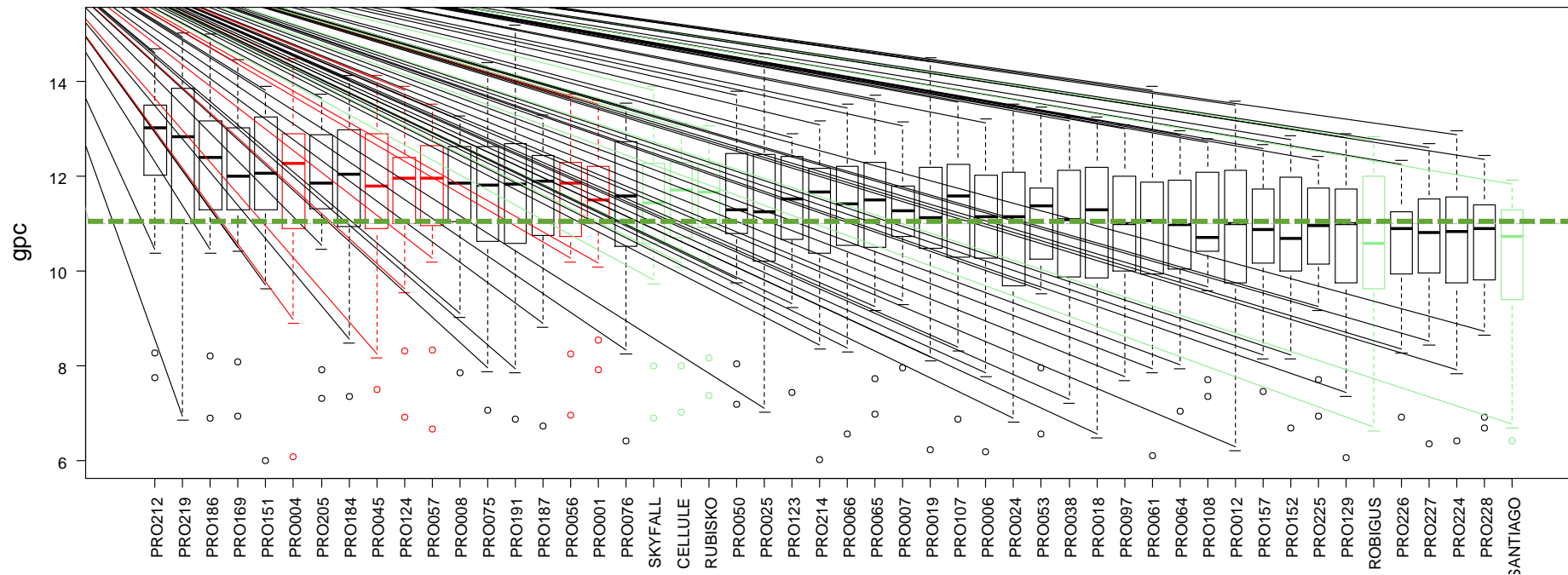
Classement des lignées pour le GPD



- ✓ Le **GPD** des 6 lignées sélectionnées est **positif** dans la majorité des environnements



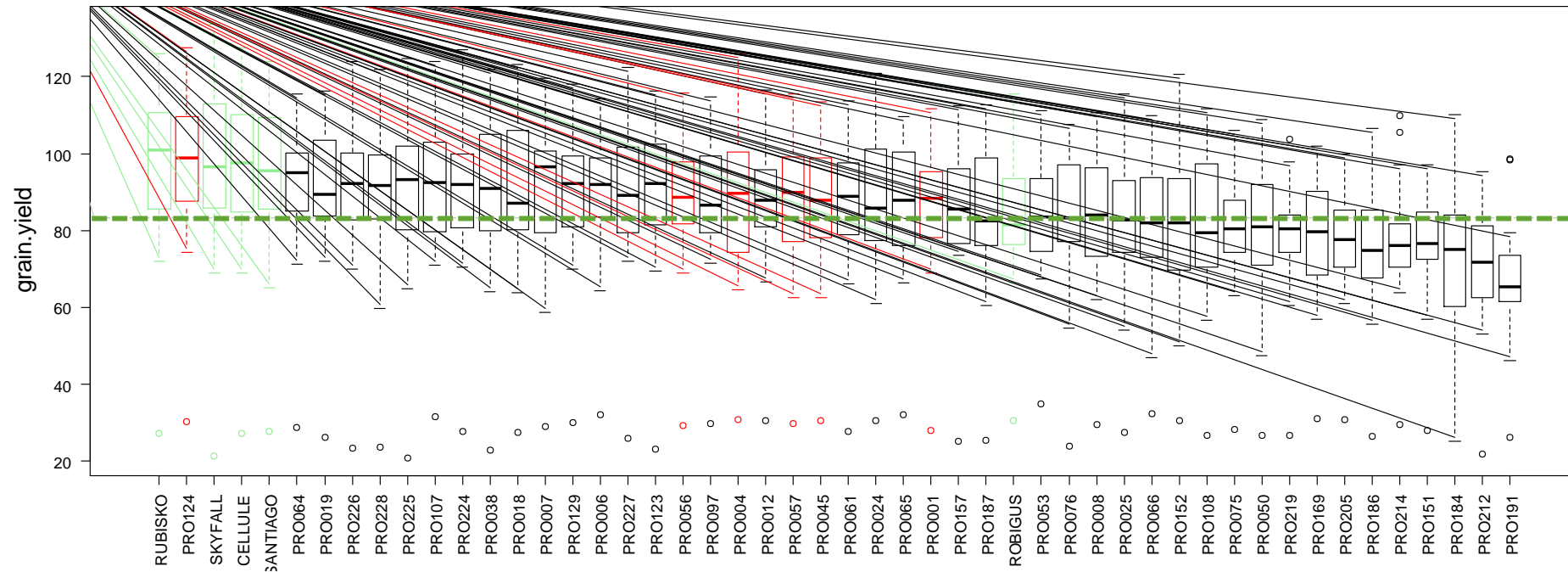
Classement des lignées pour la teneur en protéines du grain



- ✓ La teneur en protéines du grain est supérieur à 11% dans la plupart des environnements (> 75%)



Classement des lignées pour le rendement



✓ Des rendements dans la moyenne, excepté pour PRO124



Génotypage des lignées du projet

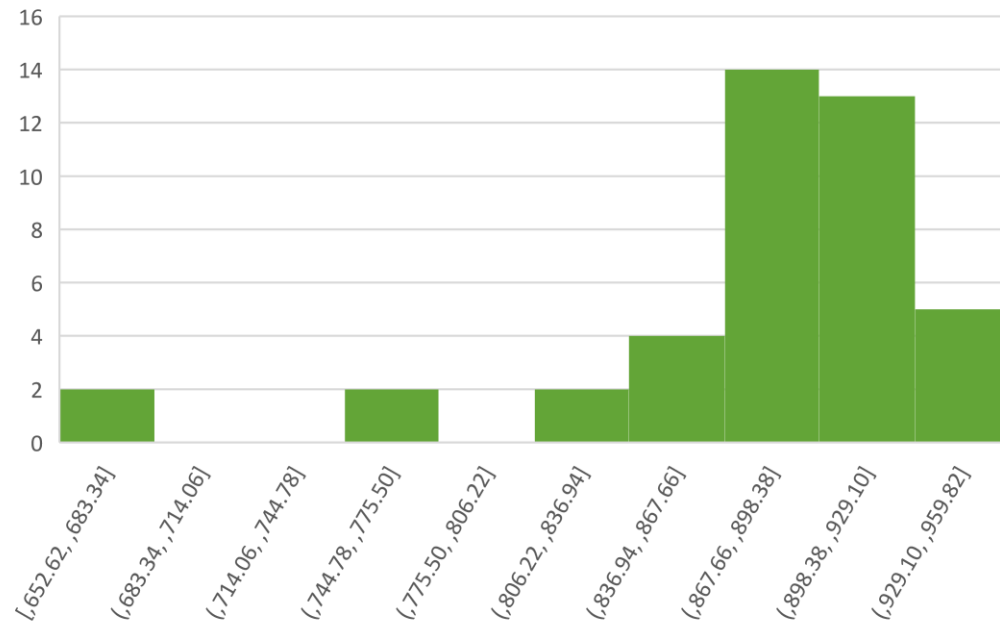
- ❑ Génotypage réalisé avec la puce 35k Axiom Affy Wheat Breeders (Keith Edwards @Bristol)
- ✓ Génotypage des 121 lignées sélectionnées pour les essais rendement et GPD en année 2 du projet
- ✓ Echantillons de bonne qualité. Environ 16 500 SNPs polymorphes assignés au génome du Blé

	A	B	D	Total
1	772	1197	512	2481
2	1189	1363	609	3161
3	803	1147	454	2404
4	713	616	231	1560
5	983	1304	436	2723
6	719	963	397	2079
7	959	874	437	2270
Total	6138	7464	3076	16678



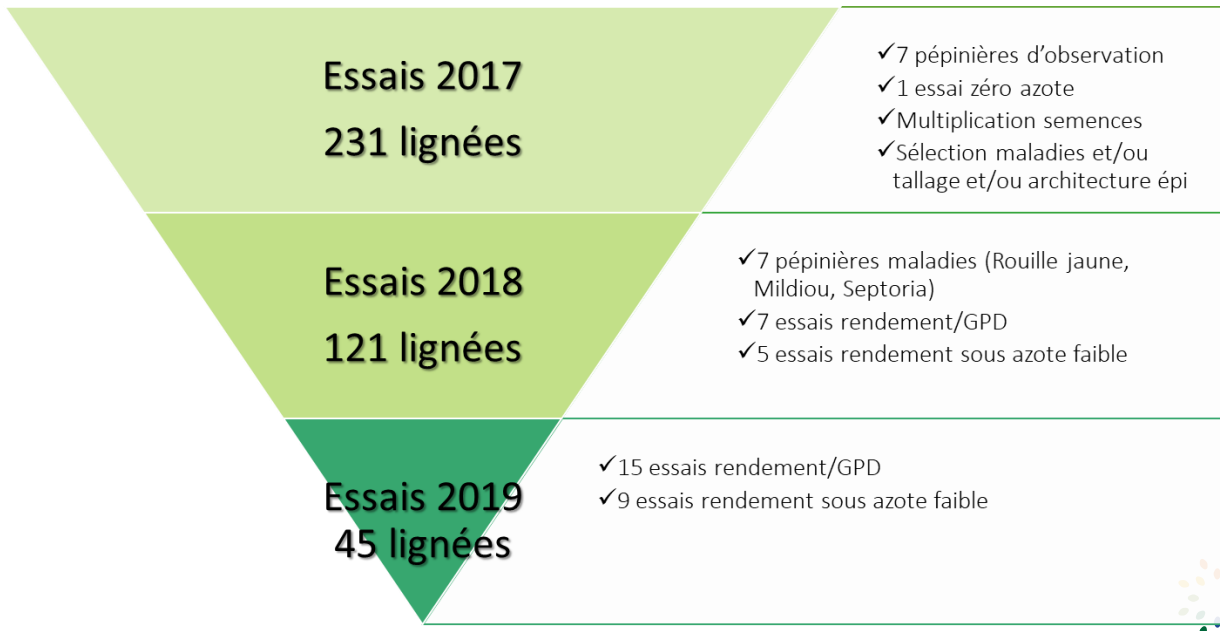
Similarité avec Robigus

- ❑ Parmi les 42 lignées testées en troisième année, le pourcentage moyen de **similarité avec Robigus est de 89%** (64% à 96%) vs 56% pour l'ensemble des lignées
- ❑ Parmi les 6 lignées sélectionnées = 87% (80% à 91%)



Conclusions

- ❑ PROSYN a permis l'identification de 6 lignées d'intérêt pour améliorer conjointement le rendement et la teneur en protéines
- ❑ Treize pour cent du génome de ces lignées provient de blés synthétiques, potentiellement porteur d'allèles exotiques non encore présents dans les blés cultivés



6 lignées d'introggression de blés synthétiques

Perspectives

- ❑ De nombreuses questions de recherche sur les **caractéristiques physiologiques et génétiques** de ces lignées restent à élucider
 - ✓ Quels sont les allèles exotiques responsables de ces caractéristiques améliorées ?
 - ✓ Est-ce l'absorption (pre et/ou post floraison) ou la remobilisation d'azote qui est favorisée et permet à ces lignées d'accumuler plus de protéines dans le grain ?

- ❑ D'ors et déjà, les partenaires semenciers disposent de **lignées amélioratrices de la teneur en protéines** pour leur travaux de sélection variétale



