

Projet N°89

Soutenir le développement d'une nouvelle filière basée sur la production de blé dur en Wallonie

Qualité technologique du blé dur en agriculture conventionnelle et biologique

Bruno Godin

Plateforme de Technologie des Céréales, Oléagineux et Protéagineux

Unité Valorisation de produits, de la biomasse et du bois.

Centre wallon de Recherches agronomiques

Table des matières

1. Généralités

2. Relation entre les paramètres technologiques

3. Effet année

Agriculture conventionnelle Nord du sillon Sambre-Meuse

Agriculture biologique Nord du sillon Sambre-Meuse

Agriculture biologique Sud du sillon Sambre-Meuse

4. Effet variété

Agriculture conventionnelle Nord du sillon Sambre-Meuse

Agriculture biologique Nord du sillon Sambre-Meuse

Agriculture biologique Sud du sillon Sambre-Meuse

5. Effet de la teneur en protéines (fertilité azotée)

6. Effet de la vitrosité (récolte tardive)

Agriculture conventionnelle

Agriculture biologique

7. Effet du poids à l'hectolitre

1. Généralités

De nombreux paramètres doivent être pris en compte pour évaluer la qualité technologique du blé dur. Plusieurs paramètres clés influencent la texture, les propriétés de cuisson et la qualité globale des pâtes tel que :

- Teneur en protéines : Le blé dur doit avoir une teneur en protéines relativement élevée, généralement de l'ordre de 12,0 %MS (seuil souple) à 13,0 %MS (seuil strict). Ces protéines sont notamment constituées des gluténines et gliadines qui permettent la formation du gluten, pour contribuer à la structure et à la texture des pâtes ainsi que leur tenue à la cuisson.
- Le blé dur permet la production de semoule en évitant la production de farine blanche grâce à la dureté très élevée de son grain. Cette dureté est obtenue grâce à une vitrosité élevée (l'opposé étant le mitadinage), une teneur en protéines élevée et une ténacité élevée du gluten (P alvéographe Durum). Les rendements en semoule de blé dur n'augmentent plus significativement au-delà d'une teneur en protéines de 11,3%MS et un taux de mitadinage inférieur à 40% (Arvalis).

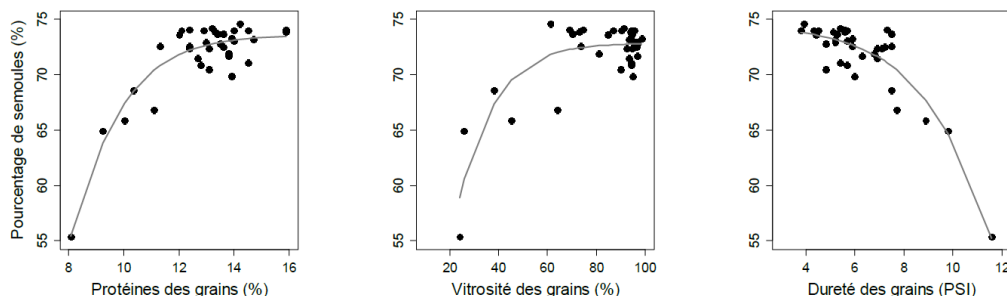
Le rendement semoulier diminue de (Arvalis) :

- 1% à un taux de mitadinage de 40%
- 3% à un taux de mitadinage de 80%
- plus encore de ces 80%

Le taux de mitadinage dépend de 4 facteurs (Arvalis) :

- 15-20% expliqué par la variété (jusqu'à -25% de mitadinage)
- 20-25% expliquée par la teneur en protéine (+1% de protéines diminue le mitadinage de 10%),
- 15% expliquée par la température minimum pendant la vie du grain (+1°C température minimum augmente de 14% le mitadinage)
- 45% expliquée par la pluie à la récolte (+10 mm de pluie augmente le mitadinage de 10% surtout celle suivant les 4 jours après la maturité du grain) et 12% inexpliqué

Pour obtenir des rendements en semoule élevés, il faut également des grains de taille homogène ainsi que de grande taille. Ce dernier est habituellement estimé par le poids à l'hectolitre (PHL) mais il est plus pertinent d'évaluer la taille des grains par le poids de mille grains. Le rendement semoulier sur moulin cylindre industriel avec de nombreux passages de mouture diminue de 1-2% par perte de 2 points de PHL (Arvalis). Les pertes de rendements liées aux pertes de PHL et de poids de mille grains ne sont pas significatives (Arvalis). Ces pertes seront nettement moindres avec des moulins avec peu de passages de mouture.



- Granulométrie de la semoule : Le blé dur est moulu en semoule, et la taille des particules de semoule est cruciale. Une granulométrie fine et uniforme est préférable, car elle permet une meilleure hydratation et un meilleur développement du gluten pendant la production des pâtes. Toutefois, la granulométrie ne doit pas être trop fine, c'est-à-dire inférieure à 160 µm (celle d'une farine blanche).

- **Teneur en cendres** : Une faible teneur en cendres (généralement inférieure à 1,1 %MS seuil strict, 1,3%MS seuil souple) est souhaitable, car elle indique la présence de moins d'impuretés comme les sons. Une teneur en cendres plus élevée peut rendre la semoule et les pâtes plus foncées et en altérer le goût.
- **Qualité du gluten et de l'amidon** : Le gluten du blé dur doit être tenace (P alvéographe Durum) et capable de former une pâte cohésive sans devenir trop collant ainsi et même extensible pour la panification (L alvéographe Durum). Le blé dur a un gluten moins extensible que celui du blé tendre. La ténacité du gluten est également estimée par certains par une méthode plus approximative, l'indice sédimentation SDS (Redman). Ce gluten cohésif permet aux pâtes de conserver leur forme pendant la cuisson évitant l'amidon de se dissoudre et d'avoir une texture al dente souhaitable. La stabilité du réseau de gluten à 30°C (Mixolab+ Temps de développement) et à la chauffe (Mixolab Couple C2) permettent également d'évaluer la qualité du gluten. Ces paramètres sont déterminés par l'analyse par la méthode du Mixolab + qui détermine également la viscosité de l'amidon lors de sa chauffe (élevée si couple C3-C2 élevé ; moins élevée en blé dur qu'en blé tendre), la stabilité de l'amidon à chaud (élevée si couple C4-C3 élevé ; moins élevée en blé dur qu'en blé tendre) et la fermeté des pâtes (élevée si couple C5-C4 élevé ; moins élevée en blé dur qu'en blé tendre). Des temps de chute de Hagberg faibles (activité alpha-amylasique élevée) affaiblissent le maintien de l'amidon par le réseau de gluten.
- **Absorption de l'eau et qualité de l'amidon** : Le blé dur doit avoir une capacité d'absorption de l'eau idéale pour la production de pâtes. Cela garantit que la pâte est suffisamment hydratée sans devenir trop humide ou trop sèche.
- **Couleur** : La couleur de la semoule de blé dur doit être jaune doré. Elle contribue à la couleur jaune attrayante des pâtes alimentaires. L'indice de couleur a* et b* correspondent, respectivement au degré de rouge et de jaune. Seul le blé dur arrive à des indices de jaune (b*) assez élevés pour atteindre les exigences des cahiers des charges des transformateurs. Cela le distingue du blé tendre qui a des indices de jaunes bien inférieurs. Des temps de chute de Hagberg faibles (activité alpha-amylasique élevée) affectent la coloration de la semoule des pâtes en les brunissant.

L'ensemble de ces paramètres contribue à la qualité technologique du blé dur pour la fabrication des pâtes. Les fabricants de pâtes sélectionnent soigneusement le blé dur présentant ces caractéristiques afin de produire des pâtes de haute qualité ayant le goût, la texture et l'aspect souhaités.

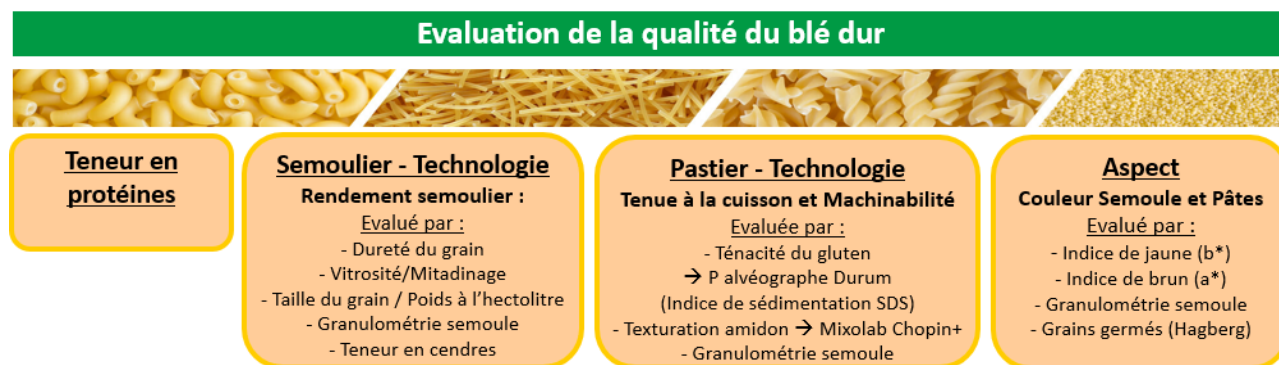


Figure – Evaluation de la qualité pastière du blé dur

Les critères d'aptitude à la transformation sont spécifiques à chaque filière. Il faut définir ses propres critères des seuils limites stricts pour les années avec une moisson de qualité habituelle et des seuils souples pour celles qui sont critiques. C'est nécessaire pour s'assurer de pouvoir approvisionner sa filière locale et garantir un débouché à ses producteurs.

Le choix de ses propres critères technologiques et leur ordre d'importance est également critique. Il est du plus important au moins important pour le blé dur :

1. Qualité des constituants chimiques (ex : Ténacité du gluten, Activité α -amylasique/Hagberg, Texturation de l'amidon)
2. Quantité des constituants chimiques (ex : Teneur en protéines)
3. Paramètres physiques du grain (ex : Taille grain/PHL, Dureté grain/Vitrosité, Granulométrie semoule, Couleur semoule)

Tous ces paramètres dépendront principalement de la variété choisie.

Les critères et valeurs objectives de qualité technologique adaptées au pédoclimat belge pour la transformation du blé dur ont été définis sur base de la littérature scientifique et les analyses technologiques de blé dur de la récolte 2021 à 2024 (Tableau 1) en Wallonie.

Qualité pastière belge du blé dur	Elite	Premium	Supérieure
Variété	« Pastière élite »	« Pastière premium »	« Semoulerie supérieure »
Humidité (%)	$\leq 14,5$ ($\leq 15,5$ seuil souple)		
Hagberg mouture intégrale (s)	≥ 150 (≥ 120 seuil souple)		
Alvéographe Durum : P	≥ 105	≥ 85	/
Ténacité du gluten (mm H₂O)	BIO : ≥ 95	BIO : ≥ 75	
Protéines grains (N*5,7 ; %MS)	$\geq 13,0$ BIO : $\geq 12,0$	$\geq 13,0$ BIO : $\geq 12,0$	$\geq 11,5$ BIO : $\geq 11,0$
Couleur jaune (b*) sur semoule	≥ 22 (≥ 17 en mouture intégrale)		
Poids à l'hectolitre C15 (kg/hl)	$\geq 77,0$ nettoyé ($\geq 74,0$ non-nettoyé) ou poids de mille grains (g) $\geq 45,0$		
Mitadinage par infrarouge au grain à grain (%)	$\leq 40\%$ BIO : $\leq 60\%$		

Le procédé de transformation pastier ne fait pas intervenir de micro-organismes (levure ou levain). De ce fait, l'activité alpha-amylasique (temps de chute de Hagberg) est moins critique dans le domaine pastier et les limites des valeurs exigées (Hagberg) sont moins strictes qu'en panification. Il y a tout de même des valeurs limites car, à partir d'un certain niveau d'activité alpha-amylasique, les sucres libérés vont initier des réactions de brunissement (réaction de Maillard) avec la fraction protéique.

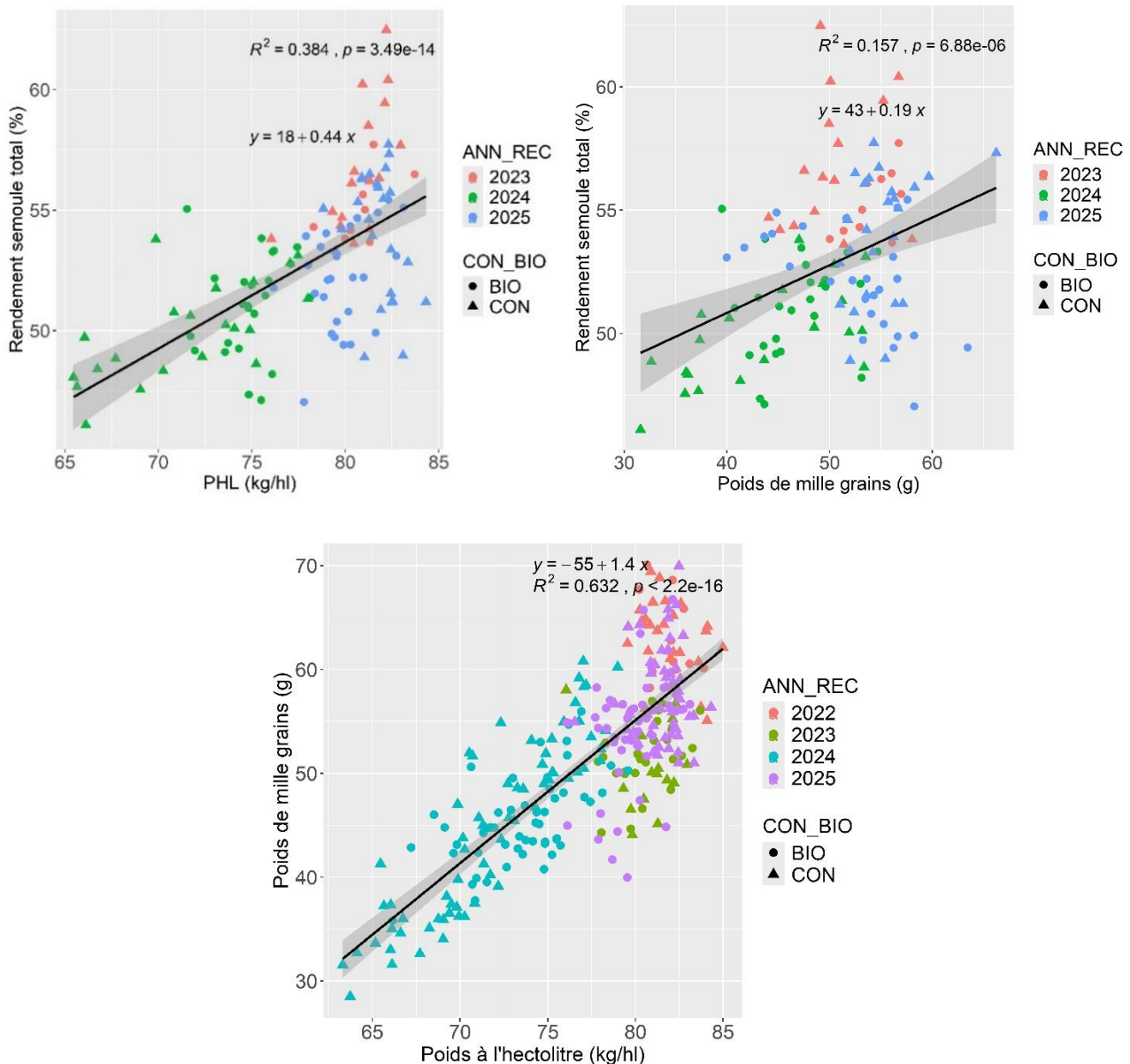
Les valeurs supérieures exigées pour les critères technologiques par les semouleries sont souvent excessives afin d'obtenir des gains marginaux de rendement de mouture tout en augmentant significativement le risque de déclassement pour l'agriculteur. Cela s'explique par le fait que la semoulerie est une activité avec peu de valeur ajoutée et donc de marge. Les exigences élevées des semouleries en termes de qualité technologique peuvent aussi résider dans le fait d'intégrer l'incertitude de mesure à leur avantage sans prise de risques analytiques. Par exemple, avec une incertitude de mesure de l'analyse de la teneur en protéines par infrarouge de 0,25%MS pour une valeur de teneur en protéines de 13,0%MS, cela donne une incertitude de mesure élargie (à 95%) de 13,0% $\pm$ 0,5%MS. Les semouleries fixant le critère pour la teneur en protéines à un minimum de 13,5%MS sans prendre de risque.

2. Relation entre les paramètres technologiques

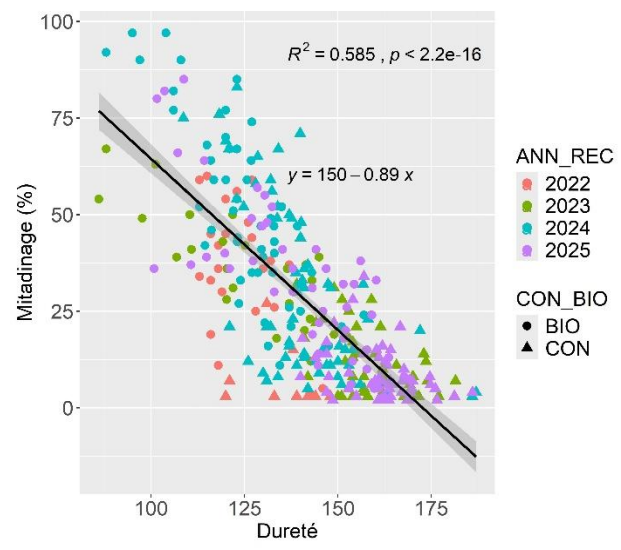
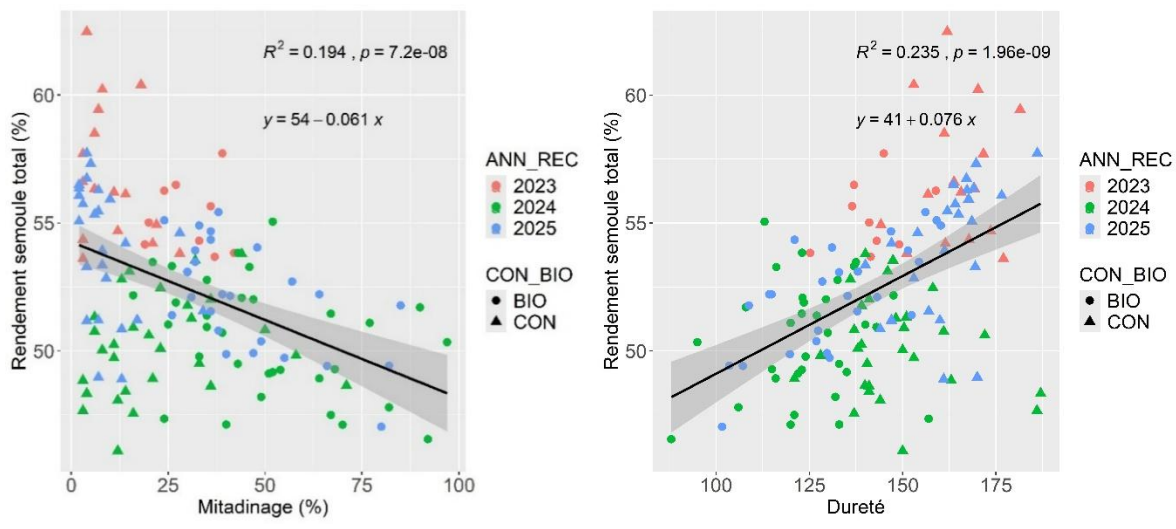
La base de données avec la récolte 2022 à 2025 a été explorée avec l'objectif de trouver des paramètres élaborés fortement corrélés à des paramètres plus basiques. Cette base de données contient une très grande diversité variétale ainsi que des années de récolte et niveaux de fertilité azotée très contrastée. Toutefois, très peu de corrélations assez importantes pour envisager des prédictions ont été trouvées. Les corrélations avec le plus de potentiel sont présentées ci-dessous.

Rendement en semoule totale

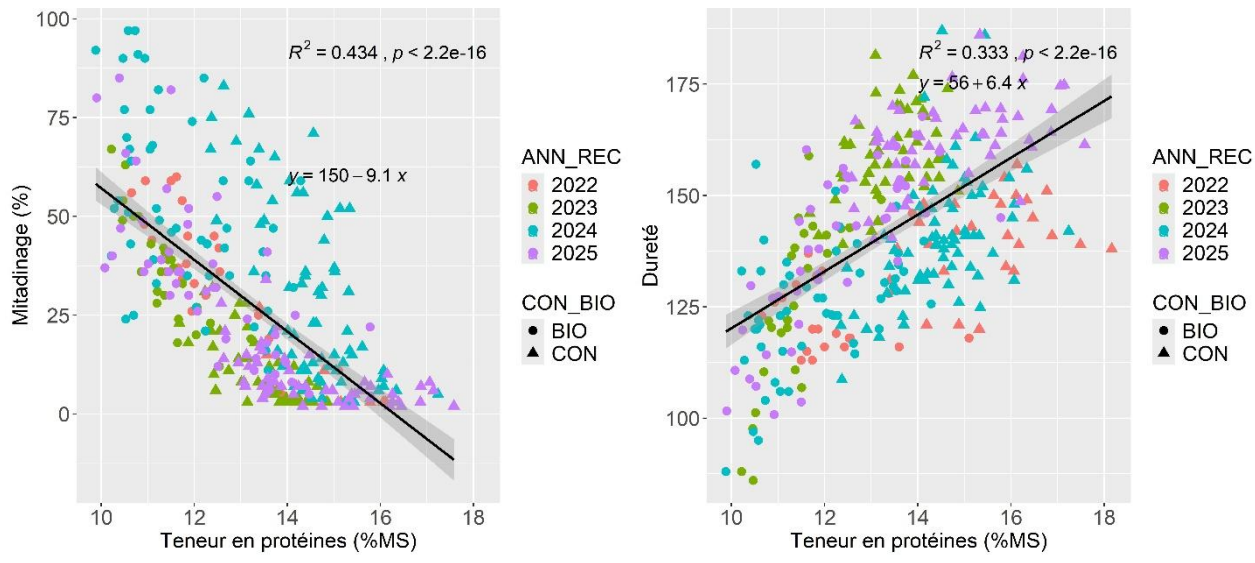
Nous avons observé un lien entre le poids à l'hectolitre (grains nettoyés) et le rendement en semoule totale (fine+grosse) uniquement pour des valeurs de poids à l'hectolitre inférieures à 77 kg/hl.

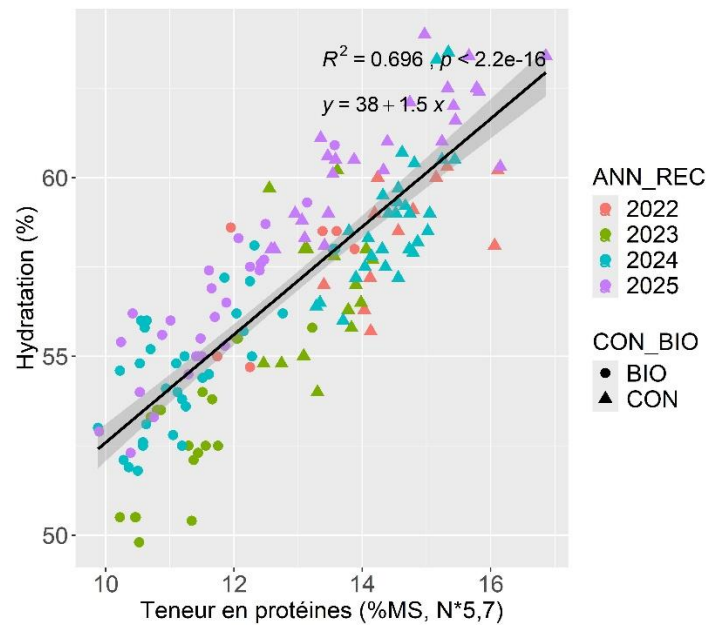


Nous avons observé un lien entre le taux de mitadinage et le rendement en semoule totale (fine+grosse) uniquement pour des valeurs de taux de mitadinage supérieures à 40%.

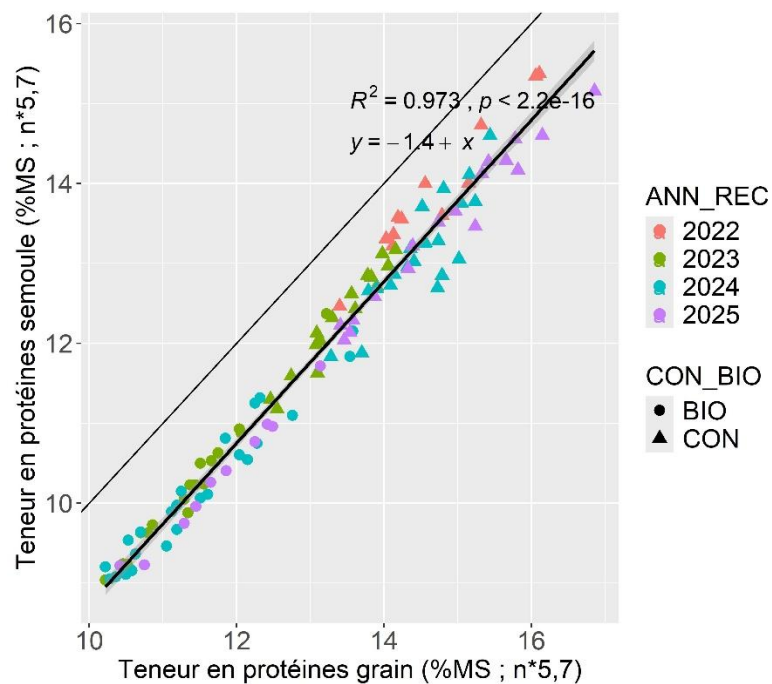


Teneur en protéines



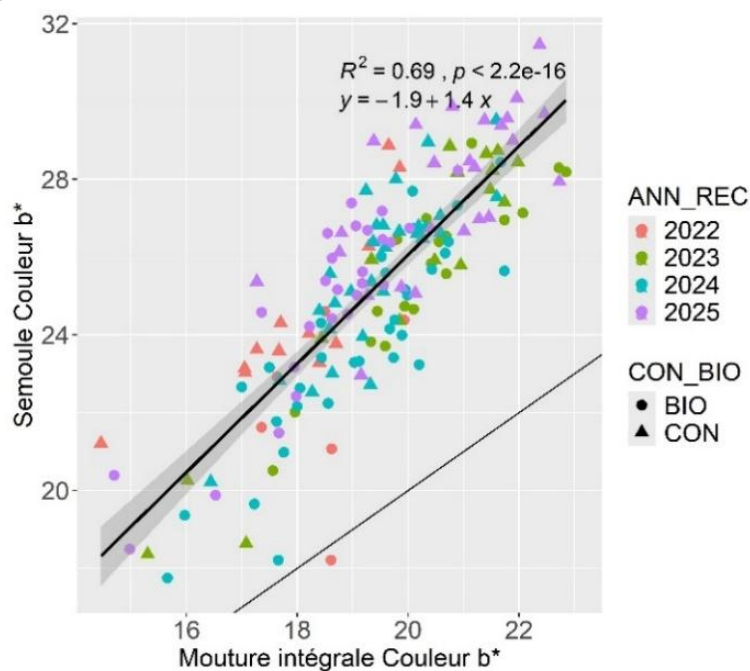


La corrélation pour la teneur en protéines entre le grain et sa semoule correspondante est très bonne et peut être envisagée pour des prédictions. La semoule contient en moyenne 1,4%MS de protéines en moins que dans son grain. La teneur en protéines est plus élevée en périphérie du grain et est éliminée lors de la mouture.



Couleur

Nous avons observé une corrélation adaptée à du screening entre la couleur jaune b^* de la mouture intégrale et la mouture en semoule.



Indice de sédimentation SDS (Redman)

L'indice de sédimentation SDS (Redman) ne présente pas de corrélation assez performante avec d'autres paramètres en lien avec la qualité du gluten. Ce n'est pas une méthode spécifique au blé dur. Elle reproduit la levée du pain et non l'extrusion ou cuisson des pâtes. Pourtant, elle est recommandée par des acteurs de cette filière. Cette méthode permet seulement de détecter des variétés de blé dur qui auraient des valeurs de Redman trop basses lors du développement de nouvelles variétés. Notons que les froments fortement panifiables ont des valeurs de Redman plus élevées que les blés durs.

3. Effet année

La qualité technologique du blé dur en agriculture conventionnel et biologique lors des années de récolte 2023 à 2025 en Wallonie Nord sillon Sambre-Meuse est acceptable malgré des conditions climatiques variables moins adaptés au blé dur qu'en conditions méditerranéennes.

Agriculture conventionnelle Nord du sillon Sambre-Meuse

Année	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Poids de 1000 grains g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
2023	423	13.5	40	8	50.9	81.3
2024	270	14.6	50	21	48.4	74.2
2025	350	14.3	49	9	55.3	81.7
Moyenne	348	14.1	46	13	51.5	79.1

Année	P Alvéo. Durum mm H2O	L Alvéo. Durum mm	Mixolab+ Hydratation %	Mixolab+ Temps dév. min	Mixolab+ Couple C2 Nm	Mixolab+ Couple C3-C2 Nm	Mixolab+ Couple C4-C3 Nm	Mixolab+ Couple C5-C4 Nm	Couleur jaune semoule b*	Rdt mouture far.+sem. %	Rdt semoule totale %	Rdt fine semoule %	Rdt grosse semoule %	Rdt farine %
2023	113	41	56.1	10.2	0.62	1.15	-0.46	1.56	27.4	62.4	57.7	27.5	30.2	4.7
2024	116	70	58.9	8.6	0.54	1.19	-0.51	0.75	25.3	56.7	51.4	21.8	29.6	5.4
2025	120	58	60.7	9.5	0.59	1.42	-0.35	1.38	27.6	58.3	54.0	23.3	30.7	4.3
Moyenne	116	56	58.6	9.4	0.58	1.25	-0.44	1.23	26.7	59.1	54.3	24.2	30.2	4.8

Les paramètres ayant le plus de variabilité annuelle liée au climat lors de la formation du grain et/ou lors de la récolte sont le temps de chute de Hagberg, une dureté du grain, le PHL, le Mixolab hydratation, le Mixolab+ C3-C2 (viscosité de l'amidon à la chauffe), le Mixolab+ Couple C5-C4 (indicateur de fermeté des pâtes) et le rendement en semoule fine+grosse.

Les paramètres ayant le plus de variabilité variétale robuste à la variabilité du climat lors de la formation du grain et/ou lors de la récolte sont la couleur jaune (b*) de la semoule, le rendement en grosse semoule, la ténacité du gluten (P Alvéo.), le Mixolab+ temps de développement du gluten, le Mixolab+ Couple C2 (stabilité du gluten à la chauffe) et le Mixolab+ C4-C3 (viscosité de l'amidon à chaud).

	Rendement grains ton/ha	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Dureté NIR5 grains /	Poids de 1000 grains C15 g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
N	33	33	33	33	33	33	33	33
Moyenne totale	9.0	363	14.1	46	12	157	52.0	79.6
CV total	27.2%	25.8%	5.3%	16.9%	99.1%	10.1%	8.7%	5.6%
Ecart-type total	2.4	94	0.8	7.8	12	16	4.5	4.5
Int. conf. 95% inf	4.1	176	12.6	30	0	126	43.0	70.7
Int. conf. 95% sup	13.9	551	15.6	62	37	189	61.0	88.6
Ecart-type conf. 95% moyenne	0.8	33	0.3	3	4	6	1.6	1.6
CV conf. 95% moyenne	9.5%	9.0%	1.9%	5.9%	34.5%	3.5%	3.0%	2.0%
Int. conf. moy. 95% inf	8.1	331	13.8	43	8	152	50.4	78.1
Int. conf. moy. 95% sup	9.8	396	14.3	49	16	163	53.5	81.2
Moyenne 2023	10.2	438	13.5	40	7	167	50.9	81.3
Moyenne 2024	6.0	280	14.4	49	23	140	49.0	74.3
Moyenne 2025	10.0	352	14.4	49	9	161	55.3	82.0
CV année	26.3%	21.3%	3.6%	10.9%	65.2%	8.9%	6.0%	5.3%
Ecart-type année	2.4	78	0.5	5.0	8	14	3.1	4.2
CV variété	7.0%	14.4%	3.9%	12.9%	74.6%	4.7%	6.3%	2.0%
Ecart-type variété	0.6	52	0.6	6	9	7	3.3	1.6
Proportion variance année	93%	69%	46%	42%	43%	79%	47%	87%
Proportion variance variété	7%	31%	54%	58%	57%	21%	53%	13%

	P Alvéo. Durum	L Alvéo. Durum	Mixolab+ Hydratation	Mixolab+ Temps dév.	Mixolab+ Couple C2	Mixolab+ Couple C3-C2	Mixolab+ Couple C4-C3	Mixolab+ Couple C5-C4
	mm H2O	mm	%	min	Nm	Nm	Nm	Nm
N	33	33	33	33	33	33	33	33
Moyenne totale	116	54	58.5	9.5	0.59	1.26	-0.42	1.28
CV total	19.2%	32.7%	4.9%	15.4%	10.5%	14.2%	46.5%	37.4%
Ecart-type total	22	18	2.9	1.5	0.06	0.18	0.19	0.48
Int. conf. 95% inf	71	19	52.8	6.6	0.46	0.90	-0.80	0.32
Int. conf. 95% sup	160	90	64.2	12.4	0.71	1.62	-0.03	2.23
Ecart-type conf. 95% moyenne	8	6	1.0	0.5	0.02	0.06	0.07	0.17
CV conf. 95% moyenne	6.7%	11.4%	1.7%	5.3%	3.7%	4.9%	16.2%	13.0%
Int. conf. moy. 95% inf	108	48	57.5	9.0	0.57	1.20	-0.48	1.11
Int. conf. moy. 95% sup	123	60	59.5	10.0	0.61	1.33	-0.35	1.44
Moyenne 2023	113	41	56.1	10.2	0.62	1.15	-0.46	1.56
Moyenne 2024	112	66	58.7	8.7	0.55	1.21	-0.48	0.81
Moyenne 2025	121	58	60.9	9.4	0.59	1.42	-0.33	1.34
CV année		22.3%	4.1%	6.1%	5.4%	10.7%	14.5%	29.1%
Ecart-type année		12.09	2.38	0.58	0.03	0.14	0.06	0.37
CV variété	19.2%	23.9%	2.7%	14.1%	9.0%	9.4%	44.2%	23.5%
Ecart-type variété	22.20	13	2	1	0	0	0	0
Proportion variance année	0%	47%	70%	16%	27%	57%	10%	61%
Proportion variance variété	100%	53%	30%	84%	73%	43%	90%	39%

	Couleur jaune semoule	Rdt mouture far.+sem.	Rdt semoule totale	Rdt fine semoule	Rdt grosse semoule	Rdt farine
	b*	%	%	%	%	%
N	33	33	33	33	33	33
Moyenne totale	26.7	58.9	54.1	24.5	29.6	4.8
CV total	7.9%	6.8%	7.3%	17.7%	6.3%	21.7%
Ecart-type total	2.1	4.0	4.0	4.3	1.9	1.0
Int. conf. 95% inf	22.5	50.9	46.2	15.8	25.9	2.7
Int. conf. 95% sup	31.0	66.9	62.0	33.2	33.3	6.9
Ecart-type conf. 95% moyenne	0.7	1.4	1.4	1.5	0.6	0.4
CV conf. 95% moyenne	2.7%	2.4%	2.5%	6.2%	2.2%	7.5%
Int. conf. moy. 95% inf	26.0	57.5	52.8	23.0	29.0	4.4
Int. conf. moy. 95% sup	27.5	60.3	55.5	26.0	30.3	5.2
Moyenne 2023	27.4	62.3	57.7	27.5	30.1	4.7
Moyenne 2024	25.2	56.6	51.1	21.6	29.4	5.6
Moyenne 2025	27.3	57.3	52.9	23.7	29.3	4.3
CV année	4.3%	5.1%	6.2%	11.6%		12.3%
Ecart-type année	1.14	3.02	3.35	2.84		0.59
CV variété	6.6%	4.4%	3.9%	13.3%	6.3%	17.8%
Ecart-type variété	2	3	2	3	1.85	1
Proportion variance année	29%	57%	72%	43%	0%	32%
Proportion variance variété	71%	43%	28%	57%	100%	68%

Agriculture biologique Nord du sillon Sambre-Meuse

Année	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Poids de 1000 grains g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
2023	377	11.8	43	31	54.3	80.9
2024	281	12.3	46	33	48.6	75.6
2025	373	12.1	46	37	48.7	79.7
Moyenne	344	12.1	45	34	50.5	78.7

Année	P Alvéo. Durum mm H2O	L Alvéo. Durum mm	Mixolab+ Hydratation %	Mixolab+ Temps dév. min	Mixolab+ Couple C2 Nm	Mixolab+ Couple C3-C2 Nm	Mixolab+ Couple C4-C3 Nm	Mixolab+ Couple C5-C4 Nm	Couleur jaune semoule b*	Rdt mouture far.+sem. %	Rdt semoule totale %	Rdt fine semoule %	Rdt grosse semoule %	Rdt farine %
2023	87	41	53.4	10.7	0.61	1.02	-0.24	1.40	26.6	60.6	55.2	26.3	28.9	5.4
2024	119	50	56.2	8.7	0.59	1.35	-0.45	0.76	25.5	59.2	52.3	24.0	28.3	6.9
2025	93	61	57.2	9.9	0.61	1.55	-0.39	1.61	25.6	59.9	53.6	28.2	25.4	6.3
Moyenne	100	51	55.6	9.8	0.60	1.31	-0.36	1.25	25.9	59.9	53.7	26.2	27.6	6.2

Les paramètres ayant le plus de variabilité annuelle liée au climat lors de la formation du grain et/ou lors de la récolte sont le temps de chute de Hagberg, le PHL, le Mixolab hydratation, le Mixolab+ C3-C2 (viscosité de l'amidon à la chauffe), le Mixolab+ Couple C5-C4 (indicateur de fermeté des pâtes) et le rendement en semoule fine+grosse.

Les paramètres ayant le plus de variabilité variétale robuste à la variabilité du climat lors de la formation du grain et/ou lors de la récolte sont la couleur jaune (b*) de la semoule, le rendement en grosse semoule, la teneur en protéines, l'indice de sédimentation SDS (Redman), le taux de mitadinage, la dureté NIRS du grain, la ténacité du gluten (P Alvéo.), le Mixolab+ temps de développement du gluten, le Mixolab+ Couple C2 (stabilité du gluten à la chauffe) et le Mixolab+ C4-C3 (viscosité de l'amidon à chaud).

	Rendement grains ton/ha	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Dureté NIRS grains /	Poids de 1000 grains C15 g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
N	30	30	30	30	30	30	30	30
Moyenne totale	6.9	347	12.2	45	32	140	49.8	78.7
CV total	36.0%	18.1%	6.1%	10.8%	29.2%	7.8%	11.0%	3.9%
Ecart-type total	2.5	63	0.7	5	9	11	5.5	3.1
Int. conf. 95% inf	1.9	221	10.7	36	13	119	38.9	72.5
Int. conf. 95% sup	11.8	472	13.7	55	50	162	60.8	85.0
Ecart-type conf. 95% moyenne	0.9	23	0.3	2	3	4	2.0	1.1
CV conf 95% moyenne	13.1%	6.6%	2.2%	3.9%	10.6%	2.8%	4.0%	1.4%
Int. conf. moy. 95% inf	6.0	324	11.9	44	28	136	47.8	77.6
Int. conf. moy. 95% sup	7.8	369	12.5	47	35	144	51.8	79.9
Moyenne 2023	8.5	379	11.9	43	29	144	54.8	81.0
Moyenne 2024	3.7	285	12.5	46	29	133	47.9	75.6
Moyenne 2025	6.3	335	12.3	46	33	139	48.0	77.9
CV année	34.5%	12.9%	2.0%	2.0%		3.1%	7.5%	3.4%
Ecart-type année	2.4	45	0.2	1		4	3.7	2.7
CV variété	10.0%	12.7%	5.8%	10.6%	29.2%	7.1%	8.0%	2.0%
Ecart-type variété	0.7	44	0.7	5	9.29	10	4.0	1.6
Proportion variance année	92%	51%	11%	3%	0%	16%	47%	74%
Proportion variance variété	8%	49%	89%	97%	100%	84%	53%	26%

	P Alvéo. Durum	L Alvéo. Durum	Mixolab+ Hydratation	Mixolab+ Temps dév.	Mixolab+ Couple C2	Mixolab+ Couple C3-C2	Mixolab+ Couple C4-C3	Mixolab+ Couple C5-C4
	mm H2O	mm	%	min	Nm	Nm	Nm	Nm
N	29	29	29	29	29	29	29	29
Moyenne totale	100	50	56.1	9.9	0.61	1.33	-0.38	1.27
CV total	26.0%	21.0%	4.1%	13.8%	7.7%	19.7%	55.6%	35.0%
Ecart-type total	26	11	2.3	1.4	0.05	0.26	0.21	0.45
Int. conf. 95% inf	48	29	51.5	7.2	0.51	0.80	-0.80	0.38
Int. conf. 95% sup	153	71	60.8	12.6	0.70	1.85	0.04	2.16
Ecart-type conf. 95% moyenne	10	4	0.9	0.5	0.02	0.10	0.08	0.17
CV conf. 95% moyenne	9.6%	7.8%	1.5%	5.1%	2.9%	7.3%	20.6%	13.0%
Int. conf. moy. 95% inf	91	46	55.2	9.4	0.59	1.23	-0.46	1.11
Int. conf. moy. 95% sup	110	54	57.0	10.4	0.63	1.43	-0.30	1.44
Moyenne 2023	89	40	53.8	10.6	0.62	1.01	-0.25	1.34
Moyenne 2024	121	47	56.6	9.3	0.61	1.32	-0.46	0.73
Moyenne 2025	105	54	57.0	9.6	0.61	1.45	-0.43	1.24
CV année	14.4%	14.0%	3.0%	6.0%		16.8%	25.7%	24.4%
Ecart-type année	14	7	1.7	0.6		0	0	0
CV variété	21.6%	15.6%	2.9%	12.4%	7.7%	10.4%	49.3%	25.1%
Ecart-type variété	22	8	1.6	1.2	0.05	0.14	0.19	0.32
Proportion variance année	31%	45%	52%	19%	0%	72%	21%	49%
Proportion variance variété	69%	55%	48%	81%	100%	28%	79%	51%

	Couleur jaune semoule	Rdt mouture far.+sem.	Rdt semoule totale	Rdt fine semoule	Rdt grosse semoule	Rdt farine
	b*	%	%	%	%	%
N	29	29	29	29	29	29
Moyenne totale	25.9	59.3	53.3	26.3	27.0	6.0
CV total	8.1%	3.3%	4.0%	9.9%	7.8%	18.8%
Ecart-type total	2.1	1.9	2.1	2.6	2.1	1.1
Int. conf. 95% inf	21.7	55.4	49.0	21.1	22.8	3.8
Int. conf. 95% sup	30.1	63.2	57.5	31.5	31.3	8.3
Ecart-type conf. 95% moyenne	0.8	0.7	0.8	1.0	0.8	0.4
CV conf. 95% moyenne	3.0%	1.2%	1.5%	3.7%	2.9%	7.0%
Int. conf. moy. 95% inf	25.1	58.6	52.5	25.3	26.2	5.6
Int. conf. moy. 95% sup	26.7	60.0	54.1	27.2	27.8	6.4
Moyenne 2023	26.9	60.7	55.4	26.4	29.0	5.3
Moyenne 2024	25.7	58.7	52.3	23.5	28.7	6.5
Moyenne 2025	25.5	58.8	52.5	26.2	26.3	6.3
CV année	1.3%	1.6%	3.2%	5.5%	5.2%	9.6%
Ecart-type année	0	1	2	1	1	1
CV variété	8.0%	2.8%	2.4%	8.2%	5.8%	16.2%
Ecart-type variété	2.1	1.7	1.3	2.2	1.6	1.0
Proportion variance année	2%	25%	65%	31%	44%	26%
Proportion variance variété	98%	75%	35%	69%	56%	74%

Agriculture biologique Sud du sillon Sambre-Meuse

Année	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Poids de 1000 grains C15 g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
2023	346	10.8	37	50	51.2	81.7
2024	318	10.8	43	46	43.7	74.3
2025	356	10.9	40	52	56.8	79.5
Moyenne	340	10.8	40	49	50.6	78.5

Année	P Alvéo. Durum mm H2O	L Alvéo. Durum mm	Mixolab+ Hydratation %	Mixolab+ Temps dév. min	Mixolab+ Couple C2 Nm	Mixolab+ Couple C3-C2 Nm	Mixolab+ Couple C4-C3 Nm	Mixolab+ Couple C5-C4 Nm	Couleur jaune semoule b*	Rdt mouture far.+sem. %	Rdt semoule totale %	Rdt fine semoule %	Rdt grosse semoule %	Rdt farine %
2023	72	43	52.0	10.3	0.58	1.02	-0.19	1.29	24.6	74.2	66.5	33.6	32.9	7.7
2024	104	44	53.2	8.9	0.58	1.17	-0.16	1.32	23.7	56.7	49.8	24.4	25.4	6.9
2025	84	55	55.2	9.7	0.58	1.54	-0.24	1.43	23.9	59.4	51.6	26.5	25.1	7.8
Moyenne	87	47	53.5	9.7	0.58	1.24	-0.20	1.35	24.1	63.5	56.0	28.2	27.8	7.5

Les paramètres ayant le plus de variabilité annuelle liée au climat lors de la formation du grain et/ou lors de la récolte sont le temps de chute de Hagberg, le PHL, le Mixolab hydratation, le Mixolab+ C3-C2 (viscosité de l'amidon à la chauffe) et le rendement en semoule fine+grosse.

Les paramètres ayant le plus de variabilité variétale robuste à la variabilité du climat lors de la formation du grain et/ou lors de la récolte sont la couleur jaune (b*) de la semoule, le rendement en grosse semoule, la teneur en protéines, l'indice de sédimentation SDS (Redman), le taux de mitadinage, la dureté NIRS du grain, la ténacité du gluten (P Alvéo.), le Mixolab+ temps de développement du gluten, le Mixolab+ Couple C2 (stabilité du gluten à la chauffe), le Mixolab+ C4-C3 (viscosité de l'amidon à chaud) et le Mixolab+ Couple C5-C4 (indicateur de fermeté des pâtes).

	Rendement grains ton/ha	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Dureté NIRS grains /	Poids de 1000 grains C15 g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
N	30	30	30	30	30	30	30	30
Moyenne totale	5.2	343	10.9	40	49	121	50.9	78.6
CV total	23.6%	13.3%	5.7%	16.5%	32.7%	15.7%	13.5%	5.1%
Ecart-type total	1.2	46	0.6	7	16	19	6.9	4.0
Int. conf. 95% inf	2.8	251	9.7	27	17	83	37.2	70.6
Int. conf. 95% sup	7.7	434	12.2	54	81	159	64.7	86.6
Ecart-type conf. 95% moyenne	0.5	17	0.2	2	6	7	2.5	1.5
CV conf. 95% moyenne	8.6%	4.9%	2.1%	6.0%	11.9%	5.7%	4.9%	1.9%
Int. conf. moy. 95% inf	4.8	326	10.7	38	43	114	48.4	77.1
Int. conf. moy. 95% sup	5.7	359	11.1	43	55	128	53.4	80.0
Moyenne 2023	5.6	346	10.8	37	48	105	51.5	81.6
Moyenne 2024	4.0	322	10.9	44	45	134	43.9	74.4
Moyenne 2025	6.0	357	11.0	40	52	121	56.3	80.0
CV année	20.1%	3.1%		7.2%		11.3%	12.2%	4.8%
Ecart-type année	1.1	11		3		14	6.2	3.8
CV variété	12.3%	13.0%	5.7%	14.8%	32.7%	10.9%	5.8%	1.7%
Ecart-type variété	0.6	44	0.62	6	15.92	13	3.0	1.4
Proportion variance année	73%	6%	0%	19%	0%	51%	82%	89%
Proportion variance variété	27%	94%	100%	81%	100%	49%	18%	11%

	P Alvéo. Durum	L Alvéo. Durum	Mixolab+ Hydratation	Mixolab+ Temps dév.	Mixolab+ Couple C2	Mixolab+ Couple C3-C2	Mixolab+ Couple C4-C3	Mixolab+ Couple C5-C4
	mm H2O	mm	%	min	Nm	Nm	Nm	Nm
N	29	29	29	29	29	29	29	29
Moyenne totale	89	48	53.9	9.7	0.58	1.28	-0.19	1.37
CV total	27.6%	28.6%	4.0%	8.1%	7.6%	23.2%	83.4%	23.4%
Ecart-type total	25	14	2.1	0.8	0.04	0.30	0.16	0.32
Int. conf. 95% inf	40	20	49.6	8.2	0.49	0.68	-0.52	0.73
Int. conf. 95% sup	138	75	58.2	11.3	0.67	1.87	0.13	2.01
Ecart-type conf. 95% moyenne	9	5	0.8	0.3	0.02	0.11	0.06	0.12
CV conf. 95% moyenne	10.3%	10.6%	1.5%	3.0%	2.8%	8.6%	31.0%	8.7%
Int. conf. moy. 95% inf	80	43	53.1	9.5	0.57	1.17	-0.25	1.25
Int. conf. moy. 95% sup	98	53	54.7	10.0	0.60	1.39	-0.13	1.49
Moyenne 2023	73	42	52.2	10.3	0.58	1.04	-0.21	1.30
Moyenne 2024	108	43	53.4	9.5	0.59	1.16	-0.14	1.37
Moyenne 2025	85	55	55.4	9.6	0.58	1.53	-0.23	1.41
CV année	19.0%	13.1%	2.9%	3.6%		19.9%		
Ecart-type année	16.8	6.3	1.5	0.4		0.3		
CV variété	20.1%	25.5%	2.7%	7.2%	7.6%	12.0%	83.4%	23.4%
Ecart-type variété	17.9	12.2	1.5	0.7	0.04	0.2	0.16	0.32
Proportion variance année	47%	21%	52%	20%	0%	73%	0%	0%
Proportion variance variété	53%	79%	48%	80%	100%	27%	100%	100%

	Couleur jaune semoule	Rdt mouture far.+sem.	Rdt semoule totale	Rdt fine semoule	Rdt grosse semoule	Rdt farine
	b*	%	%	%	%	%
N	29	29	29	29	29	29
Moyenne totale	23.9	62.2	54.8	27.7	27.1	7.4
CV total	9.2%	16.1%	17.7%	22.3%	20.7%	21.5%
Ecart-type total	2.2	10.0	9.7	6.2	5.6	1.6
Int. conf. 95% inf	19.5	42.1	35.4	15.3	15.9	4.2
Int. conf. 95% sup	28.4	82.3	74.2	40.1	38.3	10.6
Ecart-type conf. 95% moyenne	0.8	3.7	3.6	2.3	2.1	0.6
CV conf. 95% moyenne	3.4%	6.0%	6.6%	8.3%	7.7%	8.0%
Int. conf. moy. 95% inf	23.1	58.5	51.2	25.4	25.0	6.8
Int. conf. moy. 95% sup	24.7	65.9	58.4	30.0	29.1	8.0
Moyenne 2023	24.7	74.4	66.7	33.6	33.1	7.7
Moyenne 2024	23.3	56.7	50.0	24.5	25.5	6.7
Moyenne 2025	23.8	58.2	50.5	26.2	24.3	7.7
CV année	0.8%	15.7%	17.3%	16.8%	17.3%	3.3%
Ecart-type année	0.2	9.8	9.5	4.7	4.7	0.2
CV variété	9.2%	3.5%	3.5%	14.7%	11.4%	21.3%
Ecart-type variété	2.2	2.2	1.9	4.1	3.1	1.6
Proportion variance année	1%	95%	96%	57%	70%	2%
Proportion variance variété	99%	5%	4%	43%	30%	98%

4. Effet variété

En termes de qualité technologie et des pâtes, les variétés **Anvergur**, **RGT Kapsur** et **Wintersonne** s'avèrent les plus performantes.

Certaines variétés ne sont pas adaptées à cause de temps de chute de Hagberg trop bas quand elles sont cultivées en Wallonie : **Danube**, **Dimokritos**, **RGT Belalur**, **RGT Soissur**, **Spineto**. Ce sont des variétés souvent méditerranéennes qui, à notre latitude, peuvent subir à cause de leur précocité un stress climatique lors de la formation du grains résultats sur des temps de chute de Hagberg trop.

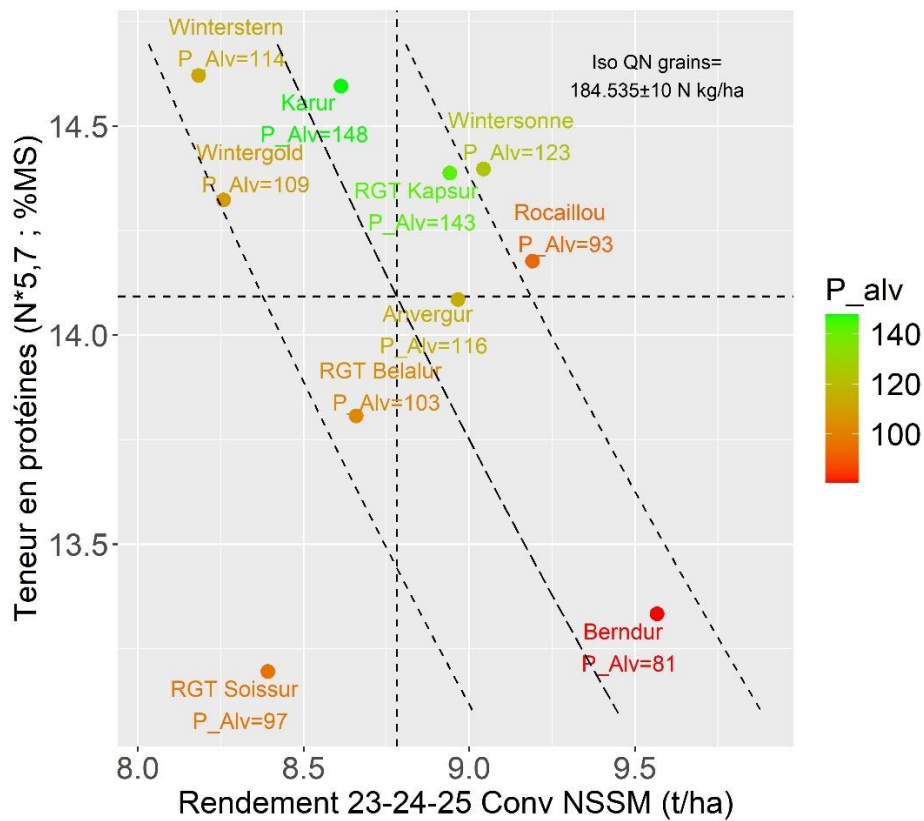


Figure – Relation entre la teneur en protéines et le rendement des blés durs basés sur des essais variétaux en post-inscription conventionnelle de 2023 à 2025 au Nord du sillon Sambre-Meuse.

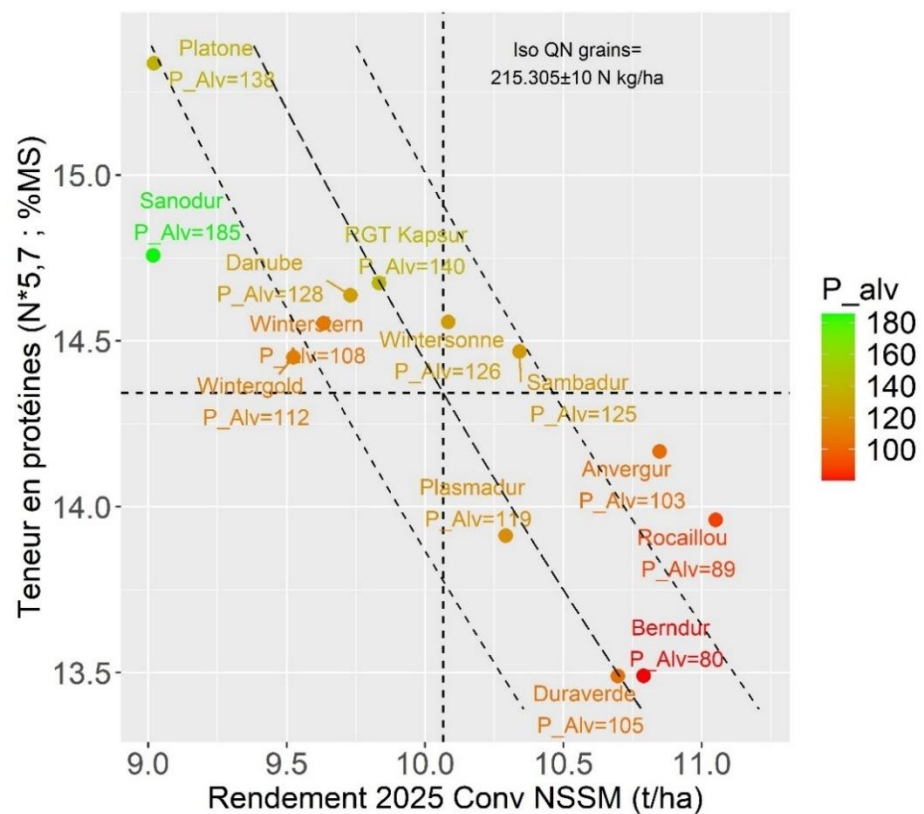
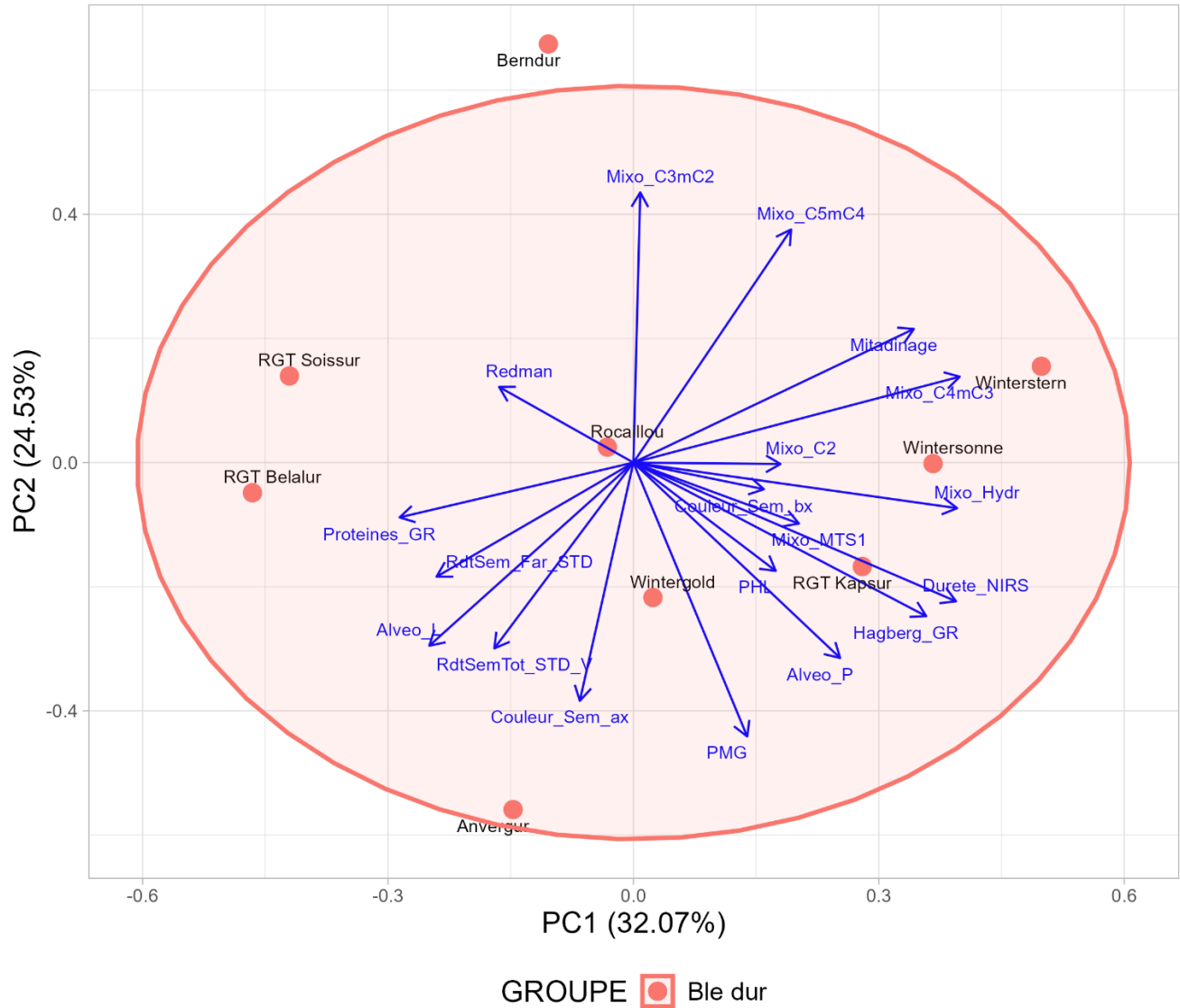


Figure – Relation entre la teneur en protéines et le rendement des blés durs basés sur des essais variétaux en post-inscription conventionnelle de 2025 au Nord du sillon Sambre-Meuse.

Tableau – Caractéristiques technologiques des blés durs basés sur des essais variétaux en post-inscription conventionnelle de 2023 à 2025 au Nord du sillon Sambre-Meuse.

Variétés	Hag-berg (s)	Protéines (%MS N*5,7)	Mita-dinage (%)	Alvéographe de Chopin Durum		Mixolab Chopin +			Couleur semoule b* (Jaune)	Rendement fine et grosse semoule (%)
				P (mm H2O)	L (mm)	Hydra-tation (% H2O)	Stabilité gluten à 30°C (min)	Stabilité gluten à la chauffe (C2 Nm)		
Anvergur	328	14.1	10	116	58	57.5	10.0	0.59	27.2	55.5
Berndur	403	13.3	15	81	41	56.8	9.8	0.61	25.9	52.9
RGT Belalur	266	13.8	16	103	66	57.5	7.5	0.52	24.7	52.7
RGT Kapsur	376	14.4	18	143	49	58.7	10.2	0.64	25.1	52.8
RGT Soissur	296	13.2	13	97	57	56.5	8.4	0.56	27.9	52.3
Rocallou	349	14.2	8	93	59	58.7	8.9	0.53	27.4	51.9
Wintergold	336	14.3	5	109	67	58.8	9.8	0.57	27.9	54.7
Wintersonne	362	14.4	7	123	47	59.8	10.0	0.60	27.7	52.1
Winterstern	387	14.6	7	114	47	60.9	8.4	0.55	28.5	50.4



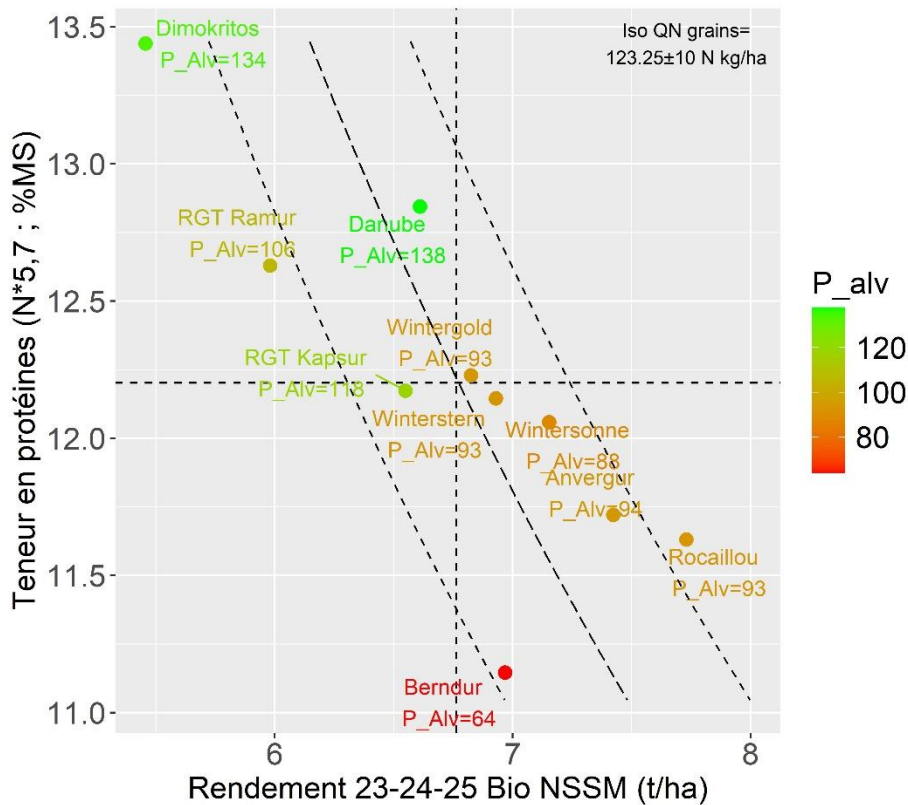


Figure – Relation entre la teneur en protéines et le rendement des blés durs basés sur des essais variétaux en post-inscription biologique de 2023 à 2025 au Nord du sillon Sambre-Meuse.

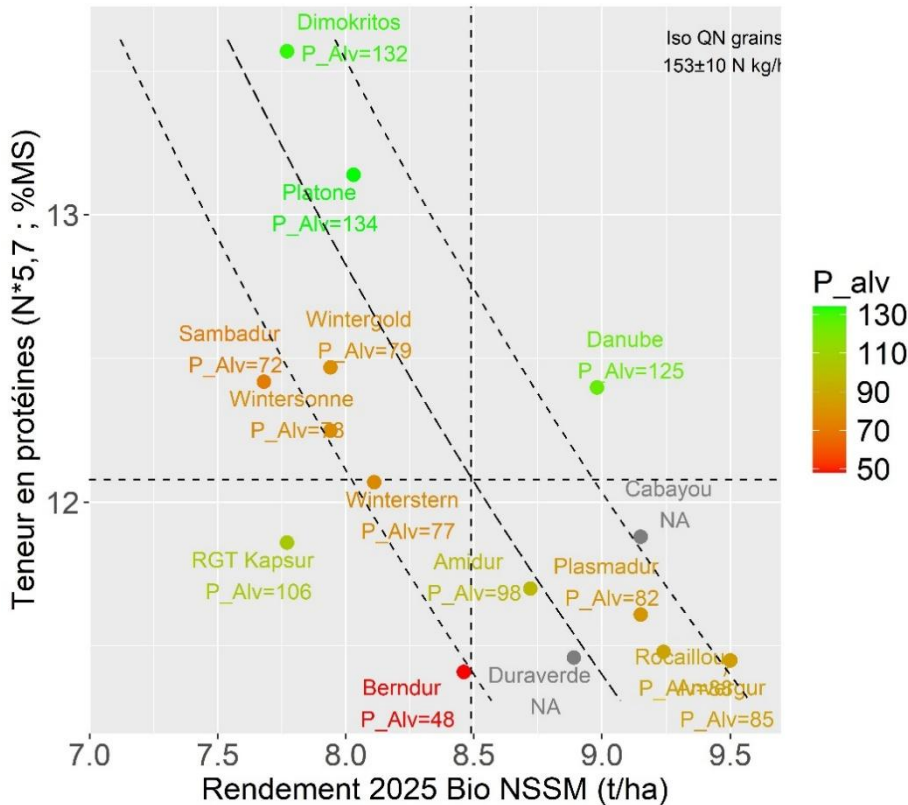
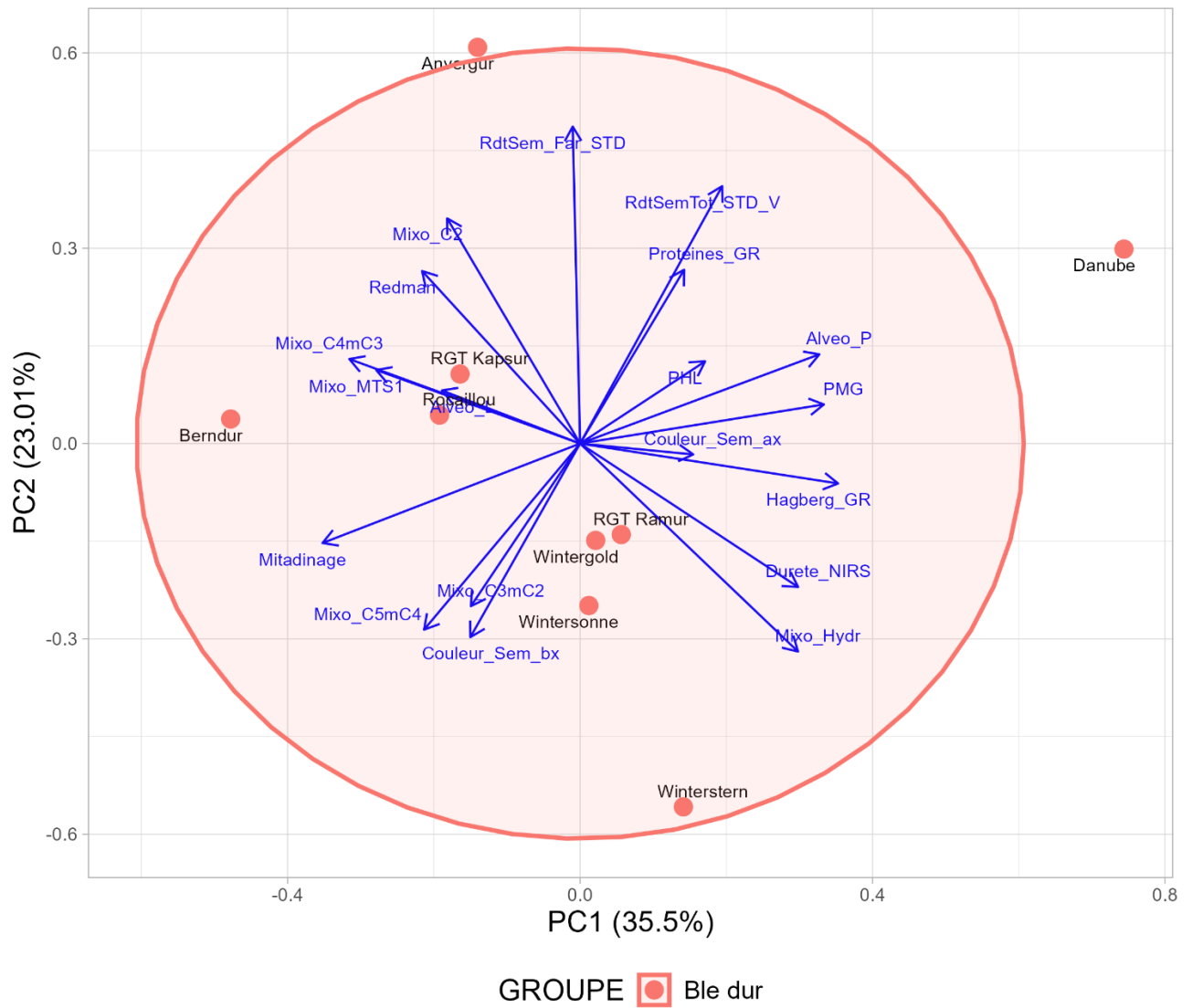


Figure – Relation entre la teneur en protéines et le rendement des blés durs basés sur des essais variétaux en post-inscription biologique de 2025 au Nord du sillon Sambre-Meuse.

Tableau – Caractéristiques technologiques des blés durs basés sur des essais variétaux en post-inscription conventionnelle de 2023 à 2025 au Nord du sillon Sambre-Meuse.

Variétés	Hag-berg (s)	Protéines (%MS N*5,7)	Mita-dinage (%)	Alvéographe de Chopin Durum		Mixelab Chopin +			Couleur semoule b* (Jaune)	Rendement fine et grosse semoule (%)
				P (mm H2O)	L (mm)	Hydratation (% H2O)	Stabilité gluten à 30°C (min)	Stabilité gluten à la chauffe (C2 Nm)		
Anvergur	358	11.7	40	94	47	54.1	11.0	0.65	26.5	60.5
Berndur	373	11.1	46	64	54	53.5	10.0	0.60	24.7	58.2
Danube	254	12.8	30	138	47	56.6	8.2	0.59	22.4	58.6
Dimokritos	287	13.4	25	134	52	58.7	9.1	0.57	21.0	56.0
RGT Kapsur	392	12.2	40	118	48	54.7	9.9	0.64	25.5	57.5
RGT Ramur	356	12.6	26	106	49	56.0	10.8	0.61	26.1	56.4
Rocaillou	363	11.6	27	93	61	54.8	10.3	0.62	26.3	56.9
Wintergold	350	12.2	25	93	51	56.3	10.4	0.58	27.6	57.1
Wintersonne	381	12.1	31	88	46	56.8	9.9	0.59	26.8	56.7
Winterstern	359	12.1	27	93	44	57.3	9.0	0.58	28.5	55.5



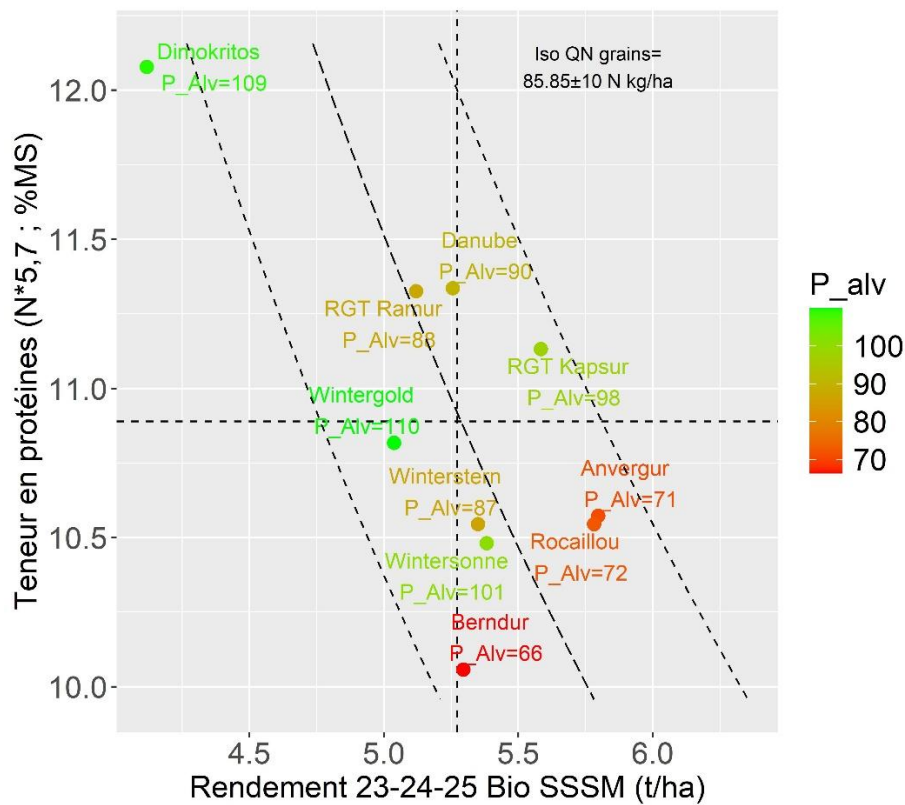


Figure – Relation entre la teneur en protéines et le rendement des blés durs basés sur des essais variétaux en post-inscription biologique de 2023 à 2025 au Sud du sillon Sambre-Meuse.

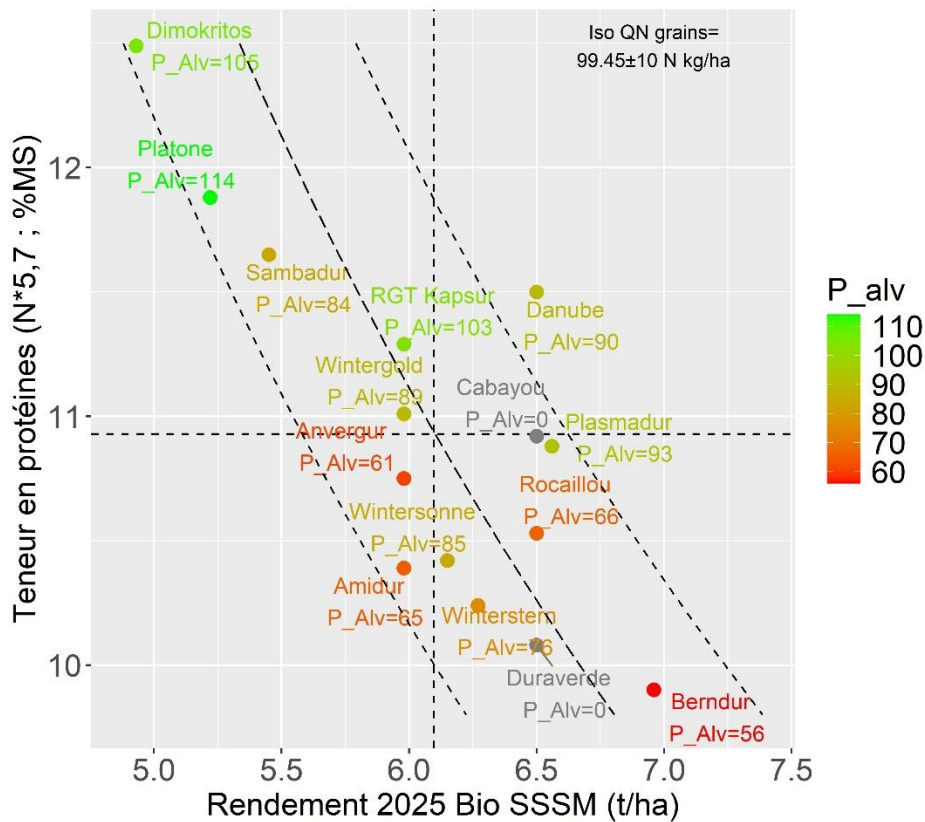
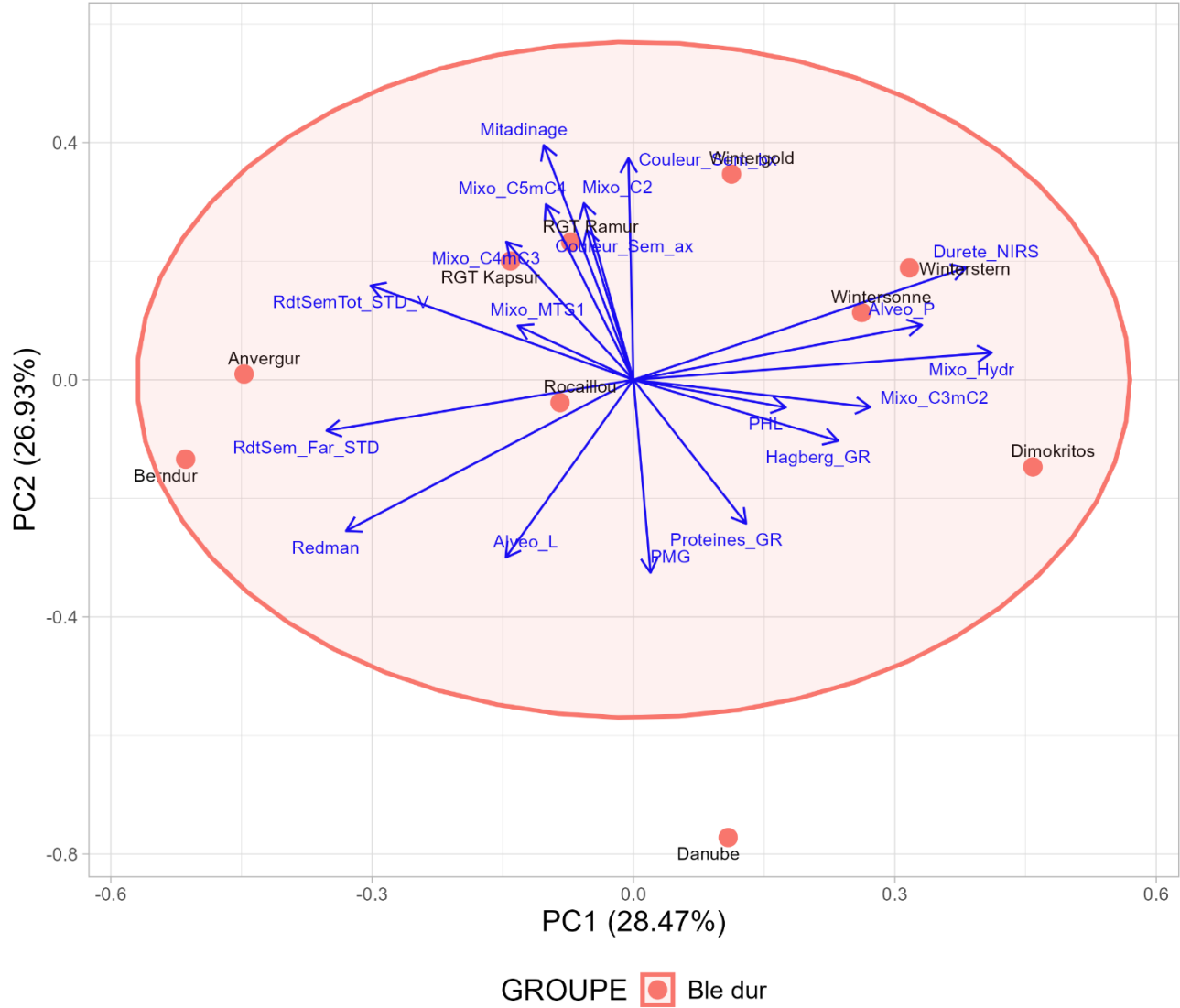


Figure – Relation entre la teneur en protéines et le rendement des blés durs basés sur des essais variétaux en post-inscription biologique de 2025 au Sud du sillon Sambre-Meuse.

Tableau – Caractéristiques technologiques des blés durs basés sur des essais variétaux en post-inscription conventionnelle de 2023 à 2025 au Sud du sillon Sambre-Meuse.

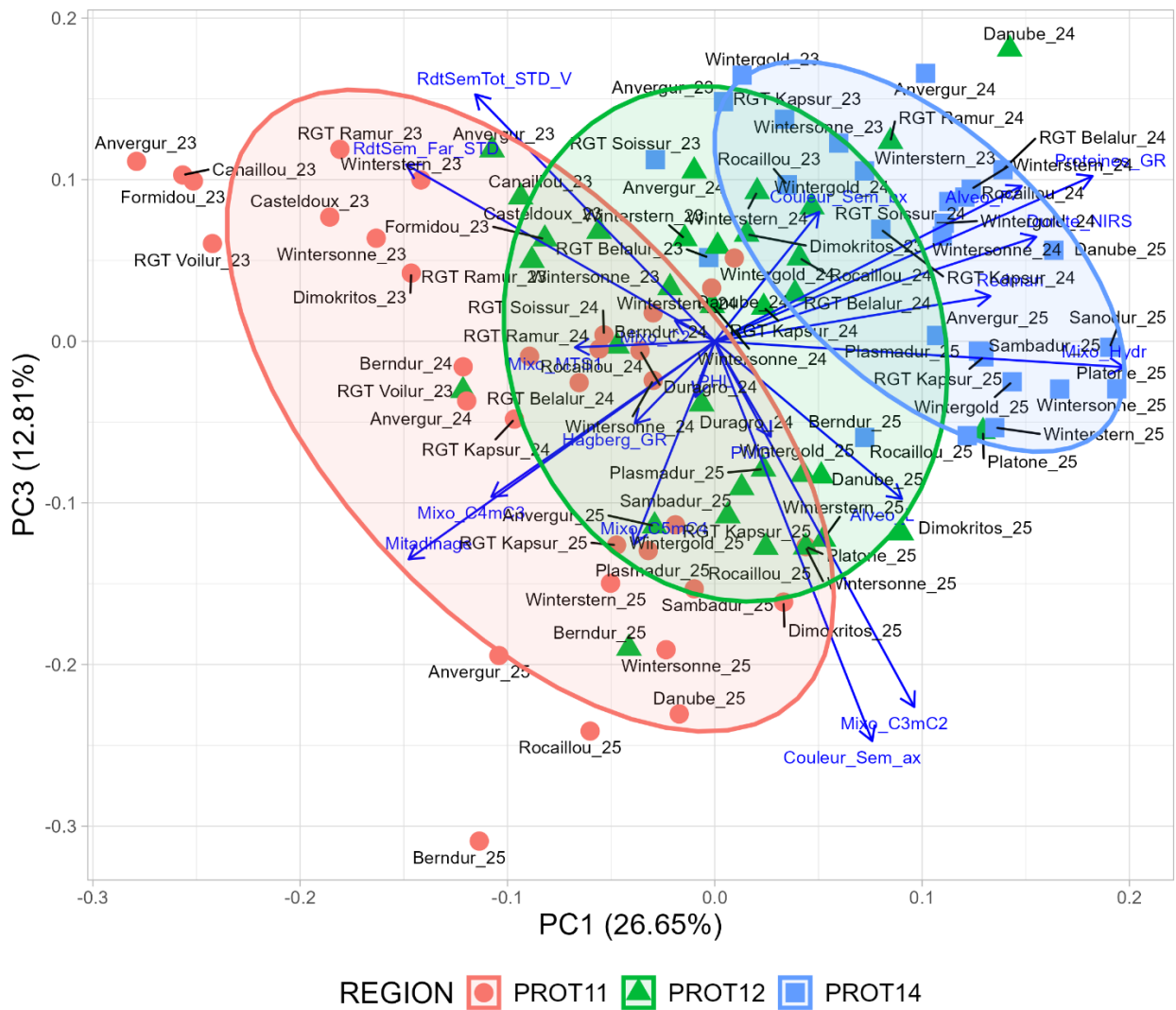
Variétés	Hag-berg (s)	Protéines (%MS N*5,7)	Mita-dinage (%)	Alvéographe de Chopin Durum		Mixolab Chopin +			Couleur semoule b* (Jaune)	Rendement fine et grosse semoule (%)
				P (mm H2O)	L (mm)	Hydra-tation (% H2O)	Stabilité gluten à 30°C (min)	Stabilité gluten à la chauffe (C2 Nm)		
Anvergur	342	10.6	66	71	44	51.9	9.8	0.58	23.9	56.0
Berndur	375	10.1	66	66	65	51.8	9.9	0.55	22.1	55.4
Danube	233	11.3	65	90	59	53.6	9.9	0.54	19.1	52.7
Dimokritos	301	12.1	38	109	50	56.2	9.5	0.55	20.0	53.6
RGT Kapsur	366	11.1	55	98	39	52.9	9.7	0.65	23.2	56.2
RGT Ramur	382	11.3	48	88	42	53.2	10.6	0.63	24.3	53.7
Rocaillou	312	10.5	54	72	47	52.8	9.9	0.55	24.7	53.6
Wintergold	378	10.8	31	110	48	54.8	10.7	0.65	26.5	55.3
Wintersonne	376	10.5	46	101	43	54.8	9.6	0.57	24.5	53.3
Winterstern	362	10.5	33	87	35	54.6	9.1	0.55	26.4	52.7

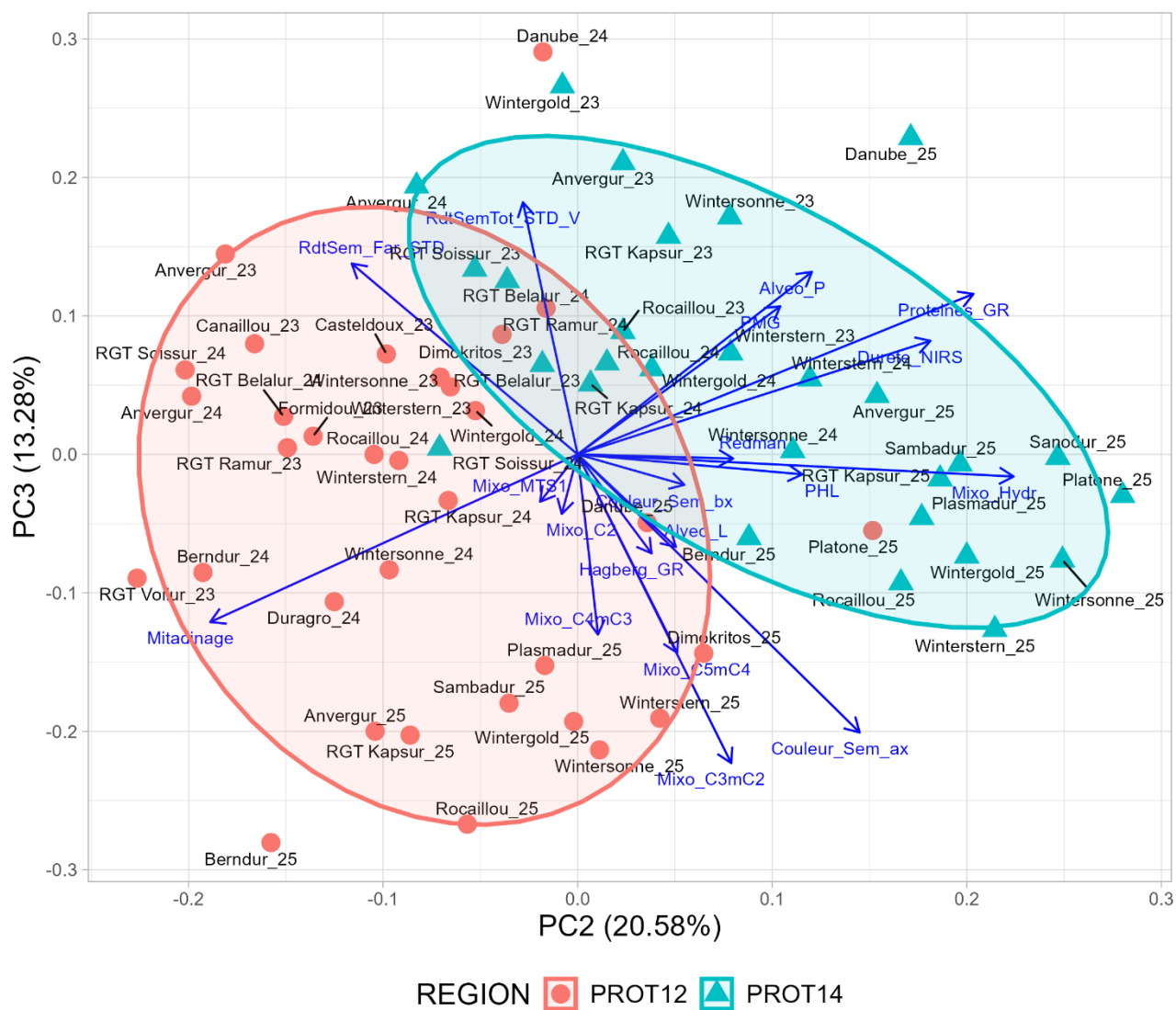


5. Effet de la teneur en protéines (fertilité azotée)

Modalité 23, 24 et 25	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Poids de 1000 grains g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
NSSM Conv	348	14.1	46	13	51.5	79.1
NSSM BIO	344	12.1	45	34	50.5	78.7
SSSM BIO	340	10.8	40	49	50.6	78.5

Modalité 23, 24 et 25	P Alvéo. Durum mm H2O	L Alvéo. Durum mm	Mixolab+ Hydratation %	Mixolab+ Temps dév. min	Mixolab+ Couple C2 Nm	Mixolab+ Couple C3-C2 Nm	Mixolab+ Couple C4-C3 Nm	Mixolab+ Couple C5-C4 Nm	Couleur jaune semoule b*	Rdt mouture far.+sem. %	Rdt semoule totale %	Rdt fine semoule %	Rdt grosse semoule %	Rdt farine %
NSSM Conv	116	56	58.6	9.4	0.58	1.25	-0.44	1.23	26.7	59.1	54.3	24.2	30.2	4.8
NSSM BIO	100	51	55.6	9.8	0.60	1.31	-0.36	1.25	25.9	59.9	53.7	26.2	27.6	6.2
SSSM BIO	87	47	53.5	9.7	0.58	1.24	-0.20	1.35	24.1	63.5	56.0	28.2	27.8	7.5





Les paramètres les moins dépendant de la teneur en protéines (fertilité azotée) ayant le plus de variabilité liée à la variété et au climat lors de la formation du grain et/ou lors de la récolte sont le temps de chute de Hagberg, le PHL, le PMG, le Mixolab+ temps de développement du gluten, le Mixolab+ C2 (stabilité du gluten à la chauffe), le Mixolab+ C3-C2 (viscosité de l'amidon à la chauffe), le Mixolab+ Couple C5-C4 (indicateur de fermeté des pâtes), la couleur jaune (b*) de la semoule et le rendement en semoule fine+grosse.

Les paramètres les plus dépendant de la teneur en protéines (fertilité azotée) ayant le plus robuste à la variabilité variétale du climat lors de la formation du grain et/ou lors de la récolte sont la teneur en protéines, le taux de mitadinage, la dureté NIRS du grain, la ténacité du gluten (P Alvéo.), le Mixolab+ hydratation, et le rendement en farine.

	Rendement grains ton/ha	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Dureté NIRS grains /	Poids de 1000 grains C15 g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
N	94	94	94	94	94	94	94	94
Moyenne totale	6.8	346	12.3	44	33	137	50.7	78.8
CV total	38.5%	18.2%	14.7%	16.3%	68.1%	16.7%	10.1%	4.3%
Ecart-type total	2.6	63	1.8	7	22	23	5.1	3.4
Int. conf. 95% inf	1.6	220	8.7	30	-12	91	40.5	72.0
Int. conf. 95% sup	12.1	472	15.9	58	78	183	61.0	85.6
Ecart-type conf. 95% moyenne	0.5	13	0.4	1	5	5	1.1	0.7
CV conf. 95% moyenne	7.9%	3.7%	3.0%	3.4%	14.1%	3.5%	2.1%	0.9%
Int. conf. moy. 95% inf	6.3	333	11.9	42	28	133	49.7	78.1
Int. conf. moy. 95% sup	7.4	359	12.7	45	37	142	51.8	79.5
Moyenne Protéines Conv.	8.9	354	14.2	47	12	157	51.8	79.6
Moyenne Protéines BIO	6.7	344	12.1	45	34	139	50.1	78.6
Moyenne Protéines BIO bas	5.2	342	10.8	40	50	120	50.5	78.3
CV niveau protéines	26.5%		13.8%	7.5%	58.0%	13.4%		
Ecart-type niveau protéines	1.8		1.7	3	19	18		
CV variété-année	27.9%	18.2%	5.2%	14.4%	35.7%	10.0%	10.1%	4.3%
Ecart-type variété-année	1.9	63	0.6	6	12	14	5.1	3.4
Proportion variance niveau protéines	47%	0%	87%	21%	73%	64%	0%	0%
Proportion variance variété-année	53%	100%	13%	79%	27%	36%	100%	99%

	P Alvéo. Durum mm H2O	L Alvéo. Durum mm	Mixolab+ Hydratation %	Mixolab+ Temps dév. min	Mixolab+ Couple C2 Nm	Mixolab+ Couple C3-C2 Nm	Mixolab+ Couple C4-C3 Nm	Mixolab+ Couple C5-C4 Nm
N	94	94	94.0	94	94	94	94	94
Moyenne totale	101	52	56.0	9.5	0.59	1.30	-0.33	1.29
CV total	26.4%	27.1%	6.2%	14.4%	8.9%	17.4%	66.8%	32.5%
Ecart-type total	27	14	3.5	1.4	0.05	0.23	0.22	0.42
Int. conf. 95% inf	48	23.6	49.1	6.8	0.48	0.84	-0.77	0.45
Int. conf. 95% sup	154	79	62.9	12.3	0.69	1.75	0.11	2.12
Ecart-type conf. 95% moyenne	5.5	3	0.7	0.3	0.01	0.05	0.05	0.09
CV conf. 95% moyenne	5%	5.6%	1.3%	3.0%	1.8%	3.6%	13.8%	6.7%
Int. conf. moy. 95% inf	96	49	55.3	9.3	0.58	1.25	-0.37	1.20
Int. conf. moy. 95% sup	107	54	56.7	9.8	0.60	1.34	-0.28	1.37
Moyenne Protéines Conv.	116	56	59.0	9.3	0.58	1.29	-0.43	1.26
Moyenne Protéines BIO	101	51	55.8	9.7	0.60	1.33	-0.38	1.25
Moyenne Protéines BIO bas	89	48	53.7	9.6	0.58	1.26	-0.19	1.35
CV niveau protéines	13.2%	7.0%	4.7%		1.8%		37.0%	
Ecart-type niveau protéines	13	4	2.6		0.01		0.12	
CV variété-année	22.9%	26.1%	4.0%	14.4%	8.8%	17.4%	55.6%	32.5%
Ecart-type variété-année	23	13	2.3	1.4	0.05	0.2	0.18	0.4
Proportion variance niveau protéines	25%	7%	58%	0%	4%	0%	31%	0%
Proportion variance variété-année	75%	93%	42%	100%	96%	100%	69%	100%

	Couleur jaune semoule	Rdt mouture far.+sem.	Rdt semoule totale	Rdt fine semoule	Rdt grosse semoule	Rdt farine
	b*	%	%	%	%	%
N	94	94	94	94	94	94
Moyenne totale	25.5	60.1	53.9	26.1	27.8	6.2
CV total	9.8%	8.8%	9.1%	16.8%	12.7%	29.4%
Ecart-type total	2.5	5.3	4.9	4.4	3.5	1.8
Int. conf. 95% inf	20.5	49.5	44.0	17.3	20.8	2.6
Int. conf. 95% sup	30.5	70.7	63.7	34.8	34.9	9.8
Ecart-type conf. 95% moyenne	0.5	1.1	1.0	0.9	0.7	0.4
CV conf. 95% moyenne	2.0%	1.8%	1.9%	3.5%	2.6%	6.1%
Int. conf. moy. 95% inf	25.0	59.0	52.9	25.2	27.1	5.8
Int. conf. moy. 95% sup	26.0	61.2	54.9	27.0	28.6	6.6
Moyenne Protéines Conv.	26.8	58.6	53.8	24.2	29.6	4.7
Moyenne Protéines BIO	25.8	59.5	53.2	26.1	27.1	6.2
Moyenne Protéines BIO bas	24.0	62.0	54.6	27.6	27.1	7.4
CV niveau protéines	5.4%	2.6%		5.8%	4.9%	21.3%
Ecart-type niveau protéines	1.4	1.5		1.5	1.4	1.3
CV variété-année	8.1%	8.5%	9.1%	15.7%	11.7%	20.3%
Ecart-type variété-année	2.1	5.1	4.9	4.1	3.2	1.3
Proportion variance niveau protéines	31%	8%	0%	12%	15%	53%
Proportion variance variété-année	69%	92%	100%	88%	85%	47%

6. Effet de la vitrosité (récolte tardive)

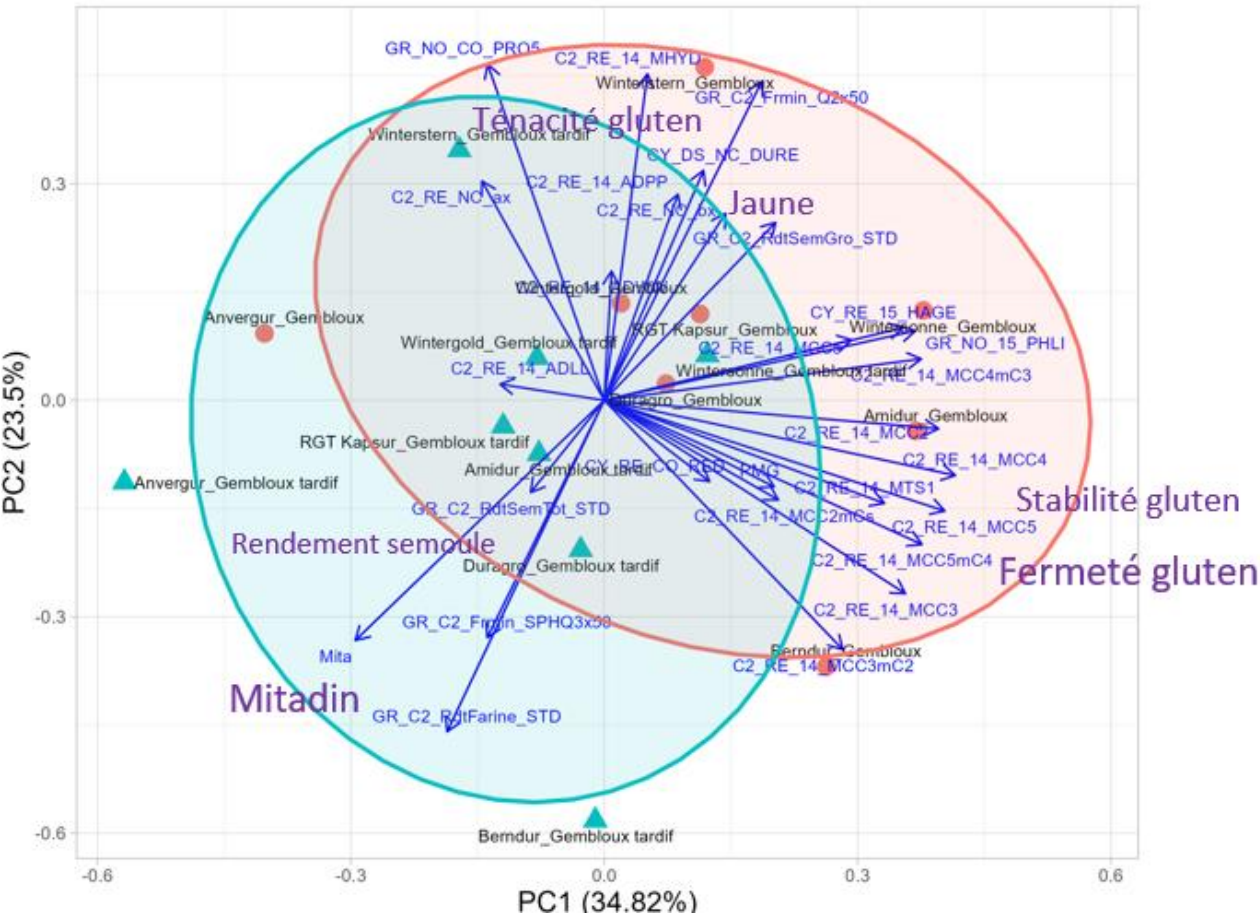
Agriculture conventionnelle

Modalité 2024 Conv	Hagberg C15 grains	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Poids de 1000 grains C15 g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
Gembloux	s					
Normal	317	14.5	51	23	51.2	75.2
Tardif	292	14.5	50	39	49.3	73.0

FR Q1A Normal	345	14.6	92	40	40.9	76.7
FR Q1A Tardif	404	14.5	88	62	38.8	73.8

Modalité 2024 Conv	P Alvé. Durum mm H2O	L Alvéo. Durum mm	Mixolab+ Hydratation %	Mixolab+ Temps dév. min	Mixolab+ Couple C2 Nm	Mixolab+ Couple C3-C2 Nm	Mixolab+ Couple C4-C3 Nm	Mixolab+ Couple C5-C4 Nm	Couleur jaune semoule b*	Rdt mouture far.+sem. %	Rdt semoule totale %	Rdt fine semoule %	Rdt grosse semoule %	Rdt farine %
Gembloux														
Normal	118	60	59.1	9.6	0.58	1.28	-0.36	0.96	25.6	57.2	51.5	21.7	29.8	5.7
Tardif	98	71	58.9	8.9	0.51	1.28	-0.49	0.79	24.4	57.7	50.9	26.7	24.2	6.8

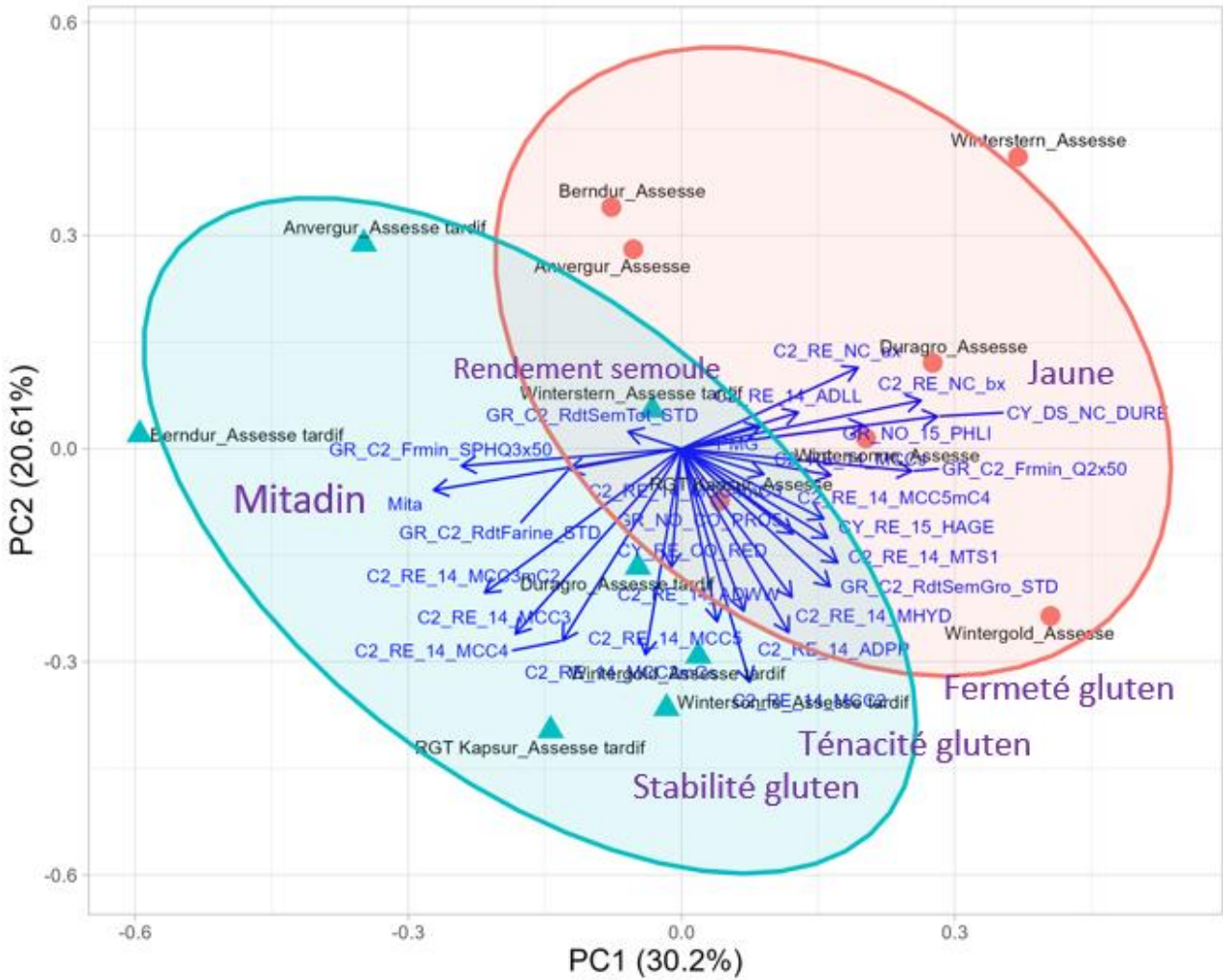
FR Q1A Normal	82	92	56.1	9.7	0.61	1.69	-0.37	1.60	13.2	61.8	52.6	34.3	18.3	9.1
FR Q1A Tardif	77	131	56.0	10.1	0.63	1.71	-0.37	1.74	13.0	60.1	50.4	33.8	16.7	9.7



Agriculture biologique

Modalité 2024 BIO Assesse	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N*5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Poids de 1000 grains C15 g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
Normal	330	10.7	44	46	44.2	74.3
Tardif	319	10.7	43	79	43.6	70.5

Modalité 2024 BIO Assesse	P Alvéo. Durum mm H2O	L Alvéo. Durum mm	Mixolab+ Hydratation %	Mixolab+ Temps dév. min	Mixolab+ Couple C2 Nm	Mixolab+ Couple C3-C2 Nm	Mixolab+ Couple C4-C3 Nm	Mixolab+ Couple C5-C4 Nm	Couleur jaune semoule b*	Rdt mouture far.+sem. %	Rdt semoule totale %	Rdt fine semoule %	Rdt grosse semoule %	Rdt farine %
Normal	110	44	53.6	9.5	0.59	1.18	-0.15	1.38	23.8	56.8	50.1	24.8	25.3	6.7
Tardif	114	38	54.7	9.3	0.60	1.55	-0.24	1.12	21.1	55.8	48.7	21.8	26.9	7.2



7. Effet du poids à l'hectolitre

Modalité 2024 Conv PHL	Hagberg C15 grains s	Protéines grains (N°5,7) % MS	Redman référence ml	Mitadin %	Poids de 1000 grains C15 g	Poids à l'hectolitre C15 kg/hl
Gembloux	282	14.5	50	23	49.4	74.3
Acosse	238	14.6	48	10	36.6	68.0
FR Gembloux Q1A	345	14.6	92	40	40.9	76.7
FR Acosse Q1A	413	14.5	79	40	43.9	79.8

Modalité 2024 Conv PHL	P Alvéo. Durum mm H2O	L Alvéo. Durum mm	Mixolab+ Hydratation %	Mixolab+ Temps dév. min	Mixolab+ Couple C2 Nm	Mixolab+ Couple C3-C2 Nm	Mixolab+ Couple C4-C3 Nm	Mixolab+ Couple C5-C4 Nm	Couleur jaune semoule b*	Rdt mouture far.+sem. %	Rdt semoule totale %	Rdt fine semoule %	Rdt grosse semoule %	Rdt farine %
Gembloux	111	65	58.8	8.8	0.55	1.22	-0.47	0.83	25.2	56.6	51.0	21.4	29.6	5.6
Acosse	90	61	58.9	7.1	0.44	1.10	-0.51	0.63	27.1	53.6	48.6	26.0	22.6	4.9
FR Gembloux Q1A	82	92	56.1	9.7	0.61	1.69	-0.37	1.60	13.2	61.8	52.6	34.3	18.3	9.1
FR Acosse Q1A	70	128	54.5	9.6	0.64	1.74	-0.46	1.67	12.9	64.7	53.9	36.3	17.5	10.8

