2. La fertilisation azotée

N. Vannoppen[1], G. Wain[1], B. Godin[2], C. Vandenberghe[3], O. Mahieu[4], J. Pierreux[5], P.-Y. Werrie[2], V. Reuter[2], C. Collin[6], A. Vilret[7], L-M. Blondiau[4], M. Renneson[8] et B. Dumont[5]

2.1 Bilan de la saison culturale 2024-2025 38

2.2 La fertilisation azotée en froment d'hiver 39
2.2.1 Résultats des expérimentations en 2025 39
2.2.2 Relation entre force boulangère et rendement à l'hectare 52
2.2.3 Les éléments à considérer pour une recommandation pratique 56
2.2.4 La détermination pratique de la fertilisation azotée 59

2.3 Fertilisation du froment d'hiver avec des matières organiques 64

2.4 Évaluation de l'utilisation de biostimulants et d'engrais foliaires en froment d'hiver – Nouveautés ! 69

2.5 La fertilisation azotée en escourgeon 73
2.5.1 Résultats des expérimentations en 2025 73
2.5.2 Analyses des reliquats pour la campagne 2026 79
2.5.3 Conseil de fertilisation pour la saison culturale 2026 80

2.6 La fertilisation azotée de l'association du froment d'hiver et du pois protéagineux d'hiver 83

[1] CePiCOP asbl – Centre Pilote wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux – Subventionné par SPW – ARNE
[2] CRA-W – Département Connaissance et Valorisation des Produits – Unité Valorisation des Produits, de la Biomasse et du Bois
[3] ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plante – GRENeRA (membre de la Structure PROTECT'eau)
[4] C.A.R.A.H. asbl. Centre pour l'Agronomie et l'Agro-industrie de la Province du Hainaut
[5] ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie
[6] Requasud – Laboratoire de la Province de Liège
[7] O.P.A. – Office Provincial Agricole – Province de Namur
[8] Requasud – Laboratoire de la Province du Brabant Wallon

2.1 Bilan de la saison culturale 2024-2025

N. Vannoppen

Semis et automne 2024 – La saison des céréales d'hiver a débuté avec un automne particulièrement chaud et humide, reprenant la tendance de pluies excédentaires déjà observées en 2023-2024. Ces pluies, rendant les terres parfois difficiles à travailler, ont ralenti l'avancée des semis dans certaines régions agricoles. Ces conditions humides ont également entraîné des levées hétérogènes sur certaines parcelles. Toutefois, les céréales ont globalement été semées dans des conditions suffisamment bonnes et majoritairement avant le mois de novembre.

Hiver 2024-2025 – L'hiver a commencé sous des températures relativement douces au mois de décembre. Le mois de janvier a ensuite marqué la saison avec des records de précipitations, accompagnés d'alternances de périodes plus froides et de redoux. Les jeunes emblavures ont fait face à ces gelées dans des sols gorgés en eau sous une faible couverture neigeuse, les exposant ainsi aux risques de gel. Le mois de février a en revanche été chaud et très sec, annonçant la couleur pour la suite de la saison.

Cette croissance presque ininterrompue et les précipitations abondantes d'une partie de cet hiver ont forcément eu une incidence significative sur la quantité d'azote minéral présente en sortie d'hiver dans le profil de sol des emblavures de céréales. Les analyses de sol effectuées à cette période ont montré que l'azote n'était plus présent en quantités importantes dans les parcelles d'escourgeon (26 kg N/ha sur 90 cm) et de froment (35 kg N/ha sur 90 cm). La répartition de l'azote entre les horizons était assez semblable, contrairement aux années précédentes où une migration de l'azote vers le fond du profil avait été observée. Ces reliquats azotés présentaient néanmoins une grande variabilité entre les parcelles, en fonction du précédent cultural.

Une fois de plus, ces situations soulignent l'importance **d'ajuster en cours de saison la fertilisation de référence** préconisée par le Livre Blanc de février, via les observations de terrain et les campagnes d'avertissements. Les premières applications d'engrais en escourgeon ont pu avoir lieu à partir de fin février pour profiter des faibles précipitations. Les terres emblavées avec du froment d'hiver ont généralement reçu leur première fraction dès le début du mois de mars.

Printemps 2025 – L'ensemble de la période printanière a été chaude et sèche, marquée par des records d'ensoleillement. Les températures nocturnes étaient quant à elles assez froides, régulièrement accompagnées de gelées jusque mi-avril. Dans ces conditions, les plantes sont restées assez courtes et le risque de verse était faible.

Ce printemps sec aurait pu limiter l'efficacité des engrais mais les quelques pluies ont tout de même permis de valoriser les premiers apports d'azote dans la majorité des régions. Les champs d'escourgeon et de froment ne semblaient pas présenter de symptômes de carences.

Fin de cycle et récolte – Le mois de juin a suivi les tendances des mois précédents en étant relativement sec et très chaud (+ 2°C par rapport aux normales climatiques à la station météo d'Ernage). Dans ces conditions, la récolte des escourgeons s'est majoritairement déroulée durant la dernière décade du mois de juin avec de très bons rendements. Les coups de chaud ont par contre accéléré la maturation des froments et parfois provoqué des phénomènes d'échaudage. La moisson des froments a pu commencer aux alentours du 15 juillet mais a ensuite été interrompue par les précipitations. La suite des récoltes a pu reprendre à partir du mois d'août, sans trop de conséquence sur la qualité. Hormis certaines régions, les rendements obtenus étaient bons dans l'ensemble, sans être exceptionnels.

2.2 La fertilisation azotée en froment d'hiver

N. Vannoppen

2.2.1 Résultats des expérimentations en 2025

Les résultats des essais sont présentés ci-dessous ; deux d'entre eux ont été implantés dans la région de Gembloux (Lonzée) par le Centre Pilote wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux (CePiCOP) en collaboration avec la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège. Un troisième essai a également été mis en place par ces deux institutions à Ciney dans le Condroz sur une parcelle de l'Ecole d'Agronomie et des Sciences de Ciney (EPASC). Enfin, le quatrième essai a été réalisé par le CARAH à Ath dans le Hainaut.

Pour l'interprétation des résultats, il convient de rappeler quelques définitions importantes :

- **le rendement phytotechnique est défini comme le rendement brut, exprimé en quintaux à l'hectare (q/ha) selon un taux d'humidité corrigé à 15%, récolté sur la parcelle ;**
- **le rendement économique représente le rendement phytotechnique duquel on déduit l'équivalent en poids de grain (q/ha), correspondant au coût de la quantité totale d'engrais azoté appliquée.**

Dans une démarche économique pour l'agriculteur, mais également plus respectueuse de l'environnement, ce sont les résultats exprimés en termes de rendement économique qu'il faut retenir.

Le prix de vente retenu pour le froment d'hiver en 2025 est de 165 €/t et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) a été fixé à 390 €. Les rendements économiques qui sont repris dans ce chapitre sont donc exprimés selon le rapport 8.8, à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à 8,8 kilogrammes de froment (1 kg N = 8,8 kg de froment). Pour rappel, ce même rapport était de 6.5 dans le Livre Blanc de février 2024 et de 6 en février 2025.

• Itinéraire cultural des essais « fumure azotée »

Les itinéraires techniques des essais « fumure » sont détaillés dans le Tableau 1. Chaque essai a été mené suivant un itinéraire technique propre aux conditions régionales. Les deux essais de Lonzée ont des itinéraires relativement proches mais légèrement différents des essais à Ath et à Ciney. Les interventions culturales ont été réalisées aux moments les plus adéquats.

L'itinéraire technique des deux essais menés à Lonzée est caractérisé par un même précédent cultural (pomme de terre) et un suivi phytotechnique identique (désherbage, raccourcisseur et fongicide). La pression en maladies étant faible cette année, il a été décidé d'appliquer un programme fongicide comprenant un seul traitement au stade dernière feuille étalée (BBCH 39). Un seul désherbage a été réalisé à l'automne, en même temps qu'un traitement insecticide contre les pucerons. Ces essais se distinguent par les variétés utilisées et par l'application de fumures spécifiques (ce point sera abordé ultérieurement). Les parcelles du premier essai ont été semées avec du Chevignon. Pour le deuxième essai, dix variétés reconnues pour leur bonne aptitude à la panification ont été sélectionnées. Sur ce site, le reliquat azoté mesuré en sortie d'hiver sur une profondeur de 90 cm, était de 36 kg N_{min}/ha.

Un troisième essai a été semé avec la variété Chevignon à Ciney, après un précédent colza. Un désherbage a été réalisé à la sortie de l'hiver, suivi d'un deuxième traitement visant les dicotylées à un stade de développement avancé. Un régulateur et un traitement fongicide ont

été appliqués. Sur ce site, le reliquat azoté mesuré en sortie d'hiver sur une profondeur de 60 cm était de 14 kg N_{min}/ha.

Le quatrième essai a été semé à Ath avec la variété fourragère Positiv, après un précédent betterave. Un premier désherbage a été réalisé au mois de novembre suivi d'un second traitement herbicide effectué au début du printemps. Deux régulateurs et deux traitements fongicides ont été appliqués. Sur ce site, le reliquat azoté mesuré en sortie d'hiver sur une profondeur de 90 cm, était de 32 kg N_{min}/ha.

Les protocoles et les résultats de ces quatre essais sont présentés dans les points suivants.

Tableau 1 – Conduite culturale des essais sur la fumure azotée menés en 2025 à Lonzée (CePiCOP – Gx-ABT, ULiège), à Ciney (CePiCOP – Gx-ABT – EPASC) et à Ath (CARAH).

	Lonzée				Ciney		Ath	
Interventions	**Caractéristiques**	**Valeur/ Date**	**Caractéristiques**	**Valeur/ Date**	**Caractéristiques**	**Valeur/ Date**	**Caractéristiques**	**Valeur/ Date**
Choix variétal	Chevignon (Q2)		10 variétés (Q1/ Q1A/Q2)		Chevignon (Q2)		Positiv (Q3)	
Semis	250 grains/m²	17-oct	250 grains/m²	17-oct	400 grains/m²	08-nov	350 grains/m²	30-oct
Précédent	Pomme de terre		Pomme de terre		Colza		Betterave	
Reliquat azoté en sortie d'hiver (kgN/ha)	P : 0-30 cm	9	P : 0-30 cm	9	P : 0-30 cm	5	P : 0-30 cm	9,5
	P : 30-60 cm	11	P : 30-60 cm	11	P : 30-60 cm	9	P : 30-60 cm	11
	P : 60-90 cm	16	P : 60-90 cm	16	P : 60-90 cm	-	P : 60-90 cm	11,5
	Total N minéral	36	Total N minéral	36	Total N minéral	14	Total N minéral	32
Apport de fumure	T	06-mars	T	14-mars	T	25-mars	T	27-févr
	TR	26-mars	TR	-	TR	04-avr	TR	26-mars
	R	08-avr	R	08-avr	R	15-avr	R	07-avr
	2N	-	2N	23-avr	2N	-	2N	-
	DF	12-mai	DF	09-mai	DF	20-mai	DF	09-mai
Désherbage	Herold (0,6 l/ha)	29-oct	Herold (0,6 l/ha)	29-oct	Sigma Plus (0,4 kg/ha) + Harmony M (60 g/ha) + Actirob B (1 l/ha)	21-mars	Carpatus (0,6 l/ha) + AZ 500 (0,15 l/ha)	04-nov
					U 46 M750 (2 l/ha)	30-avr	Allié (20 g/ha) +Starane Forte (0,3 l/ha)	04-avr
Régulateur	CCC 750 (1 l/ha)	11-avr	CCC 750 (1 l/ha)	11-avr	Stabilan 750 (1 l/ha)	30-avr	Cycocel 75 (1 l/ha) + Moddus (0,2 l/ha)	04-avr
							Cycofix (0,5 l/ha) + Moxa (0,1 l/ha)	28-avr
Fongicide	Revystar Gold (1,5 l/ha) + Stavento (1,5 l/ha)	13-mai	Revystar Gold (1,5 l/ha) + Stavento (1,5 l/ha)	13-mai	Questar (1 l/ha) + Fandango Pro (1 l/ha)	09-mai	Balaya (1 l/ha) + Vertipin (2 l/ha)	29-avr
							Ascra Xpro (1,5 l/ha) + Amistar (0,3l/ha)	19-mai
Insecticide	Patriot (0,4 l/ha)	29-oct	Patriot (0,4 l/ha)	29-oct	-	-	Karaté Zéon (50 cc/ha)	04-nov
Anti-limace	-	-	-	-	Ferrex Rb (6 kg/ha)	27-nov	-	-
Récolte	-	17-juil	-	16-juil	-	12-août	-	13-juil

Q1A : Froment panifiable améliorant belge ; Q1 : Froment panifiable premium belge ; Q2 : Froment panifiable supérieur belge ; Q3 : Froment amidonnerie belge.
P : profondeur ; T : tallage ; TR : Tallage-Redressement ; R : Redressement ; 2N : Deuxième nœud ; DF : Dernière feuille.

• Analyse des résultats de l'essai « fumure » mené à Ath en 2025 (CARAH)

Les résultats de l'essai mené par le CARAH sur la fertilisation azotée du froment d'hiver sont repris dans le Tableau 2. Le premier objet de ce protocole est le témoin. Il ne reçoit aucun apport d'azote minéral. Les objets 2 à 4 et 9 à 11 comportent des fumures en trois fractions. Les objets 6 et 7 correspondent aux fumures de référence en deux ou trois fractions proposées par le Livre Blanc. L'objet 7 correspond également au conseil fumure donné par le CARAH. Les objets 5 et 8 se différencient des objets 4 et 7 par un apport d'engrais azoté sous forme de sulfonitrate (26 N/31S) lors de la première fraction, au moment du tallage. Pour ces modalités, le prix considéré dans le calcul du rendement économique pour l'engrais apporté au tallage est de 440 €/t.

Tableau 2 – Résultats de l'essai « fumure » à Ath (CARAH) en 2025. Ce tableau reprend les rendements phytotechniques et économiques (q/ha), le poids à l'hectolitre P/HL (kg/hl), la teneur en protéines (% matière sèche) et l'indice de sédimentation Zélény (ml).

N° Objet	T	TR	Red	DF	Total [kg N/ha]	Rdt Phyto [q/ha]	Rdt Eco [q/ha]	P/HL [kg/hl]	Prot. [%MS]	Zélény [ml]
1	-	-	-	-	0	65,4	65,4	76,6	7,7	17
2	45	-	40	40	125	104,1	93,2	80,6	10,6	23
3	55	-	40	45	140	105,3	93,1	81,0	11,2	26
4	60	-	45	50	155	111,2	97,6	81,0	11,1	25
5	60*	-	45	50	155	108,7	94,3	81,5	11,3	25
6	-	95	-	75	170	108,3	93,4	81,6	11,6	28
7	60	-	60	65	185	112,9	96,7	81,2	11,3	27
8	60*	-	60	65	185	111,7	94,6	81,4	11,2	27
9	70	-	60	70	200	110,3	92,8	81,1	11,5	26
10	80	-	55	80	215	113,1	94,3	81,3	11,6	27
11	90	-	60	80	230	115,0	94,8	81,6	11,4	28
Moyenne de l'essai						106,0	91,8	80,8	11,0	25,4

Pour chaque paramètre, les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale (test de Student-Newman-Keuls à 0,05 via RStudio). Pour les rendements phytotechniques et économiques, un gradient de couleur permet de mieux visualiser les différences entre les valeurs proches de l'optimum. T : tallage; TR : Tallage-Redressement; Red : Redressement; DF : Dernière feuille.

*Avec du Sulfonitrate 26N/31S

Rendements phytotechniques et économiques

Le rendement phytotechnique maximal, soit 115 q/ha, est obtenu avec une fumure totale de 230 kg N/ha apportée en trois fractions (90-60-80). Les objets 4, 7, 8, 9 et 10 présentent des niveaux de production statistiquement équivalents à ce rendement maximal avec des fumures allant de 155 à 215 kg N/ha.

Concernant le rendement économique, tous les objets testés, hormis le témoin, ont permis d'obtenir des rendements économiques statistiquement équivalents à l'optimum. Cet optimum est atteint par l'objet 4 avec 98 q/ha. Cet objet correspond à une fumure en trois fractions, respectivement répartie comme suit (60-45-50), pour un total de 155 kg N/ha. L'objet 7, correspondant à la fumure de référence du Livre Blanc, recommandée par le CARAH, est très proche de cet optimum avec un rendement économique de 97 q/ha pour une dose d'azote totale de 185 kg N/ha. La deuxième fraction, apportée au redressement, n'a probablement pas été pleinement valorisée ce qui explique le peu de différence entre un apport de 45 kg N/ha ou 60 kg N/ha. Les apports de sulfonitrate au tallage n'ont pas permis d'améliorer significativement le rendement économique par rapport aux modalités similaires.

Poids à l'hectolitre (P/HL)

Il existe une différence significative entre les modalités de l'essai pour ce paramètre. Le témoin et l'objet ayant reçu une fertilisation réduite, de 125 kg N/ha, présentent un poids à l'hectolitre inférieur aux autres modalités. Toutefois, toutes les modalités ont atteint les normes minimales de réception.

Teneur en protéines

La teneur en protéines moyenne de cet essai est de 11%. Une différence significative apparaît entre le témoin et les autres modalités. L'objet 2 possède une teneur légèrement inférieure aux autres modalités ayant reçu de l'engrais, sans être significativement différente.

La **fumure de référence en trois fractions** (objet 7), recommandée par le Livre Blanc de février 2025, a permis d'être proche du maximum phytotechnique et économique. Lors de cette saison culturale plutôt sèche, les fertilisations importantes n'ont pas significativement permis d'augmenter le rendement économique.

- **Analyse des résultats des essais « fumure » sur une variété panifiable supérieure Q2 (Chevignon) menés à Lonzée et Ciney en 2025 (CePiCOP – Gx-ABT, ULiège - EPASC)**

a. Résultats en région Limoneuse (Lonzée)

La seconde analyse est réalisée sur l'essai « fumure » implanté à Lonzée, après un précédent pomme de terre. Le Tableau 3 reprend le protocole mis en œuvre et les résultats pour différents paramètres mesurés sur cet essai.

Trente modalités « fumure » ont été testées sur la variété Chevignon, implantée en micro-parcelles. Cette variété de froment d'hiver est, depuis plusieurs années, la plus cultivée en Wallonie. Les modalités « fumure » varient à la fois sur la dose totale d'azote appliquée et sur le fractionnement des apports.

Le premier objet de ce protocole est le témoin. Il ne reçoit aucun apport d'azote minéral. Les objets 2 à 22 constituent le protocole factoriel avec des apports de 60, 90 et 120 kg N/ha, hormis l'objet 5. Les objets 23 et 24 correspondent à la fumure de référence en trois fractions recommandées par le Livre Blanc de février 2025. Pour l'objet 24, cette fumure de référence a été adaptée selon l'état de la culture et la situation de la parcelle en tenant compte des ajustements préconisés par le Livre Blanc. Les objets 25 et 26 reprennent la fumure de référence en deux apports proposée par le Livre Blanc en 2025. La fumure appliquée sur l'objet 26 a également été adaptée sur base des mêmes paramètres que l'objet 24.

L'objet 27 correspond à un schéma de fertilisation dans lequel la dernière fraction est réduite de 30 unités. Cette modalité permet d'évaluer l'effet sur le rendement et sur la qualité, d'une diminution de la dose d'azote au moment du dernier apport. Les objets 28 et 29 sont à mettre en relation avec l'objet 24. Ces deux modalités permettent d'évaluer l'intérêt d'augmenter la première fraction par rapport à la fumure de référence. Enfin, l'objet 30 est une fumure caractérisée par des apports importants en sortie d'hiver, lors de la première et de la deuxième fraction.

Rendements phytotechniques et économiques

Le rendement phytotechnique moyen de cet essai s'élève à 115 q/ha. Les niveaux de production ont été, comme attendu, supérieurs à ceux de la récolte 2024. Le rendement maximal atteint est de 135 q/ha. Certaines fumures comprises entre 180 kg N/ha et 270 kg N/ha affichent des rendements statistiquement équivalents à ce maximum phytotechnique. Ces fumures sont mises en évidence dans les cellules grisées dans la colonne « Rdt Phyto [q/ha] » du Tableau 3. En 2025, les apports d'engrais plus conséquents au tallage ont permis d'augmenter le rendement phytotechnique. Les pluies, mêmes limitées, observées en sortie d'hiver, ont permis de valoriser ces apports élevés. Ceux-ci ont probablement favorisé le développement racinaire et le maintien des talles, améliorant la capacité de la culture à explorer le sol et à mieux supporter la sécheresse ultérieure. Au contraire, les apports plus tardifs ont moins bien été valorisés faute d'humidité, limitant la mise en solution et l'absorption de l'azote.

Tableau 3 – Résultats de l'essai « fumure » réalisé à Lonzée sur la variété Q2 Chevignon. Ce tableau reprend les rendements phytotechniques et économiques (q/ha), le poids à l'hectolitre P/HL (kg/hl), le poids de 1000 grains PMG (g), le nombre d'épis/m² (épis/m²), la teneur en protéines (% MS), l'indice de sédimentation Zélény (ml) et la valeur du rapport de l'indice de sédimentation Zélény sur le taux de protéines Z/P.

N° Objet	T	TR	Red	DF	Total [kg N/ha]	Rdt Phyto [q/ha]	Rdt Eco [q/ha]	P/HL [kg/hl]	PMG [g]	Nbre épis [épis/m²]	Prot. [% MS]	Zélény* [ml]	Z/P
1	-	-	-	-	0	69,9	69,9	76,1	49,2	371	*8,3*	*18*	2,2
2	-	-	-	60	60	84,5	79,2	79,6	54,1	352	11,2	32	2,9
3	-	-	60	-	60	98,5	93,3	76,6	49,3	355	*8,7*	*23*	2,6
4	60	-	-	-	60	97,7	92,4	76,4	49,3	400	*8,4*	*18*	2,1
5	40	-	60	85	185	120,9	104,7	80,2	52,9	426	11,6	34	2,9
6	60	-	-	60	120	109,3	98,8	79,5	53,6	410	*10,6*	*29*	2,7
7	60	-	60	-	120	117,4	106,9	77,5	49,3	420	*9,5*	*24*	2,5
8	60	-	60	60	180	123,7	107,9	79,7	52,0	408	11,1	32	2,9
9	-	-	-	90	90	84,2	76,3	80,3	54,7	392	12,6	40	3,2
10	-	-	90	-	90	108,9	101,0	77,0	48,6	422	*9,2*	*23*	2,5
11	90	-	-	-	90	107,9	100,0	76,9	48,8	440	*8,8*	*22*	2,5
12	-	-	90	90	180	117,6	101,8	80,1	53,1	384	11,8	34	2,9
13	90	-	-	90	180	123,0	107,2	80,7	53,9	463	11,7	35	3,0
14	90	-	90	-	180	127,7	111,9	78,7	50,4	481	*10,6*	*30*	2,8
15	90	-	90	90	270	132,6	109,0	80,4	51,3	521	12,2	38	3,1
16	-	-	-	120	120	85,4	74,9	80,7	54,0	382	13,4	46	3,4
17	-	-	120	-	120	118,3	107,8	77,9	49,8	437	*9,9*	*26*	2,6
18	120	-	-	-	120	118,5	108,0	77,8	49,7	478	*9,4*	*24*	2,6
19	-	-	120	120	240	124,7	103,7	80,4	52,5	449	12,5	39	3,1
20	120	-	-	120	240	128,5	107,5	81,1	53,5	500	12,4	38	3,1
21	120	-	120	-	240	132,0	111,0	79,6	49,9	488	11,6	35	3,0
22	120	-	120	120	360	134,8	103,2	80,3	50,9	488	12,4	39	3,1
23	60	-	60	65	185	122,1	105,9	79,7	51,1	423	11,1	32	2,9
24	60	-	50	55	165	122,4	107,9	79,7	51,7	447	11,0	32	2,9
25	-	95	-	75	170	120,8	105,9	79,9	52,6	393	11,4	34	3,0
26	-	85	-	65	150	118,4	105,2	79,7	53,5	436	*11,0*	31	2,8
27	60	-	60	30	150	120,7	107,6	78,6	50,1	419	*10,3*	*29*	2,8
28	80	-	50	55	185	127,4	111,2	79,7	51,9	481	11,0	33	3,0
29	70	-	50	55	175	120,7	105,4	79,5	51,0	423	*10,9*	31	2,8
30	80	-	60	55	195	128,3	111,2	79,8	51,1	416	11,2	32	2,9
Moyenne de l'essai						**114,9**	**101,2**	**79,1**	**51,5**	**430**	**10,9**	**31**	**2,8**

Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale observée pour un paramètre (test de Student-Newman-Keuls à 0,05 via RStudio). Pour les rendements phytotechniques et économiques, un gradient de couleur permet de mieux visualiser les différences entre les valeurs proches de l'optimum. Pour les critères technologiques, les valeurs inférieures aux normes requises pour une valorisation en amidonnerie sont reprises en italique et soulignées. T : tallage; TR : Tallage-Redressement; Red : Redressement; DF : Dernière feuille. *Données mesurées sur un échantillon composite issu des 4 répétitions.

Le rendement économique maximal s'élève à 112 q/ha et est atteint avec une fumure totale de 180 kg N/ha, répartie en 2 fractions de 90 kg N/ha au tallage et au redressement. Cette fumure ne permet cependant pas de répondre aux normes requises en termes de teneurs en protéines. La majorité des schémas de fractionnement s'approche de cet optimum économique. Les modalités recevant des apports plus importants au tallage (objets 28 et 30), ainsi que les fumures de référence, en 2 et 3 fractions, recommandées par le Livre Blanc, présentent des rendements économiques proches de l'optimum, tout en répondant aux critères de qualités technologiques.

D'un point vue économique, les recommandations du Livre Blanc restent donc pertinentes dans le contexte actuel. Comme illustré par la Figure 1, des rendements économiques statistiquement équivalents sont aussi obtenus avec des fumures totales plus élevées voire légèrement plus faibles. D'après la courbe de réponse reprise sur cette figure, l'optimum économique pour la saison 2024-2025 semble se situer dans une fenêtre comprise entre 180 et 240 kg N/ha. Dans le contexte actuel, le coût de ces fumures n'excède pas les 22 q/ha.

L'expérience prouve encore une fois qu'une fumure excessive, au-delà de 240 kg N/ha, est mal valorisée. Cette sur-fertilisation ne permet pas de déplafonner les rendements et de compenser les frais liés à l'utilisation d'engrais minéraux. Son intérêt sur le plan économique est donc nul, voire négatif, puisqu'elle ne génère aucun gain supplémentaire. Cette affirmation se vérifie à nouveau en examinant la courbe de réponse reprise ci-dessous.

Enfin, cette figure met également en avant l'influence du fractionnement sur le rendement qui se traduit par une certaine variabilité des résultats pour une même dose totale de fertilisant.

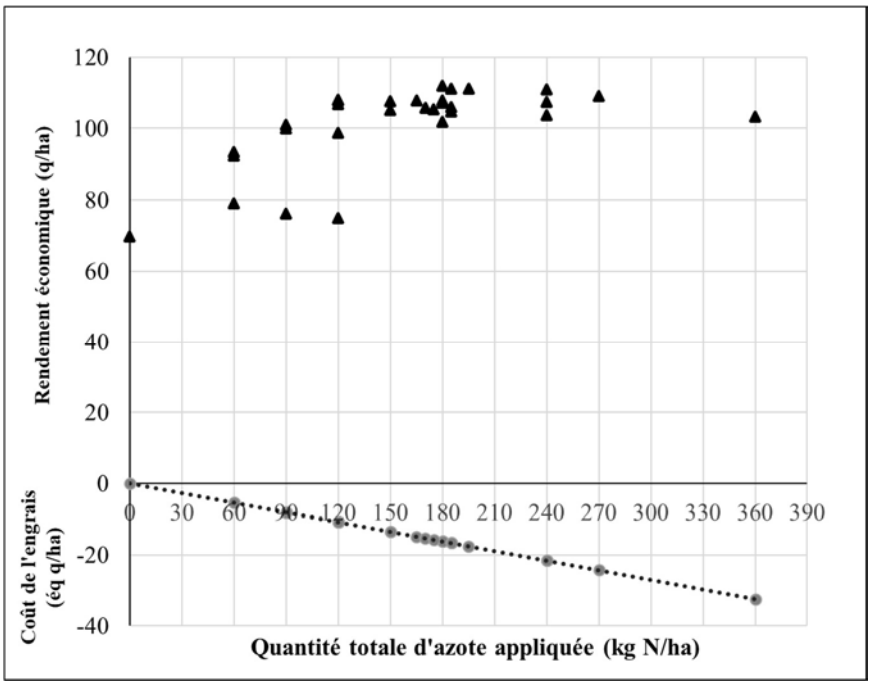

Figure 1 – Évolution du rendement économique [q/ha] et du coût de l'engrais [équivalent q/ha] en fonction de la dose de fertilisant appliquée dans le cadre de l'essai fumure sur la variété Chevignon mené à Lonzée.

Poids de mille grains et poids à l'hectolitre

Le poids de mille grains (PMG) moyen mesuré sur cet essai est de 51,5 g. Certaines modalités, notamment la fumure en 2 fractions recommandée par le Livre Blanc, se différencient des autres avec un PMG supérieur. La donnée moyenne, correcte mais non exceptionnelle, nous indique que le remplissage des grains a probablement été écourté au vu du stress hydrique.

Concernant le poids à l'hectolitre (PHL), la donnée moyenne de cet essai est de 79,1 kg/hl. Toutes les modalités ont atteint le seuil minimal des normes de réception. Seulement trois modalités, allant de 120 à 240 kg N/ha présentent un PHL supérieur aux autres modalités. Les données obtenues, assez hautes, traduisent des grains bien formés. Les conditions sèches en fin de cycle ont limité les maladies et favorisé une bonne maturité, quel que soit le niveau de fertilisation azotée.

Teneur en protéines et indice de sédimentation Zélény

Pour cet essai conduit avec la variété **Chevignon (Q2)**, la teneur en protéines moyenne est de 10,9 % MS et est conforme à la tendance observée cette année (en moyenne 11,2 % MS pour les froments Q1, Q2, Q3 et Q4 dans le Livre Blanc Septembre 2025). Une seule modalité se distingue significativement des autres (objet 16). Cela s'explique par son plus faible rendement et un apport important d'engrais à la dernière feuille, favorable aux taux de protéines. Les modalités impliquant des apports compris entre 170 et 195 kg N/ha ont permis d'atteindre les critères technologiques requis (11% MS, seuil souple) tout en répondant favorablement en termes de rendements économiques. Il est ainsi possible d'atteindre ce seuil en appliquant la fumure de référence, en deux (95-75) ou trois fractions (60-60-65), recommandée par le Livre Blanc de février 2025, sur une variété Q2 comme Chevignon.

L'indice de sédimentation Zélény est en moyenne de 35 ml pour cet essai à Lonzée. Le seuil souple à atteindre est de 30 ml. Il a été obtenu pour une majorité des modalités avec une fumure d'au moins 165 kg N/ha, tout en étant acceptable d'un point de vue du rendement économique. Cet indice peut donner approximativement un repère concernant la force boulangère W (10^{-4} J). En effet, un indice de 30 ml correspond plus ou moins à un W de 175, alors qu'un indice de 35 ml équivaut à un W d'environ 225. À titre d'information, une force boulangère supérieure à 170 est requise pour utiliser les grains d'une variété Q2 pour faire de la baguette alors qu'il faudra atteindre un W de minimum 200, seuil strict, pour la composition d'un mélange meunier (pain de mie).

Nombres d'épis/m²

La densité d'épis recherchée est comprise entre 400 et 500 épis/m² afin d'éviter les phénomènes de concurrence, de développer pleinement le potentiel de rendement et de qualité technologique. Dans une orientation alimentaire, le fractionnement de la fumure azotée ne sera pas orienté vers la production d'un nombre excessif d'épis. Une diminution de l'apport au tallage sera alors recommandée. On notera que le nombre d'épis/m^2 est donc correct cette année avec une moyenne de 430 épis/m².

Dans cet essai, **les fumures de référence en deux et trois fractions**, qui avaient été conseillées lors du Livre Blanc de février 2025[9], **ont permis d'atteindre des rendements économiques optimaux**. Ces fumures correspondent à une **fertilisation azotée raisonnée** qui permet d'optimiser **la production et la rentabilité de la culture**, tout en minimisant les risques pour l'environnement. Lors de cette saison assez sèche, des apports plus conséquents au tallage ont bien été valorisés, tout en respectant une fumure totale de 185 kg N/ha. **A condition d'opter pour une variété Q2**, les fumures de référence en deux ou trois fractions semblent également être appropriées pour poursuivre un **objectif qualité**. En appliquant ces fumures, il est possible d'obtenir une teneur en protéines supérieure au minimum requis pour une valorisation de ce type de variété en meunerie.

[9] *Pour rappel, le Livre Blanc 2025 préconisait une fumure de référence en trois fractions : (60 N au tallage – 60 N au redressement – 65 N à la dernière feuille). Fumure de référence en deux fractions : (95 N au tallage-redressement – 75 N à la dernière feuille).*

b. Résultats en Condroz (Ciney)

Depuis quatre ans, le CePiCOP et la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech ont mis en place, en partenariat avec l'EPASC, un essai sur la fertilisation azotée du froment d'hiver en Condroz. L'objectif de cette démarche est relativement simple puisqu'il s'agit de vérifier si les fumures de référence recommandées chaque année à l'occasion du Livre Blanc de février sont également adaptées au contexte pédoclimatique du Condroz. Pour ce faire, l'essai mis en place sur une parcelle de la ferme de l'EPASC est semblable à celui implanté à Lonzée, dont les résultats ont été détaillés précédemment. La variété utilisée (Chevignon), le design expérimental et la plupart des modalités « fumure » testées sont communes aux deux sites (Tableau 4).

Néanmoins, quelques modalités ont été adaptées en tenant compte des spécificités du Condroz où les sols sont plus superficiels et se réchauffent moins vite qu'en région Limoneuse. Le protocole de cet essai reprend, bien entendu, les fumures de référence en 2 et 3 fractions recommandées par le Livre Blanc de février 2025 (objets 23 et 25), ainsi que les fumures après intégration des ajustements (24 et 26).

L'objet 2 correspond à un plan de fertilisation dans lequel la dernière fraction est réduite de 30 unités. Pour cette modalité, la logique poursuivie est la même que pour l'essai à Lonzée, c'est-à-dire évaluer l'effet sur le rendement et sur la qualité, d'une diminution de la fertilisation au moment du dernier apport. Cet objet peut être comparé aux modalités 7, 8 et 23 qui se différencient uniquement par la quantité d'azote appliquée à la dernière feuille.

Les objets 29 et 30 se démarquent des autres modalités par des apports plus important au tallage, pratique courante dans le Condroz. Ils peuvent être comparés à l'objet 7 afin d'évaluer l'intérêt d'augmenter la dose épandue lors de la première fraction. Enfin, les objets 28, 27, 30 et 24 peuvent également être regroupés pour caractériser l'intérêt d'augmenter la fraction intermédiaire appliquée au moment du redressement.

Rendements phytotechniques et économiques

Le rendement phytotechnique moyen obtenu à Ciney en 2025 est de 99 q/ha. Les niveaux de production atteints sur cet essai sont globalement inférieurs à ceux observés sur le même type d'essai à Lonzée (Tableaux 3 et 4). Cela s'explique principalement par le contexte pédoclimatique. Lors d'une année à printemps très sec, les sols du Condroz, plus superficiels et caillouteux, ont une réserve utile plus faible que les sols limoneux plus profonds. La sécheresse a donc rapidement limité l'alimentation hydrique des plantes.

L'objet 21 est la modalité qui a permis d'atteindre le rendement le plus élevé avec 118 q/ha. Cet objet correspond à une fumure excessive de 240 kg N/ha, répartie en deux fractions de 120 kg N/ha. La modalité de référence en 3 fractions, ajustée au cours de la saison (objet 24), a permis d'obtenir un niveau de production proche de celui atteint par l'objet 21. La plupart des fumures en trois fractions comprises entre 150 et 270 kg N/ha affichent des rendements équivalents à ce maximum phytotechnique, hormis les objets 28 et 29.

Des apports d'azote plus conséquents au tallage génèrent un gain au niveau du rendement phytotechnique (objets 24, 27 et 30). Néanmoins, pour garantir ce potentiel de rendement, il est également important de ne pas trop réduire la seconde fraction au moment du redressement (objet 28).

Tableau 4 – Résultats de l'essai « fumure » réalisé à Ciney sur la variété Q2 Chevignon. Ce tableau reprend les rendements phytotechniques et économiques (q/ha), le poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), le poids de 1000 grains PMG (g), le nombre d'épis/m² (épis/m²), la teneur en protéines (% MS), l'indice de sédimentation Zélény (ml) et la valeur du rapport de l'indice de sédimentation Zélény sur le taux de protéines Z/P.

N° Objet	T	TR	Red	DF	Total [kg N/ha]	Rdt Phyto [q/ha]	Rdt Eco [q/ha]	P/HL [kg/hl]	PMG [g]	Nbre épis [épis/m²]	Prot. [% MS]	Zélény* [ml]	Z/P
1	-	-	-	-	0	51,5	51,5	71,9	45,6	383	*9,4*	*21*	2,2
2	60	-	60	30	150	104,8	91,6	73,7	46,4	421	*10,9*	32	2,9
3	-	-	60	-	60	83,8	78,6	71,9	44,4	388	*9,0*	*23*	2,5
4	60	-	-	-	60	81,0	75,8	72,1	45,1	382	*8,8*	*24*	2,7
5	-	-	60	60	120	92,7	82,2	74,0	47,9	454	11,4	33	2,9
6	60	-	-	60	120	90,8	80,3	74,3	49,1	399	11,6	34	2,9
7	60	-	60	55	175	106,1	90,8	74,6	48,9	426	11,8	36	3,0
8	60	-	60	60	180	104,4	88,6	74,2	48,4	422	12,1	36	3,0
9	-	-	-	90	90	73,2	65,3	74,2	44,4	444	13,0	38	2,9
10	-	-	90	-	90	92,6	84,7	72,2	45,1	395	*9,4*	*28*	3,0
11	90	-	-	-	90	95,3	87,4	72,7	45,6	411	*9,1*	*24*	2,6
12	-	-	90	90	180	98,7	82,9	74,4	46,5	433	12,9	38	3,0
13	90	-	-	90	180	100,0	84,2	75,0	49,6	423	12,7	36	2,8
14	90	-	90	-	180	103,2	87,4	74,0	46,5	449	12,0	34	2,8
15	90	-	90	90	270	112,7	89,1	74,5	46,7	470	13,4	38	2,8
16	-	-	-	120	120	73,0	62,5	74,3	43,8	556	14,0	43	3,1
17	-	-	120	-	120	100,2	89,7	73,0	43,9	433	*10,2*	*30*	2,9
18	120	-	-	-	120	102,0	91,5	73,3	47,1	434	*9,8*	*28*	2,9
19	-	-	120	120	240	109,3	88,3	74,7	46,5	475	13,3	40	3,0
20	120	-	-	120	240	111,2	90,2	75,2	49,3	435	13,8	39	2,8
21	120	-	120	-	240	118,2	97,2	74,5	46,3	449	12,1	35	2,9
22	120	-	120	120	360	112,5	81,0	74,3	47,4	438	13,8	39	2,8
23	60	-	60	65	185	103,1	86,9	74,7	47,8	429	12,3	36	2,9
24	80	-	70	55	205	115,5	97,5	74,6	48,5	434	12,2	35	2,9
25	-	95	-	75	170	105,2	90,3	74,5	48,2	438	12,1	42	3,5
26	-	105	-	95	200	108,1	90,6	74,6	49,6	451	12,8	40	3,1
27	80	-	50	55	185	109,0	92,8	74,5	47,9	425	12,0	36	3,0
28	80	-	40	55	175	102,9	87,6	74,3	48,4	465	12,2	36	3,0
29	70	-	60	55	185	102,9	86,7	74,4	48,2	407	12,1	35	2,9
30	80	-	60	55	195	107,6	90,6	74,6	47,8	457	12,3	36	2,9
Moyenne de l'essai						**99,0**	**84,8**	**74,0**	**47,0**	**434**	**11,8**	**34**	**2,9**

Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale observée pour un paramètre (test de Student-Newman-Keuls à 0,05 via RStudio). Pour les rendements phytotechniques et économiques, un gradient de couleur permet de mieux visualiser les différences entre les valeurs proches de l'optimum. Pour les critères technologiques, les valeurs inférieures aux normes requises pour une valorisation en amidonnerie sont reprises en italique et soulignées. T : tallage; TR : Tallage-Redressement; Red : Redressement; DF : Dernière feuille. *Données mesurées sur un échantillon composite issu des 4 répétitions.

Le rendement économique optimal sur cet essai s'élève à 97,5 q/ha et est atteint avec une fumure totale de 205 kg N/ha (objet 24). Cet objet correspond à la fumure de référence adaptée pour le Condroz, en prenant en compte l'état de la culture. Des rendements économiques statistiquement équivalents à l'optimum sont aussi obtenus avec des fumures totales comprises entre 150 et 270 kg N/ha. Néanmoins, les fumures comprises entre 180 et 240 kg N/ha sont les plus proches de l'optimum économique. Les fertilisations excessives au-dessus de 240 kg N/ha ne sont nullement pertinentes d'un point de vue économique et environnemental, comme le montre la courbe de réponse (Figure 2).

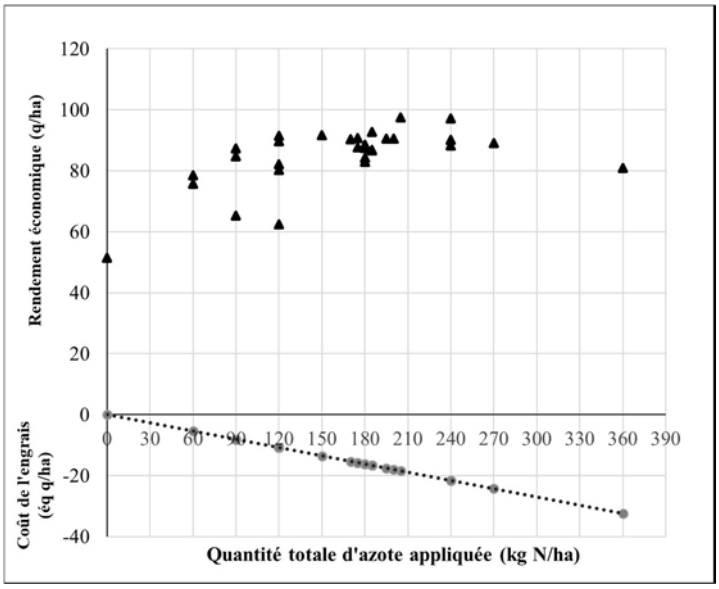

Figure 2 – Évolution du rendement économique [q/ha] et du coût de l'engrais [équivalent q/ha] en fonction de la dose de fertilisant appliquée dans le cadre de l'essai fumure sur la variété Chevignon mené à Ciney.

Teneur en protéines et indice de sédimentation Zélény

Les teneurs en protéines mesurées sur cet essai sont correctes, avec une valeur moyenne de 11,8 %. Les fumures de référence en deux ou trois fractions ont permis d'atteindre des teneurs en protéines supérieures à 11 %. Les objets ne recevant pas d'azote, ou trop peu, à la dernière feuille, présentent des teneurs en protéines inférieures à ce seuil.

L'indice de sédimentation Zélény est également bon et peut donner approximativement un repère concernant la force boulangère W (10^{-4} J). En effet, un indice de 30 ml correspond plus ou moins à un W de 175, alors qu'un indice de 35 ml équivaut à un W d'environ 225. Les résultats de l'essai prouvent qu'il est possible de faire de la qualité en ajustant la fertilisation azotée.

Nombres d'épis/m²

Le nombre d'épis/m^2 est globalement similaire à celui mesuré en région limoneuse, avec une moyenne de 434 épis/m². L'objet 16 (0-0-120) possède étonnamment la valeur maximale pour ce paramètre. Habituellement, les modalités ayant reçu une dose d'azote élevée au tallage présentent un nombre plus élevé d'épis/m^2. A l'inverse, les objets ne recevant qu'un seul apport d'azote à la dernière feuille affichent des valeurs plutôt faibles pour ce paramètre. Cependant, lors de cette année sèche, l'absence d'azote au tallage et au redressement a limité le tallage. Les plantes moins denses et moins stressées hydriquement, ont mieux conservé leurs talles jusqu'à l'épiaison, expliquant ce nombre plus important d'épis.

L'expérience menée à Ciney démontre qu'il est important **d'adapter correctement sa fumure en fonction du contexte pédoclimatique** pour exploiter pleinement le potentiel de production du froment. Les résultats collectés sur cet essai montrent que l'optimum technico-économique peut être atteint grâce à une fumure comprise entre **180 et 205** kg N/ha, tout en produisant un froment de qualité.

Par conséquent, la **fumure de référence adaptée pour le Condroz (80-50-55)**, recommandée par le Livre Blanc de février 2025, **est appropriée pour atteindre cet objectif**.

- **Analyse des résultats de l'essai « fumure » sur des variétés panifiables mené à Lonzée en 2025 (CePiCOP – Gx-ABT, ULiège)**

Le protocole de cet essai comprend trois modalités « fumure » appliquées sur 10 variétés de froment d'hiver caractérisées pour leur aptitude à la panification. Deux variétés utilisées dans cette expérimentation font partie de la catégorie Q1 – froment d'hiver panifiable belge premium. Sept variétés se distinguent de cette catégorie comme froment améliorant – Q1A. Enfin, une seule variété fait partie de la catégorie Q2 – froment panifiable belge supérieur. Le protocole appliqué et les résultats sont présentés dans le Tableau 5.

Concernant la fumure, les modalités diffèrent à la fois au niveau du fractionnement et de la dose d'azote totale. La première modalité permet d'évaluer la réponse des différentes variétés à un faible niveau d'azote. Les deux suivantes correspondent aux fumures de référence en trois et quatre fractions, reprises dans le Livre Blanc de février 2025 pour les variétés Q1 et Q1A.

Basés sur des résultats d'essais antérieurs, l'objectif de ce type de schéma est d'atteindre un compromis entre rendement, teneur et qualité des protéines.

Rendements phytotechniques et économiques

En période de récolte, il est vivement recommandé de donner la priorité aux parcelles emblavées avec des variétés panifiables. Moissonner ce type de froment dans de bonnes conditions et à maturité permet de préserver la qualité du grain.

Dans cette expérimentation, le rendement phytotechnique moyen des variétés Q1A est de 98,1 q/ha. En moyenne, les variétés Q1 ont obtenu un rendement de 101,4 q/ha alors que la variété Q2 a atteint un rendement moyen de 112,8 q/ha. Les résultats de cet essai démontrent que le potentiel de production des variétés améliorantes ou de force (Q1A) est généralement inférieur à celui des autres blés, comme **Cubitus** (Q1) ou **SU Addiction** (Q2). Par conséquent, pour ne pas biaiser l'interprétation des résultats au vu de leur différence de comportement, l'analyse statistique a été faite par groupe de qualité.

Les variétés Q1A ont montré une bonne réponse à l'azote avec un rendement qui augmente systématiquement avec la dose d'azote. Ce constat peut également être fait pour les variétés Q1 et Q2. Les variétés **Arameus**, **Christoph**, **Montalbano** et **Moschus** ont montré de très bons potentiels de rendement avec une fumure totale de 220 kg N/ha, répartie en quatre fractions. Les variétés **Exsal** et **SU Correction** ont atteint le rendement phytotechnique maximal, de 109 q/ha, avec cette fumure. Toutefois, avec une fertilisation de 180 kg N/ha, en trois fractions, ces variétés ont pu être statistiquement équivalentes aux modalités recevant plus d'azote, tout en préservant leur qualité. La variété **Adamus** s'est montrée en retrait par rapport aux autres variétés.

La catégorie Q1 est représentée par les variétés **Cubitus** et **Phildor**. La première a démontré un très bon potentiel de rendement à partir de 180 kg N/ha. Au contraire, la seconde a été moins performante. Pour la variété Q2, **SU Addiction**, son potentiel de rendement est nettement supérieur aux autres variétés, avec une réponse à l'azote très marquée.

Le rendement économique a été calculé de la même manière que pour les autres essais. Cela signifie que le prix du froment retenu est celui du froment fourrager à 165 €/t. En effet, la qualité est rarement rémunérée en Wallonie (hors contrat), même lorsque la qualité meunière est atteinte. Ces résultats permettent de refléter au mieux la réalité actuelle sans surestimer la rentabilité.

Tableau 5 – Résultats de l'essai « fumure » réalisé à Lonzée sur 10 variétés de froment d'hiver panifiable. Ce tableau reprend les rendements phytotechniques et économiques (q/ha), le poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), le poids de mille grains PMG (g), la teneur en protéines (% MS), l'indice de sédimentation Zélény (ml), le temps de chute de Hagberg (s) et la force boulangère W (10^{-4}J).

	N° Objet	Variété	T	Red	2N	DF	Total [kg N/ha]	Rdt Phyto [q/ha]	Rdt Eco [q/ha]	PHL (kg/hl)	PMG (g)	Prot. [% MS]	Zélény* [ml]	Hagberg* (s)	W* [10^{-4} J]
Q1A	1	Adamus	40	40	-	60	140	82,1	69,9	83,9	52,5	14,3	64	*200*	365
	2	Adamus	40	80	-	60	180	85,6	69,8	84,1	52,9	14,9	68	223	387
	3	Adamus	40	80	40	60	220	93,0	73,8	84,2	53,2	15,8	65	246	412
	4	Arameus	40	40	-	60	140	91,8	79,5	82,3	54,3	12,6	66	328	363
	5	Arameus	40	80	-	60	180	100,9	85,1	82,7	54,3	13,3	69	335	413
	6	Arameus	40	80	40	60	220	105,9	86,6	82,6	54,4	14,5	71	330	446
	7	Christoph	40	40	-	60	140	93,9	81,7	84,4	51,3	12,3	59	306	332
	8	Christoph	40	80	-	60	180	101,9	86,1	84,5	50,8	13,0	66	325	343
	9	Christoph	40	80	40	60	220	106,0	86,8	84,6	50,4	13,7	69	329	352
	10	Exsal	40	40	-	60	140	94,0	81,8	81,5	52,3	*11,8*	55	314	276
	11	Exsal	40	80	-	60	180	103,0	87,2	81,7	53,2	12,8	64	303	330
	12	Exsal	40	80	40	60	220	109,4	90,1	81,8	53,0	13,6	61	315	358
	13	Montalbano	40	40	-	60	140	90,3	78,0	82,1	55,3	12,9	62	370	353
	14	Montalbano	40	80	-	60	180	94,9	79,2	82,3	54,7	13,6	67	364	361
	15	Montalbano	40	80	40	60	220	103,9	84,6	81,9	55,2	14,6	70	363	420
	16	Moschus	40	40	-	60	140	91,6	79,4	80,6	52,7	12,4	63	364	304
	17	Moschus	40	80	-	60	180	100,5	84,7	80,7	52,6	13,2	67	384	347
	18	Moschus	40	80	40	60	220	105,6	86,3	80,6	53,0	14,0	70	393	385
	19	SU Correction	40	40	-	60	140	92,2	79,9	79,3	51,1	*11,8*	46	299	313
	20	SU Correction	40	80	-	60	180	104,4	88,6	79,7	52,1	12,6	63	309	378
	21	SU Correction	40	80	40	60	220	109,7	90,4	80,0	51,2	13,6	69	304	424
Moyenne pour les variétés Q1A								**98,1**	**82,4**	**82,2**	**52,9**	**13,4**	**64**	**319**	**365**
Q1	22	Cubitus	40	40	-	60	140	101,8	89,6	81,4	53,4	*11,4*	39	330	218
	23	Cubitus	40	80	-	60	180	113,0	97,2	81,3	52,7	12,0	45	325	227
	24	Cubitus	40	80	40	60	220	117,5	98,2	81,2	50,2	12,7	56	316	292
	25	Phildor	40	40	-	60	140	84,6	72,4	81,4	48,9	13,1	66	*171*	350
	26	Phildor	40	80	-	60	180	93,1	77,3	81,6	48,8	13,5	69	*194*	347
	27	Phildor	40	80	40	60	220	98,5	79,2	81,9	49,2	14,3	71	*201*	431
Moyenne pour les variétés Q1								**101,4**	**85,7**	**81,5**	**50,5**	**12,8**	**58**	**256**	**311**
Q2	28	SU Addiction	40	40	-	60	140	102,0	89,7	80,9	56,4	11,3	44	306	270
	29	SU Addiction	40	80	-	60	180	115,1	99,4	81,2	56,2	11,9	57	298	283
	30	SU Addiction	40	80	40	60	220	121,4	102,1	81,7	55,3	12,7	61	313	294
Moyenne pour la variété Q2								**112,8**	**97,1**	**81,3**	**56,0**	**12,0**	**54**	**306**	**282**

Q1A : Blé Panifiable Améliorant belge ; Q1 : Blé Panifiable Premium belge ; Q2 : Blé Panifiable Supérieur belge. T : tallage ; Red : Redressement ; 2N : Deuxième nœud ; DF : Dernière feuille. Pour un groupe de qualité et un paramètre donnés, les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale mesurée pour ce paramètre et ce groupe (test de Student-Newman-Keuls à 0,05 via RStudio). Pour les critères technologiques, les valeurs inférieures aux normes requises pour une valorisation en meunerie sont reprises en italique et soulignées. * Données mesurées sur un échantillon composite issu des 4 répétitions.

Les données de rendement économique montrent globalement les mêmes tendances que celles obtenues pour le rendement phytotechnique. Les fumures de référence en trois ou quatre fractions se justifient pour une majorité de variétés, qu'importe leur catégorie de qualité, sauf pour **Adamus** et **Phildor**. La fumure en trois fractions n'a pas permis à la variété **Montalbano** de s'approcher du maximum économique. Malgré les rendements phytotechniques inférieurs des variétés Q1A, celles-ci n'ont pas été pénalisées économiquement.

Il convient de rappeler que la **rémunération spécifique de la qualité des froments améliorants (Q1A)**, à un prix supérieur à celui du froment fourrager, n'est possible que moyennant la souscription préalable à un **contrat** dédié.

Teneur en protéines

Les teneurs en protéines de ces variétés panifiables, qui valorisent bien l'azote, sont logiquement supérieures à celles observées dans les essais réalisés avec du **Chevignon** (variété Q2 – panifiable belge supérieur). En effet, les teneurs en protéines moyennes obtenues dans

cet essai sont de 13,4 % pour les variétés Q1A et de 12,8 % pour les Q1. La variété Q2 a une teneur en protéines moyenne de 12 % dans cet essai. Au niveau de l'itinéraire technique, le **choix variétal** est un levier aussi important que la **fumure** pour atteindre les normes requises pour une utilisation en meunerie.

Pour chaque variété, les teneurs en protéines les plus élevées sont obtenues avec les objets caractérisés par une fertilisation de 220 kg N/ha, avec un apport supplémentaire au stade deux nœuds. Dans cet essai, une dose totale d'azote égale ou supérieure à 140 kg N/ha a presque toujours permis d'atteindre des teneurs en protéines supérieures à 12,0 %, minimum requis pour une valorisation en meunerie (seuil strict pour une variété Q1A). Les variétés **Exsal** et **SU Correction**, qui se sont montrées très productives en termes de rendement, ont été pénalisées en termes de protéines dans le cas d'une fertilisation réduite. Ceci a également été observé pour la variété **Cubitus**.

Des différences significatives ont été mises en avant dans cet essai. La variété **Adamus** a atteint une teneur en protéines très élevée (15,8 %) avec une fertilisation de 220 kg N/ha, ce qui s'explique par son faible rendement qui a favorisé sa teneur en protéines. Ce constat peut également être fait avec la variété **Phildor**.

Force boulangère (W)

Si la force boulangère est un paramètre dépendant de la variété, il semble également être influencé par la fertilisation azotée. En effet, ce critère technologique semble répondre positivement à une augmentation de la dose d'azote jusque 220 kg N/ha.

Si pour une valorisation en alimentation humaine, il est important d'avoir une teneur en protéines élevée, ces protéines doivent également être de bonne qualité panifiable.

La plupart des objets testés sur cet essai présente une qualité panifiable élevée. Avec une fumure de 180 kg N/ha, des variétés comme **Adamus**, **Arameus, Montalbano** et **SU Correction** dépassent même le seuil de 350 ($x10^{-4}$J) en force boulangère pour être reconnu comme un blé de force. Tandis que **Christoph, Exsal** et **Moschus** nécessite une fertilisation plus importante pour atteindre cette force boulangère. Les variétés Q1 et Q2 sont des variétés « compromis » qui permettent d'atteindre un équilibre intéressant entre quantité et qualité.

Au niveau de l'itinéraire cultural, **le choix variétal et la fertilisation azotée** sont les principaux leviers à disposition de l'agriculteur pour atteindre les normes requises pour une valorisation de son froment en meunerie et limiter les risques de déclassement. D'après les résultats de cet essai, la fumure de référence en **3 fractions (40-80-60)**, recommandée par le Livre Blanc de février 2025, apparaît comme un **optimum technico-économique** dans la plupart des cas, tout en obtenant des **teneurs en protéines** suffisantes. Toutefois, si l'objectif poursuivi est de produire **un blé de force** ($W \geq 350\ 10^{-4}$ J), en optant pour une variété de froment panifiable premium améliorant (Q1A), l'utilisation d'une fumure plus conséquente, en **4 fractions (40-80-40-60)**, peut être plus appropriée pour certaines variétés.

Une analyse plus approfondie de l'influence de la fertilisation et du choix variétal sur la teneur et la qualité de la protéine, pour les différents essais, est reprise dans la section suivante de ce chapitre.

2.2.2 Relation entre force boulangère et rendement à l'hectare

B. Godin

- **Variété panifiable supérieure Q2 (Chevignon) sur 6 années de récolte (2020 à 2025) en région limoneuse**

La Figure 3 représente la relation de la teneur en protéines et la force boulangère (« W » de l'alvéographe) avec le rendement à l'hectare d'une variété panifiable supérieure Q2 (**Chevignon**) sur 6 années de récolte (20-21-22-23-24-25) avec différents niveaux et fractionnements de fumure azotée menés à Lonzée.

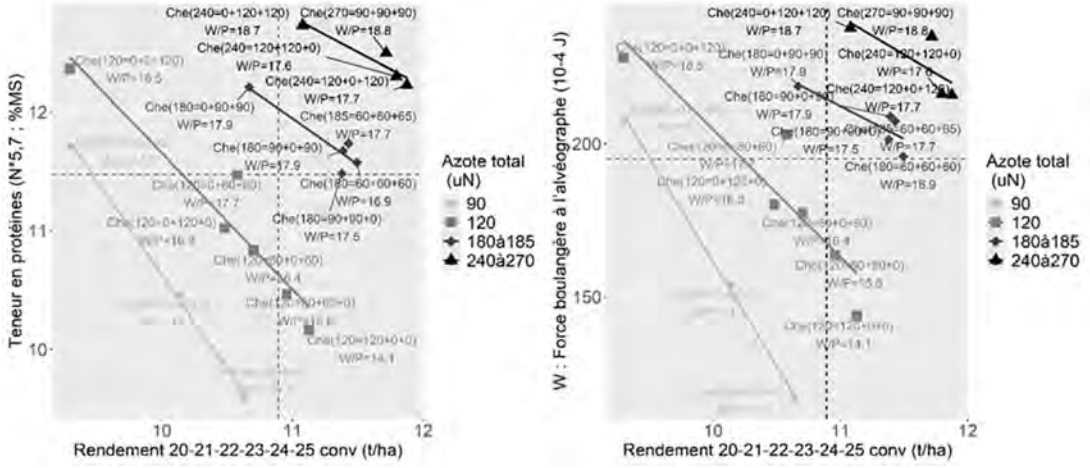

Figure 3 – Relation de la teneur en protéines (gauche) et la force boulangère (droite) avec le rendement à l'hectare d'une variété panifiable supérieure Q2 (Chevignon) sur 6 années de récolte (20-21-22-23-24-25) avec différents niveaux et fractionnements de fumure azotée menés à Lonzée.
W/P (force boulangère du gluten « W » divisée par « P » teneur en protéines) est l'indicateur de la qualité technologique panifiable de la protéine).

Nous observons une relation inverse entre la teneur en protéines et le rendement au sein de chaque fumure azotée totale équivalente (90, 120, 180 à 185 et 240 à 270 uN) pour une variété de qualité panifiable Q2. Le fractionnement de l'azote pour une même fumure azotée totale conditionne significativement la force boulangère (20 à 80*10^{-4} J), la teneur en protéines (0,5 à 2,0 % MS) et le rendement à l'hectare (0,5 à 1,5 t/ha). Pour augmenter la force boulangère et la teneur en protéines pour un même rendement, il faut augmenter la fumure azotée totale car les droites de relation rendement avec la force boulangère et la teneur en protéines sont parallèles.

Les fumures azotées totales 240-270uN par rapport à 180uN sont efficientes en termes de teneur en protéines mais pas en termes de force boulangère qui plafonne.

La qualité panifiable de la protéine (W/P) pour une même fumure azotée totale dépend de son fractionnement. Les fumures azotées permettant d'obtenir les **forces boulangères les plus élevées** sont celles où l'azote est plutôt apporté en fin de cycle de croissance (**cibler au moins 60uN en dernière feuille**) qu'au début de croissance (**cibler au maximum 40uN au tallage**).

Une fumure azotée de 185uN en 3 fractions (tallage 40uN+redressement 80uN+dernière feuille 65uN) est recommandée pour des variétés panifiables supérieures Q2 à orientation alimentaire. Elle donne un résultat optimum en termes de combinaison de rendement, force boulangère et teneur en protéines pour cette valorisation.

- **Variété panifiable supérieure Q2 (Chevignon) sur 2 années de récolte (22 et 24) en Condroz**

La Figure 4 représente la relation de la teneur en protéines et la force boulangère (« W » de l'alvéographe) avec le rendement à l'hectare d'une variété panifiable supérieure Q2 (**Chevignon**) sur 2 années de récolte (22 et 24), avec différents niveaux et fractionnements de fumure azotée menés à Ciney.

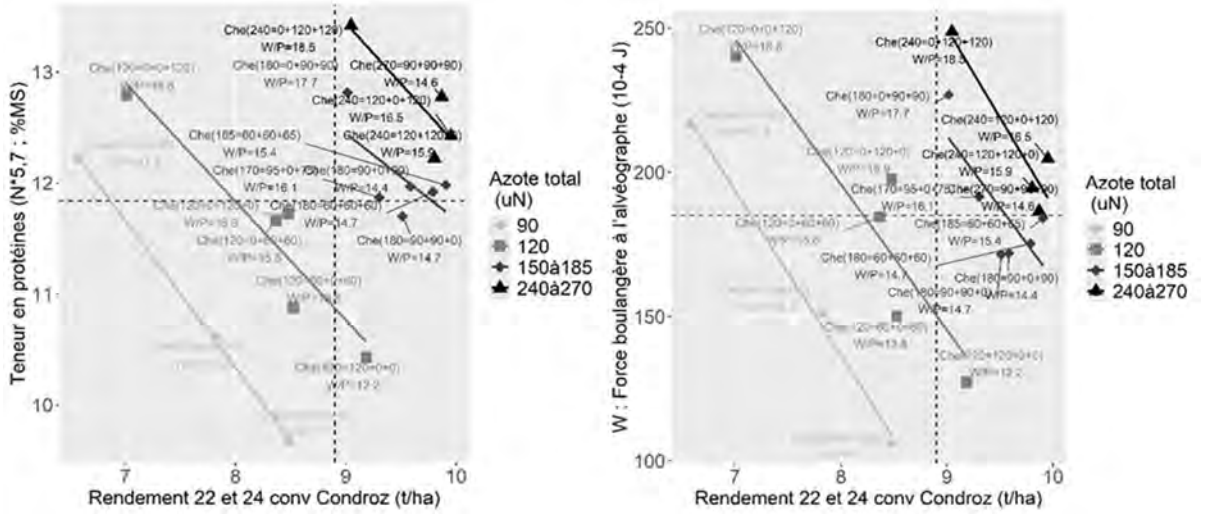

Figure 4 – Relation de la teneur en protéines avec le rendement à l'hectare d'une variété panifiable supérieure Q2 (Chevignon) sur 2 années de récolte (2022 et 2024) avec différents niveaux et fractionnements de fumure azotée menés à Ciney.

Nous réalisons les mêmes constats qu'avec le même essai mené à Lonzée, avec la même variété. Pour les récoltes 2022 et 2024, les teneurs en protéines moyennes à Ciney sont semblables à celles de Lonzée. La force boulangère est en moyenne légèrement inférieure à Ciney tout en restant acceptable pour une variété panifiable. Cependant, le rendement en moyenne sur ces 2 récoltes est de 2,0 t/ha inférieure à Ciney.

Les fumures azotées permettant d'obtenir les **forces boulangères les plus élevées** sont celles où l'azote est plutôt apporté en fin de cycle de croissance **(cibler au moins 60uN en dernière feuille)** qu'au début de croissance **(cibler au maximum 40uN au tallage)**.

Une fumure azotée de 185uN en 3 fractions (tallage 40uN+redressement 80uN+dernière feuille 65uN) est également recommandée dans le Condroz pour des variétés panifiables supérieures Q2 à orientation alimentaire. Elle donne un résultat optimum en termes de combinaison de rendement, force boulangère et teneur en protéines pour cette valorisation.

- **Variétés panifiables améliorantes Q1A, premium Q1 et supérieure Q2 sur 4 années de récolte (22-23-24-25) en région limoneuse**

La Figure 5 à 6 représente la relation du rendement à l'hectare et de la qualité technologique des protéines de variétés panifiables améliorantes Q1A (**Christoph ; Moschus**), premium Q1 (**Cubitus**) et supérieure Q2 (**Chevignon**) sur 4 années de récolte (22-23-24-25) avec l'augmentation de la fumure azotée totale (140 à 220 uN) menées à Lonzée.

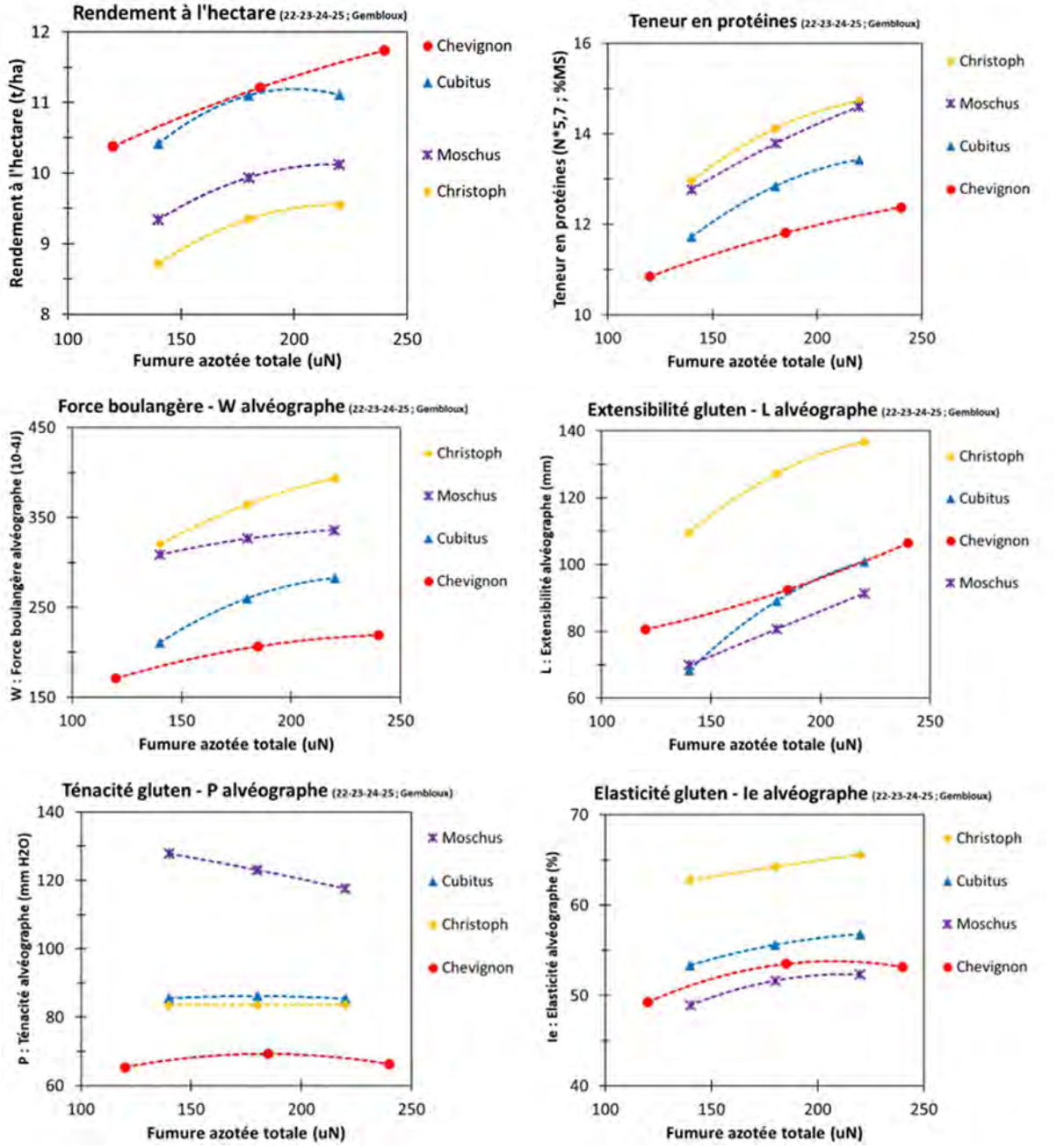

Figure 5 – Relation du rendement à l'hectare et de la qualité technologique des protéines de variétés panifiables améliorantes Q1A (Christoph ; Moschus), premium Q1 (Cubitus) et supérieure Q2 (Chevignon) sur 4 années de récolte (22-23-24-25) avec l'augmentation de la fumure azotée totale (140 à 220uN) menée à Lonzée.

L'augmentation de la fumure azotée totale permet d'augmenter la teneur en protéines, la force boulangère, l'extensibilité et l'élasticité du gluten. Cependant, cette augmentation plafonne vers 220uN pour le rendement à l'hectare. Elle n'est pas toujours linéaire pour la force boulangère et l'élasticité du gluten. La ténacité du gluten est relativement constante.

L'augmentation de la teneur en protéines avec la fumure azotée totale est plus grande pour les variétés les plus panifiables Q1A (panifiable améliorante) et Q1 (panifiable premium) que Q2 (panifiable supérieure). La gamme de teneur en protéines dépend avant tout de la variété.

Il faut bien distinguer la quantité de protéines et sa force boulangère qui peuvent être plus ou moins reliées entre elles en fonction de la variété. Les variétés **Christoph** et **Cubitus** ont une force boulangère qui augmente avec la teneur en protéines (et la fumure azotée totale) mais nettement moins pour les variétés **Chevignon** et **Moschus**. **La force boulangère dépend avant tout de la qualité panifiable des protéines de la variété.**

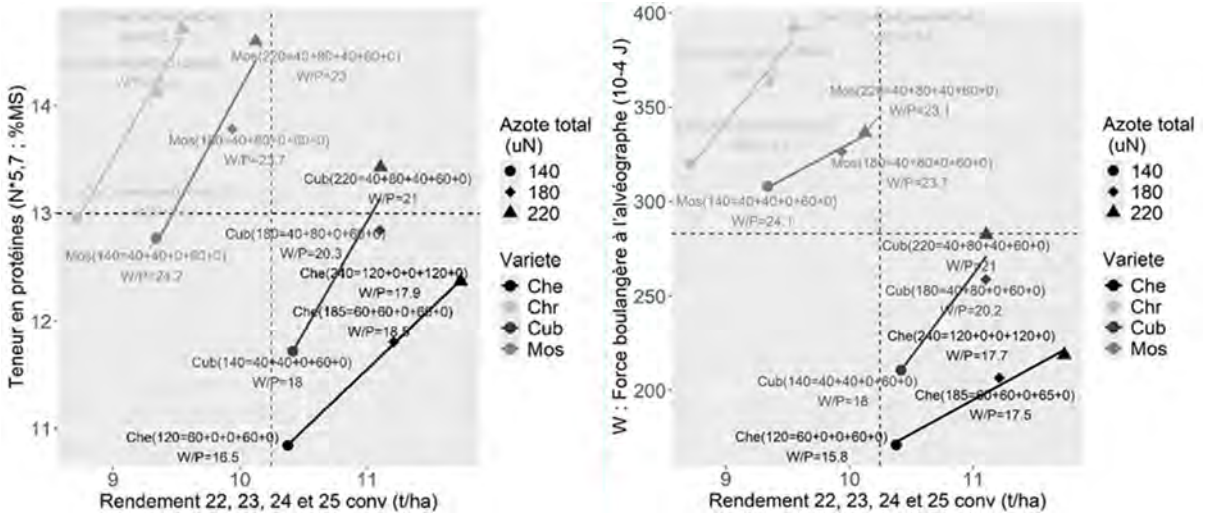

Figure 6 – Relation de la teneur en protéines (gauche) et la force boulangère du gluten (droite) avec le rendement à l'hectare de variétés panifiables améliorantes Q1A (Chr : Christoph ; Mos : Moschus), premium Q1 (Cub : Cubitus ;) et supérieure Q2 (Che : Chevignon) sur 4 années de récolte (22-23-24-25) avec l'augmentation de la fumure azotée totale (140 à 220uN) menées à Lonzée. W/P (force boulangère du gluten « W » divisée par « P » teneur en protéines) est l'indicateur de la qualité technologique panifiable de la protéine).

Une fumure azotée 220uN en 4 fractions (tallage 40uN+redressement 80uN+2ième nœuds 40uN+dernière feuille 60uN) est recommandée pour les variétés panifiables améliorantes Q1A et premium Q1. Elle donne un résultat optimum en termes de combinaison de rendement, force boulangère et teneur en protéines pour cette valorisation (résultats d'essai de 2016 à 2025). Le fraction 2ième nœuds est à adapter en fonction de son objectif de fumure azotée totale.
Les fumures azotées permettant d'obtenir les **forces boulangères les plus élevées** sont celles où l'azote est plutôt apporté en fin de cycle de croissance **(cibler au moins 60uN en dernière feuille)** qu'au début **(cibler au maximum 40uN au tallage)** (résultats d'essai de 2020 à 2024).
Une fraction supplémentaire à l'épiaison de 40uN n'apporte généralement pas de gain substantiel en termes de rendement à l'hectare ainsi que de force boulangère malgré le gain en teneur en protéines (résultats d'essai de 2020 à 2024).

2.2.3 Les éléments à considérer pour une recommandation pratique

• Les objectifs de la recommandation

Le raisonnement de la fumure selon la méthode du « Livre Blanc Céréales » a pour objectif principal de s'approcher le plus près possible du maximum économique (rendement phytotechnique duquel est soustrait le coût lié à la fertilisation).

Le raisonnement de la fumure est intégré dans un mode de conduite de la culture où la densité de semis est modérée et où les interventions visant à protéger la culture de la verse et des maladies cryptogamiques sont raisonnées elles aussi en fonction de leur rentabilité.

Les recommandations de fractionnement visent à :

- ❖ minimiser le risque de mauvais rendements ;
- ❖ optimiser la rentabilité (rendement économique) ;
- ❖ réduire le risque de verse ;
- ❖ minimiser le risque de développement des maladies ;
- ❖ satisfaire aux normes technologiques.

Les fumures azotées préconisées permettent également de limiter au maximum les déperditions d'azote nuisibles à l'environnement en :

- ❖ réduisant au minimum le reliquat d'azote après culture et en les limitant dans les horizons supérieurs du profil ;
- ❖ épuisant le reliquat azoté de la culture précédente ;
- ❖ limitant les pertes par voie gazeuse.

Une fertilisation azotée raisonnée permet d'optimiser la production et la rentabilité de la culture, tout en minimisant les risques de pertes culturales (maladie, verse) et environnementales (émission de N_2O, lixiviation de NO_3).

Les conditions climatiques lors de l'automne et de l'hiver 2025-2026

D'après les relevés provenant de la station IRM d'Ernage (Tableau 6), les températures se sont maintenues, mois après mois, nettement au-dessus des normales saisonnières. L'automne a ainsi été marqué par des conditions particulièrement douces pour la période de l'année. Un épisode plus froid a toutefois été observé de la fin du mois de décembre jusqu'à la première décade de janvier, avant une remontée progressive des températures, accompagnée de journées bien ensoleillées.

En ce qui concerne les précipitations, les mois d'août et de septembre ont été caractérisés par un déficit hydrique important. À l'inverse, le mois d'octobre s'est distingué par des précipitations abondantes et une faible luminosité, ce qui a néanmoins permis les semis lors de fenêtres météorologiques plus favorables. Les deux derniers mois de l'année ont ensuite connu un retour à des conditions sèches, avant l'apparition d'un épisode neigeux au début du mois de janvier.

Tableau 6 – Températures moyennes de l'air sous abri et cumul pluviométrique mensuel enregistrés d'août à décembre 2025 (Station IRM d'Ernage - Gembloux).

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Températures moyennes de l'air (°C)					
Observées	18,5	15,1	11,5	7,6	5,3
Normales	17,8	14,5	10,7	6,5	3,6
Précipitations (mm)					
Observées	36,7	41,7	87,3	51,5	30,6
Normales	84,7	57,9	62,9	64,8	86,8

La situation moyenne du profil en azote minéral du sol au 30 janvier 2026

Pas moins de 146 parcelles de froment d'hiver ont été échantillonnées, entre le 19 et le 30 janvier 2026, par le CARAH, le CRA-W (Unité Fertilité des sols et Protection des eaux), Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège (GRENeRA et l'Unité de Phytotechnie), le Centre provincial de l'agriculture et de la ruralité (CPAR) et par le CePiCOP. Les prélèvements de sol se poursuivent au niveau des laboratoires provinciaux. Les résultats seront disponibles lors des présentations du Livre Blanc.

Comme chaque année, ces prélèvements ont été réalisés dans les différentes régions agricoles de Wallonie sur des parcelles présentant des situations culturales contrastées, notamment au niveau des précédents culturaux. Cette diversité et le nombre de prélèvements réalisés ont pour objectif d'être le plus représentatif possible de la réalité du terrain. L'échantillonnage de ces profils a été réalisé sur 90 cm de profondeur.

Tableau 7 – Comparaison au cours des 10 dernières années des réserves en azote minéral du sol (kg N_{min} /ha) – CRA-W, le CARAH, GRENeRA et l'unité de Phytotechnie tempérée de Gembloux Agro-Bio Tech et le CePiCOP.

	Année	**2026**	**2025**	**2024**	**2023**	**2022**	**2021**	**2020**	**2019**	**2018**	**2017**
	ombre de ituations	**146**	**94**	77	130	142	89	101	179	138	148
Profondeur (cm)	0-30	**12**	**11**	10	11	12	15	14	12	9	22
	30-60	**22**	**14**	11	15	18	23	20	30	11	34
	60-90	**22**	**14**	14	23	21	31	25	43	18	24
	Total	**56**	**39**	**35**	**50**	**50**	**68**	**59**	**85**	**39**	**79**

Les conditions, assez sèches, de ces derniers mois (Tableau 6) ont limité le lessivage de l'azote présent dans le sol, contrairement à ce qui avait été observé en 2024 et 2025. De plus, les températures assez élevées ont favorisé la minéralisation de l'azote organique, augmentant ainsi la quantité d'azote minéral disponible pour les céréales.

Le Tableau 7 révèle que le profil moyen en sortie d'hiver de cette année est relativement élevé par rapport aux deux années précédentes. Des situations comparables avaient été observées en 2020, 2022 et 2023. D'après les données récoltées, le niveau d'azote présent dans le sol sur une profondeur de 90 cm est en moyenne de **56 kg N_{min} /ha**, identique à la teneur moyenne en azote minéral de ces dix dernières années.

Le profil azoté est assez équilibré à la sortie de l'hiver. La couche supérieur (0-30 cm) contient 12 kg N_{min} /ha, soit un peu plus de 22 % de l'azote présent dans le profil azoté (90 cm de profondeur). Les deux autres horizons contiennent un peu plus d'azote avec une moyenne de 22 kg N_{min} /ha.

Tableau 8 – Profils azotés moyens (en kg N_{min} /ha) observés en janvier 2026 sur 90 cm de profondeur pour des parcelles de froment d'hiver situées en Wallonie en fonction du précédent cultural.

Wallonie									
	Précédent	Betterave	P.d.Terre	Colza	Légumineuse	Maïs	Lin*	Chicorée	Moyenne
	Nb situation	**30**	**51**	**13**	**14**	**26**	**3**	**9**	**146**
Profondeur	0-30 cm	14	13	15	15	10	8	10	12
	30-60 cm	18	31	27	35	17	13	12	22
	60-90 cm	14	34	29	34	19	19	8	22
Total	**0-90 cm**	**46**	**77**	**71**	**84**	**46**	**40**	**30**	**56**
	Min	18	32	32	40	12	37	10	
	Max	74	181	117	155	115	43	71	
	Moy. Rég. Lim	47	77	70	83	48	40	30	56
	Moy. Condroz	34	82	82	-	34	40	-	54

* situation avec moins de 5 profils azoté

Comme chaque année, des disparités existent également entre les différents précédents culturaux (Tableau 8). Les profils les plus riches sont observés lorsque le froment suit une légumineuse, une pomme de terre ou un colza, avec des reliquats moyens de 71 à 84 kg N_{min} /ha. D'autres précédents comme la betterave, le maïs ou le lin offrent des reliquats plus faibles avec une teneur moyenne comprise entre 40 et 46 kg N_{min} /ha. Enfin, pour un précédent comme la chicorée, la quantité d'azote minéral présente dans le sol est en moyenne de 30 kg N_{min} /ha.

Il est important de remarquer que pour un même précédent, il existe une forte variabilité entre les différents profils. Cette variabilité illustre les contextes pédoclimatiques variés rencontrés en Wallonie mais également les différences de pratiques en matière de fertilisation. Pour information, vous trouverez dans le tableau le profil moyen par précédent pour la région limoneuse et le Condroz. De fortes variabilités intra-parcellaire peuvent également être observées en suite d'accidents culturaux localisés.

Etat des cultures en sortie hiver

Dans les semis de la plateforme expérimentale de Lonzée, à la date du 2 février 2026, les stades de développement du froment observés dans les essais « dates de semis » sont :

- semis de mi-octobre : début tallage (2 talles) ;
- semis de mi-novembre : 3 feuilles ;
- semis de mi-décembre : 1 feuille ;

L'état des emblavements est variable selon la date de semis et les conditions d'implantation. Si les parcelles implantées à la mi-octobre sont pour la plupart en bon état, la situation semble plus contrastée pour les semis tardifs réalisés en novembre et décembre.

Si vous pressentez que votre situation s'écarte d'un contexte moyen, il est conseillé de réaliser des profils azotés dans vos parcelles afin d'adapter au mieux la fertilisation azotée de vos cultures.

2.2.4 La détermination pratique de la fertilisation azotée

- **Les fumures de référence pour la saison 2025-2026**

a. Les fumures de référence conseillées pour les variétés Q2, Q3 et Q4

La fumure de référence pour 2026 est basée sur les résultats d'une analyse pluriannuelle des essais « fumure », ainsi que sur base des observations de ce début de saison décrites précédemment. Il est également important de rappeler que ces fumures de référence sont recommandées pour la conduite des variétés de froment panifiable belge supérieur (Q2), des variétés de froment à autres usages non fourrager (Q3) et pour les variétés de froment basique belge (Q4) destinées à l'alimentation animale.

Cette année, le stock d'azote minéral présent dans le sol est relativement correct, sans être exceptionnellement haut. La fraction de tallage est donc, pour ces raisons, maintenue à 60 kg N/ha. Les fractions de redressement et de dernière feuille sont fixées par rapport à une année normale pour une dose totale de 185 kg N/ha.

La fumure en deux fractions sera réservée uniquement aux situations les plus favorables. Une fumure totale de 170 kg N/ha est conseillée pour ce cas précis. La dernière fraction a été réduite depuis 2022 afin de garantir une bonne valorisation de cet azote, mais aussi pour éviter tout excès de fertilisation en fin de cycle.

Les deux fumures de référence proposées en 2026 sont :

En trois fractions :

Pour une situation normale

Fraction du tallage (1ère fraction) :	**60 N**
Fraction du redressement (2ème fraction) :	**60 N**
Fraction de la dernière feuille (3ème fraction) :	**65 N**

En deux fractions :

Réservée aux situations les plus favorables

Fraction intermédiaire « T-R »	**95 N**
Fraction de la dernière feuille	**75 N**

Pour rappel, ces fumures de référence **doivent toujours être adaptées** en fonction du contexte de la parcelle et de l'état de la culture. Avant chaque apport, il est impératif d'ajuster les doses préconisées par la fumure de référence en tenant compte des **ajustements.**

Sur base des résultats d'essais menés dans le Condroz depuis 2022, la fumure de référence en trois fractions peut notamment être adaptée comme suit :

Fumure en trois fractions, adaptée pour le Condroz :

Fraction du tallage (1ère fraction) :	**80 N**
Fraction du redressement (2ème fraction) :	**50 N**
Fraction de la dernière feuille (3ème fraction) :	**55 N**

Le conseil pourra évoluer en cours de saison en fonction des conditions de développement et de croissance des cultures.

Restez attentifs aux communiqués du CePiCOP durant la saison.

Dans un contexte où le prix des engrais azotés est volatil, il est plus que probable qu'un excès de fertilisation génère d'importants surcoûts. Raisonner sa fumure est une démarche nécessaire afin de garantir des rendements économiques satisfaisants.

b. Les fumures de référence conseillées pour les variétés Q1 et Q1A

Les fumures de référence reprises dans cette section sont uniquement destinées à la conduite des variétés de froment panifiable belge premium (Q1), catégorie qui reprend également les variétés de froment élites améliorantes (Q1A). Basé sur des résultats d'essais, l'objectif de ce type de schéma est d'atteindre un compromis entre rendement, teneur et qualité des protéines.

Cette fumure de référence est spécialement recommandée pour ces variétés de froment qui ont pour principal débouché la valorisation en meunerie et en boulangerie.

En trois fractions :

Fraction du tallage (1ère fraction) :	**40 N**
Fraction du redressement (2ème fraction) :	**80 N**
Fraction de la dernière feuille (3ème fraction) :	**60 N**

Si l'objectif poursuivi est de produire un blé de force (W ≥ 350 10^{-4} J), en optant pour une variété de froment Q1A, cette fumure de référence peut être augmentée et adaptée selon un schéma en 4 fractions. Plutôt que d'apporter 180 kg N/ha en trois fractions, une fumure de 220 kg N/ha sera privilégiée, avec une troisième fraction de 40 kg N/ha au stade 2ème nœud. Cette fumure donne un résultat optimal en termes de combinaison de rendement, force boulangère et teneur en protéines pour cette valorisation (résultats d'essais de 2016 à 2025). La fraction au 2ème nœud est à adapter en fonction de son objectif de fumure azotée totale.

En quatre fractions :

Fraction du tallage (1ère fraction) :	**40 N**
Fraction du redressement (2ème fraction) :	**80 N**
Fraction du 2ème nœud (3ème fraction) :	**40 N**
Fraction de la dernière feuille (4ème fraction) :	**60 N**

Il est important de rappeler que la culture de variétés élites améliorantes (Q1A) nécessite d'opter au préalable pour un contrat qui rémunère correctement la qualité.

- **Calcul de la fertilisation selon la méthode Livre Blanc Céréales : Arbre décisionnel – Nouveautés !**

La détermination de la fumure azotée ne peut se limiter à une recommandation unique. Elle doit intégrer un ensemble de facteurs agronomiques propres à chaque situation parcellaire.

Quel que soit le schéma de fractionnement retenu, deux principes fondamentaux s'imposent :

- D'une part, chaque parcelle doit être raisonnée individuellement, les conditions culturales pouvant varier fortement d'une parcelle à l'autre en fonction du passé cultural, de l'évolution de la culture et de l'environnement pédoclimatique.
- D'autre part, la dose d'azote apportée à chaque fraction est définie juste avant l'application. La fumure totale ne peut donc pas être arrêtée dès la sortie de l'hiver, mais résulte de l'addition successive des fractions ajustées au fil de la saison.

Cette démarche dynamique repose sur l'application de correctifs aux doses de référence, afin de tenir compte à la fois de la fourniture d'azote par le sol et de l'évolution de la culture (potentiel de rendement, enracinement, état sanitaire, stress ou accidents climatiques).

La formule historique de la méthode Livre Blanc Céréales pour le calcul des doses à appliquer est la suivante :

Dose à appliquer = Dose de référence + N.TER + N.ORGA + N.PREC + N.ETAT + éventuellement N.CORR

Si cette formulation permet une prise en compte fine de l'ensemble des facteurs influençant le besoin en azote, elle peut apparaître complexe à mobiliser directement sur le terrain.

L'arbre décisionnel proposé est issu de cette méthode de calcul. Il constitue une traduction opérationnelle, structurée sous forme de questions successives et d'ajustements associés. À partir d'une **dose de référence** selon la **région agricole**, des **ajustements** sont appliqués selon le **précédent cultural**, les **restitutions de matière organique** et l'**observation de l'état de la culture** au moment de la première application. Cette approche raisonnée permet d'adapter la fertilisation aux conditions réelles de la parcelle, tout en respectant les plafonds d'apports recommandés.

Cet outil vise ainsi à rendre le raisonnement plus lisible et plus accessible, sans en simplifier les fondements agronomiques, et à accompagner la prise de décision à chaque étape clé de la fertilisation azotée.

Enfin, cet arbre décisionnel s'inscrit dans une logique de **pilotage dynamique** de la fertilisation : l'évaluation de l'état de la culture au redressement et à la dernière feuille reste indispensable pour affiner les apports et sécuriser le résultat final.

Cette première version (Figure 7) est adaptée à la fertilisation des froments Q2, Q3 et Q4 et est susceptible d'évoluer au cours du temps.

• Détermination de la valeur du précédent cultural

Dans le Tableau 9 sont repris les précédents culturaux les plus courants avec leurs valeurs d'ajustement de la fumure. Ces valeurs ont été validées en fonction des reliquats azotés mesurés en janvier 2026 dans 146 situations.

Ces valeurs de précédents sont valables dans le cas où le précédent a présenté un rendement normal, compte tenu des fumures apportées. Dans le cas où le rendement de la culture précédente aurait été trop faible par rapport à la fumure azotée qui lui avait été apportée, il y a lieu de réduire les valeurs du précédent pour tenir compte du reliquat vraisemblablement plus important laissé par la culture précédente. Il convient toutefois de faire une analyse de la teneur en azote minéral du sol pour ajuster au mieux la fumure azotée.

Tableau 9 – Valeur du précédent cultural selon le schéma de fractionnement et ajustement de la fertilisation sur le cycle de la culture.

Précédent cultural	3 fractions			2 fractions		Ajustement de la fumure sur le cycle
	T	R	DF	TR	DF	
Betteraves	0	0	0	Non recommandé		0
Chicorées	+10	0	0	Non recommandé		+10
Pois protéagineux*, pois de conserverie*, féveroles, haricots	0	-20	-10	-20	-10	-30
Colza	0	-10	-10	-10	-10	-20
Lin	0	0	0	0	0	0
Pomme de terre	0	-20	-10	-20	-10	-30
Maïs ensilage	0	0	0	Non recommandé		0
Maïs grain	+15	+15	0	Non recommandé		+30
Pailles enfouies sans azote	+10	+10	0	Non recommandé		+20
Légumes (épinard, choux, carottes)	(Analyser et consulter)			(Analyser et consulter)		entre -10 et -20

*fanes enlevées

Avec un précédent « légumes », et de manière générale pour les situations non reprises dans le tableau, la très grande variabilité observée dans les disponibilités en azote après ce type de précédent, due aux modalités très variées de culture, fertilisation et récolte, ne permet pas de définir des valeurs d'ajustements pertinentes. Il est donc préférable dans ce cas de réaliser une analyse de la teneur en azote minéral du sol pour bénéficier d'un conseil judicieux.

De manière générale, la réalisation de mesures de reliquats azotés en sortie d'hiver présente des avantages à la fois agronomiques et économiques. En effet, les données obtenues permettent de réduire le coût de la fertilisation en limitant la sur-fertilisation et ses effets négatifs, comme la verse.

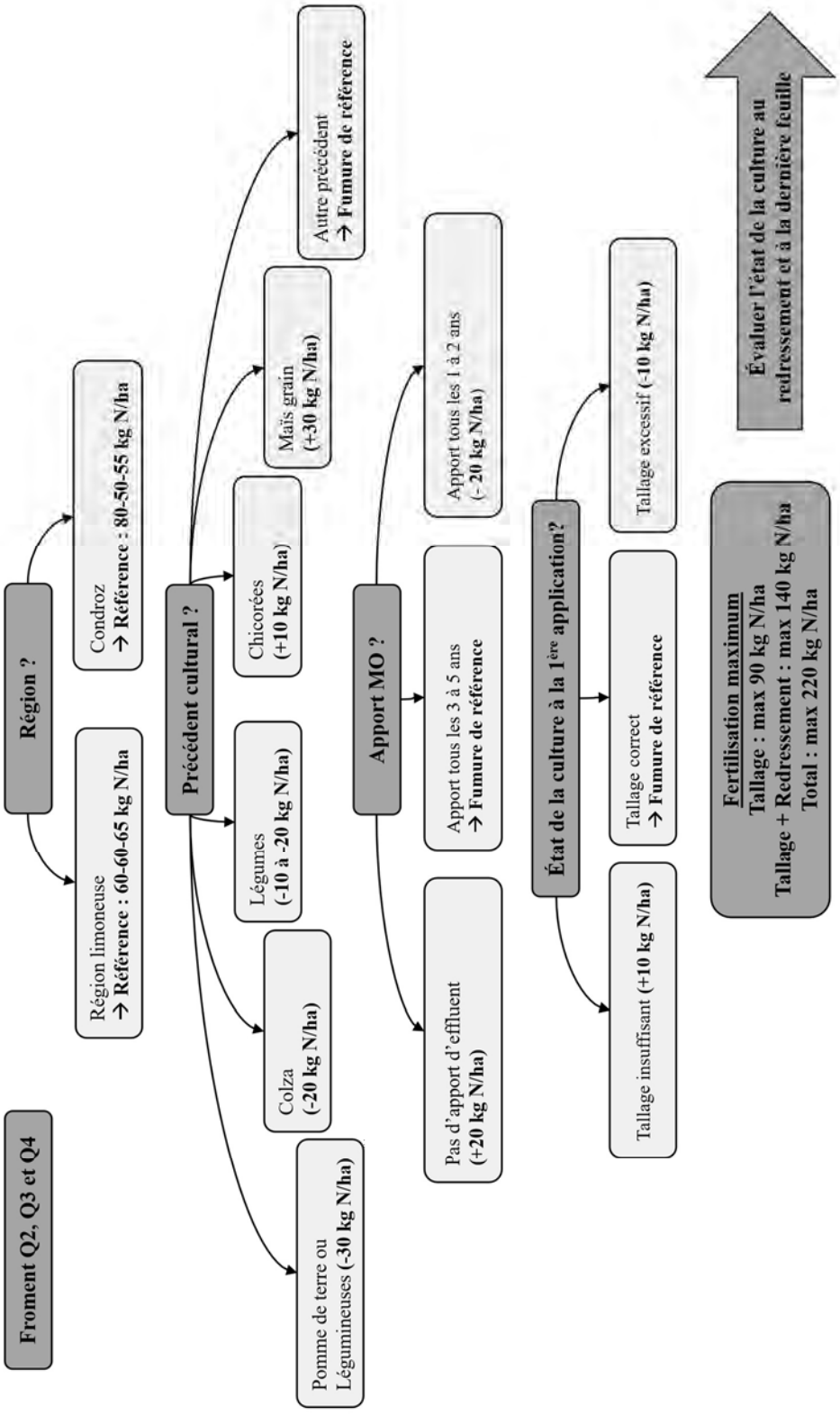

Figure 7 – Arbre décisionnel - Calcul de la fumure pour des froments Q2, Q3 et Q4.

2.3 Fertilisation du froment d'hiver avec des matières organiques

N. Vannoppen

Pour les céréales cultivées avec une approche conventionnelle, la fumure organique a depuis longtemps été remplacée par les engrais minéraux. Ces derniers sont facilement épandables et offrent à leurs utilisateurs une certaine souplesse d'utilisation ainsi qu'une meilleure maitrise des quantités et du moment de mise à disposition de l'azote pour la nutrition des plantes. En effet, leurs modes d'action rapides permettent de coller au plus près des besoins de la plante.

Néanmoins, poussés par la conjoncture économique, de plus en plus d'agriculteurs cherchent des alternatives aux engrais minéraux pour fertiliser leurs cultures. Cette tendance se traduit par un regain d'intérêt pour certains fertilisants organiques, ainsi que par l'émergence sur le marché de nouveaux produits destinés à la nutrition des plantes. Si certaines matières organiques reviennent au goût du jour (e.g. compost), et que d'autres émergent (e.g. digestat), leur intégration au sein de l'itinéraire technique suscite de nombreuses questions et nécessitera probablement quelques aménagements.

Afin de répondre à ces différentes questions, le Centre Pilote wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux (CePiCOP), en collaboration avec la Faculté de Gembloux Agro Bio-Tech ULiège (dont GRENeRA à partir de 2024), mène depuis cinq ans des essais à Lonzée sur la fertilisation du froment d'hiver avec différentes matières organiques, reprises dans le Tableau 10. Leur composition, leur teneur en azote totale, ainsi que les pourcentages d'azote organique et minéral (sous forme ammoniacale) sont présentés. Il est important d'insister sur la composition du compost utilisé. Cette formulation commerciale, FERTIPHOSK PRINTEMPS (3 – 3 – 9 + 15 SO_4) est un amendement organique à base de compost de déchets organiques et d'engrais minéraux tels que des cendres PK de céréales ou autres matières premières agréées.

Tableau 10 – Les matières organiques testées dans l'essai de 2021 à 2025 et leur composition.

Matière organique fertilisante	Fournisseur	Composition	Teneur en N totale (%matière brute)	N orga (%)	$N\text{-}NH_4^+$ (%)
Compost solide (FertiPhosK PRINTEMPS)	Agricompost	Compost de déchets verts enrichis en éléments minéraux provenant de végétaux	3,0	8	92
Digestat	Biogaz du Haut-Geer	Digestat liquide	0,3	42	58
Fiente	Agriculteur	Fumier de poulets de chairs (déjection + paille)	2,1	76	24

L'objectif de cette expérimentation est double : déterminer le **positionnement** et la **dose** de ces matières organiques à appliquer dans l'itinéraire technique, en substitution partielle ou totale de l'azote minéral, ainsi que d'évaluer leur **pouvoir fertilisant** et leur **efficacité**.

a. Matières organiques testées en substitution ou en complément d'une fumure classique

Dans cet essai, les différentes matières organiques sont testées en substitution partielle ou complète de l'azote minéral. L'expérimentation, menée en micro-parcelles, a été concernée par des applications de ces matières par épandage en surface sans incorporation au sol.

Afin d'évaluer leur efficacité, les modalités intégrant ces produits sont comparées à une fumure minérale (en trois fractions) de 180 kg N/ha (60-60-60 kg N/ha), comparable à la fumure de

référence recommandée par le Livre Blanc. L'essai comprend également un objet témoin qui ne reçoit aucune fertilisation.

Dans le protocole repris au Tableau 11, l'épandage de ces matières a lieu soit au tallage, soit au tallage et au redressement. L'existence de ces deux modalités pour chaque matière testée permet d'évaluer des schémas de fertilisation avec différents positionnements. Pour ces différentes matières organiques, les quantités appliquées lors de chaque fraction sont calculées pour correspondre à une dose équivalente d'azote de 60 kg N/ha, 120 kg N/ha ou 180 kg N/ha, en fonction des modalités testées.

Tableau 11 – Protocole reprenant les différentes matières organiques testées à Gembloux entre 2021 et 2025. Ces matières sont soit apportées uniquement au moment du tallage, soit au tallage et au redressement.

Objet	Modalité	Code	Applications						Dose totale (kg N/ha)
			T		Red		DF		
			N 27%	*MO*	*N 27%*	*MO*	*N 27%*	*MO*	
1	Témoin sans azote	0-0-0	-	-	-	-	-	-	0
2	Fumure Livre Blanc	60-60-60	60	-	60	-	60	-	180
3	Compost enrichi	C60-60-60	-	≈ 60	60	-	60	-	180
4	Compost enrichi	C60-C60-60	-	≈ 60	-	≈ 60	60	-	180
5	Compost enrichi	C120-C60-0	-	≈ 120	-	≈ 60	-	-	180
6	Digestat	D60-60-60	-	≈ 60	60	-	60	-	180
7	Digestat	D60-D60-60	-	≈ 60	-	≈ 60	60	-	180
8	Digestat	D120-0-60	-	≈ 120	-	-	60	-	180
9	Digestat	D180-0-60	-	≈ 180	-	-	60	-	240
10	Digestat	D180-0-0	-	≈ 180	-	-	-	-	180
11	Fiente	F60-60-60	-	≈ 60	60	-	60	-	180
12	Fiente	F60-F60-60	-	≈ 60	-	≈ 60	60	-	180
13	Fiente	F120-0-60	-	≈ 120	-	-	60	-	180
14	Fiente	F180-0-60	-	≈ 180	-	-	60	-	240
15	Fiente	F180-0-0	-	≈ 180	-	-	-	-	180

T : Tallage; Red : Redressement; DF : Dernière feuille. N27% : application d'ammonitrate et MO : application de matière organique.

Aucun apport organique n'est réalisé en fraction dernière feuille car l'application de ce type de matière, au-delà du redressement, est généralement compliquée et peut endommager le peuplement. Par ailleurs, si ces apports sont trop tardifs, la minéralisation de l'azote organique, contenu dans ces matières, risque de ne pas coïncider avec les besoins de la culture.

Comme d'autres matières organiques, elles contiennent une part d'azote minéral directement disponible pour la plante mais aussi une part d'azote organique (Tableau 10). Cette fraction doit donc être minéralisée avant de pouvoir être assimilée par la culture. Or, ce processus de minéralisation nécessite une certaine humidité et des températures suffisantes. Par conséquent, l'efficacité de ces matières organiques est fortement influencée par les conditions climatiques observées en sortie d'hiver et au printemps.

b. Contexte climatique de l'expérimentation

L'analyse des résultats présentés dans cette section doit donc se faire en tenant compte du contexte climatique dans lequel chaque année d'expérimentation s'est déroulée. Pour rappel, la période d'expérimentation s'étale de 2021 à 2025, cinq années avec des printemps plutôt contrastés sur le plan climatique (Figure 8).

Concernant les précipitations, les printemps 2022 et 2025 ont été secs voire très secs. Au

contraire, en 2023 et 2024, la saison printanière a été très humide. Pour l'année 2021, les précipitations enregistrées étaient proches de la normale, malgré les pluies excédentaires du mois de juin.

Sur les cinq années d'essais, seul le printemps 2021 a été bien plus froid que la normale saisonnière. Les printemps suivants ont montré des températures moyennes supérieures à la normale.

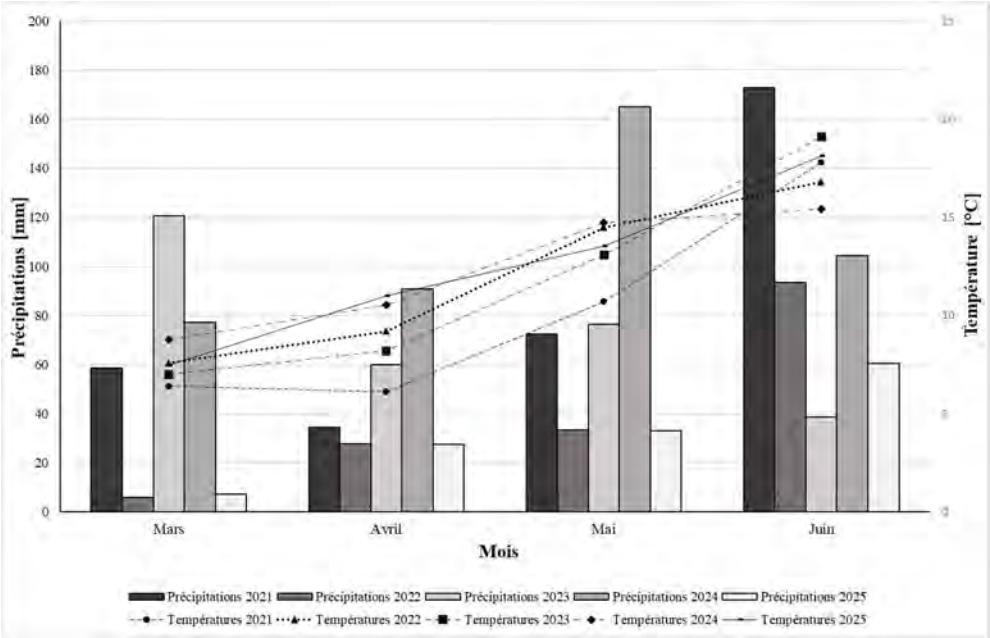

Figure 8 – Cumuls pluviométriques mensuels et températures moyennes observés durant chaque printemps entre 2021 et 2025 – Station IRM d'Ernage (Agromet).

c. Impact sur le rendement

Le Tableau 12 reprend les rendements relatifs (%) pour chaque objet testé sur cet essai. Ces rendements ont été calculés à partir du rendement moyen de l'essai pour chaque année et sont repris dans ce tableau. Ces résultats permettent de tirer plusieurs enseignements.

Tout d'abord, les niveaux de production en 2021 sont largement inférieurs à ceux observés en 2022 et 2023. Cette différence s'explique d'une part par la variété utilisée. La première année, la variété Mentor, présentant un potentiel de rendement largement inférieur à Chevignon, avait été utilisée. Depuis, l'essai se conduit avec la variété Chevignon. Néanmoins, cette variété a montré un faible potentiel de rendement en 2024, principalement dû aux conditions climatiques et à la pression élevée en maladies. L'année 2025 a présenté un meilleur rendement compte tenu des conditions de l'année.

De plus, l'efficacité de ces matières organiques est variable d'une année à l'autre. Par exemple, en 2023, l'épandage de celles-ci, en première fraction, a permis d'atteindre un rendement équivalent, voire légèrement supérieur, à celui obtenu avec une fumure classique. Les températures plutôt douces et les précipitations abondantes observées peu de temps après le premier apport ont probablement facilité la mise à disposition de l'azote contenu dans ces matières. Néanmoins, malgré un contexte favorable à la minéralisation, un premier apport de matière organique au tallage suivi d'un second passage au redressement n'a pas systématiquement permis de sécuriser la production. En 2024, le même constat a pu être dressé,

avec un niveau de production inférieur. Les conditions climatiques trop humides au printemps, et assez fraîches au mois de juin, n'ont pas favorisé le processus de minéralisation de la matière organique.

Tableau 12 – Rendements phytotechniques relatifs des différents objets testés sur l'essai de 2021 à 2025, selon la moyenne annuelle de l'essai.

		Rendement phytotechnique relatif [%]					
Objets	**Modalités**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**Moyenne**
1	Témoin sans azote	86	84	79	67	71	77
2	Fumure Livre Blanc	99	109	105	119	127	112
3	C60-60-60	94	102	106	111	115	105
4	C60-C60-60	111	107	105	104	112	108
5	C120-C60-0*	-	-	-	-	112	112
6	D60-60-60	104	101	104	107	109	105
7	D60-D60-60	107	96	101	98	93	99
8	D120-0-60*	-	-	-	-	95	95
9	D180-0-60*	-	-	-	-	102	102
10	D180-0-0*	-	-	-	-	85	85
11	F60-60-60	-	-	-	101	110	105
12	F60-F60-60	-	-	-	93	97	95
13	F120-0-60*	-	-	-	-	90	90
14	F180-0-60*	-	-	-	-	101	101
15	F180-0-0*	-	-	-	-	82	99
Rendement moyen (q/ha)		**86**	**112**	**116**	**68**	**99**	**96**

C = Compost enrichi ; D = Digestat ; F = Fiente. * 1 seule année d'essai. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale du rendement phytotechnique (q/ha) observée pour une même année (test de Student-Newman-Keuls à 0,05 via RStudio).

À l'inverse, en 2022 et en 2025, les conditions particulièrement sèches du printemps, peu propices à la minéralisation, ont probablement freiné la mise à disposition d'une partie de l'azote contenue dans ces matières organiques. Le compost enrichi, le digestat ou les fientes n'ont pas correctement travaillé et n'ont pas libéré suffisamment d'azote au moment où le froment en avait besoin. Le recours à ces matières organiques pour fertiliser les parcelles n'a donc pas permis d'atteindre un rendement statistiquement équivalent à celui obtenu avec la fumure de référence recommandée par le Livre Blanc.

Ces résultats montrent qu'en année humide, l'humidité du sol stimule l'activité microbienne, ce qui accélère la minéralisation de l'azote des matières organiques et synchronise mieux l'offre en azote avec les besoins du froment. L'eau limite aussi les pertes par volatilisation et favorise l'absorption racinaire. À l'inverse, en année sèche, la minéralisation est freinée et l'azote organique reste temporairement indisponible. Le stress hydrique réduit en plus l'exploration racinaire et l'efficacité d'utilisation de l'azote.

d. Impact sur la qualité

Des mesures ont également été effectuées sur la teneur en protéines afin d'évaluer l'impact d'une fertilisation combinant ces matières organiques et des engrais minéraux, sur ce critère technologique.

La teneur en protéines moyenne est globalement plus élevée en 2021 qu'en 2023. Les raisons de cet écart sont multiples : utilisation d'une variété présentant une meilleure aptitude à la panification (Mentor) et rendements beaucoup moins importants. Pour l'année 2024, les teneurs en protéines sont semblables à celles obtenues en 2021. En 2025, les teneurs en

protéines moyennes sont relativement basses (10,0 %).

L'intégration de ces matières organiques dans un schéma de fertilisation ne semble pas être pénalisant pour la protéine, mis à part pour les modalités où uniquement des matières organiques ont été apportées sans apport d'azote minéral (objets 5, 10 et 15). En effet, les différents objets ont permis d'atteindre des teneurs en protéines comparables à celles obtenues avec une fumure minérale classique.

Tableau 13 – Teneur en protéines (%) pour les différents objets testés sur l'essai de 2021 à 2025.

		Teneur en protéines (%MS)				
Objets	**Modalités**	**2021**	**2023**	**2024**	**2025**	**Moyenne**
1	Témoin sans azote	10,1	9,0	9,3	8,7	9,3
2	Fumure Livre Blanc	12,3	11,6	12,1	10,5	11,6
3	C60-60-60	12,0	11,3	12,2	10,2	11,4
4	C60-C60-60	11,7	11,0	11,7	10,2	11,2
5	C120-C60-0*	-	-	-	9,5	9,5
6	D60-60-60	12,0	11,0	11,8	10,3	11,3
7	D60-D60-60	11,9	10,7	11,3	10,4	11,1
8	D120-0-60*	-	-	-	10,3	10,3
9	D180-0-60*	-	-	-	10,2	10,2
10	D180-0-0*	-	-	-	9,1	9,1
11	F60-60-60	-	-	12,1	10,3	11,2
12	F60-F60-60	-	-	11,8	10,3	11,1
13	F120-0-60*	-	-	-	10,2	10,2
14	F180-0-60*	-	-	-	10,2	10,2
15	F180-0-0*	-	-	-	9,3	9,3
Moyenne annuelle		11,7	10,8	11,5	10,0	10,5

C = Compost enrichi ; D = Digestat ; F = Fiente. * 1 seule année d'essai. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale observée pour une même année (test de Student-Newman-Keuls à 0,05 via RStudio).

Utiliser du compost enrichi ou du digestat pour fertiliser le froment est possible, à condition de **combiner l'utilisation de ces matières organiques avec une fertilisation minérale**. D'après ces résultats, l'application de ces engrais organiques, lors de la première fraction garantirait un certain niveau de production proche de celui obtenu avec une fumure exclusivement minérale. Néanmoins, **l'efficacité de ces apports reste tributaire des conditions climatiques**.

Une première application de matière organique au tallage, suivie d'une seconde au redressement est une pratique qui peut présenter un risque. Si l'option est d'inclure davantage d'engrais organique dans son schéma de fertilisation, il convient de choisir une formulation adaptée pour minimiser ce risque.

Même si l'essai ne permet pas d'y répondre, l'utilisation de ces matières organiques pose également d'autres questions. En effet, l'épandage de certaines matières recyclées nécessite du matériel spécifique. Ce type de fertilisation implique généralement d'épandre des volumes de matières organiques très importants, pour apporter les quantités d'azote requises. Enfin, les conditions climatiques durant les périodes d'épandage peuvent également rendre l'accès à certaines terres compliqué. **Tous ces éléments devront être pris en considération avant d'opter pour l'utilisation de matières organiques.**

2.4 Évaluation de l'utilisation de biostimulants et d'engrais foliaires en froment d'hiver – Nouveautés !

N. Vannoppen

Dans un contexte de réduction des intrants et de recherche de systèmes de production plus résilients, les biostimulants suscitent un intérêt croissant en grandes cultures. Ces produits, d'origines et de modes d'action variés, visent à améliorer l'efficience des processus physiologiques de la plante, notamment l'absorption des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques et la stabilité du rendement.

Cependant, leurs effets restent souvent variables et fortement dépendants des conditions pédoclimatiques, ce qui justifie la mise en place d'essais pluriannuels. Cet article constitue une première synthèse de trois années d'expérimentation (2023, 2024 et 2025), menées afin d'évaluer l'intérêt agronomique et économique de différents biostimulants et engrais foliaires sur froment d'hiver, dans des conditions représentatives de la pratique agricole. Les résultats présentés ci-après visent à apporter des éléments objectifs pour positionner ces solutions dans une stratégie de conduite raisonnée de la fertilisation azotée du froment d'hiver.

a. Produits testés

Six produits, provenant de différentes firmes, ont été testés dans les essais (Tableau 14).

Le **purin d'ortie** est reconnu pour ses propriétés fertilisantes mais également pour son efficacité fongicide, insecticide et acaricide sur certaines maladies et ravageurs.

Le **Blue N**, aussi commercialisé sous le nom de **Utrisha N**, est composé de bactéries endophytes capables de pénétrer à l'intérieur des feuilles et de les coloniser pour transformer le diazote de l'air en ammonium assimilable par les plantes.

Le **Vixeran** est également composé de bactéries endophytes capable de fixer l'azote atmosphérique, mais de souche différente. Ces bactéries peuvent également agir au niveau du sol, de la rhizosphère (via la formation d'un biofilm autour des racines) ou au niveau des parties aériennes. Ce produit est également connu sous le nom de Nuvenio ou NutribioN.

Le **N-Leaf**, **l'Infolen** ou le **Clean Fertilizer** sont des engrais foliaires azotés.

Tableau 14 – Description des différents produits testés dans les essais à Lonzée sur du froment d'hiver en 2023, 2024 et 2025.

Produit	Firme	Type	Mode d'action	Composition
Purin d'ortie	Agripur	Engrais organique liquide	Propriétés fertilisantes	Fermentation d'ortie dans l'eau
Utrisha N®/ Blue N®	Corteva	Biostimulant	Fixation de l'azote atmosphérique	Bactéries : *Methylobacterium symbioticum*
Vixeran®	Syngenta	Biostimulant	Fixation de l'azote atmosphérique	Bactéries : *Azobacter salinestris*
N-Leaf®	Oremin	Engrais foliaire azoté	Améliore la photosynthèse et l'absorption de l'azote	N : 18 %, MgO : 4 %, SO_3 : 7,5 %
Infolen®	Timac AGRO	Engrais foliaire azoté	Activateur physiologique de croissance et de développement des plantes	N : 17 %, P : 3 %, MgO : 5 %, SO_3 : 10 %
Clean Fertilizer®	Advagreen	Engrais foliaire azoté	Libération progressive et alimentation azotée prolongée	Azote uréique et méthylène-urée (N : 28 %)

b. Protocole

Le protocole suivant (Tableau 15) a été appliqué sur du froment d'hiver – variété Chevignon – à Lonzée (Gembloux). Il comprend un témoin sans azote et une modalité de référence recevant 180 kg N/ha, répartis en 3 fractions de 60 kg N/ha au tallage, au redressement et à la dernière feuille étalée. Les différents biostimulants ou engrais foliaires, décrits au point précédent, ont été appliqués en complément de la fertilisation azotée, selon les recommandations propres à chaque produit, au redressement et/ ou à la dernière feuille. Les modalités 3, 5, 7, 9, 10 et 11 testent les produits dans un schéma de fertilisation azotée réduite.

L'objectif de ce protocole est d'évaluer l'effet des produits en complément d'une fertilisation raisonnée sur le rendement du froment d'hiver.

Tableau 15 - Protocole appliqué sur les essais à Gembloux entre 2023 et 2025.

Objet	Modalité	Applications					
		T	Red		DF		Dose totale (kg N/ha)
		N 27%	*N 27%*	*Biostim*	*N 27%*	*Biostim*	
1	Témoin sans azote	-	-	-	-	-	0
2	Fumure Livre Blanc	60	60	-	60	-	180
3	Purin d'ortie 1	60	60	50 l/ha	30	50 l/ha*	150
4	Purin d'ortie 2	60	60	50 l/ha	60	50 l/ha*	180
5	UtrishaN/Blue N 1	60	60	333 g/ha	30	-	150
6	UtrishaN/Blue N 2	60	60	333 g/ha	60	-	180
7	Vixeran 1	60	60	50 g/ha	30	-	150
8	Vixeran 2	60	60	50 g/ha	60	-	180
9	N-Leaf	60	60	-	30	50 l/ha	150
10	Infolen	60	60	-	30	50 l/ha	150
11	Clean Fertilizer	60	60	-	30	30 l/ha	150

T : Tallage; Red : Redressement; DF : Dernière feuille. N27% : application d'ammonitrate et Biostim : application de biostimulant. *En 2025, l'apport de purin d'ortie à la dernière feuille est de 40 l/ha.

c. Impact sur le rendement phytotechnique

Le Tableau 16 reprend les rendements relatifs (%) mesurés pour chaque objet testé sur ces essais. Ces rendements ont été calculés à partir du rendement annuel moyen de la modalité 2 « Fumure de référence du Livre Blanc » et sont repris dans ce tableau. Cela permet de comparer les modalités à cette modalité de référence selon le rendement de l'année.

Quelle que soit l'année étudiée, l'application de biostimulant ou d'engrais foliaire a permis de s'approcher du rendement obtenu avec une fertilisation minérale de 180 kg N/ha. En effet, toutes les modalités, hormis le témoin, étaient équivalentes d'un point de vue statistique, au maximum phytotechnique obtenu annuellement.

En 2023, les modalités 8 et 9, respectivement l'application de Vixeran au redressement dans un schéma de fertilisation à 180 kg N/ha, et l'application de N-Leaf à la dernière feuille, en complément d'une fertilisation de 150 kg N/ha, ont permis d'atteindre le rendement obtenu avec la modalité de référence. La modalité 6, où du Blue N a été apporté dans un schéma à 180 kg N/ha, a même légèrement dépassé le rendement de la modalité 2.

En 2024, seule la modalité 8 (Virexan), a dépassé le rendement de la modalité de référence. Les modalités 4 et 6, respectivement le purin d'ortie et le Blue N, se sont fortement rapprochées de la référence. Au contraire, en 2025, aucune modalité n'a dépassé la modalité de référence.

Tableau 16 – Rendements phytotechniques relatifs selon la modalité de référence « Fumure Livre Blanc » des différents objets testés sur les essais de 2023 à 2025.

		Rendement phytotechnique relatif [%]			
Objet	Modalité	**2023**	**2024**	**2025**	**Moyenne**
1	Témoin sans azote	76	56	56	62
2	Fumure Livre Blanc	100	100	100	100
3	Purin d'ortie 1	-	95	93	94
4	Purin d'ortie 2	-	99	99	99
5	UtrishaN/Blue N 1	98	96	94	96
6	UtrishaN/Blue N 2	101	99	97	99
7	Vixeran 1	98	94	94	95
8	Vixeran 2	100	101	96	99
9	N-Leaf	100	97	96	98
10	Infolen	97	93	-	95
11	Clean Fertilizer	98	96	-	97
Moyenne fumure Livre Blanc [q/ha]		**122**	**82**	**126**	**110**

Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale du rendement phytotechnique (q/ha) observée pour une même année (test de Student-Newman-Keuls à 0,05 via RStudio).

Sur trois années d'essais, les produits testés ont permis de maintenir des rendements proches de la référence, sans toutefois la remplacer. Leur intérêt réside davantage dans l'optimisation et la sécurisation de l'efficience de l'azote que dans un gain direct de rendement.

d. Impact sur le rendement économique

Le Tableau 17 reprend les rendements économiques relatifs (%) pour chaque objet testé sur ces essais. Comme pour le rendement phytotechnique, ces rendements économiques ont été calculés à partir du rendement économique moyen de la modalité 2 « Fumure de référence du Livre Blanc ».

Pour rappel, le rendement économique représente le rendement phytotechnique duquel on déduit l'équivalent en poids de grain (q/ha), correspondant au coût de la quantité totale d'engrais azoté appliquée. Dans le cadre de ces essais, les **coûts des produits appliqués** ont également été pris en compte dans le calcul. Ces coûts vont de **40 €/ha à 150 €/ha**, selon le produit utilisé.

Les prix de la tonne de froment retenus selon l'année sont de : 200 €/t en 2023, 190 €/t en 2024 et 165 €/t en 2025. Les prix de la tonne d'engrais ammonitrate 27 % retenus sont de : 350 €/t en 2023, 310 €/t en 2024 et 390 €/t en 2025.

De manière générale, les modalités avec biostimulants ou engrais foliaires se situent généralement entre 90 et 97 % du rendement économique de la fumure Livre Blanc, traduisant un maintien des niveaux de rendement mais insuffisant pour compenser systématiquement l'investissement consenti. Ces résultats suggèrent que l'intérêt des produits apportés doit être envisagé davantage comme un levier d'optimisation ou de sécurisation du rendement dans certaines situations spécifiques, plutôt que comme un outil visant une amélioration directe de la rentabilité.

Tableau 17 - Rendements économiques relatifs selon la modalité de référence « Fumure Livre Blanc » des différents objets testés sur les essais de 2023 à 2025.

		Rendement économique relatif [%]			
Objet	Modalité	**2023**	**2024**	**2025**	**Moyenne**
1	Témoin sans azote	84	64	64	71
2	Fumure Livre Blanc	100	100	100	100
3	Purin d'ortie 1	-	86	87	87
4	Purin d'ortie 2	-	88	91	90
5	Utrisha N/Blue N 1	98	95	94	96
6	Utrisha N/Blue N 2	100	96	94	97
7	Vixeran 1	98	93	93	95
8	Vixeran 2	99	98	93	97
9	N-Leaf	99	95	94	96
10	Infolen	95	90	-	93
11	Clean Fertilizer	96	93	-	95
Moyenne fumure Livre Blanc [q/ha]		**110**	**71**	**110**	**97**

Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale du rendement économique (q/ha) observée pour une même année (test de Student-Newman-Keuls à 0,05 via RStudio).

Cet essai pluriannuel avait pour objectif d'évaluer, dans des conditions proches de la pratique agricole, la capacité de différents biostimulants ou engrais foliaires à influencer le rendement du froment d'hiver en interaction avec une fertilisation azotée raisonnée.

Sur le plan phytotechnique, les produits testés ont, dans la majorité des situations, permis de maintenir des rendements proches de la référence. Ces résultats traduisent un effet fortement dépendant des conditions de l'année et du positionnement des applications. Aucun produit ne permet toutefois de dépasser durablement la référence ni de compenser une réduction marquée de la fertilisation azotée.

L'analyse économique confirme les performances agronomiques de l'essai. Dans le contexte de prix du froment relativement bas sur la période étudiée et en tenant compte du coût des biostimulants et engrais foliaires, l'avantage économique est difficile à mettre en évidence. **Le maintien d'un rendement proche de la référence ne permet pas de compenser l'investissement supplémentaire, ce qui limite la rentabilité directe de ces solutions**.

Ces résultats montrent que les biostimulants ou les engrais foliaires ne doivent pas être envisagés comme un substitut à la fertilisation azotée, ni comme un levier d'augmentation systématique du rendement. Leur intérêt potentiel réside davantage dans l'optimisation physiologique de la culture et dans la sécurisation du rendement dans certaines situations pédoclimatiques ou de stress, où leur effet peut s'exprimer plus favorablement.

2.5 La fertilisation azotée en escourgeon

G. Wain

2.5.1 Résultats des expérimentations en 2025

Les résultats présentés pour la fumure azotée proviennent des plateformes de recherche de Lonzée (CePiCOP–GxABT) et d'Ath (CARAH). L'analyse débute par l'essai conduit à Ath, puis se poursuit avec deux essais réalisés à Lonzée : l'un sur une variété lignée (brassicole) et l'autre sur une variété hybride.

Le Tableau 18 reprend les itinéraires techniques de ces trois essais.

Tableau 18 – Itinéraires techniques des essais implantés à Ath et Lonzée en 2025.

	Ath		Lonzée			
Intervention	**Caractéristique**	**Valeur/ Date**	**Caractéristique**	**Valeur/ Date**	**Caractéristique**	**Valeur/ Date**
Choix variétal	LG Zelda	-	Carrousel	-	SY Bankook	-
Variété	Lignée	03-oct	Lignée	-	Hybride	-
Semis	270 grains/m^2	-	225 grain/m^2	04-oct	175 grain/m^2	04-oct
Précédent	Froment	-	Pomme de terre	-	Pomme de terre	-
Profil azoté (kgN/ha)	profondeur 0-30 cm	7,2 kg N/ha	profondeur 0-30 cm	10,09 kg N/ha	profondeur 0-30 cm	10,09 kg N/ha
	profondeur 30-60 cm	6,7 kg N/ha	profondeur 30-60 cm	7,44 kg N/ha	profondeur 30-60 cm	7,44 kg N/ha
	profondeur 60-90 cm	6,8 kg N/ha	profondeur 60-90 cm	8,14 kg N/ha	profondeur 60-90 cm	8,14 kg N/ha
	Total N minéral	20,7 kg N/ha	Total N minéral	25,6 kg N/ha	Total N minéral	25,6 kg N/ha
Apport de fumure	Tallage (BBCH 21-29)	15-mars	Tallage (BBCH 21-29)	11-mars	Tallage (BBCH 21-29)	11-mars
	Tallage-Redressement (BBCH 29-30)	25-mars	-	-	-	-
	Redressement (BBCH 30)	03-avr	Redressement (BBCH 30)	04-avr	Redressement (BBCH 30)	04-avr
	Dernière feuille (BBCH 39)	18-avr	Dernière feuille (BBCH 39)	22-avr	Dernière feuille (BBCH 39)	22-avr
Désherbage	Hérold 0,6l/ha + AZ 500 150cc/ha	17-oct	Herold 0,6l/ha	29-oct	Herold 0,6l/ha	29-oct
	Primus 60cc/ha + Starane Forte 0,35l/ha + Matrigon 0,6l/ha	03-avr				
Régulateur	Medax Top 1l/ha	08-avr	Medax Max 0,75l/ha	28-avr	Medax Max 0,75l/ha	28-avr
	Medax Max 0,5l/ha	18-avr				
Fongicide	Fandango Pro 1,25l/ha	09-avr	Ascra Xpro 1,2l/ha	28-avr	Ascra Xpro 1,2l/ha	28-avr
	Lenvyor 1l/ha + Priaxor 1l/ha + Stavento 1l/ha	28-avr				
Insecticide	Kendo 50cc/ha	24-oct	Patriot 0,4l/ha		Patriot 0,4l/ha	
Récolte	25-juin		02-juil		02-juil	

Situation 2025 : Pour le calcul du rendement économique qui est présenté dans les tableaux suivants, le prix de vente retenu pour l'escourgeon est de **163 €/t** et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27%) est de **390 €** avec une TVA appliquée de 6%.

Le prix du **sulfonitrate** est de **440 €/t** (26% N, 31% S), les modalités comprenant du sulfonitrate seront donc calculées via ce prix.

Les rendements économiques repris dans cette section seront exprimés selon le rapport 8.9 à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à **8,9** kilogrammes d'escourgeon. Pour le sulfonitrate, le rapport est de **10.4**.

- **Analyse de l'essai fumure réalisé à Ath**

Rendements phytotechniques et économiques

Le Tableau 19 illustre les résultats de l'essai « fumure azotée » mené dans le Hainaut par le CARAH sur la variété LG Zelda. Contrairement à l'an dernier, les résultats sont en général très bons : toutes les modalités, à l'exception du témoin, dépassent les 10 tonnes pour le rendement phytotechnique. Par ailleurs, l'analyse statistique des rendements phytotechniques indique que l'ensemble des schémas de fertilisation, hormis le témoin, sont équivalents entre eux. Le schéma 2 (**40-35-40** kg N/ha) est celui qui obtient le rendement phytotechnique le plus élevé. Les modalités 4 et 8, ayant reçu du sulfonitrate, obtiennent également de bons rendements. Comme pour le froment, il est particulièrement important de ne pas regarder uniquement les rendements phytotechniques mais de prendre en compte le **rendement économique**.

Grâce au calcul du rendement économique, on observe que les modalités 10 et 11, c'est-à-dire celles ayant reçu les apports d'ammonitrate les plus élevés, sont statistiquement inférieures aux autres modalités. Comme pour le rendement phytotechnique, la modalité 2 est celle qui présente le meilleur rendement économique. Par ailleurs, les recommandations données dans les anciens Livres Blancs et par le CARAH, à savoir un programme en trois fractions de **50-60-50** kg N/ha ou un programme en deux fractions **80-80** kg N/ha, figurent parmi les schémas les plus performants du point de vue du rendement économique.

Il convient toutefois de souligner que les modalités n'ayant pas présenté de verse sont associées aux meilleurs rendements économiques. À l'inverse, celles affichant une faible cotation de verse semblent enregistrer un rendement légèrement inférieur.

Tableau 19 – Résultats de l'essai « fumure azotée » réalisé en 2025 à Ath (CARAH) sur la variété LG Zelda. Ce tableau renseigne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kg N/ha), la fumure totale (kg N/ha), le rendement phytotechnique et économique (q/ha), le poids à l'hectolitre (kg/hl), le poids de mille grains (g), la teneur en protéines (% matière sèche) ainsi que la cotation verse (cotation de 1 à 9, 9 = pas de verse).

LG Zelda											
Objet	T 15-mars	TR 25-mars	R 03-avr	DF 18-avr	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [q/ha]	Rdt Eco [q/ha]	P/HL [kg/hl]	PMG [g]	Teneur en protéines [% MS]	Verse
1	0	0	0	0	0	90	90	65,5	42,3	8,1	9,0
2	40	-	35	40	115	127	117	68,0	44,5	11,2	8,3
3	50	-	40	40	130	126	115	68,8	44,9	11,5	7,0
4	60**	-	40	45	145	125	112	68,2	44,7	11,8	7,6
5	60	-	40	45	145	124	111	67,5	44,0	11,9	4,6
6	50	-	60	50	160	125	111	67,7	44,4	12,3	4,3
7	-	80	-	80	160	125	111	67,7	45,0	12,5	8,0
8	60**	-	55	60	175	124	108	67,5	44,2	12,4	4,3
9	60	-	55	60	175	124	108	67,1	41,8	12,0	4,9
10	60	-	60	70	190	122	105	67,6	43,7	12,3	4,4
11	60	-	60	85	205	124	106	67,1	43,9	12,4	3,8

Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale observée pour un paramètre. Pour le rendement économique, un gradient de couleur permet de mieux visualiser les différences entre les valeurs proches de l'optimum économique (plus la case est foncée, plus le rendement est élevé). Test statistique de Student Newman-Keuls $p<0.05$. T: tallage; TR : tallage-redressement, R : Redressement; DF : Dernière feuille.

** Engrais contenant du soufre (sulfonitrate 31%S)

Avec un prix moyen de vente de 163 € la tonne d'escourgeon (prix retenu pour 2025) et au prix d'achat de 390€ la tonne d'ammonitrate 27%, le **meilleur compromis** qui découle des résultats

de cet essai est celui qui est atteint avec l'apport de **115 kg N/ha (40-35-40)** qui donne un rendement phytotechnique de 127 q/ha et un rendement économique de 117 q/ha.

Poids à l'hectolitre (P/HL) et poids de mille grains (PMG)

En général, les modalités présentant des schémas de fertilisation plus élevés **(> 160 kg N/ha**) ont, dans la majorité des cas et de façon statistiquement significative, un poids à l'hectolitre plus faible que les autres modalités.

Concernant le poids de mille grains, l'ensemble des modalités, à l'exception du témoin et de la modalité 9, présentent des poids de mille grains statistiquement équivalents.

Teneur en protéines

Comme attendu, les schémas de fertilisation avec des fumures élevées (objets 5 à 11) ont atteint des niveaux de teneur en protéines supérieurs aux schémas plus raisonnés.

Verse

Les schémas de fertilisation avec des fumures élevées (modalités 5, 6, 8, 9, 10 et 11) présentent des cotes de verse très faibles, signifiant la présence de verse dans les parcelles. Seules les modalités ayant reçu **145 kg N/ha ou moins**, ainsi que la modalité 7 (seule modalité fractionnée en deux apports), n'ont pas présenté de verse ou très peu (cotes de verse élevées). Au cours de cet essai, un excès d'azote a favorisé la verse.

Apport de soufre

Afin d'évaluer la nécessité (ou non) d'un apport de soufre au tallage, l'ammonitrate 27 % a été remplacé par du sulfonitrate (26% N, 31% S) lors de l'apport de la première fraction au tallage dans les modalités 4 et 8. Dans ces deux modalités, l'apport de soufre (sous forme de sulfonitrate) a permis d'obtenir un rendement phytotechnique et économique au moins équivalent à celui de la même modalité sans soufre.

Les besoins en soufre sont généralement modérés et les réserves présentes dans les sols sont habituellement suffisantes. Cependant, selon les conclusions des chercheurs français (d'après Arvalis), les pertes de soufre sous forme de sulfate sont étroitement liées au drainage hivernal, même davantage que celles des nitrates. Ainsi, utiliser en 2026 une solution de sulfonitrate pourrait être une **option pertinente pour les parcelles présentant un <u>risque élevé</u> de carence en soufre,** notamment dans les sols superficiels filtrants, argilocalcaires superficiels, sols sableux ou limoneux caillouteux. Cette option devra toutefois encore être confirmée par les résultats d'essais complémentaires. Si vous souhaitez appliquer du sulfonitrate, il est recommandé d'effectuer cet apport de soufre entre les stades de tallage et de redressement. Les situations caractérisées par des apports organiques fréquents (tels que les effluents d'élevage) présentent un risque faible, de même que les sols profonds, les limons argileux et limons francs.

- ## Analyse de l'essai fumure réalisé à Lonzée sur la variété lignée

Comme chaque année, le fractionnement de la fumure azotée a été étudié sur deux essais mis en place par le CePiCOP ; le premier a été réalisé avec la variété Carrousel (variété lignée brassicole), le second avec la variété SY Bankook (variété hybride). Le choix de réaliser deux essais séparés pour les variétés lignées et hybrides est parti du constat que les deux types de variétés ont des comportements différents par rapport aux divers schémas de fumure.

De plus, depuis l'année dernière, certaines modalités ont reçu un ou plusieurs fractionnements

de fumures alternatives, comprenant du compost enrichi ou du digestat. Ces produits sont les mêmes que ceux présentés précédemment à la section 2.3. Les modalités 13 à 18, c'est-à-dire celles ayant reçu du compost enrichi ou du digestat, sont entourées d'un cadre noir**. Il convient toutefois de noter que les modalités 13 à 18 n'ont été évaluées que sur deux années !**

Rendements phytotechniques et économiques

L'analyse statistique, présentée dans le Tableau 20, indique, comme chaque année, que le programme non fertilisé (modalité 1) présente un rendement phytotechnique et économique inférieur à celui des autres modalités. Pour l'année 2025, l'essai montre également que les modalités 13, 15 et 16 ont des rendements statistiquement inférieurs aux autres modalités. Ces trois modalités ont reçu un ou plusieurs fractionnements avec du digestat. Seule la modalité 14, ayant reçu un apport de digestat, a un rendement statistiquement équivalent aux autres modalités. Les deux modalités ayant reçu un apport de compost enrichi (objets 17 et 18) ont également un rendement statistiquement équivalent aux autres modalités. Du point de vue du rendement phytotechnique, ces sont les modalités 9 et 12 qui ressortent avec le meilleur rendement, c'est-à-dire 112 quintaux.

Tableau 20 – Résultats de l'essai « fumure » réalisé à Lonzée (CePiCOP, GxABT) en 2025 sur la variété lignée Carrousel. Ce tableau renseigne les fumures appliquées (kg N/ha) en fonction des stades de la culture, la fumure totale (kg N/ha), le rendement phytotechnique et économique (q/ha), le poids à l'hectolitre (kg/hl), la teneur en protéines (% de la matière sèche), le poids de mille grains (g) et le nombre d'épis par mètre carré.

CARROUSEL										
Objet	T 11-mars	R 04-avr	DF 22-avr	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [q/ha]	Rdt Eco [q/ha]	P/HL [kg/hl]	Protéines [% MS]	PMG [g]	Nombre d'épis/m^2
1	0	0	0	0	60	60	68,8	8,5	47,3	375
2	70	35	0	105	91	81	71,8	10,5	50,0	529
3	35	70	0	105	98	88	71,6	10,2	50,8	523
4	70	35	35	140	104	92	72,2	11,3	49,6	562
5	70	70	0	140	103	90	71,8	11,1	50,1	532
6	35	70	35	140	99	87	72,0	11,2	50,4	604
7	0	70	70	140	101	88	71,9	11,6	49,7	621
8	50	50	50	150	101	88	72,0	11,6	50,0	529
9	70	70	35	175	112	97	72,2	11,9	49,6	531
10	35	70	70	175	109	94	72,1	11,9	50,4	569
11	70	70	70	210	107	89	72,2	12,6	50,7	513
12	35	105	70	210	112	94	71,9	12,2	49,8	565
13	D50	60	50	160	95		73,0	11,5	49,4	582
14	D70	60	50	180	100		72,3	11,4	50,5	571
15	D50	D60	50	160	82		71,4	10,1	49,7	517
16	50	D60	50	160	91		71,6	10,9	50,1	572
17	C50	60	50	160	105		71,8	11,3	50,8	612
18	50	C60	50	160	98		72,1	11,3	51,5	592

Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale observée pour un paramètre. Pour le rendement économique, un gradient de couleur permet de mieux visualiser les différences entre les valeurs proches de l'optimum économique. Test statistique de Student Newman-Keuls $p<0.05$. T: tallage; R : Redressement; DF : Dernière feuille.

D = Digestat, C = Compost solide enrichi

Au niveau des rendements économiques, c'est la modalité 9 qui obtient le rendement maximal. Il s'agit du programme en trois fractions (**70-70-35**) qui correspond donc à un apport de **175 kg N/ha** et atteint un rendement économique de 97 quintaux.

Le rendement économique des modalités 13 à 18, c'est-à-dire celle comportant du compost enrichi ou du digestat, n'a pas été calculé.

Poids à l'hectolitre (P/HL), poids de mille grains (PMG) et nombre d'épis par mètre carré

En 2025, le poids à l'hectolitre, le poids de mille grains ainsi que le nombre d'épis par mètre carré ont été peu affectés par les schémas de fertilisation. On peut toutefois noter que les poids à l'hectolitre et les poids de mille grains sont particulièrement hauts cette année.

Teneur en protéines

La teneur en protéines est liée en grande partie à l'apport de la dernière fraction et est favorisée par des fumures totales élevées. Cette année, les fumures totales égales ou dépassant 175 kg N/ha présentent les plus hautes teneurs en protéines (programmes 9, 10, 11 et 12). Les essais fumure à Lonzée sont réalisés dans une parcelle avec précédent pomme de terre et une restitution de fumier (tous les 3 à 5 ans).

A noter que la fraction à la dernière feuille influence fortement la teneur en protéines mais a un impact faible sur le rendement.

Messages à retenir pour les variétés lignées :

Les essais fumures mis en place depuis 2018 par le CARAH et le CePiCOP, montrent que les programmes avec une dose totale d'azote comprise aux alentours de 105 et 175 kg N/ha obtiennent les meilleurs résultats. Ces programmes permettent la meilleure utilisation des intrants tout en respectant au mieux l'environnement.

- **<u>Focus sur la fertilisation de l'orge brassicole d'hiver</u>**

Dans le cas où vous ne souhaiteriez pas implanter de l'escourgeon, mais plutôt une orge d'hiver à destination brassicole, il convient d'être attentif à la fertilisation. Celle-ci doit être raisonnée, car l'orge brassicole doit présenter une teneur en protéines comprise entre 9,5 et 11,5 %, alors qu'aucune restriction en protéines n'existe pour l'escourgeon. L'orge brassicole d'hiver suit globalement le même itinéraire technique que l'escourgeon, à l'exception de la gestion de la fertilisation. Dans ce cas, il convient de veiller à ne pas adopter des programmes de fumure avec des doses totales trop élevées, qui pourraient, selon l'année, entraîner le déclassement des lots et donc entrainer une perte de revenus.

La Figure 9 suivante présente la relation entre la teneur en protéines et le rendement à l'hectare pour les différents programmes de fumures testés sur la variété Carrousel pour les années 2024 et 2025. Les programmes de fumure les plus performants en termes de rendement combiné à la quantité de protéines (adéquate à la finalité brassicole) sont celles se trouvant proches ou dans le carré en bas à droite de la figure.

Comme indiqué précédemment, la teneur en protéines ne doit pas dépasser 11,5 %. Or, à la Figure 9, on constate que la majorité des modalités dépassent ce seuil ou s'en rapprochent. La modalité 35-70-35, située dans le quadrant inférieur droit, combine un bon rendement avec une teneur en protéines conforme. La modalité 70-70-0 se situe juste en dessous de 11,5 %, mais avec un rendement légèrement inférieur à celui de la modalité 35-70-35. Enfin, certaines modalités avec des fumures alternatives, telles que C50-60-50 ou D70-60-50, affichent des rendements correctes et ne dépassent pas le seuil des 11,5%.

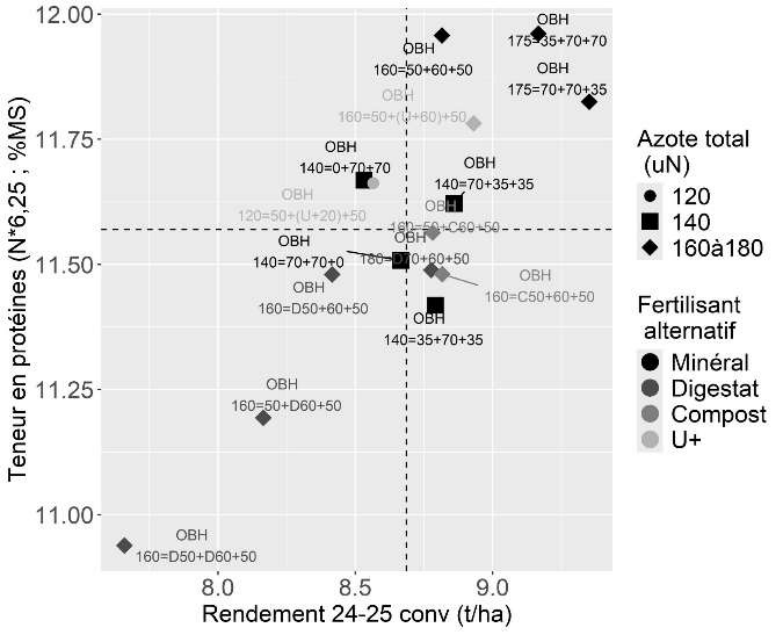

Figure 9 – Relation entre la teneur en protéines et le rendement à l'hectare des programmes de fumures testés sur la variété Carrousel pour les années 2024 et 2025.

- **Analyse de l'essai fumure réalisé à Lonzée pour la variété hybride**

Rendements phytotechniques et économiques

Pour la variété hybride SY Bankook, la fumure permettant de maximiser le rendement phytotechnique (111 q/ha) est obtenue par le programme n°12 composé de trois fractions : **35-105-70** kg N/ha (210 kg N/ha au total) comme décrit dans le Tableau 21.

Pour la variété hybride, en 2025, les programmes dont les doses totales d'azote sont comprises entre 140 et 210 kg N/ha permettent d'obtenir les meilleurs rendements économiques, à l'exception de la modalité 8. Comme l'année passée, c'est la modalité **35-70-35** (140 kgN/ha) qui permet d'obtenir le meilleur rendement économique.

A noter, que comme pour l'essai fumure sur la variété lignée, les rendements économiques des modalités 13 à 18 (c'est-à-dire celles comportant du compost enrichi ou du digestat) n'ont pas été calculés.

Poids à l'hectolitre (P/HL), poids de mille grains (PMG) et nombre d'épis par mètre carré

Tout comme pour les variétés lignées, le poids à l'hectolitre, le poids de mille grains ainsi que le nombre d'épis par mètre carré ont été peu affectés par les schémas de fertilisation. On peut toutefois noter que les poids à l'hectolitre et surtout les poids de mille grains, sont particulièrement hauts cette année.

Teneur en protéines

La teneur en protéines est liée en grande partie à l'apport de la dernière fraction et est favorisée par des fumures totales élevées. Cette année, les fumures totales égales ou dépassant 175 kg N/ha ont permis de maximiser la teneur en protéines.

Tableau 21 – Résultats de l'essai « fumure » réalisé à Lonzée en 2025 sur la variété hybride SY Bankook. Ce tableau renseigne les fumures appliquées (kg N/ha) en fonction des stades de la culture, la fumure totale (kg N/ha) du programme, le rendement phytotechnique et économique (q/ha), le poids à l'hectolitre (kg/hl), la teneur en protéines (% de la matière sèche), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre d'épis par mètre carré. Le rendement économique ne tient pas compte d'un éventuel surcout des semences hybrides.

SY BANKOOK										
Objet	T 11-mars	R 04-avr	DF 22-avr	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [q/ha]	Rdt Eco [q/ha]	P/HL [kg/hl]	Protéines [%MS]	PMG [g]	Nombre d'épis/m^2
1	0	0	0	0	60	60	67,3	7,4	53,8	282,0
2	0	35	35	70	82	76	68,9	8,8	55,6	433,0
3	35	35	35	105	95	85	69,2	9,3	56,0	449,0
4	35	70	0	105	95	86	69,6	9,4	57,1	405,0
5	0	70	35	105	92	82	69,6	9,7	56,9	449,0
6	70	35	35	140	103	90	70,0	10,0	56,3	444,0
7	35	70	35	140	106	94	69,9	10,1	55,5	418,0
8	0	70	70	140	92	80	69,6	10,5	56,8	457,0
9	35	70	70	175	107	91	70,1	10,9	55,9	517,0
10	0	105	70	175	104	89	69,8	11,0	56,3	545,0
11	25	75	75	175	101	86	70,1	11,2	56,5	448,0
12	35	105	70	210	111	93	70,5	11,5	56,5	474,0
13	D25	75	75	175	97		69,6	10,9	56,4	520,0
14	D55	75	75	205	106		69,5	10,8	55,8	433,0
15	25	D75	75	175	95		69,1	9,5	57,0	500,0
16	D25	D75	75	175	86		69,3	9,5	55,6	460,0
17	C25	75	75	175	108		69,7	10,7	54,4	452,0
18	25	C75	75	175	100		69,4	10,4	55,9	454,0

Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale observée pour un paramètre. Pour le rendement économique, un gradient de couleur permet de mieux visualiser les différences entre les valeurs proches de l'optimum économique. Test statistique de Student Newman-Keuls $p<0.05$.
T: tallage; R : Redressement; DF : Dernière feuille.
D = Digestat, C = Compost solide enrichi

Message à retenir des essais de variétés hybrides:

- **Les variétés hybrides sont en général moins pénalisées par une fraction de tallage réduite (non nul) que les variétés lignées dans les conditions limoneuses de cet essai.**
- **La fraction de redressement est importante (70 kgN/ha) pour permettre à un nombre de talles suffisant de monter en épis.**
- **La fraction dernière feuille est importante pour assurer un bon remplissage des grains.**
- **Les essais fumures mis en place depuis 2018 par le CePiCOP, montrent que les programmes avec une dose totale d'azote comprise entre 140 et 175 kg N/ha obtiennent les meilleurs résultats. Ces programmes permettent la meilleure utilisation des intrants tout en respectant au mieux l'environnement.**

2.5.2 Analyses des reliquats pour la campagne 2026

Comme l'année passée, les températures des mois d'octobre à décembre ont été plus élevées que la moyenne saisonnière. Dans ces conditions, certains escourgeons ont déjà profité de la minéralisation pour prélever de l'azote dans le profil du sol.

Nous ne connaissons pas encore les conditions printanières qui influenceront particulièrement fort la valorisation des fractions d'azote qui seront apportées, toutefois, les premières analyses de reliquats azotés dans le sol réalisées fin janvier permettent d'estimer l'état moyen des profils azotés en escourgeon.

Trente-quatre parcelles d'escourgeon (uniquement des précédents « froment » dans le cadre de ces analyses) ont été échantillonnées en ce début d'année 2026 (Tableau 22).

Les quantités d'azote disponibles dans les 90 premiers centimètres du profil sont **un peu plus élevées** par rapport aux années précédentes. La moyenne de ces 17 dernières années est de 30 kg N_{min}/ha sur 0-90 cm. Cette année, l'azote semble être plus présent dans les horizons les plus profonds du sol, pour une moyenne totale de 33 kg N_{min}/ha.

Tableau 22 – Comparaison pour les 17 dernières années (2010-2026) des réserves en azote minéral dans les différents étages du profil du sol (kg N-NO_3/ha) – CePiCOP, CRA-W, GRENeRA, GxABT, Requasud et les laboratoires provinciaux.

		Réserve en azote minéral en kgN/ha																	
		2026	**2025**	**2024**	**2023**	**2022**	**2021**	**2020**	**2019**	**2018**	**2017**	**2016**	**2015**	**2014**	**2013**	**2012**	**2011**	**2010**	**MOY**
	Nbr de profils	34	19	25	32	29	17	18	29	18	30	34	21	29	22	10	6	5	
Profondeur (cm)	0-30	8	9	8	9	8	10	8	11	8	21	7	6	5	8	9	10	9	9
	30-60	10	8	6	9	9	11	7	11	8	32	5	5	5	8	9	12	7	10
	60-90	15	9	8	10	11	17	12	15	12	22	7	5	8	10	12	10	9	11
Total (cm)	0-90	33	26	22	28	28	38	28	37	28	75	19	16	18	26	30	32	25	30

2.5.3 Conseil de fertilisation pour la saison culturale 2026

Fertilisation de référence 2026

La fumure de référence proposée pour l'escourgeon lignée est : **50-50-50**

- Les essais fumures mis en place depuis 2018 par le CARAH et le CePiCOP, montrent que les programmes avec une dose totale d'azote comprise entre 105 et 175 kg N/ha obtiennent les meilleurs résultats.

La fumure de référence proposée pour l'escourgeon hybride est : **25-75-75**

- Les essais fumures mis en place depuis 2018 par le CARAH et le CePiCOP, montrent que les programmes avec une dose totale d'azote comprise entre 140 et 175 kg N/ha obtiennent les meilleurs résultats.

La fumure de référence conseillée pour 2026 repose sur une analyse pluriannuelle des résultats (2018 à 2025, soit les huit dernières années d'essais), sur l'expérience acquise, sur l'analyse des essais fumure 2026, ainsi que sur les observations réalisées en ce début de saison et sur le prix des engrais. Toutefois, cette fumure de référence doit être relativisée. Comme l'ont montré les résultats des dernières années, plusieurs modalités permettent en effet d'atteindre l'optimum économique. Enfin, cette fumure de référence est principalement calculée pour un précédent pomme de terre, ce qui diffère d'un précédent froment.

Les essais montrent qu'une fumure raisonnée permet d'éviter les surcoûts de fertilisation et d'obtenir un bon rendement économique tout en préservant l'environnement.

Il est impératif de s'abstenir d'apporter de l'azote sur des sols déjà saturés d'eau, car dans de telles conditions, les plantes ne peuvent pas tirer profit de l'engrais. Leurs racines, asphyxiées, sont incapables d'absorber les nutriments. Il est donc essentiel de n'intervenir que dans des conditions climatiques favorables : le sol doit être réessuyé et non gelé, une pluviométrie d'au moins 10 à 15 mm est attendue après l'application de l'engrais, et les températures doivent être propices à la croissance des plantes.

ATTENTION : ces conseils de fumure doivent être ajustés à chaque parcelle (région, état du sol, précédent, apport de fumure organique, …). Des ajustements sont indispensables pour arriver au programme de fumure qui correspond à votre parcelle !

Considération pratique pour adapter le conseil en fonction des situations (régions, aléas climatiques …)

Les fumures de référence sont valables dans la majorité des situations culturales. Le meilleur moment pour effectuer l'apport post-hivernal de tallage doit coïncider avec la reprise de la végétation. **Intervenir plus tôt ne s'est jamais concrétisé** par un bénéfice à la culture, au contraire une telle pratique présente des risques pour l'environnement et pour la culture.

D'une manière générale, le conseil est de ne pas renforcer la fraction de **tallage** de la fumure azotée, qui reste aux alentours de 25 à 35 kg N/ha pour les variétés hybrides et de 35 à 55 kg N/ha pour les variétés lignées. Dans une situation normale, augmenter de manière trop importante ces fumures risquerait de provoquer un développement de talles surnuméraires, non productives et génératrices de difficultés de conduite de la culture (densité de végétation trop forte, verse, maladies, ...).

Toutefois, comme expliqué précédemment, il est important de tenir compte des ajustements recommandés pour sa parcelle et une majoration de la dose préconisée au tallage doit se concevoir dans certaines situations particulières, lorsque l'emblavure apparait claire ou peu développée à la sortie de l'hiver, comme dans les exemples suivants :

- cas de certains semis tardifs ;
- suite à l'arrêt précoce de la végétation à l'arrière-saison ;
- suite à un déchaussement de plante.

Dans certaines situations, une impasse de la fraction de tallage est possible :

- ❖ dans les parcelles à bonne minéralisation (en région limoneuse et sablo-limoneuse) ;
- ❖ dans des cultures très denses en sortie d'hiver ;
- ❖ dans les parcelles où la culture est plus précoce et proche du redressement à la sortie de l'hiver ;
- ❖ lorsque les conditions climatiques sont particulièrement favorables.

Si l'impasse de la fraction de tallage est nécessaire ou justifiée, il reste important de respecter certaines consignes quant au moment de l'application. Faire l'impasse de toute fumure avant le stade 1er nœud est souvent pénalisant. De ce fait, il conviendra donc d'anticiper et d'appliquer la fraction unique « tallage + redressement » quelques jours avant le stade « épis à 1 cm », en veillant à ne pas dépasser un total de 115 kg N/ha. Toutefois, notre conseil est de se limiter à 100 kg N/ha.

A l'opposé, il convient de ne pas faire l'impasse sur la fumure de tallage dans des parcelles peu fertiles ou trois froides, même en Hesbaye.

A partir du **stade redressement,** les besoins de l'escourgeon deviennent importants. Les disponibilités à ce stade doivent être suffisantes pour couvrir les besoins afin d'éviter toute faim azotée mais, comme pour le tallage, il est inutile, quelles que soient les situations, d'appliquer des fumures excessives au risque d'entraîner ultérieurement des problèmes de verse, maladies...

La fraction de **dernière feuille** est destinée à assurer le remplissage maximum des grains en maintenant une activité photosynthétique la plus longue possible pour permettre un transfert parfait des matières de réserve vers le grain.

Calcul des doses à appliquer dans votre propre parcelle :

Comme pour le froment, la détermination de la fumure azotée ne peut se limiter à une recommandation unique. Elle doit intégrer un ensemble de facteurs agronomiques propres à chaque situation parcellaire.

Quel que soit le schéma de fractionnement retenu, deux principes fondamentaux s'imposent :

- ➢ D'une part, chaque parcelle doit être raisonnée individuellement, les conditions culturales pouvant varier fortement d'une parcelle à l'autre en fonction du passé cultural, de l'évolution de la culture et de l'environnement pédoclimatique.
- ➢ D'autre part, la dose d'azote apportée à chaque fraction est définie juste avant l'application. La fumure totale ne peut donc pas être arrêtée dès la sortie de l'hiver, mais résulte de l'addition successive des fractions ajustées au fil de la saison.

Cette démarche dynamique repose sur l'application de correctifs aux doses de référence, afin de tenir compte à la fois de la fourniture d'azote par le sol et de l'évolution de la culture (potentiel de rendement, enracinement, état sanitaire, stress ou accidents climatiques).

La formule historique de la méthode Livre Blanc Céréales pour le calcul des doses à appliquer est la suivante :

Dose à appliquer = Dose de référence + N.TER + N.ORGA + N.PREC + N.ETAT + éventuellement N.CORR

2.6 La fertilisation azotée de l'association du froment d'hiver et du pois protéagineux d'hiver

N. Vannoppen, J. Pierreux

- **Etat de l'association en sortie d'hiver 2026**

Les conditions de semis fin octobre - début novembre ont été favorables à l'association froment-pois. Cette association a ainsi pu se développer correctement durant l'automne et a profité des températures clémentes. Les températures plus fraîches du mois de janvier ont ralenti le développement des deux espèces. Début février, l'état de croissance du froment correspond au stade trois feuilles étalées. Le pois est composé de trois feuilles et trois vrilles.

- **La fumure conseillée pour la saison 2025-2026**

La fumure conseillée pour 2026 s'appuie sur les résultats d'un projet de recherche[10], sur les essais réalisés par le CePiCOP, ainsi que sur base des observations de ce début de saison. La fumure conseillée est une fumure en deux fractions. Une première fraction de 40 kg N/ha est apportée au stade tallage-redressement du froment. Ensuite, un apport de 60 kg N/ha est réalisé lors du stade dernière feuille. Une fumure totale de 100 kg N/ha est donc appliquée.

Une sur-fertilisation de cette association est contre-productive car elle entrave la « fertilisation naturelle » apportée par les nodosités symbiotiques du pois. Ces nodosités, qui permettent au pois de fixer l'azote de l'air pour ses besoins pendant la phase végétative, se développent moins bien si la fertilisation est excessive ou trop précoce. En fin de végétation, les nodosités offrent également un avantage à la céréale grâce aux transferts d'éléments nutritifs issus d'exsudats racinaires. Pour optimiser les performances de l'association, il est essentiel d'appliquer la fertilisation aux moments appropriés, en respectant les doses recommandées.

La fumure conseillée pour l'association de froment et de pois protéagineux d'hiver est de :

Fraction du tallage – redressement (1ère fraction) :	**40 N**
Fraction de la dernière feuille (2ème fraction) :	**60 N**

Néanmoins, en fonction de l'état de la culture en sortie d'hiver, et surtout de la disparition significative des pois protéagineux dans l'association, cette fumure pourrait être adaptée au cas par cas. Lorsque la pression en maladies sur les pois est trop importante, situation assez fréquente ces dernières années, et que les pois tendent à disparaitre, le fractionnement peut s'adapter comme suit afin d'assurer le potentiel de rendement de la céréale :

Fraction du tallage (1ère fraction) :	**30 N**
Fraction du redressement (2ème fraction) :	**30 N**
Fraction de la dernière feuille (3ème fraction) :	**60 N**

[10] « Produire durablement des graines riches en protéines en optimisant la conduite de la culture associée de pois protéagineux d'hiver et de froment d'hiver », financé par le SPW/DGO3 de 2012 à 2018.