

## 2.2 La fertilisation azotée

A. Nysten<sup>1</sup>, B. Van der Verren<sup>2</sup>, R. Blanchard<sup>1</sup>, C. Vandenberghe<sup>3</sup>, J. Legrand<sup>4</sup>, A. Stalport<sup>5</sup>, O. Mahieu<sup>5</sup>, M. Abras<sup>6</sup>, B. Heens<sup>4</sup>, B. Godden<sup>6</sup>, J. Pierreux<sup>7</sup>, V. Reuter<sup>8</sup>, L-M. Blondiau<sup>5</sup>, C. Collin<sup>9</sup>, A. Vilret<sup>10</sup>, B. Godin<sup>8</sup>, V. Van Remoortel<sup>11</sup> et B. Dumont<sup>7</sup>

2.2.1	Bilan de la saison culturale .....	21
2.2.2	La fertilisation azotée en froment d'hiver.....	23
1.	Résultats des expérimentations en 2021.....	23
A.	Itinéraire cultural des essais fumure azotée .....	23
B.	Analyse des résultats de l'essai fumure mené à Ath en 2021 (CARAH) .....	24
C.	Analyse des résultats des essais fumure menés à Loncée en 2021 (CePiCOP asbl – Gx-ABT).....	26
2.	L'évolution du prix de l'azote et du prix des céréales .....	34
3.	Les éléments à considérer pour une recommandation pratique .....	36
4.	La détermination pratique de la fertilisation azotée .....	40
A.	Les fumures de référence pour la saison 2021-2022 .....	40
B.	Calcul de la fertilisation selon la méthode Livre Blanc Céréales .....	41
C.	Détermination de N.PREC, fonction du précédent.....	41
D.	Calcul de la fumure.....	43

<sup>1</sup> CePiCOP asbl – Centre Pilote wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux – Subventionné par SPW-DGARNE

<sup>2</sup> ULiège – Gx-ABT – TERRA – Phytotechnie tempérée – Production intégrée des céréales en Région wallonne – Projet CePiCOP (Subventionné par SPW-DGARNE)

<sup>3</sup> ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plantes – GRENeRA

<sup>4</sup> CPL Végémar – Centre Provincial Liégeois de Productions Végétales et Maraichères – Province de Liège

<sup>5</sup> C.A.R.A.H. asbl. Centre Agronomique de Recherches Appliquées de la Province de Hainaut

<sup>6</sup> CRA-W – Département Durabilité – Systèmes et prospectives – Unité Sols, Eaux et Productions intégrées

<sup>7</sup> ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie

<sup>8</sup> CRA-W – Département Connaissance et Valorisation des Produits – Unité Valorisation des Produits, de la Biomasse et du Bois

<sup>9</sup> Requasud – Laboratoire de la Province de Liège

<sup>10</sup> O.P.A. – Office Provincial Agricole – Province de Namur

<sup>11</sup> ULiège – Gx-ABT – Axe Technologie alimentaire – Sciences des aliments et formulation

2.2.3	La fertilisation azotée en escourgeon.....	44
1.	Résultats des expérimentations en 2021 .....	44
A.	Analyse de l'essai fumure réalisé à Ath (CARAH) .....	44
B.	Analyse des essais fumures réalisés à Lonzée (CePiCOP-GxABT).....	46
2.	Recommandations pratiques pour la campagne 2022 ! .....	50
A.	Conseil de fertilisation pour la saison culturale 2021-2022 .....	50
B.	Considérations pratiques pour adapter le conseil en fonction des situations (régions, aléas climatiques, ... ).....	52
C.	Calcul des doses à appliquer dans votre propre parcelle : .....	53
D.	Calcul de la fumure .....	53
2.2.4	La fertilisation azotée de l'association du froment d'hiver et du pois protéagineux d'hiver .....	54
1.	Etat de l'association en sortie d'hiver.....	54
2.	La fumure conseillée pour la saison 2021-2022 .....	54
2.2.5	La fertilisation azotée en Epeautre.....	55
1.	La fumure conseillée pour la saison 2021-2022 .....	55
2.2.6	Point sur les essais menés en fertilisation de froment biologique .....	57

### 2.2.1 Bilan de la saison culturale

#### Influence des conditions climatiques de la saison 2020-2021 sur l'alimentation azotée des cultures

Le début de la saison a été marqué par le retour de la pluie fin septembre 2020. Ces précipitations, importantes par endroit, ont perturbé et retardé le semis des escourgeons. De nombreuses parcelles n'ont pas pu être emblavées avant la mi-octobre. Ce temps instable s'est maintenu jusqu'à la fin du mois d'octobre rendant également difficile les premiers semis de froment. L'arrivée d'un temps plus sec début novembre a permis de poursuivre les semis dans de meilleures conditions. Aidée par des températures plutôt douces pour la saison, la levée s'est déroulée sans encombre. Les céréales d'hiver ont pu alors profiter de ces conditions relativement clémentes jusqu'à la fin du mois de décembre pour continuer leurs développements.

La saison hivernale n'a véritablement démarré qu'à partir du mois de janvier. Le froid a fait son grand retour accompagné de précipitations importantes parfois sous la forme de neige. Ces conditions hivernales se sont prolongées jusqu'à la fin du mois de février. Les analyses de sol effectuées à cette période ont montré que l'azote était présent en quantité importante dans les parcelles d'escourgeon (38 kg N/ha sur 90 cm) et de froment (68 kg N/ha sur 90 cm). Ces mesures ont également confirmé que la répartition de l'azote entre les horizons était assez inégale. En effet, la pluviométrie importante a favorisé la migration de l'azote vers le fond du profil et a ainsi contribué à enrichir le dernier horizon. Enfin, les reliquats azotés étaient très variables d'une parcelle à l'autre en fonction du précédent. Certaines cultures n'ont donc pas valorisé l'azote apporté la saison précédente. Ces analyses de sol ont permis, dans certaines situations, d'éviter des surdosages. Encore une fois, ces situations illustrent l'importance d'adapter en cours de saison la fertilisation de référence préconisée par le Livre Blanc de février.

Malgré des cumuls pluviométriques importants depuis le début de la saison, les premières applications d'engrais ont pu avoir lieu à la mi-mars dans de bonnes conditions sur des terres bien ressuyées. La fin du mois de mars a été marquée par le grand retour du printemps avec par endroit des températures frôlant les 20°C. Mais cette douceur a rapidement été chassée par le retour inopiné du froid et de la neige au cours de la première semaine d'avril. Cette fraîcheur s'est maintenue durant tout le mois d'avril, ralentissant considérablement le redémarrage de la végétation. C'est ainsi que les froments n'ont commencé à se redresser qu'à partir de la mi-avril. Les escourgeons quant à eux paraissaient bien courts pour la saison et des problèmes de carence sont apparus par endroit.

En mai, les températures sont progressivement reparties à la hausse et les précipitations, plutôt discrètes depuis mars, ont fait leur grand retour. Les escourgeons ont atteint le stade de la dernière feuille étalée au début du mois de mai. Dans la plupart des situations, les froments ont quant à eux atteint ce stade aux alentours de la fin mai, début juin. Grâce à des conditions climatiques favorables durant la montaison, les céréales d'hiver ont bien valorisé l'azote provenant de la fumure et de la minéralisation. L'absence de carence en azote et de stress hydrique tout au long de cette période a permis d'atteindre un nombre important d'épis/m<sup>2</sup>.

Jusqu'à la mi-juin, de nombreuses emblavures semblaient afficher un bon potentiel de

rendement. Mais malheureusement, les escourgeons et les froments n'ont pas été épargnés par les précipitations importantes qui ont touché l'ensemble du territoire durant tout l'été. Dans de nombreuses parcelles, un peu partout en Wallonie, les céréales à paille se sont littéralement retrouvées à même le sol. La verse et les mauvaises conditions climatiques ont probablement été préjudiciables au remplissage des grains. Dans nos essais, les parcelles ayant reçu une fumure excessive sont les premières à avoir versé à partir de la fin juin.

Cette forte pluviométrie, associée à des températures en dessous de la normale a considérablement retardé les travaux de récolte. Les fenêtres d'intervention se sont faites rares cette année ; il a donc fallu profiter de chaque jour de beau temps pour moissonner. Les escourgeons ont pu être battus à partir de la mi-juillet. Il a fallu encore attendre presque un mois pour les froments, dont la majeure partie a été récoltée après le 15 août.

## 2.2.2 La fertilisation azotée en froment d'hiver

### 1. Résultats des expérimentations en 2021

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 et le troisième a été réalisé par le CARAH à Ath.

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 (qx/ha), récolté sur la parcelle ;
- le **rendement économique** représente le rendement phytotechnique duquel on déduit l'équivalent en poids de grain (t/ha ou qx/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 2021 est de 243 €/t et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) a été fixé à 640 €. Les rendements économiques qui sont repris dans ce chapitre sont donc exprimés selon le rapport 9,8, à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à 9,8 kilogrammes de froment (1 kg N = 9,8 kg de froment).

### A. Itinéraire cultural des essais fumure azotée

Les itinéraires techniques suivis dans les essais « fumure » mis en place par le Centre Pilote wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux (CePiCOP) en collaboration avec la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège et le CARAH sont détaillés dans le Tableau 1. Les deux essais de Lonzée ont des itinéraires techniques relativement proches tandis que l'essai à Ath est caractérisé par une conduite culturale propre à la région concernée. Les opérations culturales ont été réalisées aux moments les plus adéquats.

L'itinéraire cultural 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 maladie étant plus importante cette année, il a été décidé d'appliquer un programme fongicide comprenant un premier passage au stade 2 nœuds et un second passage au moment de l'épiaison. La faible pression en puceron et cécidomyie observée cette année a permis de faire l'impasse sur le traitement insecticide. Ces essais se distinguent par les variétés employées et par l'application de fumures spécifiques (ce point sera abordé ultérieurement). Les parcelles du premier essai ont été emblavées avec du Chevignon, variété plutôt destinée à la production fourragère. Cinq variétés reconnues pour leur bonne aptitude à la panification ont été utilisées pour le deuxième essai. Sur ce site, le reliquat azoté mesuré en sortie d'hiver sur une profondeur de 90 cm, était de 56 kg N/ha.

Le troisième essai a été semé à Ath avec la variété LG Skycraper, après un précédent colza. La conduite de cet essai a nécessité des traitements supplémentaires dû à son environnement. Un

premier désherbage et un traitement insecticide ont ainsi été réalisés en novembre. Ce traitement insecticide a notamment permis de lutter contre les pucerons déjà présents en nombre. Un second traitement herbicide a été effectué au début du printemps. Deux régulateurs et deux traitements fongicides ont également été appliqués durant la montaison afin de protéger la culture. Sur ce site, le reliquat azoté mesuré en sortie d'hiver sur une profondeur de 90 cm, était de 56 kg N/ha

Le protocole et les résultats de ces essais sont présentés dans le point suivant.

**Tableau 1 – Conduite culturale des essais fumure azotée menés en 2021 à Lonzée (CePiCOP et Gx-ABT, ULiège) et à Ath (CARAH).**

Interventions	Caractéristiques	Date / Donnée	Caractéristiques	Date / Donnée	Caractéristiques	Date / Donnée
<b>Choix variétal</b>	Chevignon	-	Imperator, KWS Emerick, Cubitus, Mentor, LG Apollo	-	LG Skycraper	-
<b>Lieu</b>	Lonzée		Lonzée		Ath	
<b>Date de semis</b>	300 grains/m <sup>2</sup>	30-oct	300 grains/m <sup>2</sup>	30-oct	350 grains/m <sup>2</sup>	15-oct
<b>Précédent</b>	pommes de terre	-	pommes de terre	-	Colza	-
<b>Profil azoté réalisé en janvier</b>	P : 0-30 cm	12	P : 0-30 cm	12	P : 0-30 cm	15
	P : 30-60 cm	15	P : 30-60 cm	15	P : 30-60 cm	26
	P : 60-90 cm	29	P : 60-90 cm	29	P : 60-90 cm	15
	Total N minéral	56	Total N minéral	56	Total N minéral	56
<b>Apport de fumure</b>	T	10-mars	T	09-mars	T	15-mars
	TR	30-mars	TR	30-mars	TR	25-mars
	R	13-avr	R	15-avr	R	19-avr
	DF	27-mai	DF	27-mai	DF	19-mai
	DFL	-	DFL	10-juin	DFL	-
<b>Désherbage</b>	Sigma maxx (0,9 l/ha) + Biathon duo (70 g/ha)	24-mars	Sigma maxx (0,9 l/ha) + Biathon duo (70 g/ha)	24-mars	Herold (0,6 l/ha) + AZ 500 (0,1 l/ha) Allié (15 g/ha) + Starane Forte (0,2 l/ha)	19-oct 31-mars
<b>Raccourcisseur</b>	CCC (1 l/ha)	20-avr	CCC (1 l/ha)	20-avr	Tempo (0,2l/ha) + Cycifix (1/ha) Tempo (0,1l/ha) +Cycifix (0,4 l/ha)	29-mars 06-mai
<b>Fongicide</b>	Simvéris (1 l/ha) + Stavento (1,5 l/ha)	12-mai	Simvéris (1 l/ha) + Stavento (1,5 l/ha)	12-mai	Lenvyor (1 l/ha) + Flexity (0,3 l/ha)+ Kestrel (0,6 l/ha)	06-mai
	Velogy Era (1 l/ha)	10-juin	Velogy Era (1 l/ha)	10-juin	Velogy Era (1 l/ha)	03-juin
<b>Insecticide</b>	-	-	-	-	Patriot protech (42 ml/ha)	09-nov
<b>Récolte</b>	-	05-août	-	26-août	-	05-août

P : profondeur; T : tallage; TR : Tallage-Redressement; R : Redressement; DF : Dernière feuille; DFL : début floraison

## B. Analyse des résultats de l'essai fumure mené à Ath en 2021 (CARAH)

Ces résultats 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 5 et 7 à 10 comportent des fumures en trois fractions. L'objet 4 reprend la fumure liée aux recommandations du CARAH. L'objet 5 se différencie de l'objet 4 par des apports d'engrais azotés sous forme de sulfonitrate (26 N/32S). Enfin, les objets 6 et 7 correspondent aux fumures de référence en deux ou trois

fractions proposées par le Livre Blanc de février 2021 et adaptées en fonction du contexte de la parcelle.

Tableau 2 – Résultats de l'essai « fumure » à Ath (CARAH) en 2021.

N° Objet	T 15-mars	TR 25-mars	Red 19-avr	DF 19-mai	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P	Hag [sec.] ***
1	0		0	0	0	77,2	77,2	71,0	8,5	19,0	2,2	104
2	30		40	30	100	97,7	<b>87,9*</b>	72,8	11,1	25,3	3,3	128
3	30		45	50	125	98,5	86,3	73,1	11,6	26,3	3,2	121
4	50		50	50	150	99,1	84,4	<b>73,1*</b>	11,8	26,0	3,4	128
5	50**		50	50	150	101,6	86,9	73,0	11,9	26,8	3,3	123
6		80		95	175	102,6	85,4	72,7	12,4	26,8	3,3	109
7	50		60	65	175	<b>103,0*</b>	85,9	72,7	12,5	27,3	3,3	127
8	60		70	70	200	100,7	81,1	72,8	12,3	27,3	<b>3,6*</b>	<b>129*</b>
9	75		75	75	225	101,4	79,4	72,7	12,6	27,5	3,4	120
10	85		80	85	250	101,5	77,0	72,3	<b>12,8*</b>	<b>27,75*</b>	3,5	123
Moyenne						97,8	82,6	72,6	11,6	25,8	3,2	120

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique, le rendement économique, le nombre d'épis/m<sup>2</sup> et la teneur en protéines. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

\*\* Avec du Sulfonitrate 26N/32S

\*\*\* Données réalisées sur une répétition

### Rendements phytotechnique et économique

Le rendement phytotechnique maximal, soit 103,0 qx/ha est obtenu avec une fumure totale de 175 kg N/ha (50-60-65). Les rendements phytotechniques observés pour les objets 2 à 6, obtenus avec des fumures totales inférieures ou équivalentes sont certes plus faibles mais ne sont pas statistiquement différents de ce rendement maximal. Les rendements phytotechniques obtenus avec des doses d'azote supérieures (objets 8 à 10) sont également plus faibles, mais restent statistiquement équivalents au rendement maximal.

Au niveau des rendements économiques, l'optimum est atteint par l'objet 2 avec 87,9 qx/ha. Cet objet a reçu une fumure totale de 100 kg N/ha appliquée selon un schéma en trois fractions. D'après l'analyse des résultats, toutes les fumures comprises entre 125 et 175 kg N/ha ont également permis d'obtenir des rendements économiques statistiquement équivalents à l'optimum. Enfin la conjoncture actuelle accentue la perte de rendement liée à une utilisation excessive de la fumure azotée. En effet, les objets caractérisés par une fumure qui dépasse les 175 kg N/ha présentent des rendements économiques largement en deçà de l'optimum.

### Poids à l'hectolitre (P/HL)

Avec une valeur de 73,1 kg/hl, l'objet 4 est la modalité qui présente le poids à l'hectolitre le plus élevé. Mis à part pour le témoin, il n'existe pas de différences statistiques entre les différentes modalités de l'essai (objets 2 à 10). De manière générale, les poids à l'hectolitre mesurés à la récolte cette année sont assez faibles.

### Teneur en protéines, Indice Zélény et rapport Zélény sur Protéines (Z/P)

L'objet 10 présente la teneur en protéines (12,8 %) et l'indice de Zélény les plus élevées (27,8 ml). Ce taux de protéines élevé est dû à la fertilisation azotée consécutive appliquée sur cet objet. Pour cet essai, la teneur en protéines et l'indice de Zélény moyens sont respectivement de 11,6% et de 25,8 ml. Enfin l'objet 8 présente le Z/P le plus haut avec rapport égale à 3,6.

*Les fumures de référence en deux et en trois fractions conseillées par le Livre Blanc de février 2021 et qui ont été adaptées selon les recommandations aux conditions de l'essai et de la culture (objet 6 et 7) ont permis d'atteindre l'optimum phytotechnique et économique.*

### **C. Analyse des résultats des essais fumure menés à Lonzée en 2021 (CePiCOP asbl – Gx-ABT)**

La seconde analyse est réalisée sur les deux essais en fumure azotée implantés à Lonzée, après un précédent pomme de terre. Les Tableaux 3 et 4 reprennent les protocoles mis en œuvre et les rendements obtenus.

Dans le premier essai, trente modalités ont été testées sur la variété Chevignon (principalement destinée à la production fourragère). Celles-ci variaient à la fois sur la dose totale d'azote apportée et sur le fractionnement de la fumure. 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. Les objets 23 et 24 correspondent à la fumure de référence en trois fractions recommandées par le Livre Blanc de février 2021. Cependant pour l'objet 24, cette fumure de référence a été adaptée selon l'état de la culture et la situation de la parcelle. Les objets 25 et 26 reprennent la fumure de référence en deux apports proposée par le Livre Blanc en 2021. La fumure appliquée sur l'objet 26 a également été adaptée sur base des mêmes paramètres que l'objet 24. Les objets 27 à 29 correspondent à des fumures issues de différentes modulations d'une fumure en trois apports avec un pas de 30 kg N/ha. Enfin l'objet 30 est une fumure modulée sur une base 40 avec un apport important à la sortie de l'hiver.

Le protocole du second essai comprend six modalités de fumures appliquées sur 5 variétés de froment d'hiver. Ces variétés ont été sélectionnées car elles présentent toute une bonne aptitude à la panification. Concernant la fumure, les modalités diffèrent à la fois au niveau du fractionnement et de la dose d'azote apportée. Les objets 3 et 5 correspondent aux fumures de référence reprises dans le Livre Blanc de février 2021. L'objet 6 visent à expérimenter l'ajout de 40 kg N/ha au début de la floraison. L'objectif de cette démarche est de vérifier l'éventuel intérêt d'un apport tardif afin d'augmenter la teneur en protéines du grain. Enfin les autres fumures testées sont des objets permettant d'analyser la réponse du froment par rapport aux apports d'azote.

**Tableau 3 – Résultats de l'essai fumure réalisé à Lonzeé sur la variété fourragère Chevignon. Ce tableau reprend les rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), le poids de 1000 grains PMG (g), le poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), l'indice de Zélény (ml), la valeur du rapport du Zélény sur le taux de protéines Z/P, le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la verse.**

N° Objet	T	TR	Red	DF	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Prot. [%]	Zélény [ml]	Z/P	PMG [g]	Nbre grains [grains/m <sup>2</sup> ]	Nbre épis [épis / m <sup>2</sup> ]	grains / épi	Verse
1					0	78,6	78,6	73,0	9,0	20,4	2,3	43,0	18290	383	48	0
2			60		60	86,6	80,7	75,0	10,7	26,7	2,5	42,7	20283	390	52	0
3			60		60	97,7	91,8	74,5	9,9	23,8	2,4	42,0	23256	423	55	0
4	60				60	95,3	89,4	73,9	9,2	21,4	2,3	41,4	23030	450	51	0
5			60	60	120	103,8	92,0	75,9	11,2	30,1	2,7	42,4	24510	417	59	7
6	60			60	120	101,0	89,2	76,0	10,8	27,2	2,5	42,6	23702	460	52	0
7	60		60		120	104,0	92,2	75,3	10,2	25,2	2,5	40,8	25516	550	46	13
8	60	60	60		180	109,0	91,3	76,0	11,5	29,6	2,6	41,5	26262	490	54	36
9				90	90	88,2	79,4	75,6	11,6	30,6	2,6	43,6	20249	377	54	0
10			90		90	100,5	91,7	74,7	10,5	25,7	2,5	41,3	24364	467	52	1
11	90				90	96,8	88,0	74,7	9,4	22,3	2,4	41,7	23221	483	48	3
12			90	90	180	103,7	86,1	75,9	12,0	33,0	2,7	41,1	25271	420	60*	27
13	90			90	180	106,2	88,6	76,6	11,6	30,1	2,6	41,8	25442	490	52	29
14	90		90		180	101,5	83,8	75,0	11,8	31,1	2,6	37,2	27254	593	46	69
15	90	90	90		270	101,8	75,3	75,6	12,6	35,0	2,8	38,1	26701	550	49	90
16				120	120	91,2	79,5	76,1	12,3	34,0	2,8	43,8*	20817	407	51	0
17			120		120	103,8	92,1	75,0	10,7	27,2	2,6	41,5	25021	453	55	2
18	120				120	99,9	88,2	75,2	10,0	23,8	2,4	40,9	24465	517	47	19
19			120	120	240	108,0	84,5	76,0	12,6	34,0	2,7	41,4	26083	520	50	44
20	120			120	240	104,8	81,3	76,7*	12,1	32,0	2,6	39,6	26503	507	52	66
21	120		120		240	101,1	77,6	74,8	12,3	34,0	2,8	36,1	28016*	603	46	90
22	120	120	120		360	93,3	58,0	74,7	13,3*	39,8	3,0*	35,5	26289	620*	42	100*
23	60	60	65		185	104,8	86,7	75,9	11,6	30,1	2,6	39,8	26321	507	52	52
24	60		50	55	165	106,0	89,8	76,1	11,5	29,1	2,5	39,8	26666	500	53	44
25		90		95	185	107,7	89,6	76,5	11,9	31,1	2,6	42,1	25606	503	51	24
26		80		85	165	110,3*	94,2*	76,3	11,7	30,1	2,6	42,0	26289	467	56	11
27	30		30	30	90	98,6	89,7	75,3	10,0	23,3	2,3	43,1	22867	447	51	1
28	60		30	60	150	106,5	91,8	76,2	11,3	28,6	2,5	41,4	25742	527	49	29
29	90		30	60	180	106,7	89,1	76,1	11,5	29,1	2,5	39,3	27184	513	53	37
30	80	40	65		185	103,9	85,7	76,4	11,6	29,1	2,5	40,7	25539	510	50	48

\*\*Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique (qx/ha), le rendement économique (qx/ha), le poids à l'hectolite (kg/hl), le taux de protéine (%), le Zélény (ml), la valeur du rapport du Zélény sur le taux de protéine, le poids de 1000 grains (g), le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la verse. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale. La fraction tallage (T) a été appliquée le 10 mars, la fraction tallage-redressement (T-R) le 30 mars, la fraction de redressement (R) le 13 avril. Enfin les fractions dernière feuille (DF) le 27 mai.

**Tableau 4 – Résultats de l'essai fumure réalisé à Loncée sur les cinq variétés panifiables (Imperator, KWS Emerick, Cubitus, Mentor et LG Apollo). Ce tableau reprend les rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), le poids de 1000 grains PMG (g), le poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), l'indice de Zélény (ml), la valeur du rapport du Zélény sur le taux de protéines Z/P, le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la verse.**

N° Objet	Variété	T	TR	Red	DF	D Flo	Total [KgN/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Prot. [%]	Zélény [ml]	Z/P	PMG [g]	Nbre grains [grains / m <sup>2</sup> ]	Nbre épis [épis / m <sup>2</sup> ]	grains / épi	Verse
1	Imperator						0	77,4	77,4	71,0	9,7	23,5	2,4	41,2	18807	313	61	0
2	Imperator	40		40	45		125	97,1	84,9	72,4	11,4	29,7	2,6	38,7	25129	477	53	0
3	Imperator	60		60	65		185	99,5	81,5	71,5	12,4	34,3	2,8	36,4	27370	467	59	18
4	Imperator	80		80	85		245	95,9	72,0	69,6	13,0	37,9	2,9	35,7	26921	617*	44	74
5	Imperator		90		95		185	101,4	83,3	72,9	12,4	34,5	2,8	38,4	26484	503	53	8
6	Imperator		90		95	40	225	99,7	77,7	72,0	13,1	39,0	3,0	37,9	26370	440	60	26
7	KWS Emerick						0	69,7	69,7	72,1	10,5	27,4	2,6	42,8	16322	297	55	0
8	KWS Emerick	40		40	45		125	91,9	79,7	73,3	12,2	36,8	3,0	41,9	21925	393	56	2
9	KWS Emerick	60		60	65		185	94,2	76,2	72,3	13,6	45,2	3,3	40,2	23485	407	58	59
10	KWS Emerick	80		80	85		245	92,4	68,5	72,0	14,2	49,6	3,5	39,7	23291	517	47	78
11	KWS Emerick		90		95		185	92,8	74,8	72,6	14,1	48,9	3,5	39,7	23365	383	62	55
12	KWS Emerick		90		95	40	225	95,0	73,0	72,4	14,4*	51,3*	3,6*	40,6	23444	393	60	57
13	Cubitus						0	76,8	76,8	71,3	10,2	30,1	2,9	43,7	17604	313	56	0
14	Cubitus	40		40	45		125	98,5	86,3*	73,6	12,0	36,8	3,1	42,2	23448	467	51	0
15	Cubitus	60		60	65		185	100,7	82,6	73,8	12,5	40,0	3,2	39,7	25402	557	46	0
16	Cubitus	80		80	85		245	98,4	74,5	73,3	13,1	42,7	3,3	36,0	27327	527	52	7
17	Cubitus		90		95		185	101,9	83,9	73,8	12,9	41,4	3,2	39,9	25635	477	54	2
18	Cubitus		90		95	40	225	100,5	78,5	74,1*	13,2	43,6	3,3	41,1	24498	467	53	0
19	Mentor						0	66,5	66,5	72,5	9,9	25,9	2,6	39,6	16827	323	53	0
20	Mentor	40		40	45		125	95,5	83,3	73,1	11,3	31,0	2,7	35,8	26717	473	58	26
21	Mentor	60		60	65		185	95,6	77,6	71,3	12,3	36,2	3,0	33,1	28890	540	54	66
22	Mentor	80		80	85		245	90,4	66,5	70,6	12,7	38,0	3,0	31,4	28850	520	56	84*
23	Mentor		90		95		185	96,3	78,3	71,7	12,4	36,6	3,0	34,2	28205	453	63*	70
24	Mentor		90		95	40	225	97,7	75,8	72,4	12,7	38,9	3,1	33,8	28942*	490	59	47
25	LG Apollo						0	75,8	75,8	68,5	10,1	26,5	2,6	45,8*	16559	383	43	0
26	LG Apollo	40		40	45		125	97,5	85,3	70,6	11,9	35,6	3,0	42,6	22877	517	44	0
27	LG Apollo	60		60	65		185	100,6	82,6	70,1	12,5	37,2	3,0	40,7	24718	533	46	26
28	LG Apollo	80		80	85		245	98,3	74,4	68,4	13,2	41,1	3,1	38,5	25615	613	42	74
29	LG Apollo		90		95		185	102,4	84,3	70,5	12,9	39,0	3,0	41,1	24920	487	51	7
30	LG Apollo		90		95	40	225	104,6*	82,7	70,3	13,3	41,8	3,1	42,1	24863	540	46	11

\*\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique (qx/ha), le rendement économique (qx/ha), le pois à l'hectolite (kg/hl), le taux de protéine (%), le Zélény (ml), la valeur du rapport du Zélény sur le taux de protéine, le poids de 1000 grains (g), le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la verse. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale. La fraction tallage (T) a été appliquée le 10 mars, la fraction tallage-redressement (T-R) le 30 mars, la fraction de redressement (R) le 13 avril. Enfin les fractions dernière feuille (DF) et début floraison (D Flo) le 27 mai et le 10 juin.

## Essai fumure sur la variété fourragère Chevignon

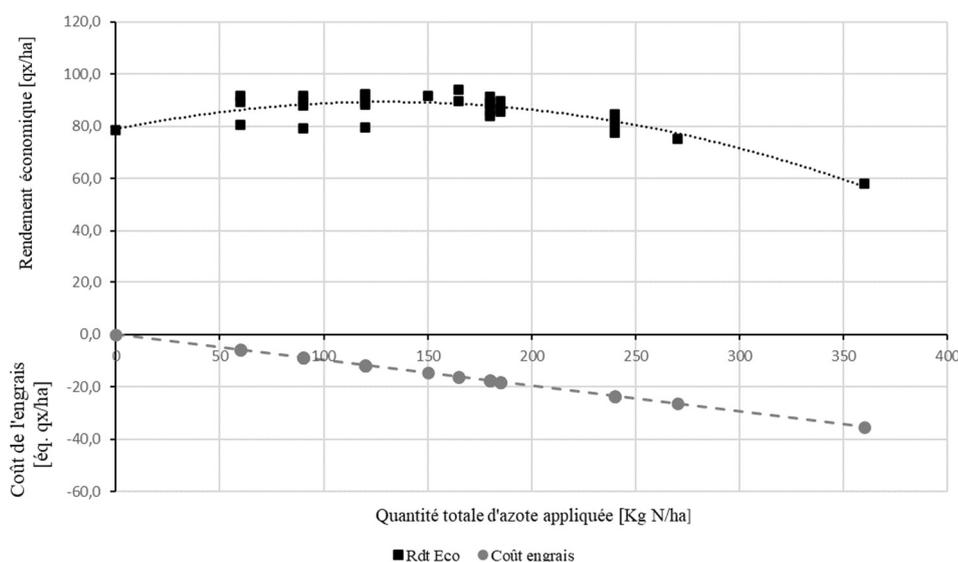
### Rendements phytotechnique et économique

Les niveaux de production atteints cette année sont en net recul par rapport aux 5 années précédentes. Cette tendance se vérifie pour les deux essais fumure menés sur le site de Loncée. L'essai fumure emblavé avec du Chevignon présente un rendement phytotechnique moyen de 101,3 qx/ha.

Le rendement phytotechnique maximal mesuré sur cet essai s'élève à 110,3 qx/ha (Tableau 3). Il est obtenu avec une fumure totale de 165 kg N/ha (objet 26). Cette fumure correspond à la fumure de référence en deux fractions (80-85 kg N/ha) adaptée selon la situation de la parcelle et l'état de la culture. La plupart des fumures comprises entre 120 et 270 kg N/ha affichent des niveaux de production statistiquement équivalents au rendement phytotechnique maximal. Ces

fumures sont mises en évidence dans les cellules en gris dans la colonne « Rdt Phyto [qx/ha] » du Tableau 3. A noter que toutes les autres fumures (en 2 ou 3 fractions) recommandées par le Livre Blanc permettent d'atteindre un rendement équivalent au maximum phytotechnique.

Le rendement économique optimal s'élève à 94.2 qx/ha et est également atteint avec une fumure totale de 165 kg N/ha (objet 26). Des rendements économiques statistiquement équivalents sont aussi obtenus avec des fumures totales plus élevées et plus faibles. D'un point de vue économique, une fumure totale de 185 kg N/ha restent intéressantes dans le contexte actuel, si les préconisations du Livre Blanc de 2021 sont respectées. Comme chaque fois et plus particulièrement cette année, les fumures excessives n'apportent pas de gains supplémentaires. Les rendements économiques obtenus avec une fumure dépassant les 185 kg N/ha sont significativement en deçà de l'optimum.



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

La partie supérieure de la Figure 1 ci-dessus illustre l'évolution du rendement économique en fonction de la dose d'azote totale. Le coût en équivalent rendement de la fertilisation appliquée est repris dans la partie inférieure de ce graphique. Pour la saison 2020-2021, l'optimum économique se situe dans une large fenêtre entre 120 et 185 kg N/ha. Le coût de ces fumures n'excède pas les 20 qx/ha. 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.

Le Tableau 5 présente la réponse optimale du rendement économique (qx/ha) exprimée en pourcentage pour sept essais fumure azotée menés à Loncée entre 2017 et 2021 sur des variétés fourragères et planifiables. Les fumures raisonnées en trois ou deux fractions de 180 kg N/ha affichent le temps de retour le plus élevé. En d'autres mots, ces fumures ont permis d'atteindre le rendement économique optimal six fois sur sept.

Tableau 5 – Représentation de la réponse optimale du rendements économiques (en %) sur sept essais fumure azotée de Lonzée entre les années 2017 et 2021.

N°Objet	T	R	DF	Temps de retour de l'optimum économique
1	-	-	-	0%
2	-	-	60	29%
3	-	60	-	43%
4	60	-	-	43%
5	-	60	60	57%
6	60	-	60	71%
7	60	60	-	71%
8	60	60	60	86%
9	-	-	90	29%
10	-	90	-	71%
11	90	-	-	71%
12	-	90	90	86%
13	90	-	90	86%
14	90	90	-	86%
15	90	90	90	57%
16	-	-	120	29%
17	-	120	-	71%
18	120	-	-	71%
19	-	120	120	86%
20	120	-	120	71%
21	120	120	-	71%
22	120	120	120	29%

### Poids de mille grains et Poids à l'hectolitre

Cette année, le poids de mille grains (PMG) et le poids à l'hectolitre (P/HL) ont été particulièrement affectés par les mauvaises conditions climatiques (précipitations, faible luminosité) observées pendant la période de remplissage du grain. Par conséquent, les valeurs pour ces deux paramètres sont globalement assez faibles.

La valeur moyenne du PMG sur cet essai ne dépasse pas les 41 g. A titre de comparaison, en 2020 la valeur moyenne du PMG mesurée sur cet essai avec la même variété était de 52 g.

Le P/HL est également en net recul cette année. Sur cet essai, le P/HL moyen est égal à 75,5 kg/hl. Dans cet essai, les objets ayant reçu une quantité totale d'azote comprise entre 120 et 270 kg N/ha avec une dernière fraction positionnée au stade dernière feuille présentent des P/HL statistiquement équivalents à l'objet 20 (P/HL le plus élevé).

### Teneur en protéines, Indice Zélény et rapport Zélény sur Protéines)

Pour l'essai conduit avec du Chevignon, la teneur en protéines moyenne est égale à 11,2 %. Sans surprises, l'objet 22, caractérisé par la fumure la plus élevée (360 kg N/ha), présente la teneur en protéines la plus haute (13,3%). Ce taux de protéines élevé est dû à la fertilisation azotée exagérée appliquée sur cet objet. La plupart des autres modalités ont des teneurs en

protéines statistiquement inférieures. Cet objet présente également l'indice de Zélény et le rapport Zélény sur Protéines (Z/P) le plus élevés.

### **Nombres de grains/m<sup>2</sup>, nombres d'épis/m<sup>2</sup> et nombres de grains/épis**

Un nombre de grains par mètre carré et un nombre d'épis par mètre carré élevés sont liés à des fertilisations azotées importantes. Les résultats les plus élevés sont, respectivement, de 28016 grains/m<sup>2</sup> (objet 21 ; 240 kg N/ha) et de 620 épis/m<sup>2</sup> (objet 22 ; 360 kg N/ha) pour l'essai « Chevignon ». La quasi-totalité des objets présentant un nombre de grains/m<sup>2</sup> statistiquement équivalent à la valeur maximale ont reçu une fertilisation totale supérieure à 165 kg N/ha.

Pour le nombre d'épis/m<sup>2</sup>, les modalités ayant reçu une dose d'azote élevée au tallage (première fraction comprise entre 60 kg N/ha et 120 kg N/ha) sont statistiquement comparables. Hormis ces modalités, tous les autres objets sont statistiquement différents de l'objet 22 qui présente le plus grand nombre d'épis/m<sup>2</sup>.

Enfin l'objet 12 présente le nombre de grains/épis le plus élevé cette année, avec 60 grains/épis. La plupart des objets testés sur cet essai présentent un nombre de grains/épis statistiquement équivalent à la valeur maximale.

### **Verse**

Les indices verse (%) ont été calculés pour chacune des fumures en fonction de la surface versée et de l'angle d'inclinaison des plantes. Une parcelle intacte, dans laquelle aucune paille n'est couchée, sera notée avec indice 0. Inversement, une parcelle complètement versée se verra attribuer un indice 100. Les observations reprises dans les tableaux ont été réalisées après les fortes précipitations de la mi-juillet.

Dans l'essai avec du Chevignon, la verse est d'autant plus marquée dans les parcelles ayant reçu une fumure excessive. Les objets avec une fumure totale supérieure ou égale à 240 kg N/ha sont fortement impactés par ce phénomène. Les autres objets caractérisés par des fumures comprises entre 60 et 180 kg N/ha sont moins affectés, voire pas du tout. Ces observations démontrent une fois encore la nécessité de raisonner sa fertilisation afin limiter le risque de verse.

## **Essai fumure sur les variétés panifiables**

### **Rendements phytotechnique et économique**

Pour l'essai sur les variétés panifiables, le rendement phytotechnique maximal s'élève 104,6 qx/ha. Il a été obtenu en appliquant une fumure totale de 225 kg N/ha (90-95-40) sur la variété LG Apollo. Des rendements statistiquement équivalents sont également obtenus en appliquant cette fumure sur les quatre autres variétés. Les autres fumures testées sur cet essai permettent, dans la plupart des cas, de se rapprocher du maximum phytotechnique. Ces fumures sont mises en évidence dans les cellules en gris dans la colonne « Rdt Phyto [qx/ha] » du Tableau 4. Les résultats de cet essai montrent que pour une fumure donnée, toutes les variétés n'ont pas le même potentiel de rendement. Les variétés LG Apollo et Cubitus sont statistiquement plus productives qu'Imperator et Mentor. Enfin KWS Emerick complète ce classement.

Le rendement économique optimal (86,3 qx/ha) est atteint avec une fumure de 125 kg N/ha appliquée en trois fractions (40-40-45) sur la variété Cubitus. Des rendements économiques statistiquement équivalents sont également obtenus à dose égale, avec 3 autres variétés. Les

fumures totales de 185 kg N/ha (en 2 ou 3 fractions) recommandées par le Livre Blanc de février 2021 sont aussi dans la plupart des cas économiquement pertinentes. Une fumure totale de 225 kg N/ha permet également d'obtenir des rendements proches de l'optimum économique sauf pour la variété KWS Emerick. Comme pour le premier essai, les fumures excessives n'apportent pas de gain supplémentaire sur le plan économique.

### **Poids de mille grains et Poids à l'hectolitre**

Pour l'essai avec les variétés panifiables, le poids de mille grain moyen (PMG) est de 39 g. La modalité témoin (0 kg N/ha) de la variété LG Apollo présente le poids de mille grain le plus élevée sur cet essai (45,8 g). Les résultats illustre également une forte variabilité entre les différentes variétés testées sur l'essai.

Sur cet essai, les poids à l'hectolitre (P/HL) sont globalement assez faibles. Ce paramètre affiche une valeur moyenne de 71,8 kg/hl, bien en deçà des normes de réceptions classiques. Ces résultats suggèrent que les disparités entre les différents objets sont davantage dues à la variété plutôt qu'à la fumure. Les variétés Cubitus et KWS Emerick se démarquent avec des P/HL significativement supérieurs à ceux observés pour les autres variétés.

### **Teneur en protéines, Indice Zélény et rapport Zélény sur Protéines (Z/P)**

Les teneurs en protéines dans l'essai sur les variétés panifiables sont logiquement supérieures à celles observées dans le premier essai conduit avec la variété fourragère. En effet, la teneur en protéines moyenne est légèrement supérieure à 12 %. Pour chaque variété, les teneurs en protéines les plus élevées sont observées sur les objets caractérisés par une fertilisation de 225 kg N/ha (avec la dernière fraction positionnée lors de l'épiaison). Pour cet essai, on peut également constater qu'une dose totale d'azote égale ou supérieure à 185 kg N/ha a permis cette d'année d'atteindre systématiquement des teneurs en protéines supérieur à 12% (seuil limite pour la bonification). Le choix variétal combiné à des niveaux de productions plus faibles (que les 5 années précédentes) peut expliquer cette teneur en protéines plus élevées.

Au niveau de l'itinéraire technique, le choix variétal est le second levier après la fumure, pour atteindre les normes requises pour une utilisation en meunerie. Des différences significatives existent entre les différentes variétés. KWS Emerick présente une teneur en protéines moyenne statistiquement supérieure aux quatre autres variétés. La suite du classement est complétée par Cubitus et LG Apollo qui font partie du second groupe statistique.

Si l'objet 12 (KWS Emerick fertilisé avec 225 kg N/ha) présente la teneur en protéines la plus élevée, il affiche également l'indice de Zélény et le Z/P les plus élevés. Cette variété présente également deux autres modalités pour lesquelles ces trois paramètres sont statistiquement équivalents. Sur le plan variétal, KWS Emerick présente un indice de Zélény moyen statistiquement supérieur à celui des autres variétés.

### **Nombres de grains/m<sup>2</sup>, nombres d'épis/m<sup>2</sup> et nombres de grains/épis**

Pour cet essai, l'application de 225 kg N/ha sur la variété Mentor permet d'obtenir la valeur la plus élevée pour le nombre de grains/m<sup>2</sup> (28942). Pour cette variété et pour Cubitus et Imperator, l'apport d'une dose totale supérieure ou égale à 185 kg N/ha permet d'obtenir des valeurs statistiquement équivalentes à la valeur maximale.

Ces apports élevés permettent également de maximiser le nombre d'épis/m<sup>2</sup>. L'objet 4 (variété Imperator avec 245 kg N/ha) possède le plus grand nombre d'épis/m<sup>2</sup>, avec 617 épis/m<sup>2</sup>. A dose équivalente, les variétés Cubitus, Mentor et LG Apollo produisent un nombre d'épis/ m<sup>2</sup>

proche du maximum.

Comme pour l'essai précédent, il existe peu de différences significatives entre les différents objets concernant le nombre de grains/épis. Pour ce paramètre comme pour d'autres, la différence se marque plutôt sur le plan variétal. La variété LG Apollo présente un nombre de grains/épis largement inférieur à celui observé pour les autres variétés.

### Verse

Pour quatre variétés, les parcelles fertilisées avec une fumure totale de 245 kg N/ha ont été fortement impactées par la verse. Si ce phénomène de verse peut être amplifié par une fumure excessive, il possède également une dimension variétale. De ce côté, les variétés Mentor et KWS Emerick se démarquent par leur plus grande sensibilité à la verse. A l'opposé, Cubitus montre une bonne résistance à la verse.

### Efficacité d'un quatrième apport sur la teneur en protéines pour l'essai « panifiable »

Les objets présentés dans le Tableau 6 permettent de tester l'efficacité d'un apport d'azote au stade floraison. Il s'agit en réalité de deux modalités appliquées sur l'ensemble des variétés reprises dans l'essai. La première modalité correspond à la fumure de référence en deux fractions proposées par le Livre Blanc de février 2021 (90-95 kg N/ha). La seconde modalité (90-95-40 kg N/ha) est une variante de la première dans laquelle un passage supplémentaire est réalisé au début de la floraison afin d'appliquer une dose supplémentaire de 40 kg N/ha.

Sur le plan qualitatif, l'apport d'une dose supplémentaire d'azote contribue à augmenter la teneur en protéines par apport à une fumure raisonnée en 2 fractions. Cette tendance s'observe pour toutes les variétés. Attention toutefois, pour une même variété, l'analyse statistique de ces résultats ne relève aucune différence significative entre les deux fumures. Cette tendance se vérifie également pour les rendements phytotechniques, économiques et pour l'indice de Zélény.

**Tableau 6 – Les Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), le poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), l'indice de Zélény (ml) et le rapport Zélény sur la teneur en protéines, le poids de 1000 grains PMG (g) observés dans l'essai fumure azotée sur les variétés panifiables pour les objets 1, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 17, 18, 19 23, 24, 25, 29 et 30 de Loncée.**

N° Objet	Variété	T	TR	Re d	DF	Deb Flo	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Prot. [%]	Zélény [ml]	Z/P	PMG [g]
1	Imperator						0	77,4	77,4	71,0	9,7	23,5	2,4	41,2
5	Imperator		90		95		185	101,4	83,2	72,9	12,4	34,5	2,8	38,4
6	Imperator		90		95	40	225	99,7	77,6	72,0	13,1	39,0	3,0	37,9
7	KWS Emerick						0	69,7	69,7	72,1	10,5	27,4	2,6	42,8
11	KWS Emerick		90		95		185	92,8	74,7	72,6	14,1	48,9	3,5	39,7
12	KWS Emerick		90		95	40	225	95,0	72,9	72,4	14,4	51,3	3,6	40,6
13	Cubitus						0	76,8	76,8	71,3	10,2	30,1	2,9	43,7
17	Cubitus		90		95		185	101,9	83,8	73,8	12,9	41,4	3,2	39,9
18	Cubitus		90		95	40	225	100,5	78,4	74,1	13,2	43,6	3,3	41,1
19	Mentor						0	66,5	66,5	72,5	9,9	25,9	2,6	39,6
23	Mentor		90		95		185	66,3	78,2	71,7	12,4	36,6	3,0	34,2
24	Mentor		90		95	40	225	97,7	75,7	72,4	12,7	38,9	3,1	33,8
25	LG Apollo						0	75,8	75,8	68,5	10,1	26,5	2,6	45,8
29	LG Apollo		90		95		185	102,4	84,2	70,5	12,9	39,0	3,0	41,1
30	LG Apollo		90		95	40	225	104,6	82,6	70,3	13,3	41,8	3,1	42,1

\*\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique (qx/ha), le rendement économique (qx/ha), le pois à l'hectolite (kg/hl), le taux de protéine (%), le zélény (ml), la valeur du rapport du zélény sur le taux de protéine, le poids de 1000 grains (g), le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la quantité d'azote exportée par le grains (kgN/ha). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale. La fraction tallage (T) a été appliquée le 10 mars, la fraction tallage-redressement (T-R) le 30 mars, la fraction de redressement (R) le 13 avril. Enfin les fractions dernière feuille (DF) et début floraison (D Flo) le 27 mai et le 10 juin.

*Dans l'essai sur une variété fourragère à Lonzée, les deux fumures qui avaient été préconisées lors du Livre Blanc de février 2021<sup>12</sup> et adaptées selon les recommandations aux conditions de l'essai et de la culture ont permis d'atteindre des rendements phytotechniques et économiques optimum.*

*Dans l'essai sur les variétés panifiables à Lonzée, les deux fumures qui avaient été préconisées lors du Livre Blanc de février 2021 ont également permis d'atteindre des rendements phytotechniques et économiques optimums pour quatre variétés sur les cinq testées.*

*La fumure conseillée lors du Livre Blanc de février correspond à une fertilisation azotée raisonnée qui permet d'optimiser la production et la rentabilité de la culture, tout en minimisant les risques de pertes culturelles et environnementales.*

## 2. L'évolution du prix de l'azote et du prix des céréales

La hausse subite du prix de l'azote fait actuellement planer de nombreuses incertitudes sur la saison 2021-2022. Cette année plus que jamais, l'utilisation des engrais azotés devra être raisonnée afin de réaliser des économies substantielles au niveau des coûts de production.

Depuis toujours, les prix de l'azote et du froment sont soumis à de nombreuses fluctuations. Mais ces derniers mois, le prix de l'azote n'a cessé de grimper pour atteindre des niveaux historiques. En un peu moins d'un an, ce prix a presque été multiplié par quatre, passant de 180 à 640 euros/t. Heureusement, le prix des céréales a aussi augmenté cette année, ce qui a permis d'atténuer quelque peu les effets provoqués par l'envolée des cours de l'azote.

Le rapport prix azote-froment est utilisé chaque année dans le Livre Blanc de février afin de déterminer la fumure optimale sur le plan économique (le rendement économique).

Ce ratio représente la quantité en kg de froment qu'il faut pour payer une unité d'azote. Depuis 2011, la valeur de ce ratio a toujours oscillé entre 3,8 et 8,5 (Figure 2). Mais avec les prix actuels, ce ratio n'a jamais été aussi élevé que maintenant (9,8 en janvier 2022). Un kilogramme d'azote correspond donc à 9,8 kilogrammes de froment (1 kg N = 9,8 kg de froment).

---

<sup>12</sup> Pour rappel, le Livre Blanc 2021 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 : 90 N au tallage-redressement – 95 N à la dernière feuille.

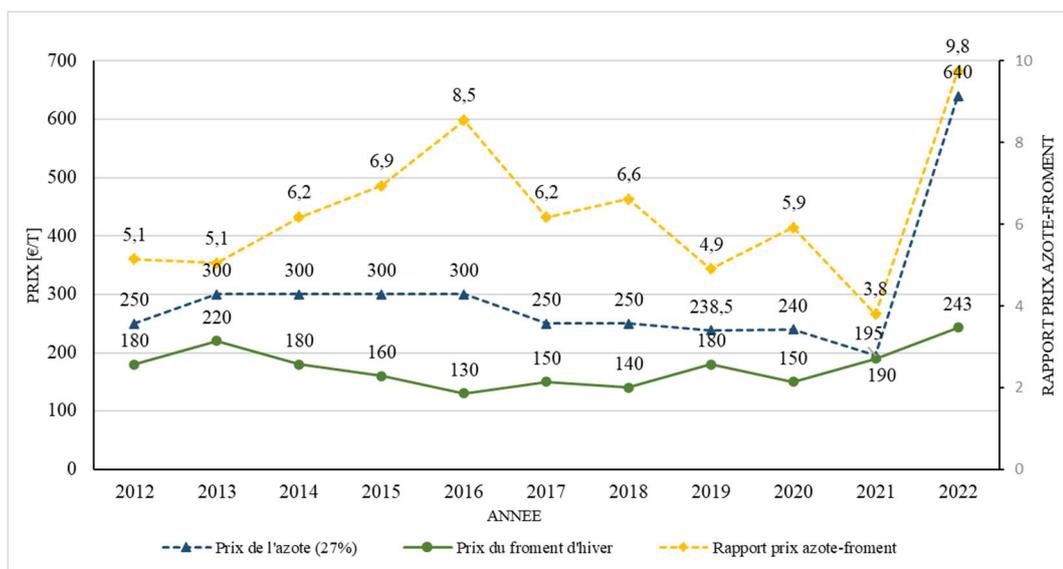


Figure 2 – Evolution des prix de l'azote (27%), du froment et du rapport prix azote-froment repris dans chaque édition du Livre Blanc - Céréales de février depuis 2011 jusque 2022.

Même si à l'heure actuelle, il existe encore de nombreuses interrogations sur l'évolution des prix de l'azote mais aussi des céréales, plusieurs scénarios peuvent être envisagés pour anticiper au mieux la saison 2022 et faire les meilleurs choix pour la suite. Le Tableau 7 ci-dessous reprend les résultats de 5 années dernières d'essais fumure pour lesquels l'optimum économique a été calculé selon différents rapport prix azote-froment. Chacun de ces rapports correspond à un scénario différent.

1. Le scénario actuel avec un prix de l'azote (640 €/t) et du froment élevé (240 €/t) → rapport 10
2. Un scénario dans lequel le prix de l'azote chute (490 €/t) et celui du froment augmente (300 €/t) → rapport 6
3. Un scénario dans lequel le prix de l'azote se maintient (640 €/t) et celui du froment augmente (300 €/t) → rapport 8
4. Un scénario dans lequel le prix de l'azote se maintient (640 €/t) et celui du froment diminue (200 €/t) → rapport 12

Tableau 7 – Fumures procurant le rendement phytotechnique maximal (Nmax), fumures économiquement optimales (Nopt) pour les 4 scénarios étudiés ainsi que les rendements économiques (Rdt éco) fournis par ces fumures optimales. Essais « fumure » menés à Lonzée de 2017\* à 2021 après pommes de terre. (\*l'essai récolté en 2017 avait été semé après un précédent betterave).

Année d'essai	Rdt phytotechnique max		Rendement phytotechnique correspondant à la fumure optimale							
	N max (kg N/ha)	Rdt max (qx/ha)	Rapport 6		Rapport 8		Rapport 10		Rapport 12	
			N opt (kg N/ha)	Rdt éco (qx/ha)	N opt (kg N/ha)	Rdt éco (qx/ha)	N opt (kg N/ha)	Rdt éco (qx/ha)	N opt (kg N/ha)	Rdt éco (qx/ha)
2021	80-85	110	80-85	100	80-85	97	80-85	94	80-85	91
2020	120-120-0	140	120-120-0	126	120-120-0	121	120-0-0	118	120-0-0	116
2019	90-90-90	123	60-0-60	115	60-0-60	112	60-0-60	110	60-0-60	108
2018	120-0-120	114	30-90-60	102	90-30-30	99	0-120-0	96	0-120-0	94
2017	120-120-120	123	120-0-120	108	90-60-30	103	90-60-30	99	90-60-30	96

Le rendement phytotechnique maximal est obtenu avec des fumures comprises entre 195 et 360

kg N/ha. Sur le plan économique, le rendement optimal pour un rapport compris entre 6 et 8, est obtenu avec des fumures variant entre 120 et 240 kg N/ha.

Si ce rapport continue d'augmenter, seules les fumures comprises entre 120 et 180 kg N/ha resteront encore pertinentes sur le plan économique. Néanmoins, ces résultats sont fort variables d'une année à l'autre. Pour certains essais, il existe un différentiel important entre les fumures permettant d'atteindre le rendement phytotechnique maximal et les fumures optimales sur le plan économique. A l'inverse, certaines années, la fumure qui maximise le rendement phytotechnique est également celle qui permet d'atteindre l'optimum économique.

Dans ce contexte, la question est finalement de combien d'unités peut-on réduire la dose d'azote pour à la fois garantir un certain niveau de rendement mais aussi diminuer les charges liées à la fertilisation. Une question pour laquelle il est évidemment difficile de donner un avis tranché car la réponse de la culture à l'azote est fortement variable d'une année à l'autre et dépend également du contexte pédo-climatique. Même si la situation venait à s'empirer (scénario avec le rapport 12), les fumures comprises entre 120-180 kg N/ha permettrait encore d'atteindre l'optimum économique. Cette année plus que jamais, les engrais azotés devront donc être utilisés avec parcimonie pour allier performances phytotechniques et économiques.

### 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 de l'optimum économique (rendement phytotechnique duquel sont soustraits les coûts liés 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<sub>2</sub>O, lixiviation de NO<sub>3</sub>).*

▪ **Les conditions climatiques lors de l'automne et de l'hiver 2021-2022**

En août, les températures sont restées en deçà des normales saisonnières. Cette fraîcheur, inhabituelle pour la saison, a ensuite laissé sa place à des températures plus douces. La température moyenne sous abri, enregistrée à la station météorologique d'Ernage du CRA-W, est ainsi supérieure à la normale durant le mois de septembre (Tableau 8). Avec l'arrivée de l'automne, les températures moyennes ont ensuite progressivement chuté d'octobre à décembre tout en restant légèrement supérieures aux normales saisonnières.

Au niveau de la pluviométrie, après un été très humide, le mois de septembre a été relativement sec. Mais les précipitations sont à nouveau devenues plus fréquentes en octobre comme en témoigne le cumul pluviométrique enregistré durant ce mois, qui est largement supérieure aux valeurs normales. Le mois de novembre marque le retour d'un temps plus calme avec moins de précipitations. Mais cette accalmie est de courte durée puisque, des précipitations sont régulièrement observées durant tout le mois de décembre.

**Tableau 8 – Températures moyenne de de l'air sous abri et précipitations moyennes enregistrées en 2021-2022 (Ernage - Gembloux).**

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>Température moyenne Air (C°)</b>					
Observées	16,6	16,0	11,0	5,5	5,0
Normales	17,1	14,1	10,6	6,2	3,3
<b>Précipitations (mm)</b>					
Observées	95,9	25,3	84,1	33,5	89,3
Normales	82,0	62,4	69,2	67,9	75,8

▪ **La situation moyenne du profil en azote minéral du sol au 2 février 2022**

Pas moins de 142 parcelles de froment d'hiver ont été échantillonnées, entre le 19 janvier et le 2 février 2022, par les services provinciaux du Hainaut (Ath), le CRA-W (Unité Fertilité des sols et Protection des eaux), le CePiCOP et par Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège (GRENeRA et l'Unité de Phytotechnie). 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 permettent 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 9 – Comparaison pour les 10 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) – CRA-W, Services provinciaux (Ath et Tinlot), GRENeRA de Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège et de l'unité de Phytotechnie de Gx-ABT, ULiège.**

Froment d'hiver												
Année		2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Nombre de situations		142	89	101	179	138	148	163	137	156	118	48
Profondeur (cm)	0-30	12	15	14	12	9	22	9	9	11	10	13
	30-60	18	23	20	30	11	34	12	13	14	13	20
	60-90	21	31	25	43	18	24	17	16	18	17	24
	<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>68</b>	<b>59</b>	<b>85</b>	<b>39</b>	<b>79</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>43</b>	<b>40</b>	<b>57</b>

Le Tableau 9 révèle que le profil moyen en sortie d'hiver cette année est plus pauvre que celui mesuré en 2021. D'après les données récoltées jusqu'au 2 février 2022, le niveau d'azote présent dans le sol sur une profondeur de 90 cm est en moyenne de 50 kg N/ha. Il est également inférieur à la teneur moyenne en azote minéral de ces dix dernières années (54 kg N/ha).

Il est intéressant de s'attarder sur la distribution de cet azote dans le sol. La couche supérieure du profil (de 0 à 30 cm) est la plus pauvre. Elle ne contient que 12 kg N/ha soit un peu plus de 20% de l'azote présent dans le profil azoté. La zone intermédiaire située entre 30 et 60 cm, comprend 18 kg N/ha. Enfin, le dernier horizon, compris entre 60 et 90 cm de profondeur, est la partie la plus riche. Il présente une teneur en azote de 21 kg N/ha. La pluviométrie importante de ces derniers mois a favorisé la migration de l'azote vers le fond du profil et a ainsi contribué à enrichir cet horizon.

De fortes disparités existent également entre les différents précédents culturaux (Tableau 10). Les niveaux d'azote les plus élevés sont observés pour des terres sur lesquelles le froment suit une légumineuse. Ces parcelles présentent un reliquat moyen de 95 kg N/ha. Dans une moindre mesure, d'autres précédents comme la pomme de terre, le blé ou le lin offrent également un reliquat important avec une teneur moyenne supérieure à 50 kg N/ha. Enfin des précédents comme la betterave ou la chicorée laissent un profil peu fourni en azote. Pour ces précédents, la quantité d'azote minéral présente dans le sol n'excède pas les 35 kg de N/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 pédo-climatiques variés rencontrés en Wallonie mais également les différences de pratiques au niveau de la fertilisation.

**Tableau 10 – Profils azotés moyens (en kg N/ha) observés sur 90 cm en froment d'hiver en Wallonie pour différents précédents culturaux.**

		Wallonie									
		Précédent	Betterave	P.d.terre	Colza	Légumineuse	Maïs	Lin	Froment	Chicorée	Moyenne
		Nb situation	33	40	16	8	26	8	5	6	142
Profondeur	0-30 cm	11	10	11	16	10	11	13	9	12	
	30-60 cm	11	20	16	36	13	19	21	7	18	
	60-90 cm	10	24	20	43	18	20	25	7	21	
	<b>Total 0-90 cm</b>	<b>32</b>	<b>55</b>	<b>46</b>	<b>95</b>	<b>41</b>	<b>50</b>	<b>59</b>	<b>23</b>	<b>50</b>	
	Min	12	30	19	49	11	28	22	13		
	Max	75	114	83	219	149	75	96	34		

▪ **Etat des cultures en sortie hiver**

Dans les semis de la plateforme expérimentale de Lonzée, à la date du 07 février 2022, les stades de développement du froment observés dans les essais « dates de semis » sont :

❖ **semis de mi-octobre : début tallage ;**

❖ **semis de mi-novembre : 3 feuilles ;**

❖ **semis de mi-décembre : 1-2 feuille(s).**

Dans la majorité des emblavements, les cultures sont en bon état.

*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.*

## 4. La détermination pratique de la fertilisation azotée

### A. Les fumures de référence pour la saison 2021-2022

La fumure de référence pour 2022 est basée sur les résultats d'une analyse pluriannuelle des essais fumures, ainsi que sur base des observations de ce début de saison décrites précédemment.

Cette année, l'azote est majoritairement présent dans le second et le troisième horizon et peu dans l'horizon superficiel à cause de la lixiviation. La fraction de tallage est donc, pour ces raisons, maintenue à 60 N. Les fractions de redressement et de dernière feuille sont maintenues par rapport à une année normale.

La fumure en deux fractions sera réservée aux situations les plus favorables. Une fumure totale de 170 kg N/ha est donc conseillée pour l'année culturale 2021-2022. La dernière fraction est réduite par rapport aux années précédentes afin de garantir la bonne valorisation de cet azote, mais aussi pour éviter tout excès de fertilisation en fin de cycle.

Les deux fumures de référence proposées en 2022 sont :

*En trois fractions :*

<b>Fraction du tallage (1<sup>ère</sup> fraction) :</b>	<b>60 N</b>
<b>Fraction du redressement (2<sup>ème</sup> fraction) :</b>	<b>60 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille (3<sup>ème</sup> fraction) :</b>	<b>65 N</b>

*En deux fractions :*

<b>Fraction intermédiaire « T-R »</b>	<b>95 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille</b>	<b>75 N</b>

Ces fumures de référence doivent toujours être adaptée au contexte de la parcelle et à 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 différents facteurs correctifs.

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 particulièrement élevé, il est plus que probable qu'un excès de fertilisation génère d'importants surcoûts. Cette année plus que jamais, raisonner sa fumure est une démarche nécessaire afin de garantir des rendements économiques satisfaisants.***

## B. Calcul de la fertilisation selon la méthode Livre Blanc Céréales

Quel que soit le fractionnement choisi, chaque apport devra être raisonné sur base des principes suivants :

- ❖ Chaque parcelle doit être considérée individuellement ; les conditions culturales varient souvent entre parcelles (passé cultural, évolution de la culture, impact de l'environnement avoisinant) ;
- ❖ La dose de chaque fraction est déterminée juste avant l'application. La fumure totale d'azote ne doit jamais être définie à la sortie de l'hiver mais résulte, au moment du dernier apport, de l'addition des fractions définies les unes après les autres.

Ces deux principes, via des correctifs appliqués aux doses de référence, permettent de prendre en compte les variabilités de fourniture d'azote par le sol et l'évolution en cours de saison de la culture (potentiel de rendement, enracinement, maladies, stress ou accident éventuel).

La formule générale pour le calcul des doses à appliquer reste donc toujours d'application :

$$\text{Dose à appliquer} = \text{Dose de référence} + N.TER + N.ORGAN + N.PREC + N.ETAT + \text{éventuellement } N.CORR$$

## C. Détermination de N.PREC, fonction du précédent

Dans le tableau ci-dessous, sont repris les précédents les plus habituels. Dans le cas où le précédent serait constitué d'une culture non reprise dans le tableau, on se situera par référence à des plantes connues comme ayant des caractéristiques fortement semblables sur le plan des reliquats de fumure et des résidus laissés par la culture. Les valeurs de ce tableau ont été adaptées en fonction des reliquats azotés mesurés en janvier 2022 dans 142 situations.

Tableau 11 – Valeur du correctif N.PREC selon le précédent cultural et le schéma de fractionnement.

précédent cultural	N.PREC selon:				
	3 fractions			2 fractions	
	T	R	DF	TR	DF
Betteraves	0	0	0	0	0
Chicorées	+10	0	0	0	0
Pois protéagineux, pois	0	-20	-10	-20	-10
Colza	0	0	0	0	0
Lin	0	0	0	0	0
Pomme de terre	0	-10	-10	-10	-10
Maïs ensilage	0	0	0	Non recommandé	
Chaumes	+10	+10	0	Non recommandé	
Pailles sans azote et maïs	+10	+10	0	Non recommandé	
Légumes (épinard, choux, carottes)	(Analyser et consulter)				

Ces valeurs de N.PREC sont valables dans le cas où le précédent a donné 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 de N.PREC pour tenir compte du reliquat vraisemblablement plus important laissé par la culture précédente.

Après légumes et de manière générale pour les situations non reprises dans le Tableau 11, la très grande variabilité observée dans les disponibilités azotées après ce type de précédent, due aux modalités très variées de culture, fertilisation et récolte, ne permet pas de définir ici des termes correctifs pertinents. Il est préférable dans ces situations de réaliser une analyse de la teneur en azote du profil et ensuite de consulter un service compétent qui, sur base des résultats de l'analyse pourra donner un conseil judicieux.

**D. Calcul de la fumure**

La fumure de la parcelle est constituée de deux ou trois fractions dont les différents termes peuvent être rassemblés puis sommés dans le tableau suivant.

**Parcelle 1**

FUMURE	DOSE REF.		N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	60	-						
Intermédiaire T-R		95						
Redressement	60	-						
Dernière feuille	65	75						

(1) Lorsque le total ainsi calculé est négatif, sa valeur est ramenée à 0 ; lorsque ce total vaut moins de 10 N, sa valeur est reportée sur la fraction suivante.

**Parcelle 2**

FUMURE	DOSE REF.		N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	60	-						
Intermédiaire T-R		95						
Redressement	60	-						
Dernière feuille	65	75						

## 2.2.3 La fertilisation azotée en escourgeon

### 1. Résultats des expérimentations en 2021

Les résultats d'essais sur la fumure azotée proviennent des plateformes de Lonzée (CePiCOP-Gx-ABT) et de Ath (CARAH). La première analyse est réalisée sur l'essai mené à Ath. Ensuite, les deux essais, l'un sur une variété lignée et l'autre sur une variété hybride réalisés à Lonzée sont détaillés. Le Tableau 12 reprend les itinéraires techniques des essais.

Tableau 12 – Itinéraire technique des essais implantés à Ath et Lonzée en 2021.

Intervention	Ath		Lonzée			
	Caractéristique	Modalité / Date	Caractéristique	Modalité / Date	Caractéristique	Modalité / Date
Choix variétal	KWS Orbit	-	KWS Faro	-	Wootan	-
Type de variété	Lignée		Lignée		Hybride	
Date de semis	265 grains/m <sup>2</sup>	30-sept	225 grains/m <sup>2</sup>	16-oct	175 grains/m <sup>2</sup>	16-oct
Précédent	Froment	-	Pomme de terre	-	Pomme de terre	-
Profil azoté (kgN/ha)	profondeur 0-30 cm	15,2	profondeur 0-30 cm	12	profondeur 0-30 cm	12
	profondeur 30-60 cm	7,9	profondeur 30-60 cm	15	profondeur 30-60 cm	15
	profondeur 60-90 cm	10,9	profondeur 60-90 cm	29	profondeur 60-90 cm	29
	Total N minéral	34	Total N minéral	56	Total N minéral	56
Apport de fumure	Tallage (T)	12-mars	Tallage (T)	22-févr	Tallage (T)	22-févr
	Tallage (T) retardé	19-mars	-	-	-	-
	Redressement (R)	29-mars	Redressement (R)	30-mars	Redressement (R)	30-mars
	Dernière feuille (DF)	29-avr	Dernière feuille (DF)	03-mai	Dernière feuille (DF)	03-mai
Désherbage	Herold 0,6l/ha + AZ500 100c/ha	19-oct	Herold 0,6l/ha	09-nov	Herold 0,6l/ha	09-nov
	Allié 25g/ha + Starane Forte 0,3 l/ha	31-mars				
Raccourcisseur	Medax Top 1l/ha	29-mars	Ethephon 1,25l/ha	07-mai	Ethephon 1,25l/ha	07-mai
	Percival 0,75kg/ha	07-mai				
Fongicide	Fandango 1l/ha	09-avr	Kestrel 1l/ha	19-avr	Kestrel 1l/ha	19-avr
	Ascra Xpro 1.2l/ha + Dequiman 2kg/ha	07-mai				
Insecticide	Patriot Protech 0.42l/ha	19-oct	Karate Zéon 0,05l/ha	09-nov	Karate Zéon 0,05l/ha	09-nov
	Patriot Protech 0.42l/ha	09-nov				
Récolte	-	19-juil	-	21-juil	-	21-juil

### A. Analyse de l'essai fumure réalisé à Ath (CARAH)

#### Rendement phytotechnique et économique

Pour le calcul du rendement économique, le prix de vente retenu pour l'escourgeon en 2021 est de **200€/T** et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) est de **640€** avec une TVA appliquée de 6%. Les rendements économiques repris dans ce chapitre seront donc exprimés selon le rapport 11,9 à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à 11,9 kilogrammes d'escourgeon (1 kg N = 11,9 kg d'escourgeon).

Pour rappel, en 2020, le prix de l'escourgeon qui avait été retenu était de 160 €/T et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) est de 195€ (prix avril 2020) avec une TVA appliquée de 6% (1 kg N valait alors 4,5 kg d'escourgeon).

Le Tableau 13 illustre les résultats de l'essai « fumures azotées » mené dans le Hainaut par le CARAH sur la variété KWS Orbit. Les résultats de l'analyse statistique montrent qu'en 2021,

certaines schémas de fertilisation ont permis d'obtenir des rendements supérieurs aux autres schémas. Au niveau du rendement phytotechnique, seul le témoin non fertilisé ne permettait pas de maximiser le rendement. L'apport d'une fumure azotée élevée semble plutôt avoir pénalisé le rendement même si la différence observée est non significative.

Cette année, il est particulièrement important de ne pas regarder uniquement les rendements mais de prendre en compte le **rendement économique**. Le coût de l'azote qui a grimpé en 2021, a atteint des sommets. Contrairement à l'année dernière où les analyses des rendements phytotechniques et économiques donnaient des conclusions similaires sur les schémas de fertilisation à choisir. Cette année, ce n'est plus pareil.

Grâce au calcul du rendement économique, on observe que les trois schémas de fertilisation avec des doses totales élevées donnent des résultats statistiquement inférieurs aux autres modalités.

**Tableau 13 – Résultats de l'essai « fumures » réalisé en 2021 à Ath (CARAH) sur la variété KWS Orbit. Ce tableau donne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kgN/ha), la fumure totale (kgN/ha), le rendement phytotechnique et économique (qx/ha), le poids à l'hectolitre (kg/hl), la teneur en protéines (%), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre de grains par mètre carré pour cet essai.**

KWS Orbit											
Objet	T 12-mars	T retardé 19-mars	R 29-mars	DF 29-avr	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qg/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Teneur en protéines [%]	PMG [g]	Nombre de grains par m <sup>2</sup>
1	0		0	0	0	92	92	62	8,4	46*	23402
2	35		30	40	105	98	86	61	10,2	42	24626
3	50		30	50	130	102	87	61	10,4	41	25461
4	50		55	50	155	102	84	62	10,9	40	25994*
5		80		75	155	107*	88	62*	10,7	41	25583
6	100			80	180	107*	86	61	10,8	42	25658
7	60		50	70	180	105	83	61	10,9	41	24830
8**	60		50	70	180	98	77	61	11,1	40	25805
9	65		60	80	205	101	77	59	11,3	39	25735
10	80		60	90	230	105	77	61	11,6*	41	20113

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale  
 \*\* Engrais contenant du soufre (sulfonitrate 32%S)

L'apport de la fumure au tallage le 19 mars plutôt que le 12 mars (objet 5) n'a pas été pénalisant et montre d'ailleurs de bons résultats. Dans les conditions de cet essai, il n'aurait donc servi à rien de se « précipiter » en sortie d'hiver si la portance du sol n'était pas bonne.

Le rendement économique pour la modalité témoin (sans apport de fumure) est particulièrement haut (92qtx/ha) dans cet essai. Ce résultat est dû à la forte correction apportée au rendement phytotechnique avec le rapport 11,9 (1 kg N = 11,9 kg d'escourgeon) pour obtenir le rendement économique. Cette année, les prix des engrais induit un rapport qui très élevé. Cette correction fait « perdre » des quintaux aux modalités avec des applications de fumures. Malgré que ce résultat paraisse le meilleur au point de vue économique, nous vous conseillons vivement de ne pas négliger la fumure.

Au prix de vente de 200 € la tonne d'escourgeon et au prix d'achat de 640€ la tonne d'ammonitrate 27%, le meilleur compromis qui découle des résultats de cet essai est, selon nous, celui qui est atteint avec **155 kg N/ha** (0-80-75) donnant un rendement phytotechnique

de 107 qx/ha et en rendement économique de 88 qx/ha. On observe que des programmes de fumures avec des doses totales élevées ne permettent pas d'obtenir des rendements économiques intéressants.

L'apport de soufre (sous forme de sulfonitrate 32%S) dans l'objet 8 n'a pas permis d'augmenter le rendement dans le cadre de cet essai.

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

Aucune différence significative entre les fumures n'a été observée au niveau des poids à l'hectolitre ; si ce n'est l'objet 9 avec l'apport de 205 kgN/ha pour lequel le poids à l'hectolitre est statistiquement plus faible. A part l'objet sans fumure qui admet le PMG le plus élevé parmi les modalités testées, les autres fumures ont atteint un poids de mille grains statistiquement équivalent. Ces dernières années d'essais montrent que la fumure influence peu le poids à l'hectolitre et le poids de mille grains.

### **Teneur en protéines**

Comme attendu, les schémas de fertilisation avec des fumures très élevées comme dans les objets 8, 9 et 10 (180/205/230 kgN/ha) ont atteint des niveaux de teneur en protéines supérieurs aux schémas plus raisonnés.

### **Apport de soufre**

Afin d'évaluer la nécessité ou non d'apporter du soufre au tallage, l'ammonitrate 27% a été remplacé par du sulfonitrate 32% lors de l'apport de la première fraction dans l'objet 8. La comparaison entre les objets 7 et 8 montre dans cet essai, l'apport de soufre n'était pas bénéfique en escourgeon.

## **B. Analyse des essais fumures réalisés à Lonzée (CePiCOP-GxABT)**

Le fractionnement de la fumure azotée a été étudié sur deux essais mis en place à Lonzée ; le premier a été réalisé avec la variété KWS Faro (variété lignée brassicole), le second avec la variété Wootan (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 différents schémas de fumure.

Le calcul des rendements économiques est le même que pour l'essai de Ath. Il est basé sur un prix de vente pour l'escourgeon en 2021 de 200€/T et un prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) de 640€ avec une TVA appliquée de 6%.

## Essai fumure sur la variété lignée brassicole : KWS Faro

## Rendement phytotechnique et économique

L'analyse statistique, présentée dans le Tableau 14, indique qu'en 2021, pour la variété lignée, toutes les modalités de fumures ont eu des rendements phytotechniques statistiquement équivalents excepté le témoin et les objets 2, 3 et 8 avec des fumures totales faibles (35 ou 70 kgN/ha).

Au niveau des rendements économiques, un seul traitement se démarque et est statistiquement supérieur aux autres objets, il s'agit de l'objet 9 qui comprends une fumure en deux fractions : 35 kgN/ha au tallage et 70 kgN/ha au redressement. Comme observé dans l'essai à Ath, les fumures totales élevées, même si elles permettent d'augmenter le rendement phytotechnique, n'amènent pas forcément plus de revenu pour la culture d'escourgeon.

Depuis plusieurs années, les essais démontrent qu'un faible apport, voir un apport nul au stade DF n'a, dans la plupart des cas, pénalisé ni le rendement phytotechnique, ni le rendement économique des variétés lignées. Le rendement économique maximal est d'ailleurs, en 2020, atteint avec l'objet 9 (35-70-0). Ce faible apport est par contre en général pénalisant sur la teneur en protéines.

**Tableau 14 – Résultats de l'essai « fumures » réalisé à Lonzée (CePiCOP-GxABT) en 2021 sur la variété lignée KWS Faro. Ce tableau renseigne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kgN/ha), la fumure totale (kgN/ha), le rendement phytotechnique et économique (qx/ha), le poids à l'hectolitre (kg/hl), la teneur en protéines (% de la matière sèche), le poids de mille grains (g) le nombre de grains par mètre carré.**

KWS Faro										
Objet	T	R	DF	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qtx/ha]	Rdt Eco [qtx/ha]	P/HL [kg/hl]	Teneur en protéines [%]	PMG [g]	Nombre de grains par m <sup>2</sup>
	22-févr	30-mars	03-mai							
1	0	0	0	0	81	81	60,9	8,8	40,8	19932
2	0	35	0	35	94	90	61,9	8,4	41,7	22508
3	35	35	0	70	101	92	61,7	9,0	40,0	25193
4	70	35	0	105	105	92	62,2	9,5	40,3	26024
5	0	35	35	70	104	96	62,5	10,0	42,4	24513
6	35	35	35	105	108	95	62,4	10,2	40,0	26953
7	70	35	35	140	112	95	62,0	10,2	41,0	27290
8	0	70	0	70	100	91	62,9*	9,0	40,0	24919
9	35	70	0	105	112	100*	62,2	9,6	40,3	27785
10	70	70	0	140	110	94	62,3	9,8	39,6	27837
11	0	70	35	105	109	96	62,5	10,1	40,1	27174
12	35	70	35	140	114	97	62,2	10,4	39,4	28983
13	70	70	35	175	118	97	62,5	10,7	39,6	29717
14	0	70	70	140	110	93	62,9	10,4	40,4	27127
15	35	70	70	175	116	95	62,3	11,3	41,5	27960
16	70	70	70	210	115	91	62,2	11,2	40,3	28671
17	0	105	70	175	118	97	62,5	11,3	39,6	29889
18	35	105	70	210	120*	96	62,7	11,1	39,7	30369*
19	0	105	105	210	119	94	62,7	11,6*	40,4	29544
20	55	55	50	160	117	98	62,6	11,1	38,8	30162

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée.  
Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

En général, les variétés lignées réagissent mieux à des schémas de fertilisation équilibrés et sont pénalisées lorsque l'apport total d'azote est élevé comme on peut l'observer sur la variété

KWS Orbit dans l'essai du CARAH. Depuis trois ans, le contraire est observé dans les essais de Lonzée.

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

En 2021, le poids à l'hectolitre et le poids de mille grains ont été peu affectés par les schémas de fertilisation, ce qui rejoint les conclusions de l'essai réalisé à Ath.

### **Nombre de grains par mètre carré**

Il y a deux composantes principales qui déterminent le rendement ; à savoir ; le poids de mille grains (signe d'un bon remplissage de l'épi) et le nombre de grains par mètre carré qui lui est fonction du nombre d'épis et du nombre de grains par épis.

Etant donné que le poids de mille grains est faiblement impacté par la quantité d'azote totale apportée, on peut conclure que l'élément le plus limitant dans une année normale est le nombre de grain par mètre carré.

Le nombre de grain est lié principalement à deux facteurs. Il faut tout d'abord un nombre de talles suffisant qui est lui en grande partie lié à la fraction de tallage. Le Tableau 14 montre que la plupart des objets qui ont reçu peu d'azote au tallage (35kgN/ha ou moins) ont un nombre de grain par m<sup>2</sup> plus faible que les objets ayant reçu au moins 55 unités au tallage. Un faible apport voir un apport nul au tallage a pu être compensé dans la plupart des situations par un apport plus important au redressement (70kgN/ha ou plus).

Ensuite, il faut de l'azote au redressement pour permettre aux talles présentes de monter en épis. En effet, favoriser un bon tallage n'est pas suffisant car en cas de manque d'azote lors de la phase de redressement, une partie des talles présentes ne pourra pas monter en épis et va dégénérer. Attention, exagérer la fumure à certaines fractions n'est certainement pas la solution car un nombre de talles ou d'épis trop élevé peut engendrer des problèmes de verse, de maladies foliaires mais aussi un moins bon remplissage du grain. On observe que le programme de fumure conseillé au Livre Blanc 2021 (programme 20 avec 55-55-50 kgN/ha) atteint un très bon nombre de grain par m<sup>2</sup> et confirme ainsi son rendement proche du rendement maximum.

### **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 de plus 160kgN/ha ont permis de maximiser la teneur en protéines.

### **Message à retenir pour les variétés lignées en 2021 :**

- **Dans la situation où les reliquats azotés étaient élevés, l'impasse au tallage a été moins pénalisante en escourgeon lignée que les autres années.**
- **La fraction de dernière feuille influence la teneur en protéines mais a eu un faible impact sur le rendement économique**

## Analyse de l'essai fumure réalisé à Lonzée pour la variété hybride : Wootan

## Rendement phytotechnique et économique

Pour la variété hybride Wootan, la fumure permettant de maximiser le rendement phytotechnique (122 qx/ha) et économique (105qx/ha) est obtenue par le programme de fumure en deux fractions : 140 kgN/ha (0-70-70) comme décrit dans le Tableau 15.

Contrairement à la variété lignée KWS Faro, la variété hybride Wootan est moins pénalisée par des faibles apports d'azote au tallage. Cela pourrait être expliqué par une plus grande rusticité et une meilleure vigueur du système racinaire des hybrides qui leur permet de mieux valoriser l'azote situé en profondeur en sortie d'hiver.

**Tableau 15 – Résultats de l'essai « fumures » réalisé à Lonzée sur la variété hybride Wootan. Ce tableau renseigne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kgN/ha), la fumure totale (kgN/ha), le rendement phytotechnique et économique (qx/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 de grains par mètre carré.**

Wootan										
Objet	T	R	DF	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qtx/ha]	Rdt Eco [qtx/ha]	P/HL [kg/hl]	Teneur en protéines [%]	PMG [g]	Nombre de grains par m <sup>2</sup>
	22-févr	30-mars	03-mai							
1	0	0	0	0	73	73	61,3	8,3	43	16690
2	0	35	0	35	98	93	62,8	9,3	44*	22432
3	35	35	0	70	101	93	62,8	9,3	42	24060
4	70	35	0	105	112	100	62,8	9,1	41	27114
5	0	35	35	70	110	101	63,0	10,1	42	26428
6	35	35	35	105	116	104	63,1	10,2	41	28090
7	70	35	35	140	118	101	63,3	10,4	43	27257
8	0	70	0	70	107	99	63,1	9,6	42	25204
9	35	70	0	105	113	101	63,5*	9,1	42	26741
10	70	70	0	140	117	100	62,8	10,2	42	27994
11	0	70	35	105	118	105*	63,2	10,1	41	28885
12	35	70	35	140	120	104	62,7	10,1	41	29035
13	70	70	35	175	117	96	62,8	10,6	41	28669
14	0	70	70	140	122*	105	63,0	10,5	41	29674
15	35	70	70	175	121	100	63,0	10,8	41	29541
16	70	70	70	210	120	95	61,9	11,6	39	30500*
17	0	105	70	175	121	100	62,5	10,9	40	29893
18	35	105	70	210	120	95	62,1	11,7*	40	29804
19	0	105	105	210	116	91	62,1	11,7	39	29661
20	25	75	75	175	118	98	62,6	11,5	41	29199

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée.  
Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

## Poids à l'hectolitre et poids de mille grains

Tout comme pour les variétés lignées, le poids à l'hectolitre (P/HL) et le poids de mille grains (PMG) ont été peu affectés par les schémas de fertilisation.

## Nombre de grains par mètre carré

Etant donné que les variétés hybrides ont des capacités de tallage importantes, même avec un faible apport d'azote au tallage, la fraction qui va avoir le plus d'impact pour ces variétés est la fraction redressement qui va permettre aux talles de monter en épis.

Message à retenir pour les variétés hybrides en 2021 :

- Les variétés hybrides sont en général moins pénalisées par une fraction de tallage plus faible que les variétés lignées. Ces résultats confirment l'intérêt de différencier le conseil de fumure pour les variétés hybrides par rapport aux variétés lignées.
- La fraction de redressement est importante pour permettre à un nombre de talles suffisant de monter en épis.
- La fraction dernière feuille est importante pour assurer un bon remplissage des épis.

## 2. Recommandations pratiques pour la campagne 2022 !

**Conditions particulières de 2022 : prix de l'azote et état du profil à la sortie d'hiver**

Vingt-neuf parcelles d'escourgeon ont été échantillonnées en ce début d'année 2022 (Tableau 16). L'état des profils azotés a ainsi pu être estimé. Les quantités d'azote disponibles dans les 90 premiers centimètres du profil sont similaires à l'année 2020 et proche de la moyenne de ces 12 dernières années (31 kgN/ha sur 0-90). L'azote est réparti uniformément dans les trois couches du sol. Les semaines qui ont suivi les échantillonnages ont été marquées par des pluies moyennes.

**Tableau 16 – Comparaison pour les 12 dernières années des réserves en azote minéral dans les différents couches du profil du sol (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) – CePiCOP, CRA-W, GRENeRA, GxABT, Requasud et les laboratoires provinciaux.**

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

### A. Conseil de fertilisation pour la saison culturale 2021-2022

La fumure de référence conseillée pour 2022 est basée sur les résultats de l'analyse pluriannuelle (2018 à 2021), sur une analyse des résultats des essais « fumures » de 2021 ainsi que sur base des observations de ce début de saison et sur le prix des engrais particulièrement élevés cette saison.

Etant donné que les réponses à l'azote diffèrent entre les variétés lignées et hybrides, les schémas de fumure seront traités séparément pour ces deux types de variétés.

La fumure de référence proposée en 2022 pour l'escourgeon ligné est de :

Fraction du tallage (1 <sup>ère</sup> fraction) :	55 N
Fraction du redressement (2 <sup>ème</sup> fraction) :	55 N
Fraction de la dernière feuille (3 <sup>ème</sup> fraction) :	50 N

La fumure de référence proposée en 2021 pour l'escourgeon hybride est de :

Fraction du tallage (1 <sup>ère</sup> fraction) :	25 N
Fraction du redressement (2 <sup>ème</sup> fraction) :	75 N
Fraction de la dernière feuille (3 <sup>ème</sup> fraction) :	75 N

La fumure proposée est identique à l'année dernière car les résultats des essais montrent encore une fois que ces programmes donnent de bons résultats même en tenant compte de la flambée des prix de l'azote. Il est toutefois bon de le rappeler et de garder en tête, particulièrement en 2022 avec un prix de l'engrais aussi élevé, qu'il est n'est judicieux d'augmenter sa dose totale au risque de voir son rendement économique chuter. Les essais montrent qu'une dose de fumure raisonnée permet d'éviter les surcoûts de fertilisation et d'obtenir un bon rendement économique.

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

La formule générale pour le calcul des fractions à appliquer dans votre parcelle est :  
**Dose à appliquer = Fumure de référence + N.TER + N.ORGAN + N.PREC + N.ETAT  
+ éventuellement N.CORR**

Les étapes pour adapter sa fumure selon la méthode Livre Blanc ainsi que les tableaux pratiques pour le calcul de votre fumure sur champs sont disponibles en suivant le lien ci-dessous : <https://www.livre-blanc-cereales.be/thematiques/fumures/escourgeon/determination-pratique-escourgeon/>

- Outils de calcul :  
**Un outil de calcul permet de réaliser une simulation directe dans un fichier Excell.**
- Adapter sa fumure en escourgeon  
**Un document qui détaille les valeurs des facteurs correctifs : N.TER, N.ORGAN, N.PREC, N.ETAT et N.CORR en fonction de votre situation (climat froid,...).**
- Tableaux synthétiques pour le calcul de la fertilisation : **tableaux pour calcul de votre fumure.**

❖ **Le rappel des principes théoriques d'une bonne fertilisation :**

<https://www.livre-blanc-cereales.be/thematiques/fumures/escourgeon/>

## B. Considérations pratiques pour adapter le conseil en fonction des situations (régions, aléas climatiques, ...)

La fumure de référence est valable 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 de 25 kgN/ha pour les variétés hybrides et de 55 kgN/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 de facteurs correctifs pour sa parcelle et une majoration de la dose préconisée au tallage doit se concevoir dans certaines situations particulières, lorsque l'emblavure apparaît 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 1<sup>er</sup> 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 kgN/ha. Toutefois, notre conseil est de se limiter à 100 kgN/ha.

A l'opposé, il convient de ne pas faire l'impasse sur la fumure de tallage dans les situations suivantes :

- ❖ **Parcelles peu fertiles ou trop 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.

### C. Calcul des doses à appliquer dans votre propre parcelle :

Comme pour le froment, la formule générale pour le calcul des fractions à appliquer reste d'application :

$$\text{Dose à appliquer} = \text{Dose de référence} + N.TER + N.ORGAN + N.PREC + N.ETAT + \text{éventuellement } N.CORR$$

### D. Calcul de la fumure

Finalement, le tableau ci-dessous, reprend les données de la formule générale pour les doses d'azote à appliquer sur la culture. La fumure de la parcelle est constituée de trois fractions dont les différents termes peuvent être rassemblés puis sommés dans le tableau suivant.

Tableau 17 – Bilan de la fertilisation à apporter à la culture d'escourgeon hybride en fonction des facteurs de correction propres à votre parcelle qui sont à considérer.

FUMURE	DOSE REF.	N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
Tallage	50						
Redressement	55						
Dernière feuille	50						

(1) lorsque le total ainsi calculé est négatif, sa valeur est ramenée à 0: lorsque ce total vaut moins de 10N, sa valeur est reportée sur la fraction suivante.

Tableau 18 – Bilan de la fertilisation à apporter à la culture d'escourgeon lignée en fonction des facteurs de correction propres à votre parcelle qui sont à considérer.

FUMURE	DOSE REF.	N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
Tallage	25						
Redressement	75						
Dernière feuille	75						

(1) lorsque le total ainsi calculé est négatif, sa valeur est ramenée à 0: lorsque ce total vaut moins de 10N, sa valeur est reportée sur la fraction suivante.

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

### 1. Etat de l'association en sortie d'hiver

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. Actuellement (le 4 février), l'état de croissance du froment correspond au stade 3-4 feuilles tandis que le pois est déjà composé de deux feuilles et d'une vrille.

### 2. La fumure conseillée pour la saison 2021-2022

La fumure conseillée pour 2022 s'appuie sur les résultats du projet de recherche financé par le SPW/DGO3 de 2012 à 2018, intitulé « 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 », sur les essais réalisés par le CePiCOP en 2019 et 2020 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.

Il est inutile de sur-fertiliser cette association car cette action aura alors un impact négatif sur la « fertilisation naturelle » apportée par les nodosités qui vivent en symbiose avec le système racinaire du pois. En effet, une fertilisation trop importante voire trop précoce limite la mise en place et le développement de ces nodosités sur le système racinaire du pois. Ces nodosités constituent un des atouts des légumineuses, permettant à ces dernières de subvenir à leurs besoins en élément azoté pendant la phase végétative par une assimilation de l'azote contenu dans l'air. Dans le cadre de l'association, elles présentent également un atout en fin de végétation puisqu'elles permettent alors à la céréale de bénéficier d'une « fertilisation complémentaire », grâce aux transferts d'éléments nutritifs issus d'exsudats racinaires.

Il est donc important de réaliser ces applications aux moments idéaux, ni trop précoces, ni trop tardifs et/ou supérieures à la fertilisation conseillée car cela limite alors les performances de l'association.

La fumure conseillée en 2022 pour l'association de froment et de pois est de :

<b>Fraction du tallage – redressement (1<sup>ère</sup> fraction) :</b>	<b>40 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille (2<sup>ème</sup> fraction) :</b>	<b>60 N</b>

## 2.2.5 La fertilisation azotée en Epeautre

Cette année, aucun essai en fumure sur la culture de l'épeautre n'a été mené. Cependant, un conseil en fumure peut être réalisé suite aux travaux sur la fertilisation azotée qui ont été menés par Gembloux Agro-Bio Tech (ULg – Unité de Phytotechnie tempérée), l'UCL (ELIa-membre scientifique de PROTECT'eau), le Centre de Michamps asbl et le CRA-W (Unité Amélioration des espèces et biodiversité). Ces travaux ont été réalisés entre 2011 et 2017 sur des expérimentations en parallèle en région limoneuse (Gembloux) et en Ardenne (Michamps) avec la variété Cosmos. Le choix de ces deux sites a permis de comparer deux situations contrastées.

Grâce à l'analyse de ces essais, il est possible aujourd'hui d'affirmer avec certitude que la fertilisation azotée de l'épeautre ne doit pas se calculer comme celle du froment. Il semble qu'aussi bien la dose totale que le schéma de fractionnement doivent être adaptés à chaque région.

### 1. La fumure conseillée pour la saison 2021-2022

Les études pluriannuelles ont ainsi démontré l'importance des fractions de tallage et de redressement dans l'élaboration du rendement. De plus, la culture de l'épeautre a besoin d'un fractionnement dégressif, c'est-à-dire beaucoup d'apport au début de son cycle et des doses plus faibles par la suite. Dans les deux régions, un apport plus important est donc recommandé au tallage.

C'est pourquoi en région limoneuse les résultats pluriannuels démontrent qu'une fumure totale de l'ordre de 150 kg N/ha permet d'atteindre les objectifs de production pour l'épeautre, avec des fractionnements recommandés de 75-60-0 (135 kgN/ha) ou 90-60-0 (150 kgN/ha). En région ardennaise, ces mêmes études pluriannuelles indiquent qu'une fumure de l'ordre de 100 kgN/ha est celle que nous recommandons en région froide, avec des fractionnements possibles de 60-45-0 (105 kgN/ha), 75-30-0 (105 kgN/ha) ou de 75-45-0 (125 kgN/ha). Au vu des résultats, la fertilisation de l'épeautre peut donc se réaliser simplement en deux fractions permettant de faire des économies sur le nombre de passages de machines.

Dans le cadre de contrats spécifiques, un apport réalisé à la dernière feuille visant à augmenter la teneur en protéines est possible, mais celui-ci doit rester limité. Il est recommandé d'ajouter 30 kgN/ha au troisième apport.

Par ailleurs, les analyses de reliquats azotés post-récolte de 2013 à Michamps montrent qu'en deçà de 100 kg N/ha, les reliquats sont proches de celui du témoin zéro et par conséquent ont un impact minime envers l'environnement. Le conseil formulé dans cette étude participe à diminuer l'impact de la fertilisation azotée sur l'environnement.

La fumure conseillée en 2021 pour l'épeautre est de :

<b>Fumure en région limoneuse</b>	<b>de 135 à 150 kg N/ha</b>
<b>Fractionnements recommandés (T-R-DF) :</b>	<b>75-60-0 kg N/ha</b>
	<b>90-60-0 kg N/ha</b>
<b>Fumure en région froide (Ardenne)</b>	<b>de 105 à 120 kg N/ha</b>
<b>Fractionnements recommandés (T-R-DF) :</b>	<b>60-45-0 kg N/ha</b>
	<b>75-30-0 kg N/ha</b>
	<b>75-45-0 kg N/ha</b>

Pour des informations complémentaires, les articles sur la fertilisation azotée de l'épeautre sont disponibles en consultant les versions du Livre Blanc céréales février de 2017 et 2018 dont voici les liens :

- Livre Blanc Céréales de février 2017 (Chapitre 9) :  
<https://www.livre-blanc-cereales.be/wp-content/uploads/2017/02/LBfev2017.pdf>
- Livre Blanc Céréales de février 2018 (Chapitre 3 – section 4) :  
<https://www.livre-blanc-cereales.be/wp-content/uploads/2018/02/LBfev2018.pdf>

## 2.2.6 Point sur les essais menés en fertilisation de froment biologique

J. Legrand<sup>13</sup>, A. Stalport<sup>14</sup>, M. Abras<sup>15</sup>, B. Heens<sup>13</sup>, B. Godden<sup>15</sup> et O. Mahieu<sup>14</sup>

Des essais de fertilisation de froment d'hiver en agriculture biologique ont été menés de 2016 à 2021 par 3 institutions : le CARAH, le CPL VEGEMAR et le CRA-W. Ils ont été menés sur des parcelles en rotation de grandes cultures : céréales et légumes plein champ avec des apports réguliers en matière organique. Les précédents culturaux et les reliquats azotés en sortie d'hiver sont repris dans le tableau ci-dessous. Le rendement du témoin sans fertilisation est également repris pour donner une indication du potentiel du sol dans la situation donnée (lieu-année).

Tableau 19 – Caractéristiques des sites d'essais.

Froment	CARAH			CPL-VEGEMAR			CRA-W		
	Précédent	Reliquat (30-60-90 cm) (kgN/ha)	Rendement Témoin (T/ha)	Précédent	Reliquat (30-60-90 cm) (kgN/ha)	Rendement Témoin (T/ha)	Précédent	Reliquat (30-60-90 cm) (kgN/ha)	Rendement Témoin (T/ha)
2016							Féverole	18 (7-6-5)	2,533
2017				Oignons	71 (15-31-25)	7,435			
2018	Maïs	56 (17-16-22)	6,828	Pomme de terre	50 (8-13-29)	5,473	Pois	31 (7-7-17)	4,296
2019	Couvert Spontané	88 (28-33-27)	6,932	Haricots	45 (6-11-28)	7,86	Pois	75 (5-23-47)	6,875
2020	Pois de conserverie	91 (20-31-39)	*	Pomme de terre	19 (4-4-11)	6,832			
	Moutarde-phacélie								
2021				Carottes	35 (9-9-17)	6,494			

\*En raison de la concurrence trop importante en adventices, les résultats de cet essai n'ont pas été pris en compte pour la synthèse.

La **fertilisation en agriculture biologique** dépend d'une part, de la minéralisation de la matière organique du sol et d'autre part, des apports exogènes respectant le cahier des charges du bio : engrais organique du commerce (EOC), engrais de ferme, digestat, vinasse ou autre. La particularité de ces engrais est qu'ils doivent d'abord passer par une phase de minéralisation avant d'être assimilables par la céréale. La part en azote ammoniacal de ces différentes matières est variable et généralement faible. La minéralisation dépend des conditions climatiques de l'année et principalement la température et la pluviométrie, paramètre qui influence directement la teneur en eau du sol. Ces paramètres ne sont malheureusement pas connus avant l'épandage des engrais organiques.

Au cours des 6 années d'essais, les **reliquats azotés en sortie d'hiver** se situaient entre 18 et 91 kg N/ha. Le rendement des témoins non fertilisés n'est pas proportionnel aux reliquats azotés (Tableau 19). En effet, même s'ils donnent une indication, ils ne constituent qu'un

<sup>13</sup> CPL-VEGEMAR asbl—Centre Provincial Liégeois des Productions végétales et maraîchères – Province de Liège

<sup>14</sup> CARAH asbl-Centre pour l'Agronomie et l'Agro-industrie de la Province du Hainaut

<sup>15</sup> CRA-W-Département durabilité, systèmes et perspectives - Unité : Sols, eaux et productions intégrées.

élément du bilan de fertilisation.

En plus des reliquats azotés, le **précédent** et les **résidus de culture** jouent un rôle important sur la fourniture naturelle du sol en azote. Après une légumineuse, comme le pois et le haricot, on s'attend à avoir un profil plus riche en azote.

Le **travail du sol** est également important pour l'incorporation des résidus de cultures avant l'implantation du couvert ou de la céréale. Il permet d'éviter les pertes par volatilisation et favorise leur décomposition. L'incorporation des engrais organiques sera également importante pour les mêmes raisons au printemps. Il se réalise notamment grâce aux passages des outils de désherbage mécanique et sera plus facile pour un EOC que pour un fumier, en raison de sa texture et friabilité.

Au cours **de ces essais** qui seront présentés ci-dessous, différents EOC de différentes firmes ont été testés ainsi que le digestat de BHG (Biogaz du Haut Geer), la vinasse dépotassé Boval et des engrais de ferme issus d'élevage de volailles principalement. Ils ont été testés à différentes doses dont 40 et 80 kg d'N/ha. D'une année d'essai à l'autre, ce ne sont malheureusement pas les mêmes EOC qui ont été testés, et ce parce que les fournisseurs changent leur gamme ou composition d'une année à l'autre. Un EOC a cependant fait l'exception, il s'agit de l'orgamine, représenté par l'abréviation B6 et présent dans tous les essais. Le gain de rendement annuel (différence entre le rendement obtenu avec l'apport d'engrais et le rendement du témoin non fertilisé) est repris dans la Figure 3. Chaque point ou croix représente selon la dose d'azote appliquée, le gain de rendement d'une matière testée pour les différentes années de 2016 à 2021.

On observe sur ce graphique que **l'année** a de l'importance sur le gain de rendement. Certaines années, comme en 2017 et 2020, le gain de rendement peut être très variable d'une matière à l'autre, de négatif (-300 kg/ha) à très positif (+1900 kg/ha). L'année 2017 est le reflet d'un seul site avec un potentiel du sol élevé vu la valeur du témoin non fertilisé de 7.5 T/ha.

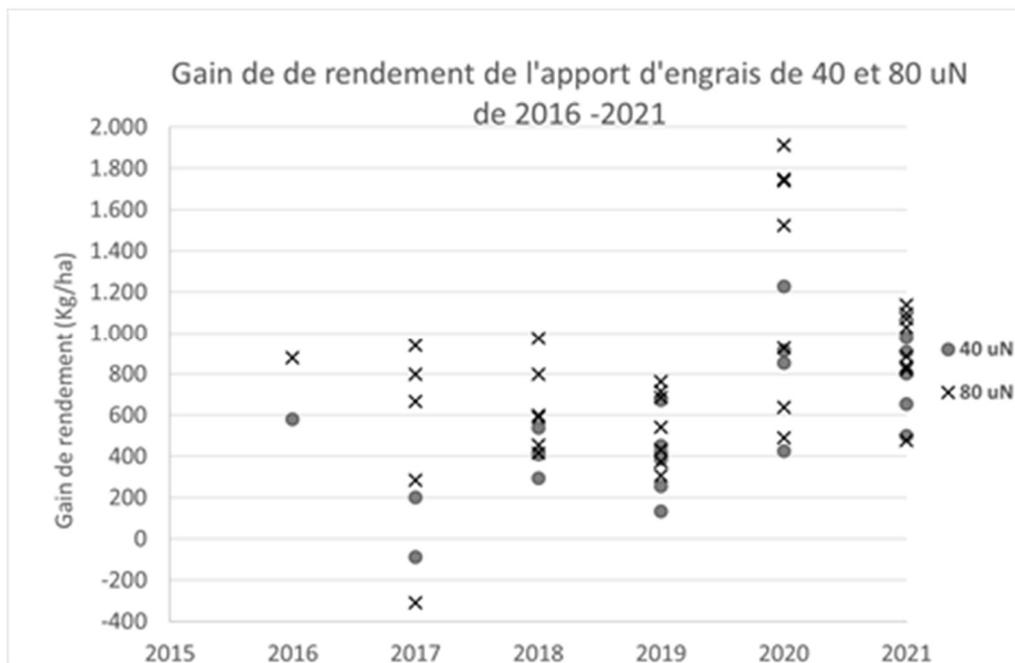


Figure 3 – Gain de rendement de l'apport d'engrais organique à la dose de 40 et 80 uN de 2016-2021.

Le gain de rendement maximal a été observé en 2020 avec un EOC puis avec la vinasse, tous deux à la dose de 80 kg N/ha. Les conditions climatiques ont été favorables à la décomposition et à la minéralisation des engrais. En effet, le printemps 2020 s'est caractérisé par des températures plus élevées que la normale et au moment du tallage (mars-avril), les apports en eau étaient normaux, contrairement à la fin du printemps où ils ont été déficitaires.

Inversement, les années 2018, 2019 et 2021 ont été marquées par un déficit hydrique au printemps. De plus, 2021 s'est caractérisé par des températures inférieures à la normale. Dans ces conditions, la minéralisation des engrais organiques a été pénalisée quelle que soit la dose appliquée. Il faut ajouter qu'en 2019, les 3 sites d'essais avaient pour précédent une légumineuse qui a contribué à un rendement du témoin très élevé. C'est vraisemblablement pour cette raison que le gain de rendement lié à l'engrais a été moins élevé (Tableau 19)

Du point de vue de **la dose appliquée**, la céréale y répond en général relativement bien mais cela dépend encore une fois de l'année et des matières apportées. Et dans tous les cas, il est important de bien veiller à la rentabilité des apports d'engrais (voir Figure 5).

**La teneur en azote ammoniacal** des matières est un indicateur de la disponibilité à court terme de l'azote pour la plante. Le gain de rendement moyen en fonction de la teneur en azote ammoniacal est illustré dans la Figure 4. Chaque point représente, la moyenne du gain de rendement obtenu pour chaque matière organique. Les points en gris foncé et en gris clair sont les matières apportées respectivement à la dose de 40 kg N/ha, et de 80 kg N/ha. L'abréviation à côté du point indique de quelle matière il s'agit et le nombre d'essais sur lesquels la moyenne a été calculée. Le nombre d'essais est très variable d'une matière à l'autre et a son importance pour la fiabilité de la valeur. La légende de ses abréviations se trouvent dans le Tableau 20.

Certains éléments intéressants ressortent de ce graphique. Premièrement, beaucoup de points se trouvent dans la partie gauche du graphique. Ce sont des EOC avec un pourcentage en azote ammoniacal faible. Le gain de rendement qu'ils procurent sont variables et même parfois parmi

les plus élevés. Certains EOC ont un pourcentage en azote ammoniacal élevé (B6 et B3) et fournissent en moyenne des gains de rendement élevés. Contrairement à ce que l'on aurait pu penser, le gain de rendement n'est pas toujours proportionnel à la teneur en azote ammoniacal. Il s'agit du même constat pour les vinasses qui obtiennent un meilleur gain de rendement que le digestat ou les effluents de volaille. Deuxièmement, on observe bien l'augmentation de rendement lié à l'augmentation de la dose et ce de manière différente pour chaque matière.

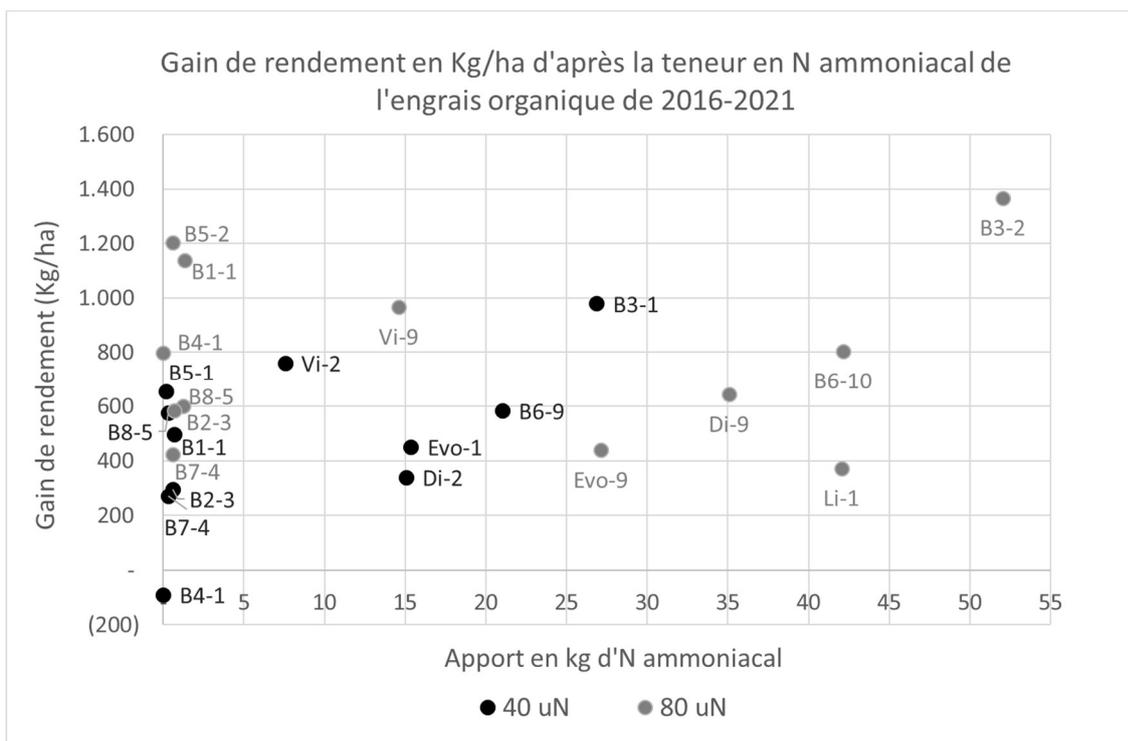


Figure 4 – Effet de la quantité d’azote ammoniacal sur le gain de rendement.

Tableau 20 – Légende des matières testées, nombre d’essais et prix à l’unité

Légende des matières		Prix engrais €/U
B1	EOC 1	6,21
B2	EOC 2	4,91
B3	EOC 3	4,31
B4	EOC 4	3,59
B5	EOC 5	5,00
B6	EOC 6	8,01
B7	EOC 7	3,50
B8	EOC 8	3,65
Di	Digestat Biogaz Haut Geer	1,83
Li	Lisier de vache	1,75
Evo	Effluent de volaille (%N Tot 1,5-2,8)	3,01
Vi	Vinasse de sucrerie	3,54

Aux termes de ces essais, il est délicat de comparer les différentes matières organiques entre elles car celles-ci varient d’une année à l’autre. En effet, dans le cas des EOC, le fournisseur change sa composition ou ne poursuit plus sa fabrication à l’exception du B6. Pour les engrais

de ferme, leur composition varie fortement d'une année à l'autre en raison de leurs provenances diverses et des conditions de stockage en tas plus ou moins longue. Ces derniers donnent en général un gain de rendement plus faible qui peut s'expliquer d'une part, par la volatilisation d'une partie de l'azote à l'épandage et d'autre part, par un temps de minéralisation plus long. Les résultats annuels sont très variables et directement liés à la composition et au rapport C/N des différents apports. Concernant le digestat et la vinasse, la composition est plus stable d'une année à l'autre et la même matière a été utilisée quel que soit le site d'essais. De manière générale, les réponses les meilleures ont été obtenues à la dose de 80 kg N/ha et en moyenne sur les 5 années d'essais, c'est la vinasse qui fournit les meilleurs rendements.

Enfin, il est primordial d'étudier la **rentabilité économique** de ses apports. Celle-ci dépend du gain de rendement par rapport au témoin non fertilisé, du prix de vente du froment et du prix de l'engrais.

La Figure 5 représente le gain financier en fonction de la dépense en engrais. Il a été calculé avec un prix de vente du froment à 350 €/tonne et avec un prix des engrais repris dans le Tableau 20. La droite représente la limite de rentabilité, ce qui signifie que le gain de rendement paie le coût de l'engrais. Les points situés sous cette droite représentent les couples matière-dose qui ne sont pas rentables économiquement.

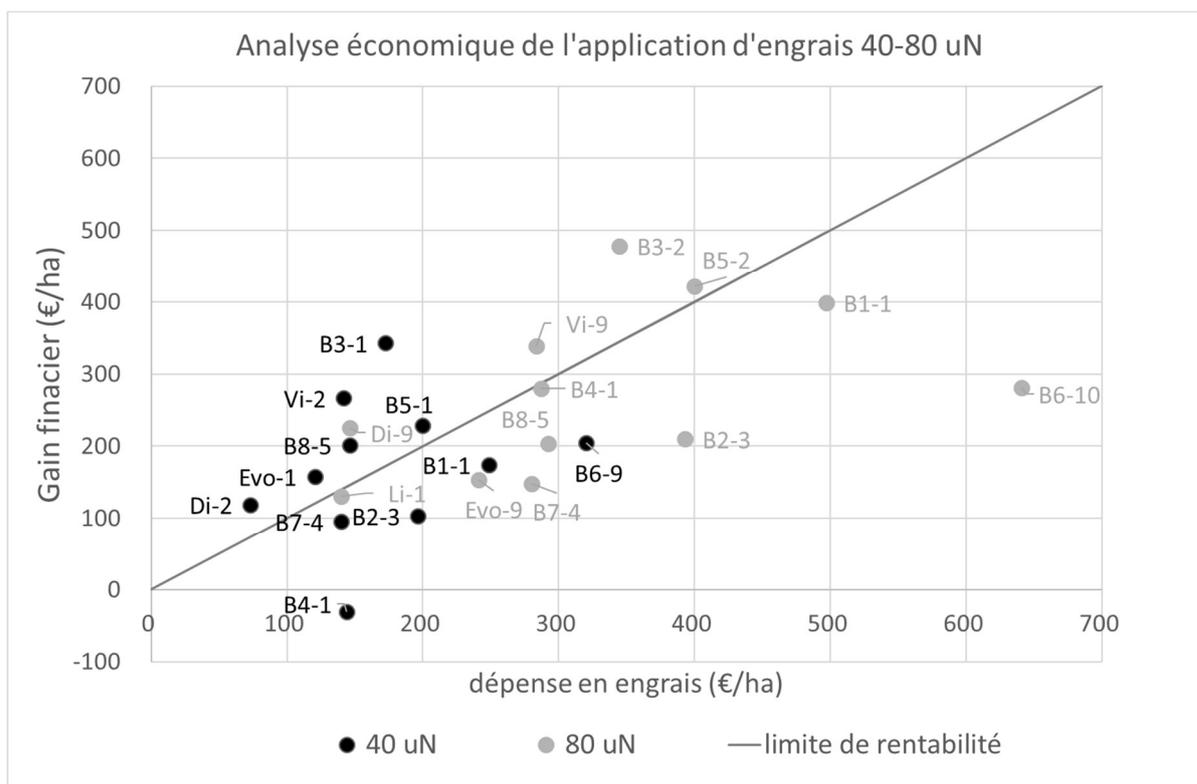


Figure 5 – Analyse économique de l'application d'engrais organique.

A côté des points se trouve l'abréviation de la matière ainsi que le nombre d'années d'essais qui donnent une idée de la fiabilité de la valeur.

En moyenne sur les 9 essais de 2016 à 2021, le digestat et la vinasse étaient au-dessus du seuil de rentabilité, peu importe la dose. Par contre, pour les EOC, les résultats sont plus variables. On prend un plus grand risque financier en apportant ces matières à la dose de 80 kg N/ha qu'à

la dose de 40 kg N/ha. L'EOC B6, en raison de son prix élevé, n'est économiquement pas rentable. Enfin, les apports de 80 kg N/ha avec les effluents de volaille ne sont généralement pas rentables non plus.

Un dernier paramètre évalué au cours de ces essais est **la qualité du blé**. Si on se base uniquement sur le critère de la teneur en protéines, il n'y a pas d'effet de l'apport d'engrais, peu importe sa forme. Seule l'association froment-pois permet d'augmenter de 1.5 % à 2 % la teneur en protéines du froment respectivement pour des niveaux de fertilisation de 0 et 40 kg N/ha. Cependant, cette association entraîne d'autres contraintes liées d'une part à la date de la récolte (maturité des pois et du blé identique et pas de sur-maturité du pois) et d'autre part à la problématique de la séparation du blé et des pois. En effet, pour une valorisation dans la filière panifiable, il faut un tri très pointu pour éliminer les pois cassés. Ce coût de triage plombe la rentabilité de cette filière, malgré le fait que grâce à sa teneur en protéines, le blé puisse être vendu 50 à 60 €/T en plus et que le pois protéagineux soit bien valorisé. Le meilleur levier pour obtenir un blé de qualité reste le choix variétal (voir LB septembre).

En guise de **conclusion**, des études préalables ont montré la nécessité en agriculture biologique d'apporter une fraction unique et ce dès la reprise de la végétation. Des apports plus tardifs libèreraient la majorité de leur azote trop tard, c'est-à-dire après la phase d'absorption par la céréale (B. Godden, 2021<sup>16</sup>). La période des besoins en azote (de mars à juin) ne correspond pas à la période de forte minéralisation du sol, ce qui peut dans certains cas entraîner une faim d'azote s'il n'y a pas d'apport extérieur (B. Godden, 2021).

Avant de fertiliser, il est important de tenir compte du précédent et des reliquats azotés en sortie d'hiver. Ces éléments permettront de connaître la situation de départ et d'orienter au mieux la dose d'engrais à appliquer avec un maximum de 80 kg N/ha. L'analyse de la matière organique est évidemment aussi nécessaire pour doser correctement l'apport mais il restera toujours une part d'inconnue avec le facteur « année ».

Il est bien mis en évidence que le coût de l'engrais influence directement la rentabilité de la fertilisation.

Notons qu'au cours de ces essais en micro-parcelles, les apports ont été réalisés manuellement et ne prennent pas en compte les éventuels tassements de sol liés au passage d'engin d'épandage, parfois très lourds.

Enfin, ces essais ont été menés en condition de rotation céréales-légumes plein champ avec des retours fréquents en matière organique dont les effets se font ressentir sur plusieurs années. Idéalement, des essais similaires devraient être menés également en situation plus limitante en azote de manière à mieux évaluer l'effet réel des engrais apportés.

---

<sup>16</sup> La gestion de la fertilité des sols et de la fertilisation en grandes cultures en agriculture biologique. Socle de compétences de Bernard Godden, 2021.