

# 3. La fertilisation azotée

---

R. Blanchard<sup>1</sup>, R. Meurs<sup>1</sup>, C. Vandenberghe<sup>2</sup>, J. Pierreux<sup>3</sup>, O. Mahieu<sup>4</sup>, L-M. Blondiau<sup>4</sup>, C. Collin<sup>5</sup>, V. Reuter<sup>6</sup>, G. Sinnaeve<sup>6</sup>, M. Renneson<sup>7</sup>, M. Abras<sup>8</sup>, J.-L. Herman<sup>9</sup>, E Escarnot<sup>10</sup>, S. Crémer<sup>11</sup>, M. De Toffoli<sup>12</sup>, S. Gofflot<sup>6</sup>, R. Lambert<sup>12</sup>, B. Bodson<sup>3</sup> et B. Dumont<sup>3</sup>

1	Bilan de la saison culturale .....	3
1.1	Influence des conditions climatiques de la saison 2019-2020 sur l'alimentation azotée des cultures.....	3
2	La fertilisation azotée en Froment d'hiver.....	4
2.1	Expérimentations et résultats de la saison 2019-2020 .....	4
2.1.1	Résultats des essais en fumure de 2020 .....	5
2.1.2	Analyse des protocoles et des résultats de l'essai fumure mené à Ath en 2020 (CARAH) .....	6
2.1.3	Analyse des protocoles et des résultats de l'essai de fumure mené à Lonzée en 2020 (GxABT-CePiCOP asbl) .....	8
2.2	Les éléments à considérer pour une recommandation pratique.....	21
2.3	La détermination pratique de la fertilisation azotée .....	25
2.4	Calcul de la fumure azotée pour 2021 .....	29
	Détermination de N.PREC, fonction du précédent .....	29
2.4.1	Calcul de la fumure.....	31

---

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

<sup>2</sup> ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plantes – GRENeRA

<sup>3</sup> ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie

<sup>4</sup> C.A.R.A.H. asbl. – Centre Agronomique de Recherches Appliquées de la Province de Hainaut

<sup>5</sup> Requasud – Laboratoire de la Province de Liège

<sup>6</sup> CRA-W – Département Connaissance et Valorisation des Produits – Unité Valorisation des Produits, de la Biomasse et du Bois

<sup>7</sup> Requasud – Laboratoire de la Province du Brabant Wallon

<sup>8</sup> CRA-W – Département Durabilité – Systèmes et prospectives – Unité Sols, Eaux et Productions intégrées

<sup>9</sup> CRA-W – Département Productions Agricoles – Unité Productions Végétales

<sup>10</sup> CRA-W – Département Science du Vivant – Unité Biodiversité et Amélioration des Plantes & Forêts

<sup>11</sup> Centre de Michamps ASBL

<sup>12</sup> UCL – Earth & Life Institute – Pôle Agronomie

3	La fertilisation azotée en Escourgeon .....	32
3.1	Résultats des expérimentations en 2020 .....	32
3.1.1	Analyse de l'essai fumure réalisé à Ath (CARAH) .....	32
3.1.2	Analyse des essais fumures réalisés à Loncée (ULiège Gx-ABT) .....	34
	Recommandations pratiques .....	39
3.1.3	Conditions particulières de 2021, profil en azote minéral du sol en escourgeon en sortie d'hiver .....	39
3.1.4	Conseil de fertilisation pour la saison culturale 2020-2021 .....	39
3.1.5	Considération pratique pour adapter le conseil en fonction des situations .....	40
3.1.6	Calcul des doses à appliquer : .....	41
3.1.7	Calcul de la fumure .....	42
4	La fertilisation azotée de l'association du froment d'hiver et du pois protéagineux d'hiver .....	43
4.1	Etat de l'association en sortie d'hiver .....	43
4.2	La fumure conseillée pour la saison 2020-2021 .....	43
5	La fertilisation azotée en Epeautre .....	45
5.1	La fumure conseillée pour la saison 2020-2021 .....	45

# 1 Bilan de la saison culturale

## 1.1 Influence des conditions climatiques de la saison 2019-2020 sur l'alimentation azotée des cultures

Après un mois de septembre sec, le mois d'octobre a été marqué par des précipitations importantes (plus de 100 mm) qui ont, dans de nombreuses situations, décalé la date de semis d'escourgeon. Les semis d'escourgeon et les premiers semis de froment ont été réalisés entre les pluies. Ensuite, les mois de novembre et de décembre ont connu une pluviométrie proche des normales saisonnières. La suite de l'implantation des froments a pu être réalisée dans de bonnes conditions. L'automne a également été caractérisé par des températures supérieures à la normale, hormis pour le mois de novembre. Les températures du mois de novembre ont justement permis un développement moindre des pucerons et autres insectes. Néanmoins, un traitement insecticide contre des pucerons a dû être réalisés dans certaines régions (par exemple : Ath).

Les froments se sont bien développés en décembre avec des précipitations et des températures supérieures à la normale. Cependant les précipitations du mois de février ont eu un impact négatif sur les levées des derniers semis de froment d'hiver. L'eau stagnante a bloqué le développement des plantes et certaines zones ont pu être caractérisées par une perte sévère des plants de céréales.

À la sortie de l'hiver, les résultats des analyses de sol montraient que l'azote était présent en quantité normale. Il y avait cependant une variabilité importante entre les surfaces agricoles et les précédents agricole. Plus que jamais, certaines cultures n'avaient donc pas valorisé l'azote apporté la saison précédente et ces analyses de reliquats ont permis d'éviter des surdosages. Cela souligne l'importance d'adapter en cours de saison la fertilisation de référence donnée lors de la présentation du Livre Blanc. Cette adaptation doit être réalisée en fonction des paramètres présentés dans le Livre Blanc (article en fertilisation azotée en froment d'hiver et en escourgeon). Après avoir connus des précipitations importantes en février et en mars qui ont permis de reconstituer des réserves d'eau dans les sols profonds, une période plus sèche a débuté. L'association de température élevée et d'une luminosité importante en avril, a permis un développement important des froments. Une des composantes du rendement, le nombre de grains par épi, a su profiter de ces conditions.

Enfin, les conditions météorologiques des mois de juin et juillet ont permis un bon remplissage des grains. Les premières moissons de froment et d'escourgeon ont débuté à des dates habituelles. Les rendements ont atteint des plafonds dans des situations de sol profond comme ce fut le cas dans les essais réalisés à Loncée. Par contre, pour des terres peu profondes, les rendements ont alors pu être nettement moins importants.

## 2 La fertilisation azotée en Froment d'hiver

### 2.1 Expérimentations et résultats de la saison 2019-2020

Les résultats des essais sont présentés ci-dessous ; deux d'entre eux ont été implantés dans la région de Gembloux (Lonzée) par la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège en collaboration avec le Centre Pilote Wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux (CePiCOP) 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 tonnes ou en quintaux par hectare, 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 2020 est de 190 €/T et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) a été fixé à 195 €. Les rendements économiques qui sont repris dans ce chapitre sont donc exprimés selon le rapport 3.80, à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à 3.80 kilogrammes de froment (1 kg N = 3.80 kg de froment).

#### 2.1.1 Résultats des essais en fumure de 2020

- **Analyse de la conduite culturale de ces essais**

Les itinéraires techniques suivis dans les essais « fumure » mis en place par Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège en collaboration avec le Centre Pilote Wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux (CePiCOP), et le CARAH sont détaillés dans le Tableau 3.1. Les deux essais de Loncée 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.

Les deux itinéraires culturaux des essais menés à Loncée sont caractérisés par un même précédent cultural (pommes de terre) et un suivi phytotechnique identique (désherbage, raccourcisseur et fongicide). Vu la faible pression en maladie, un second traitement fongicide n'a pas dû être appliqué cette année. De plus, grâce aux conditions climatiques et à la faible pression en puceron et cécidomyie, l'impasse sur le traitement insecticide a également pu être réalisée. Ces essais se distinguent par la variété employée (Mentor et Chevignon) et par l'application de fumures spécifiques (ce point sera abordé ultérieurement). Lors de l'analyse d'un essai de fertilisation, le profil azoté des sites est important. Le reliquat azoté sur une profondeur de 90 cm, était de 93.7 kg N/ha.

Ensuite, le troisième essai a été implanté avec la variété Mentor à Ath avec un précédent colza. Le site d'implantation se caractérise par un reliquat azoté à la sortie de l'hiver de 83 kg N/ha sur une profondeur de 90 cm. Ce site est marqué par la réalisation de traitements supplémentaires dû à son environnement. En effet, un premier désherbage ainsi qu'un premier traitement insecticide ont dû être réalisés en novembre. Ce traitement insecticide a notamment permis de lutter contre les pucerons déjà présents en nombre. Après l'hiver, un second traitement herbicide a été appliqué. Ensuite, deux raccourcisseurs, trois applications de fongicides et un dernier insecticide ont été appliqués afin de protéger la culture.

Ces essais ont été récoltés dans la seconde partie du mois de juillet.

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

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

**Tableau 3.1 – Conduite culturale des essais « fumure azotée » menés en 2020 à Lonzée (Gx-ABT, ULiège) et à Ath (CARAH).**

Intervention	Caractéristique	Date / Donnée	Caractéristique	Date / Donnée	Caractéristique	Date / Donnée	Intervention
Choix variétal	Chevignon	-	Mentor	-	Mentor	-	Choix variétal
Lieu	Lonzée		Lonzée		Ath		Lieu
Date de semis	250 grains/m <sup>2</sup>	07-nov	250 grains/m <sup>2</sup>	07-nov	350 grains/m <sup>2</sup>	23-oct	Date de semis
Précédent	pommes de terre	-	pommes de terre	-	Colza	-	Précédent
Profil azoté réalisé en janvier	P : 0-30 cm	13,96	P : 0-30 cm	13,96	P : 0-30 cm	17	Profil azoté réalisé en janvier
	P : 30-60 cm	32,11	P : 30-60 cm	32,11	P : 30-60 cm	26	
	P : 60-90 cm	47,6	P : 60-90 cm	47,6	P : 60-90 cm	40	
	Total N minéral	93,67	Total N minéral	93,67	Total N minéral	83	
Apport de fumure	T	20-mars	T	20-mars	T	18-mars	Apport de fumure
	TR	16-avr	TR	16-avr	TR	-	
	R	23-avr	R	22-avr	R	05-avr	
	DF	13-mai	DF	13-mai	DF	14-mai	
	DFL	-	DFL	04-juin	DFL	-	
Désherbage	Sigma maxx (0,9 L/ha)	09-avr	Sigma maxx (0,9 L/ha)	09-avr	Herold (0,6 l/ha)	16-nov	Désherbage
	+ Biathon duo (70 g/ha)		+ Biathon duo (70 g/ha)		+ AZ 500 (0,1 l/ha)		
					Allié (15g/ha) + Starane Forte (0,2 l/ha)	30-mars	
Raccourcisseur	CCC (1 L/ha)	23-avr	CCC (1 L/ha)	23-avr	Tempo (0,25 l/ha)	08-avr	Raccourcisseur
					+ Cycifix (1 L/ha)		
					Medax Max (0,3 Kg/ha)	26-avr	
Fongicide	Adexar (1,5L/ha)	19-mai	Adexar (1,5L/ha)	19-mai	Tebusip (0,65 l/ha)	24-avr	Fongicide
					Osiris (1,25 l/ha)	07-mai	
					+Abringo (1 l/ha)		
					Velogy Era (1 l/ha)	26-mai	
Insecticide	-	-	-	-	Patriot protech ( 42 ml/ha)	16-nov	Insecticide
					karate zeon ( 50 ml/ha)	03-juin	
Récolte	-	23-juil	-	29-juil	-	23-juil	Récolte

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

#### 2.1.2 Analyse des protocoles et des résultats de l'essai fumure mené à Ath en 2020 (CARAH)

Ces résultats sont repris dans le Tableau 3.2 avec comme données, le protocole en fumure appliqué, les rendements phytotechniques et économiques, le poids à l'hectolitre, la teneur en protéines, l'indice Zélény et le rapport Z/P.

Ce protocole est défini avec un premier objet qui sert de témoin. Il n'a donc pas d'apport d'azote minéral. Les objets 2 à 5 et 7 à 10 comportent des fumures en trois fractions. L'objet 4 décrit 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) ; les objets 6 et 7 décrivent les fumures liées aux recommandations du Livre Blanc en deux et trois applications.

Tableau 3.2 – Résultats de l'essai « fumure » à Ath (CARAH) en 2020.

N° Objet	T 18-mars	Red 05-avr	DF 14-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	0,0	95,1	95,1	82	9,2	23,1	2,5	344
2	30	50	50	130	119,7	114,8	84,3	11,1	37,3	3,3	367
3	50	50	50	150	121,0	115,3	84,2	11,2	35,9	3,2	353
4	50	50	70	170	122,3	115,8	84,6	11,2	38,5	3,4	333
5	50**	50	70	170	123,1	<b>116,7*</b>	84,7	11,1	36,8	3,3	352
6	0	80	95	175	120,8	114,1	84,7	11,3	37,3	3,3	343
7	50	60	65	175	121,5	114,8	84,2	11,1	36,6	3,3	283
8	60	60	70	190	<b>123,8*</b>	116,6	<b>84,8*</b>	<b>11,5*</b>	<b>41,0*</b>	<b>3,6*</b>	389
9	75	60	75	210	122,9	114,9	83,9	11,2	37,8	3,4	351
10	75	70	85	230	122,2	113,5	84,2	11,5	40,5	3,5	364

\* 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 123.8 qx/ha est obtenu avec une fumure totale de 190 kg N/ha (60-60-70). Les rendements phytotechniques observés pour les objets 2 à 7, obtenus avec des fumures totales moindres sont certes plus faibles mais ne sont pas statistiquement différents de ce rendement maximal. Pour les objets 8 à 10, les rendements phytotechniques obtenus avec des fumures totales supérieures sont également plus faibles mais ils ne sont pas statistiquement différents de ce rendement maximal.

Au niveau des rendements économiques, l'optimum est obtenu grâce à l'objet 5 avec un rendement de 116.7 qx/ha. Cet objet est caractérisé par des apports contenant aussi du soufre (sulfonitrate), l'analyse statistique ne montre donc pas de différence significative du rendement phytotechnique suite à cet ajout de soufre. Cependant, tant les fumures plus élevées que les fumures plus faibles, hormis la fumure nulle, ont également permis d'obtenir des rendements économiques statistiquement équivalents.

*Les fumures de référence en deux et en trois fractions conseillées lors le Livre Blanc de février 2020 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 du rendement phytotechnique et du rendement économique.*

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

---

- **Poids à l'hectolitre (P/HL)**

Le poids à l'hectolitre est le plus élevé pour l'objet 8 (84.8 kg/hl). Cependant, la valeur moyenne des poids à l'hectolitre est élevée (84.1 kg/hl). Il n'y a pas de différence statistique entre les différentes fumures (objets 2 à 10).

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

L'objet 8 possède la teneur en protéines la plus élevée. L'indice Zélény ainsi que le rapport Z/P est le plus élevé pour l'objet 8 également. Les moyennes de ces données sont de 11.0% pour la teneur en protéines, de 36.5 ml pour le Zélény et de 3.3 pour le rapport Z/P.

#### **2.1.3 Analyse des protocoles et des résultats de l'essai de fumure mené à Lonzée en 2020 (GxABT-CePiCOP asbl)**

La seconde analyse est réalisée sur les deux essais en fumure azotée implantés à Lonzée par la faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège en collaboration avec le Centre Pilote Wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux (CePiCOP). Les Tableaux 3.3 et 3.4 reprennent les protocoles mis en œuvre et les rendements obtenus.

Ces essais sont réalisés avec la variété Mentor pour l'essai « panifiable » et avec la variété Chevignon pour l'essai « fourrager ». Trente modalités de fumure différentes caractérisent ces essais. Celles-ci variaient à la fois sur la dose totale d'azote apportée et sur le fractionnement de la fumure. Pour ces deux essais, les objets 1 à 22 constituent le protocole factoriel avec des apports de 60, 90 et 120 kg N/ha permettant le calcul des surfaces de réponse.

L'essai mené pour la variété fourragère, Chevignon, (Tableau 3.3) est défini avec 30 modalités. Les 22 premières modalités permettent de déterminer les surfaces de réponse. Les objets 23 à 26 sont issus du conseil de fumure du Livre Blanc de février 2020. Les modalités 27 à 30 correspondent à des fumures issues de différentes modulations d'une fumure en trois apports sur base de pas de 30 kg N/ha.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

**Tableau 3.3 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), la quantité d'azote dans les grains (kg N/ha), le poids de 1000 grains PMG (g), le poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), du Zélény (ml), la valeur du rapport du zélény sur le taux de protéines, 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) qui ont été mesurés dans l'essai « fumure azotée » de Lonzée pour une variété fourragère (Chevignon).**

N°	T	TR	Red	DF	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg /hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P	PMG [g]	Nbr grains [grains / m <sup>2</sup> ]	nbre épis [épis / m <sup>2</sup> ]	grains / épi	Qtot N grains [Kg N/ha]
1					0	99,0	99,0	79,7	9,7	17,8	1,8	50,2	19705	285	69	154
2				60	60	107,3	105,4	82,33	10,8	25,8	2,4	53,6	20020	307	67	186
3			60		60	116,4	114,4	80,7	10,1	19,3	1,9	50,3	23144	318	73	189
4	60				60	119,4	117,5	80,6	10,0	17,3	1,7	51,8	23092	388	60	191
5			60	60	120	117,1	113,1	82,3	11,3	28,3	2,5	52,9	22117	318	70	211
6	60			60	120	122,4	118,4	82,5	11,1	26,0	2,3	52,0	23564	357	67	217
7	60		60		120	126,2	122,3	81,5	10,7	22,8	2,1	51,7	24405	383	64	216
8	60		60	60	180	129,2	123,3	82,4	11,5	28,5	2,5	51,5	25111	354	72	237
9				90	90	107,7	104,8	83,1	11,6	30,8	2,7	54,0*	19960	321	62	199
10			90		90	122,6	119,7	81,3	10,4	22,8	2,2	50,6	24233	354	69	205
11	90				90	122,4	119,5	80,8	10,3	19,3	1,9	50,2	24420	364	67	201
12			90	90	180	123,8	117,9	82,7	11,6	31,5	2,7	51,6	23974	338	72	230
13	90			90	180	126,6	120,7	82,7	11,5	28,0	2,4	51,1	24782	378	67	233
14	90		90		180	131,5	125,6	81,7	11,3	26,8	2,4	50,2	26189	412*	64	238
15	90		90	90	270	133,1	124,3	82,6	11,8	29,8	2,5	51,5	25880	390	67	251
16				120	120	109,2	105,3	83,4*	11,9	34,0	2,9*	53,7	20339	288	71	208
17			120		120	121,8	117,8	81,8	11,1	26,5	2,4	51,1	23857	318	75*	216
18	120				120	130,2	126,2	81,4	10,7	23,5	2,2	49,6	26251	409	64	222
19			120	120	240	127,1	119,3	82,4	11,6	33,0	2,8	51,6	24658	336	74	236
20	120			120	240	134,8	126,9	82,6	11,8	29,5	2,5	51,3	26277	403	66	253
21	120		120		240	140,1*	132,3*	82,5	11,8	30,0	2,5	52,3	26808*	411	65	264*
22	120		120	120	360	135,3	123,5	82,4	12,1*	31,3	2,6	51,5	26298	399	66	263
23	60		60	65	185	128,8	122,7	82,7	11,4	28,5	2,5	53,0	24292	402	61	234
24	60		50	55	165	127,8	122,4	82,4	11,5	29,0	2,5	52,1	24559	371	66	235
25		90		95	158	126,8	120,8	82,8	11,6	30,5	2,6	52,1	24355	358	68	235
26		80		85	165	127,6	122,2	82,5	11,6	29,8	2,6	51,4	24885	354	70	236
27	60		30	60	150	127,7	122,8	82,6	11,3	26,8	2,4	52,1	24540	352	70	230
28	30		60	60	150	126,6	121,6	82,5	11,4	26,8	2,3	52,0	24379	355	69	231
29	30		90	60	180	131,0	125,1	82,3	11,4	28,3	2,5	51,1	25640	396	65	240
30	90		30	60	180	131,9	126,0	82,4	11,3	27,5	2,4	51,9	25407	399	64	238

\* 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 la valeur maximale

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

**Tableau 3.4 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), la quantité d'azote dans les grains (kg N/ha), le poids de 1000 grains PMG (g), le poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), du Zélény (ml), la valeur du rapport du zélény sur le taux de protéines, 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) qui ont été mesurés dans l'essai « fumure azotée » de Loncée pour une variété panifiable (Mentor).**

N°	T	TR	Red	DF	Deb Flo	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx /ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg /hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P	PMG [g]	Nbr grains [grains / m <sup>2</sup> ]	nbre épis [épis / m <sup>2</sup> ]	grains / épi	Qtot N grains [Kg N/ha]
1						0	81,2	81,2	80,4	9,1	20,8	2,3	47,1	17232	253,3	68,0	118,3
2				60		60	93,5	91,2	83,7	10,5	29,0	2,8	50,3	18585	269,2	69,0	157,5
3			60			60	103,2	101,0	81,0	9,5	21,8	2,3	46,1	22446	295,0	75,9	156,5
4	60					60	105,3	103,1	80,7	9,3	20,8	2,2	44,3	23763	340,0	69,9	157,6
5			60	60		120	108,3	103,7	83,3	10,9	30,8	2,8	47,1	23024	309,2	74,4	189,3
6	60			60		120	113,0	108,5	82,8	10,6	27,0	2,6	45,8	24754	312,5	79,0	190,8
7	60		60			120	116,4	111,9	81,7	10,1	24,0	2,4	45,1	25843	348,3	74,1	187,3
8	60		60	60		180	120,6	113,8	82,9	11,1	31,0	2,8	45,2	26698	398,3	67,0	214
9				90		90	90,2	86,8	84,5	11,7	37,0	3,2	51,1	17644	249,2	70,8	168,0
10			90			90	110,9	107,5	81,4	10,1	24,8	2,4	46,1	24082	314,2	76,7	179,7
11	90					90	111,2	107,8	81,1	9,3	21,0	2,2	44,1	25241	393,3	64,1	166,4
12			90	90		180	117,0	110,2	83,2	11,8	37,8	3,2	46,6	25113	344,2	72,9	221
13	90			90		180	120,9	114,1	83,3	11,3	32,8	2,9	45,7	26498	402,5	65,8	219
14	90		90			180	124,0	117,2*	82,0	10,8	30,5	2,8	42,2	29370	416,7	70,5	214,8
15	90		90	90		270	126,0	115,7	82,5	11,8	37,5	3,2	43,2	29171	417,5	69,8	237,8
16				120		120	94,1	89,5	84,3	12,5*	42,8*	3,4*	51,5*	18274	261,7	69,8	188
17			120			120	112,6	108,1	82,3	10,4	27,5	2,6	46,4	24296	343,3	70,7	188,1
18	120					120	116,6	112,0	81,5	10,0	24,3	2,4	43,9	26532	399,2	66,5	187,6
19			120	120		240	120,5	111,4	83,1	12,1	39,8	3,3	45,9	26302	319,2	82,3*	234,3
20	120			120		240	125,2	116,0	83,0	11,6	35,3	3,0	45,2	27703	410,8	67,4	232,8
21	120		120			240	126,0*	116,9	81,6	11,5	34,3	3,0	42,3	29800	415,8	71,6	231,3
22	120		120	120		360	125,0	111,3	82,2	12,1	37,8	3,1	40,9	30609*	455*	67,2	241,0*
23	60		60	65		185	121,9	114,8	82,9	11,4	33,3	2,9	44,7	27270	357,5	76,3	221,8
24	60		50	55		165	121,2	114,9	83,1	11,0	31,5	2,9	45,0	26921	373,3	72,1	214,3
25			90	95		185	119,9	112,8	83,5	11,6	36,5	3,1	46,7	25667	391,7	65,5	223
26			80	85		165	118,7	112,4	83,8	11,4	34,5	3,0	47,3	25113	375,0	66,9	217,5
27	90		95	40		225	120,9	112,3	83,8	12,1	39,5	3,3	46,0	26268	359,2	73,1	234,5
28	90		55	40		185	119,3	112,3	83,8	11,8	38,0	3,2	47,4	25213	320,8	78,5	225,3
29			50	95	40	185	116,0	108,9	84,5*	12,1	40,8	3,4	48,5	23937	331,7	72,2	224,1
30	60		60	65	40	225	123,6	115,1	83,2	11,7	37,8	3,2	45,0	27485	401,7	68,4	231,9

\* 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 quantité d'azote exportée par le grains (kgN/ha). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

Pour l'essai avec une variété panifiable (Tableau 3.4), les objets 23 à 26, sont issus de la fumure conseillée du Livre Blanc de février 2020 avec un fractionnement en deux et en trois apports. Les objets 23 et 24 correspondent à la fumure conseillée du Livre Blanc en trois fractions et l'objet 24 a reçu une fumure qui a été adaptée en fonction de l'état de la culture et de divers paramètres présentés dans le Livre Blanc de février 2020. Ensuite, les objets 25 et 26 sont caractérisés par une fumure conseillée du Livre Blanc de février 2020 en deux apports. L'objet 26 répond à cette fumure en deux apports tout en étant adapté avec les mêmes paramètres que l'objet 24. Les objets 27 à 30 visent à expérimenter le fractionnement ou l'ajout de 40 kg N/ha sur l'apport à la dernière feuille ou en début de la floraison. L'objectif de cette démarche est de vérifier l'éventuel intérêt d'un apport tardif pour améliorer les qualités protéiniques pour les variétés planifiables.

- **Rendements phytotechnique et économique**

Le rendement **phytotechnique** maximal pour une variété fourragère s'élève à 140.1 qx/ha (Tableau 3.3). Il est obtenu avec une fumure totale de 240 kg N/ha (120-120-0). Des rendements statistiquement équivalents sont obtenus avec une fumure totale équivalente ou plus élevée. Ces fumures sont mises en évidence dans les cellules en gris dans la colonne « Rdt Phyto [qx/ha] » du Tableau 3.3. Il s'agit de la fumure totale de 240 kg N/ha (120-0-120) ainsi que de la fumure totale de 360 kg N/ha (120-120-120).

Pour la variété Mentor, panifiable, le rendement phytotechnique maximal s'élève à 126.0 qx/ha (Tableau 3.4). Il est obtenu avec une fumure totale de 240 kg N/ha. Des rendements statistiquement équivalents sont obtenus avec des fumures totales plus élevées et également avec des fumures totales beaucoup plus faibles. Ces fumures sont mises en évidence dans les cellules en gris dans la colonne « Rdt Phyto [qx/ha] » du Tableau 3.4.

Pour la variété Chevignon, fourragère, le rendement **économique** optimal s'élève à 132,3 qx/ha et est obtenu avec une fumure totale de 240 kg N/ha (120-120-0). Lors de l'analyse du rendement économique de cet essai, un ensemble de fumure permet de donner un rendement économique équivalent à l'optimum à 5% (Figure 3.1). En effet, tenant compte du coût de l'engrais, et plus précisément du coût de l'engrais exprimé en équivalent rendement, les fumures excessives n'apportent pas un gain supplémentaire.

Le rendement économique optimal de la variété panifiable, Mentor, s'élève à 117,2 qx/ha et est obtenu avec une fumure totale de 180 kg N/ha. Comme pour l'essai avec une variété fourragère, une fertilisation faible entraîne des rendements économiques moins importants. Cela s'explique par la capacité à ne pas développer de manière optimale ces composantes de rendement (voir article détaillé sur les composantes du rendement dans le Livre Blanc de Février 2018 dans le point 2.2 de la partie sur la fertilisation azotée).

Le \*en trois fractions : 60 N au tallage – 60 N au redressement – 65 N à la dernière feuille ; en deux fractions : 90 N au tallage-redressement – 95 N à la dernière feuille.

représente la réponse optimale du rendement économique (qx/ha) exprimée en pourcentage pour les essais « fumure azotée » de Lonzée entre les années 2017 et 2020 sur des variétés fourragères et planifiables. Le rendement économique optimal est donc obtenu avec des

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

---

fumures élevées et également avec une fumure raisonnée en trois fractions (Objet 8) de 180 kg N/ha.

La fumure conseillée et adaptée du Livre Blanc de 2020 en deux et trois apports (objet 24 et 26) pour la variété Chevignon est présente dans le second groupe lors du traitement statistique des données de rendement phytotechnique et économique. La variété Mentor permet de justifier le conseil adapté du Livre Blanc en fumure azotée de 2020. L'application de la fumure en deux apports (objet 26 ; 80N au tallage-redressement – 85N à la dernière feuille) et en trois apports (objet 24 ; 60N au tallage – 50N au redressement – 55N à la dernière feuille) ont permis d'atteindre des rendements phytotechniques et économiques optimums.

**Tableau 3.5 – Représentation de la réponse optimale du rendement économique (en %) sur six essais « fumure azotée » de Lonzée entre les années 2017 et 2020 sur des variétés fourragère et planifiable.**

N° Objet	T	R	DF	Total [Kg N/ha]	Temps de retour du rdt éco optimal (%)
1	-	-	-	0	0%
2	-	-	60	60	33%
3	-	60	-	60	33%
4	60	-	-	60	33%
5	-	60	60	120	50%
6	60	-	60	120	67%
7	60	60	-	120	67%
8	60	60	60	180	83%
9	-	-	90	90	33%
10	-	90	-	90	67%
11	90	-	-	90	67%
12	-	90	90	180	83%
13	90	-	90	180	83%
14	90	90	-	180	83%
15	90	90	90	270	67%
16	-	-	120	120	33%
17	-	120	-	120	67%
18	120	-	-	120	67%
19	-	120	120	240	83%
20	120	-	120	240	83%
21	120	120	-	240	83%
22	120	120	120	360	33%

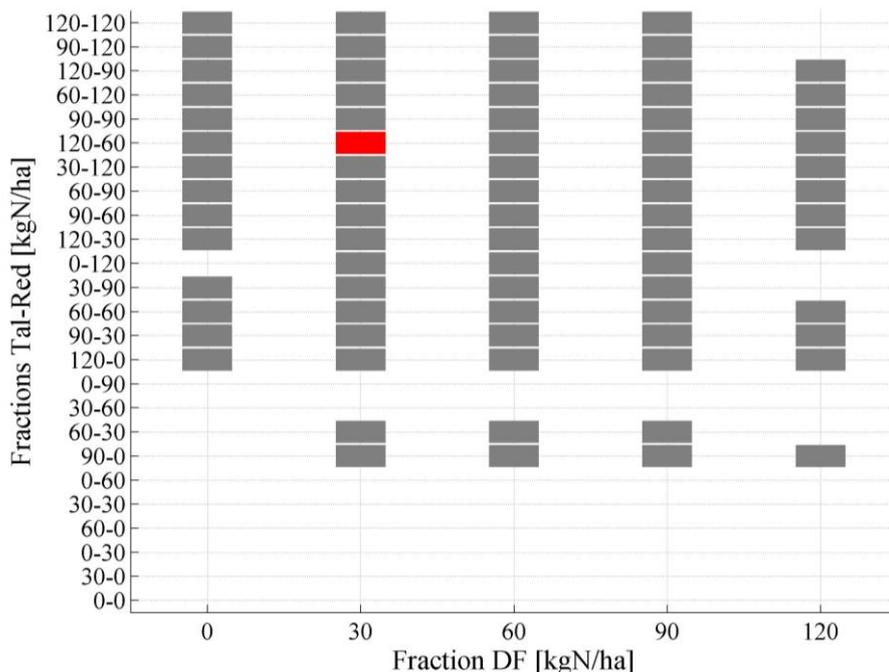
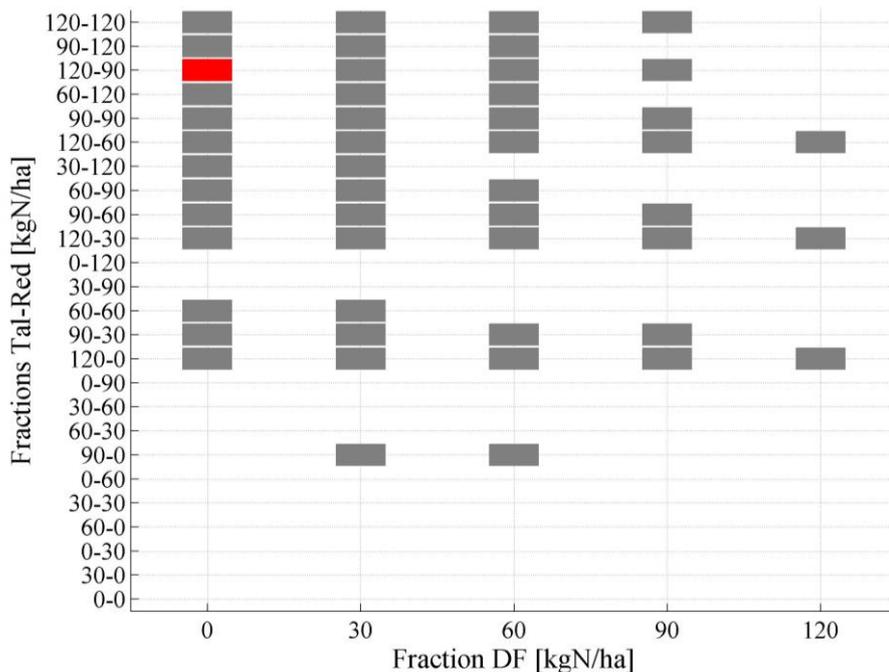
*Dans l'essai sur une variété panifiable à Lonzée, les deux fumures qui avaient été préconisées lors du Livre Blanc de février 2020\* et adaptées selon les recommandations aux conditions de l'essai et de la culture ont permis d'atteindre des rendements phytotechniques et économiques optimum.*

*Dans l'essai sur une variété fourragère à Lonzée, les deux fumures qui avaient été préconisées lors du Livre Blanc de Février 2020\* et adaptées selon les recommandations aux conditions de l'essai et de la culture sont proches des rendements phytotechniques et économiques optimum. Ces fumures sont présentes dans le second groupe lors du traitement statistique tant pour les rendements phytotechniques que les rendements économiques*

*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.*

\*en trois fractions : 60 N au tallage – 60 N au redressement – 65 N à la dernière feuille ; en deux fractions : 90 N au tallage-redressement – 95 N à la dernière feuille.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver



**Figure 3.1 – Rendement économique équivalent à l’optimum (avec une variabilité de 5%) en fonction des fractions réalisées aux tallages, redressements et dernières feuilles de l’essai « fumure azotée » pour une variété fourragère (en haut) et pour une variété panifiable (en bas) pour respectivement les variétés Chevignon et Mentor - Lonzée 2020.**

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

Les poids de mille grains sont élevés pour l'essai avec la variété Mentor ; 45.9 grammes en moyenne. Le second essai (variété Chevignon) présente des poids de mille grains plus élevés cependant, il s'agit d'une variété fourragère ; 51.7 grammes en moyenne. Un poids de mille grains minimal de 49,7 grammes et maximal de 54,0 est obtenu pour cet essai.

Le poids à l'hectolitre de ces deux essais est supérieur à 80 kg/hl. Des valeurs moyennes de 82,7 kg/hl et 82,1 kg/hl caractérisent, respectivement, le poids à l'hectolitre pour l'essai « Mentor » et l'essai « Chevignon ». Les poids à l'hectolitre caractérisant l'essai « Chevignon », ayant été obtenu avec des fumures totales inférieures à 180 kg N/ha et n'ayant pas reçu de fertilisation à la dernière feuille, sont plus faibles. Les objets 1, 3, 4, 7, 10, 11, 14, 17 et 18 sont donc statistiquement différents de l'objet 16 (poids à l'hectolitre le plus élevé).

Pour l'essai « Mentor », le poids à l'hectolitre le plus important est observé pour les objets 9 et 29 avec une valeur de 84,5 kg/hl.

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

Dans l'essai « Chevignon », l'objet 22, caractérisé par la fumure la plus forte (360 kg N/ha), présente logiquement la teneur en protéines la plus élevée. Ce taux élevé de protéines est dû à la fertilisation azotée exagérée de cet objet. Cette année, les taux de protéines ont été impactés négativement par les rendements élevés qui ont été observés. En moyenne, le taux de protéines est légèrement supérieur à 11%. L'objet 22 de l'essai avec la variété Mentor ne possède pas la valeur en protéines la plus élevée. Néanmoins, cet objet reste relativement proche de la valeur maximale avec une valeur de 12.1%. La valeur la plus élevée est obtenue avec l'objet 16 qui est caractérisé par une fumure de 120 kg N/ha apporté lors de la dernière feuille. Cette valeur élevée s'explique par l'effet de dilution.

L'indice Zélény a une valeur moyenne de 27.0 ml et de 32.0 ml pour, respectivement, l'essai « Chevignon » et l'essai « Mentor ». Les rapports moyens Z/P de ces essais sont 2.4 pour l'essai « Chevignon » et de 2.9 propre à l'essai « Mentor ».

- **Nombres de grains/m<sup>2</sup>, nombres d'épis/m<sup>2</sup>, nombres de grains/épis et quantité d'azote dans les grains (kg N/ha).**

Un nombre de grains par mètre carré et un nombre d'épis par mètre carré élevé sont liés à des fertilisations azotées importantes. Les résultats les plus élevés sont, respectivement, de 26808 grains/m<sup>2</sup> (objet 21 ; 240 kg N/ha) et de 411.6 épis/m<sup>2</sup> (objet 14 ; 180 kg N/ha) pour l'essai « Chevignon » ainsi que de 30.609 grains/m<sup>2</sup> et de 455 épis/m<sup>2</sup> pour l'objet 22 (360 kg N/ha) de l'essai « Mentor ».

Cette année, l'ensemble des objets obtenus un nombre de grains par épis statistiquement non différent. L'objet 17 (120 kg N/ha ; essai « Chevignon ») et l'objet 19 (240 kg N/ha ; essai « Mentor ») présentent les plus grands nombres de grains/épis avec des valeurs respectives de 75.3 grains/épis et de 82.3 grains/épis.

Les résultats de l'essai « Mentor » relatifs à la quantité d'azote présente dans les grains ont illustré l'importance de l'apport de la fumure à la dernière feuille. L'ensemble des objets ayant reçu au minimum de 200 kg N/ha comme fumure totale ont alors des valeurs de quantité

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

---

d'azote dans les grains statiquement équivalents à la valeur la plus élevée (241.0 kg N/ha pour l'objet 22). De plus, deux objets (28 et 29) dont la fumure totale est inférieure à 200 kg N/ha sont également équivalents à l'objet 22. Ces deux objets montrent que cette année, un apport de 40 kg N/ha lors du début de la floraison a pu être valorisé par les grains.

- **Efficacité d'un quatrième apport sur la teneur en protéine pour l'essai panifiable (variété : Mentor)**

Les objets présents dans le

Tableau 3.76 et le

Tableau 3.67 permettent de tester l'efficacité d'un quatrième apport d'azote au stade floraison. Les objets 27 à 29 sont conduits avec une fertilisation en 3 passages. Ces 3 objets sont dérivés de l'objet 25 caractérisé par la fumure conseillée du Livre Blanc de 2020 en deux fractions (90-95 kg N/ha). Un ajout de 40 kg N/ha au début de la floraison a été systématiquement apporté. Ces objets diffèrent donc de l'objet 25 par :

- l'ajout de 40 kg N/ha au début de la floraison (objet 27) ;
- l'ajout de 40 kg N/ha au début de la floraison ainsi que la diminution de l'apport de la fumure à la dernière feuille de 40 kg N/ha (l'objet 28);
- l'ajout de 40 kg N/ha au début de la floraison ainsi que la diminution de l'apport de la fumure au stade tallage-redressement de 40 kg N/ha (objet 29).

Le

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

---

Tableau 3.67 est composé d'objets dérivés de la fumure de l'objet 23 qui représente la fumure conseillée du Livre Blanc 2020 en trois apports (60-60-65 kg N/ha). Ces objets diffèrent donc de l'objet 23 par :

- l'application d'une application unique au redressement (0-60-0 kg N/ha : objet 3) ;
- l'application d'une application unique au tallage (60-0-0 kg N/ha : objet 4) ;
- l'application d'une application au tallage et au redressement (60-60-0 kg N/ha : objet 7) ;
- l'ajout de 40 kg N/ha au début de la floraison (objet 30) ;

Pour la variété Mentor (

Tableau 3.76), l'apport d'une fumure supplémentaire de 40 kg N/ha au stade début floraison (objet 27) n'apporte qu'une centaine de kilogrammes de rendement en plus (non significatif statistiquement). Cependant un gain en qualité est bien présent (significatif statistiquement) pour les objets 27 et 29. Les valeurs du taux de protéines, du Zélény et du rapport Z/P sont plus intéressantes avec cet ajout de fertilisation (40 kg N/ha) au stade début floraison.

L'apport d'une fumure supplémentaire de 40 kg N/ha au stade début floraison apporte quelques centaines de kilogrammes de rendement en plus. Cependant, cet apport reste non significatif statistiquement (

Tableau 3.67). Un gain en qualité est également bien présent (significatif statistiquement) dû à l'ajout de ces 40 kg N/ha (objets 30). Les valeurs du taux de protéines, du Zélény et du rapport Z/P significatives différentes entre la fumure conseillée du Livre Blanc de 2020 et cette même fumure avec un ajout de 40 kg N/ha au début de la floraison.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

**Tableau 3.6 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), Zélny (ml) et le rapport Zélny sur la teneur en protéines, poids de 1000 grains PMG (g), nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), nombre de épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), nombre de grains/épis, et de la quantité d'azote dans les grains (kg N/ha) observés dans l'essai « fumure azotée » de la variété Mentor pour les objets 1, 25 et 27 à 29 de Lonzée.**

N°	T	TR	Red	DF	Deb Flo	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx /ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg /hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P	PMG [g]	Nbr grains [grains / m <sup>2</sup> ]	nbre épis [épis / m <sup>2</sup> ]	grains / épi	Qtot N grains [Kg N/ha]
1						0	81,2	81,2	80,4	9,1	20,8	2,3	47,1	17232	253	68,0	118
25	90			95		185	119,9	<b>112,8*</b>	83,5	11,6	36,5	3,1	46,7	25667	<b>392*</b>	65,5	223
27	90		95	40	225		<b>120,9*</b>	112,3	83,8	<b>12,14*</b>	39,5	3,3	46,0	<b>26268*</b>	359	73,1	<b>235*</b>
28	90			55	40	185	119,3	112,3	83,8	11,8	38,0	3,2	47,4	25213	321	<b>78,5*</b>	225
29	50			95	40	185	116,0	108,9	<b>84,5</b>	12,1	<b>40,8</b>	<b>3,4*</b>	<b>48,5*</b>	23937	332	72,2	224

\* 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'hectolitre (kg/hl), le taux de protéine (%), le zélny (ml), la valeur du rapport du zélny 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

**Tableau 3.7 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), Zélny (ml) et le rapport Zélny sur la teneur en protéines, poids de 1000 grains PMG (g), nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), nombre de épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), nombre de grains/épis, et de la quantité d'azote dans les grains (kg N/ha) observés dans l'essai « fumure azotée » de la variété Mentor pour les objets 1, 3, 4, 7, 23 et 30 de Lonzée.**

N°	T	TR	Red	DF	Deb Flo	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx /ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg /hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P	PMG [g]	Nbr grains [grains / m <sup>2</sup> ]	nbre épis [épis / m <sup>2</sup> ]	grains / épi	Qtot N grains [Kg N/ha]
1						0	81,2	81,2	80,4	9,1	20,8	2,3	<b>47,1*</b>	17232	253	68,0	118
3			60		60		103,2	101,0	81,0	9,5	21,8	2,3	46,1	22446	295	75,9	156
4	60				60		105,3	103,1	80,7	9,3	20,8	2,2	44,3	23763	340	69,9	158
7	60		60		120		116,4	111,9	81,7	10,1	24,0	2,4	45,1	25843	348	74,1	187
23	60		60	65	185		121,9	114,8	82,9	11,4	33,3	2,9	44,7	27270	358	<b>76,3*</b>	222
30	60		60	65	40	225	<b>123,6*</b>	<b>115,1*</b>	<b>83,2*</b>	<b>11,8*</b>	<b>37,8*</b>	<b>3,21*</b>	45,0	<b>27485*</b>	<b>402*</b>	68,4	<b>232*</b>

\* 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'hectolitre (kg/hl), le taux de protéine (%), le zélny (ml), la valeur du rapport du zélny 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

## 2.2 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 ;
- ❖ Epuisant 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 2020-2021**

Du mois d'août au mois de décembre inclus, la température moyenne sous abri enregistrée à la station météorologique d'Ernage du Centre wallon de Recherches Agronomiques a été supérieure à la normale saisonnière (Tableau 3.8). Des températures supérieures à la normale saisonnière de plus de 2 degrés ont été enregistrées pour les mois d'août et de novembre. La somme des températures est donc plus élevée pour ce début de saison culturale.

La pluviométrie des mois d'août et novembre a été inférieure aux précipitations normales observées. Septembre et octobre ont été marqués par des précipitations abondantes. Ensuite, le mois de décembre a connu une pluviométrie proche de la normale.

Enfin, le mois de janvier a été plus humide que la normale. La saison hivernale peut être considérée comme une saison humide par rapport aux valeurs normales.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

**Tableau 3.8 – Températures moyenne de de l'air sous abri et précipitations moyennes enregistrées en 2020-2021 (Ernage - Gembloux).**

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
<b>Température moyenne Air (C°)</b>						
Observées	20,6	15,9	11,2	8,3	5,1	2,3
Normales	17,1	14,1	10,6	6,2	3,3	2,5
<b>Précipitations (mm)</b>						
Observées	44,4	84,1	86,3	25,5	82,2	126,2
Normales	82,0	62,4	69,2	67,9	75,8	69,4

- **La situation moyenne du profil en azote minéral du sol au 5 février 2020**

Entre le 18 janvier et le 1<sup>er</sup> février 2021, 89 parcelles ont été échantillonnées par les services provinciaux du Hainaut (Ath), par le CRA-W (Unité Fertilité des sols et Protection des eaux), par le CePiCOP et par Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège (GRENeRA et Unité de Phytotechnie) sur une grande partie de la région wallonne en veillant à l'étendre à des situations culturales suffisamment contrastées, notamment en fonction des précédents culturaux. De plus, des résultats seront ultérieurement (première quinzaine de février) disponibles grâce à la collaboration entre ces organismes et aux travaux réalisés par les services provinciaux de Liège (Tinlot), du Brabant Wallon (La Hulpe), de Namur (Ciney) et du Luxembourg (Michamps). L'échantillonnage des profils en froment d'hiver a été réalisé sur 90 cm de profondeur.

**Tableau 3.9 – Comparaison pour les 10 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N-NO3/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.**

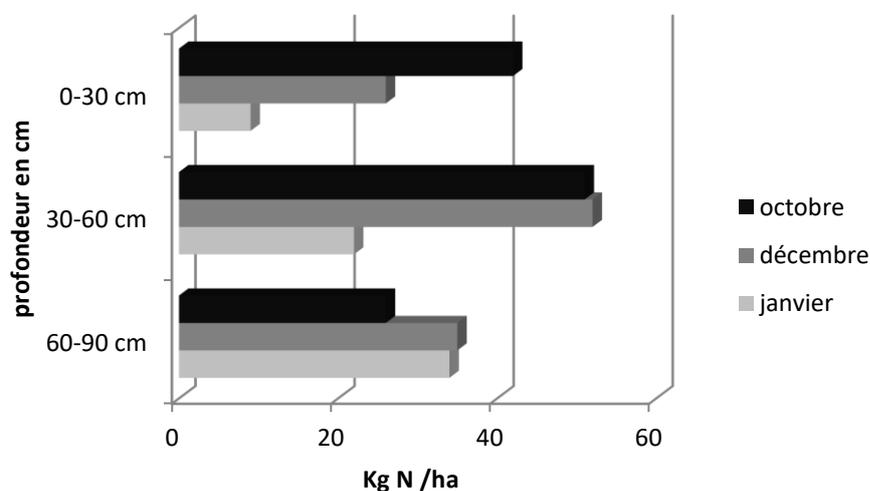
		Année	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
Nombre de situations			89	101	179	138	148	163	137	156	118	48
Profondeur (cm)	0-30		15	14	12	9	22	9	9	11	10	13
	30-60		23	20	30	11	34	12	13	14	13	20
	60-90		31	25	43	18	24	17	16	18	17	24
Total (cm)		0-90	68	59	85	39	79	39	38	43	40	57

Le Tableau 3.9 révèle que le profil moyen en sortie d'hiver est plus riche qu'en 2020. Il est, avec les données récoltées jusqu'au 1<sup>er</sup> février, de 68 kg N/ha sur un profil de 90 cm. La disponibilité en azote est donc plus importante que l'an dernier. Elle est également plus importante que la teneur moyenne en azote minéral de ces dix dernières années (57 kg N/ha).

Il est également très intéressant de s'attarder sur la répartition de cet azote dans le sol. La partie supérieure du profil (de 0 à 30 cm) contient 15 kg N/ha soit un peu plus de 20% de l'azote présent dans le profil azoté (90 cm de profondeur). La partie comprise entre 30 et 60 cm comporte 23 kg N/ha et le bas du profil, compris entre 60 et 90 cm de profondeur, est riche puisqu'on y observe en moyenne 31 kg N/ha (plus de 40% de l'azote présent dans le profil azoté).

La Figure 3.2 illustre l'évolution de la distribution de l'azote présent dans le profil du sol en fonction du temps. Entre les mois d'octobre et de janvier, suite à une pluviométrie d'environ 180 mm, l'azote présent initialement dans la couche supérieure a migré vers les deuxième et

troisième couches. De 42 kg N/ha présent en octobre dans la couche 0-30 cm, il ne reste, en janvier que moins de 10 kg N/ha dans cette même couche. Cette importante migration de l'azote nitrique est due à la lixiviation consécutive aux précipitations importantes observées ces derniers mois.



**Figure 3.2 – Illustration de la lixiviation observée durant l’automne et l’hiver 2020-2021 après cultures de pommes de terre dans le réseau de parcelles de GRENeRA. Quantités moyennes d’azote minéral en kg N/ha observées sur 10 parcelles en octobre, décembre et en janvier en région limoneuse (9) et en Condroz (1).**

Le reflet des profils azotés pour les différents précédents est présenté dans le Tableau 3.10. Les profils les plus élevés sont rencontrés pour les précédents culturaux de pomme de terre ainsi que des légumineuses et de chicorée. Dans ces trois situations, on retrouve plus de 75 kg N/ha. Les précédents froment\*, lin, betterave ainsi que colza montrent des profils azotés compris entre 37 kg N/ha et 57 kg N/ha (\* données présentes pour moins de 5 profils azotés). Enfin, après un précédent maïs, on observe un profil azoté ‘intermédiaire’ de 67 kg N/ha.

Il est important de préciser que ces valeurs sont le résultat de prélèvements et d’analyses réalisées dans la seconde partie du mois de janvier. Suite aux conditions climatiques de mi-janvier jusque début février (pluviométrie importante supérieure à 80 mm), il est fort probable que la quantité d’azote présente dans le profil soit plus faible. La Figure 3.2 illustre ces propos : la pluviométrie enregistrée de fin octobre à mi-janvier (~ 180 mm) a occasionné la perte de 55 kg N/ha dans le profil 0 - 90 cm.

De plus, une grande variabilité est présente dans les profils ; cette variabilité illustre les contextes pédo-climatiques variés rencontrés en Wallonie mais également les différences en terme de fertilisation pour la culture précédente. A titre d’exemple, le reliquat azoté observé dans les 19 parcelles en précédent maïs est dans la moitié des cas, compris entre 47 et 81 kg N/ha ; ce qui signifie que dans un quart des situations, il est supérieur à 81 kg N/ha (le maximum observé est de 152 kg N/ha) et que dans un quart des situations, il est inférieur à 47 kg N/ha (le minimum observé est de 18 kg N/ha).

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

**Tableau 3.10 – Profils azotés moyens (en kg N/ha) observés sur 90 cm en froment d'hiver en Wallonie pour différents précédents culturaux (betterave, pomme de terre, colza, légumineuse, maïs, lin, froment d'hiver et chicorée).**

		Wallonie									
		Précédent	Betterave	P.d.Terre	Colza	Légumineuse*	Maïs	Lin *	Froment *	Chicorée	moyenne
<b>Nb situation</b>		<b>17</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>89</b>	
Profondeur	0-30 cm	16	15	13	22	12	14	9	16	15	
	30-60 cm	19	31	15	44	22	14	12	28	23	
	60-90 cm	21	40	21	60	33	21	17	32	31	
<b>Total</b>	<b>0-90 cm</b>	<b>57</b>	<b>87</b>	<b>49</b>	<b>125</b>	<b>67</b>	<b>48</b>	<b>37</b>	<b>76</b>	<b>68</b>	
	Min	29	49	27	67	18	29	32	42		
	Max	114	221	93	182	152	83	40	114		

\* situation avec moins de 5 profils azoté

#### • Etat des cultures en sortie hiver

Dans les semis de la plateforme expérimentale de Lonzée, à la date du 04 février 2021, les stades des froments observés dans les essais « dates de semis » sont :

- ❖ Semis de mi-octobre : plein tallage ;
- ❖ Semis de mi-novembre : 3-4 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.*

#### 2.3 La détermination pratique de la fertilisation azotée

Ci-dessous vous trouverez quelques liens utiles afin de réaliser une fertilisation azotée optimale :

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

<http://www.cereales.be/thematiques/fumures/froment/>

- ❖ Le rappel des 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/froment/determination-pratique-froment/>

L'entièreté des documents présentés dans le Livre Blanc Céréales sont également disponibles sur le site internet ([www.livre-blanc-cereales.be](http://www.livre-blanc-cereales.be)), accessible en suivant le lien ou en utilisant le QR code à la Figure 3.3.



Figure 3.3 – QR code pour se rendre sur le site internet [www.livre-blanc-cereales.be](http://www.livre-blanc-cereales.be).

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

---

- **Les fumures de référence pour la saison 2020-2021**

La fumure de référence pour 2021 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.

Il est important de préciser que même si les profils azotés sont élevés. 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 185 kg N/ha est donc conseillée pour l'année culturale 2020-2021.

Il est donc déconseillé de faire l'impasse d'un apport en sortie d'hiver pour les cultures qui ne seront à la reprise de la végétation qu'au stade début tallage.

Cependant pour éviter une surfertilisation de la culture, en fonction du précédent cultural et de l'état de la culture, une réduction de l'apport en azote au stade redressement et/ou dernière feuille pourrait s'avérer nécessaire ; il faudra être très attentif aux correctifs proposés dans les tableaux ci-après et en cours de saison à l'état de la culture dans chaque parcelle.

Les deux fumures de références proposées en 2021 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>90 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille</b>	<b>95 N</b>

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.

- **Choisir un schéma en deux ou en trois fractions**

A ce stade, les deux schémas de fractionnement sont adaptés. Le choix du schéma de fractionnement sera réfléchi selon votre parcelle et votre précédent. Dans tous les cas, il vous est recommandé de calquer votre schéma d'apport sur base des prévisions de précipitations et d'apporter votre fertilisation avant une pluie afin de maximiser l'efficacité du prélèvement d'engrais par la plante.

Une fertilisation en trois apports est à privilégier dans la majorité des situations. Elle est indispensable dans les circonstances suivantes :

- ❖ Structure de sol abîmée par des récoltes tardives ou en mauvaises conditions ;
- ❖ Terre à mauvais drainage naturel ;
- ❖ Sol complètement glacé ou refermé, dégâts d'hiver, de traitements herbicides, de parasites, déchaussements, ...
- ❖ Sol avec de faibles disponibilités en azote en sortie hiver ;
- ❖ Besoin en paille élevé sur l'exploitation ;
- ❖ Dans les semis tardifs (après le 15 novembre) ;
- ❖ Dans le cas d'un précédent froment, afin de favoriser la progression racinaire et compenser l'effet néfaste des maladies du système racinaire ;
- ❖ Si la végétation est trop claire ou la densité de végétation faible en sortie d'hiver ;
- ❖ A fortiori, dans toutes les situations culturales où on soupçonne que le système racinaire du froment se développera difficilement et ne permettra pas à la culture de trouver dans le sol les quantités minimales d'azote dont elle a besoin pour assurer le développement d'un nombre suffisant de tiges.

Une fertilisation en deux fractions peut être envisagée dans les situations suivantes :

- ❖ Précédents culturels laissant des reliquats élevés, tels qu'après une culture de légumineuse, légume ou pomme de terre ;
- ❖ Dans le cas d'un précédent betterave dont l'arrachage a été effectué précocement (avant le 15 octobre) dont le profil n'aurait pas été épuisé (voir analyse de sol) ;
- ❖ Dans le cas de semis précoces et/ou si la végétation est fortement avancée (la culture a déjà produit beaucoup de tiges) ;
- ❖ Sur des parcelles où les restitutions de matières organiques sont importantes et/ou fréquentes ;
- ❖ Productions de froment destinées à une valorisation en meunerie.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

---

- **Apporter une fraction complémentaire à l'épiaison ?**

Lorsque la fumure a été correctement calculée, un apport d'azote supplémentaire à l'épiaison ne se justifiera sans doute pas, sauf les années exceptionnelles. Dans la majorité des situations, les accroissements de rendement liés à un apport à l'épiaison sont, en effet, quasi nuls ; et cela pourrait aboutir à surfertiliser la culture et à augmenter le reliquat post récolte.

Un autre danger des fumures tardives (après le stade dernière feuille) trop importantes est en effet de retarder la maturation de la culture, ce qui, certaines années, pourrait s'avérer préjudiciable (difficulté de récolte, perte de qualité, indice de chute de Hagberg insuffisant).

L'intérêt de cette fraction supplémentaire est de peut-être améliorer la qualité (protéines, Zéleny) de la production. L'intérêt de cette fraction complémentaire ne se justifie donc que si la récolte est valorisée à un meilleur prix.

*Un apport complémentaire d'azote autour du stade épiaison ne doit être appliqué qu'exceptionnellement et doit toujours être de faible importance.*

- **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 :

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

## 2.4 Calcul de la fumure azotée pour 2021

Les fumures de référence en 2021 :

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>90 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille</b>	<b>95 N</b>

*Quel que soit le système d'apport choisi, chaque fraction devra être raisonnée*

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

Nous insistons durant ce printemps 2021 sur l'importance de calculer les doses pour chaque parcelle et chaque fraction ; la variabilité des disponibilités entre les précédents culturaux et entre parcelles sont plus importantes que d'habitude eu égard aux disponibilités plus élevées que d'habitude dans les profils de sol. C'est pourquoi un point spécifique est réalisé dans les pages suivantes sur le facteur N.PREC, fonction du précédent avec la mise à jour des données pour le conseil en fumure de cette année.

### 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 2021 dans 89 situations.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

Tableau 3.11 – 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 et chicorées					
Arrachées avant le 15 octobre	0	0	0	0	0
Arrachées après le 15 octobre	+10	+10	0	Non recommandé	
Pois protéagineux, pois de conserverie, féveroles, haricots	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	-10	Non recommandé	
Chaumes	+10	+10	0	Non recommandé	
Pailles sans azote et maïs grain	+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 laissé par la culture précédente.

Après légumes et de manière générale pour les situations non reprises dans le Tableau 3.11, 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.

**2.4.1 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. ORG A	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	60	-						
Intermédiaire T-R		90						
Redressement	60	-						
Dernière feuille	65	95						

(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. ORG A	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	60	-						
Intermédiaire T-R		90						
Redressement	60	-						
Dernière feuille	65	95						

## 3 La fertilisation azotée en Escourgeon

### 3.1 Résultats des expérimentations en 2020

Les résultats d'essais sur la fumure azotée proviennent des plateformes de Lonzée (ULiège 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 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**2 reprend les itinéraires techniques de l'essai de Ath et des deux essais de Lonzée.

**Tableau 3.12 – Itinéraire technique des essais implantés à Ath et Lonzée.**

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>	11-oct	225 grains/m <sup>2</sup>	11-oct	175 grains/m <sup>2</sup>	11-oct
Précédent	Froment	-	Pomme de terre	-	Pomme de terre	-
Profil azoté réalisé en Janvier 2020	profondeur 0-30 cm	12 (kg/ha)	profondeur 0-30 cm	10 (kg/ha)	profondeur 0-30 cm	10 (kg/ha)
	profondeur 30-60 cm	13 (kg/ha)	profondeur 30-60 cm	19 (kg/ha)	profondeur 30-60 cm	19 (kg/ha)
	profondeur 60-90 cm	13 (kg/ha)	profondeur 60-90 cm	33 (kg/ha)	profondeur 60-90 cm	33 (kg/ha)
	Total N minéral	38 (kg/ha)	Total N minéral	62 (kg/ha)	Total N minéral	62 (kg/ha)
Apport de fumure	Tallage (T)	18-mars	Tallage (T)	17-mars	Tallage (T)	17-mars
	Redressement (R)	06-avr	Redressement (R)	02-avr	Redressement (R)	02-avr
	Dernière feuille (DF)	23-avr	Dernière feuille (DF)	28-avr	Dernière feuille (DF)	28-avr
Désherbage	Herold 0,6l/ha + AZ500 120c/125	08-oct	Axial 1,2l/ha + Biathlon duo 70g/ha	15-mars	Axial 1,2l/ha + Biathlon duo 70g/ha	15-mars
	Allié 25g/ha + starane Forte 0.	08-avr				
Raccourcisseur	Medax Top 1l/ha	29-mars	Ethephon 1,25l/ha	27-avr	Ethephon 1,25l/ha	27-avr
	Medax Max 0,75kg/ha	26-avr				
Fongicide	Fandango Pro 1,3l/ha	10-avr	-	-	-	-
	Priaxor 0,9l/ha + Caramba 0,9l/ha + Bravo 1l/ha	22-avr	Cerix 1,75l/ha + Bravo 1l/ha	27-avr	Cerix 1,75l/ha + Bravo 1l/ha	27-avr
Insecticide	Patriot Protech 0,4l/ha + Pirim	17-oct	Karate Zéon 0,05l/ha	11-déc	Karate Zéon 0,05l/ha	11-déc
	Karaté Zéon 0,05l/ha	08-nov				
Récolte	-	07-juil	-	12-juil	-	12-juil

#### 3.1.1 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 2020 est de 160 €/T et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) est de 195€ avec une TVA appliquée de 6%. Les rendements économiques repris dans ce chapitre seront donc exprimés selon le rapport 4.5 à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à 4.5 kilogrammes d'escourgeon (1 kg N = 4.5 kg d'escourgeon).

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**3 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 2020, la plupart des schémas de fertilisation ont permis

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

d'obtenir des rendements statistiquement similaires. Seul le témoin non fertilisé et l'objet 2 (120uN) ne permettaient 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.

Lorsque que l'on prend en compte le coût de l'azote grâce au calcul du rendement économique, tous les schémas de fertilisation sont statistiquement équivalents à l'exception du témoin sans apport d'azote.

**Tableau 3.13 – Résultats de l'essai « fumures » réalisé en 2020 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 (%) ainsi que le poids de mille grains (g) pour cet essai.**

KWS Orbit									
Objet	T 08-mars	R 27-mars	DF 02-mai	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Teneur en protéines [%]	PMG [g]
1	0	0	0	0	75	75	67	7,9	55
2	40	40	40	120	116	111	69	10,4	56
3	50	40	50	140	120	113	<b>69*</b>	9,9	<b>56*</b>
4	45	55	50	150	123	116	68	10,9	55
5	0	100	50	150	124	117	68	11,0	55
6	55	50	55	160	122	115	69	11,2	55
7	60	50	70	180	<b>128*</b>	<b>120*</b>	69	11,3	56
8**	60	50	70	180	124	116	69	11,3	54
9	60	60	80	200	123	114	68	11,6	55
10	70	60	90	220	127	117	68	<b>11,6*</b>	55

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique, le rendement économique, le poids à l'hectolitre (kg/hl), le poids de milles grains (g) ainsi que le nombre de grains/m<sup>2</sup>. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

\*\*Engrais contenant du soufre (sulfonitrate 32%S)

L'impasse de la fumure au tallage (objet 5) n'a pas été pénalisante. 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'est pas bonne.

Au prix de vente de 160 € la tonne d'escourgeon et au prix d'achat de 195€ la tonne d'ammonitrate 27%, le meilleur revenu est atteint avec 180 kgN/ha donnant un rendement économique de 120 qx/ha.

L'apport de soufre (sous forme de sulfonitrate 32%S) n'a pas permis de bénéficier d'un gain de rendement.

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

---

- **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 le témoin sans azote pour lequel le poids à l'hectolitre est plus faible. A part la fumure à base de sulfonitrate (objet 8), toutes les fumures ont permis d'atteindre un poids de mille grains statistiquement équivalent.

Ces dernières années montrent que la fumure influence peu le poids à l'hectolitre et le poids de mille grains.

- **Teneur en protéines**

Les schémas de fertilisation avec des fumures totales inférieures à 150 kgN/ha ont atteint des niveaux de teneur en protéines inférieurs aux schémas plus intensifs.

- **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 que cette année, l'apport de soufre n'était pas bénéfique en escourgeon. Il a même été pénalisant pour le poids de mille grains.

#### **3.1.2 Analyse des essais fumures réalisés à Loncée (ULiège Gx-ABT)**

Le fractionnement de la fumure azotée a été étudié sur deux essais mis en place à Loncée (Gx-ABT) ; le premier a été réalisé avec la variété KWS Faro (variété lignée et brassicole), le second avec la variété Wootan (variété hybride). Le choix de réaliser deux essais séparés pour les variétés lignées et hybride 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 2020 de 160€/T et un prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) de 195€ avec une TVA appliquée de 6%.

1.1.2.1. Essai fumure sur la variété lignée brassicole KWS Faro

**Tableau 3.14 – Résultats de l’essai « fumures » réalisé à Loncée (Gx-ABT) en 2020 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) ainsi que le nombre d’épis, le nombre de grains par mètre carré et le nombre de grains par épis.**

KWS Faro (lignée brassicole)												
Objet	T	R	DF	Total	Rdt Phyto	Rdt Eco	P/HL	Teneur en	PMG	Nombre	Nombre	Nombre
	14-mars	11-avr	24-avr	[Kg N/ha]	[qg/ha]	[qx/ha]	[kg/hl]	protéines	[g]	d’épis/m <sup>2</sup>	de grains par m <sup>2</sup>	de grains par épis
1	-	0	0	0	74	74	65,9	8,2	48	390	15232	39
2	-	35	0	35	97	96	66,9	8,2	48	519	20375	39
3	35	35	0	70	105	102	67,1	9,2	48	583	21887	38
4	70	35	0	105	114	110	67,2	9,7	48	572	23726	41
5	-	35	35	70	101	98	66,9	9,7	49	465	20782	45*
6	35	35	35	105	111	106	67,6	10,0	49	633	22921	36
7	70	35	35	140	115	109	67,6	10,8	47	564	24323	43
8	-	70	0	70	108	105	67,3	8,6	47	587	22805	39
9	35	70	0	105	116	111	67,6	9,6	48	617	24300	39
10	70	70	0	140	122	116*	67,6	10,3	47	666	26031*	39
11	-	70	35	105	112	107	67,7	10,1	49	604	22934	38
12	35	70	35	140	116	110	67,7	10,7	48	649	24163	37
13	70	70	35	175	119	111	67,4	11,6	47	693	25038	36
14	-	70	70	140	118	112	67,8	11,4	48	604	24480	41
15	35	70	70	175	117	109	67,9	11,9	49	596	23948	40
16	70	70	70	210	121	112	67,9	12,5*	49*	681	24762	36
17	-	105	70	175	121	113	68,2	11,8	48	672	25387	38
18	35	105	70	210	123	114	68,0	12,3	48	706*	25845	37
19	-	105	105	210	124*	115	68,2*	12,4	48	648	25897	40
20	55	55	50	160	121	114	67,6	11,4	48	680	25159	37

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique, le rendement économique, le poids à l’hectolitre (kg/hl), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre de grains/m<sup>2</sup>. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

- **Rendement phytotechnique et économique**

L’analyse statistique indique qu’en 2020, pour la variété lignée KWS Faro, les fumures totales supérieures à 140 kgN/ha à l’exception des objets 7 et 12 ont permis de maximiser les rendements phytotechniques.

Au niveau des rendements économiques, l’impasse de la fumure au tallage a été pénalisante dans les schémas à fumure totale faible, il peut par contre être compensé par un deuxième et troisième apports plus élevés (comme par exemple les objets 14, 17 et 19). Le calcul des rendements économiques a tendance à lisser les résultats de cet essai. Les grosses fumures, 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 10 (70-70-0). Ce faible apport est par contre en général pénalisant sur la teneur en protéines.

En général, **les variétés lignées** réagissent mieux à des schémas de fertilisation équilibrés et sont pénalisées lorsque l’apport total d’azote est élevé. Depuis deux ans, le contraire est

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

---

observé dans les essais. Une des explications se trouve dans les rendements élevés obtenus dans les terres profondes depuis deux ans qui impliquent des besoins importants en azote.

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

En 2020, 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 grains par mètre carré.

Le nombre de grains est lié principalement à deux facteurs. Il faut tout d'abord un nombre de talles suffisant qui est en grande partie lié à la fraction de tallage. **Le Erreur ! Source du renvoi introuvable.**4 montre que la plupart des objets qui ont reçu peu d'azote au tallage (35kgN/ha ou moins) ont un nombre de grains par m<sup>2</sup> plus faible que les objets ayant reçu au moins 55 unités au tallage. Un faible apport, voire 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.

- **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 trois fumures totales de plus 210kgN/ha ont permis de maximiser la teneur en protéines.

**Message à retenir pour les variétés lignées en 2020 :**

- **Année à très haut rendement → besoins en azote importants**
- **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**

### 1.1.2.2. Analyse de l'essai fumure réalisé à Loncée (ULiège Gx-ABT) pour la variété hybride Wootan

**Tableau 3.15 – Résultats de l'essai « fumures » réalisé à Loncée (Gx-ABT) 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 d'épis, le nombre de grains par mètre carré et le nombre de grains par épis.

Objet	Wootan (hybride)											
	T 14-mars	R 11-avr	DF 24-avr	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qg/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Teneur en protéines [%]	PMG [g]	Nombre d'épis/m <sup>2</sup>	Nombre de grains par m <sup>2</sup>	Nombre de grains par épis
1	-	-	-	0	73	73	68	8,6	48	348	15349	44
2	-	35	-	35	89	88	69	9,0	50	467	17980	39
3	35	35	-	70	97	94	70	9,4	49	500	19729	39
4	70	35	-	105	106	101	69	9,9	48	544	21806	40
5	-	35	35	70	94	91	70	10,0	51	433	18234	42
6	35	35	35	105	102	97	69	10,5	51	524	20030	38
7	70	35	35	140	110	103	69	11,1	50	559	21851	39
8	-	70	-	70	100	97	69	10,1	49	543	20361	37
9	35	70	-	105	105	101	69	10,2	49	509	21565	42
10	70	70	-	140	110	103	69	11,0	48	559	22626	40
11	-	70	35	105	105	100	69	10,5	50	509	20923	41
12	35	70	35	140	110	103	69	11,5	50	580	22082	38
13	70	70	35	175	110	102	69	11,2	49	539	22554	42
14	-	70	70	140	109	103	70*	11,3	51*	550	21279	39
15	35	70	70	175	110	102	70	11,7	50	559	21957	39
16	70	70	70	210	115	105	69	12,0	49	598*	23616	39
17	-	105	70	175	118*	110*	70	12,4	49	584	23834*	41
18	35	105	70	210	113	104	70	12,6*	49	554	22999	42
19	-	105	105	210	117	107	70	12,5	49	565	23559	42
20	25	75	75	175	114	106	70	12,1	50	522	22854	44*

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique, le rendement économique, le poids à l'hectolitre (kg/hl), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre de grains/m<sup>2</sup>. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

- **Rendement phytotechnique et économique**

Pour la variété hybride Bazooka, la fumure permettant de maximiser le rendement phytotechnique et économique a été obtenue avec 175 kgN/ha (0-105-70) donnant 118 qx/ha.

Contrairement à la variété lignée KWS Faro, la variété hybride Bazooka 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.

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

Tout comme pour les variétés lignées, le poids à l'hectolitre et le poids de mille grains 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.

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

---

Message à retenir pour les variétés hybrides en 2020 :

- **Les variétés hybrides sont en général moins pénalisées par une fraction de tallage plus faible que les variétés lignées. En 2020, à Lonzée, ce constat est moins marqué vu le contexte de reliquats azotés élevés. Néanmoins ces résultats confirment l'intérêt de différencier le conseil de fumure pour les variétés hybrides par rapport aux variétés lignées.**
- **La fraction de redressement 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.**

**Recommandations pratiques****3.1.3 Conditions particulières de 2021, profil en azote minéral du sol en escourgeon en sortie d'hiver**

Dix-sept parcelles d'escourgeon ont été échantillonnées en ce début d'année 2021 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**6). Les quantités d'azote disponibles dans les 90 premiers centimètres du profil sont supérieures de 10 unités par apport à la moyenne de ces 10 dernières années. Une partie assez importante de l'azote se trouve dans la troisième couche (de 60 à 90 centimètres). Les semaines qui ont suivi les échantillonnages ont été marquées par des pluies relativement importantes. Etant donné que les sols étaient déjà saturés en eau, il est probable que l'azote présent dans les sols soit encore descendu ; ce qui pourrait éventuellement compliquer sa récupération par la culture en début de saison.

**Tableau 3.16 – Comparaison pour les 11 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N-NO3/ha) – CRA-W, GRENeRA de Gx-ABT et l'unité de phytotechnie de Gx-ABT.**

	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Nbr de profils	17	18	29	18	30	34	21	29	22	10	6	5
Profondeur (cm)	KgN/ha											
0-30	10	8	11	8	21	7	6	5	8	9	10	9
30-60	11	7	11	8	32	5	5	5	8	9	12	7
60-90	17	12	15	12	22	7	5	8	10	12	10	9
0-90	41	28	37	28	75	19	16	18	26	30	32	25

**3.1.4 Conseil de fertilisation pour la saison culturale 2020-2021**

La fumure de référence pour 2021 est basée sur les résultats de l'analyse pluriannuelle, sur une analyse des résultats des essais « fumures » de 2020 ainsi que sur base des observations de ce début de 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 2021 pour l'escourgeon ligné est de :

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

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

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

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

---

Ces conseils de fumures doivent être adaptés en fonction de la dose à appliquer dont le détail est repris dans les points ci-dessous :

- ❖ Le rappel des principes théoriques d'une bonne fertilisation :  
<https://www.livre-blanc-cereales.be/thematiques/fumures/escourgeon/>
- ❖ Le rappel des 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/>

L'entièreté des documents présentés dans le Livre Blanc Céréales sont également disponibles sur le site internet ([www.livre-blanc-cereales.be](http://www.livre-blanc-cereales.be)), accessible en suivant le lien ou en utilisant le QR code à la Figure 3.4.



Figure 3.4 – QR code pour se rendre sur le site internet [www.livre-blanc-cereales.be](http://www.livre-blanc-cereales.be).

#### 3.1.5 Considération pratique pour adapter le conseil en fonction des situations

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, une majoration de la dose préconisée au tallage peut se concevoir dans des 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 précoces 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.

#### **3.1.6 Calcul des doses à appliquer :**

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

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

Vous trouverez sur le site internet le rappel des conseils et la méthode de calcul pour adapter la fertilisation en escourgeon :

<http://www.livre-blanc-cereales.be/thematiques/fumures/escourgeon/determination-pratique/>

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

---

#### 3.1.7 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 3.17 – Bilan de la fertilisation à apporter à la culture d'escourgeon hybride en fonction des facteurs à considérer.

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

Tableau 3.18 – Bilan de la fertilisation à apporter à la culture d'escourgeon lignée en fonction des facteurs à considérer.

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

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

### **4.1 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.

### **4.2 La fumure conseillée pour la saison 2020-2021**

La fumure conseillée pour 2021 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 la 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 (Figure 3.5).

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.

### 3. Fertilisation azotée en froment-pois

La fumure conseillée en 2021 pour l'association de froment et de pois est de :

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

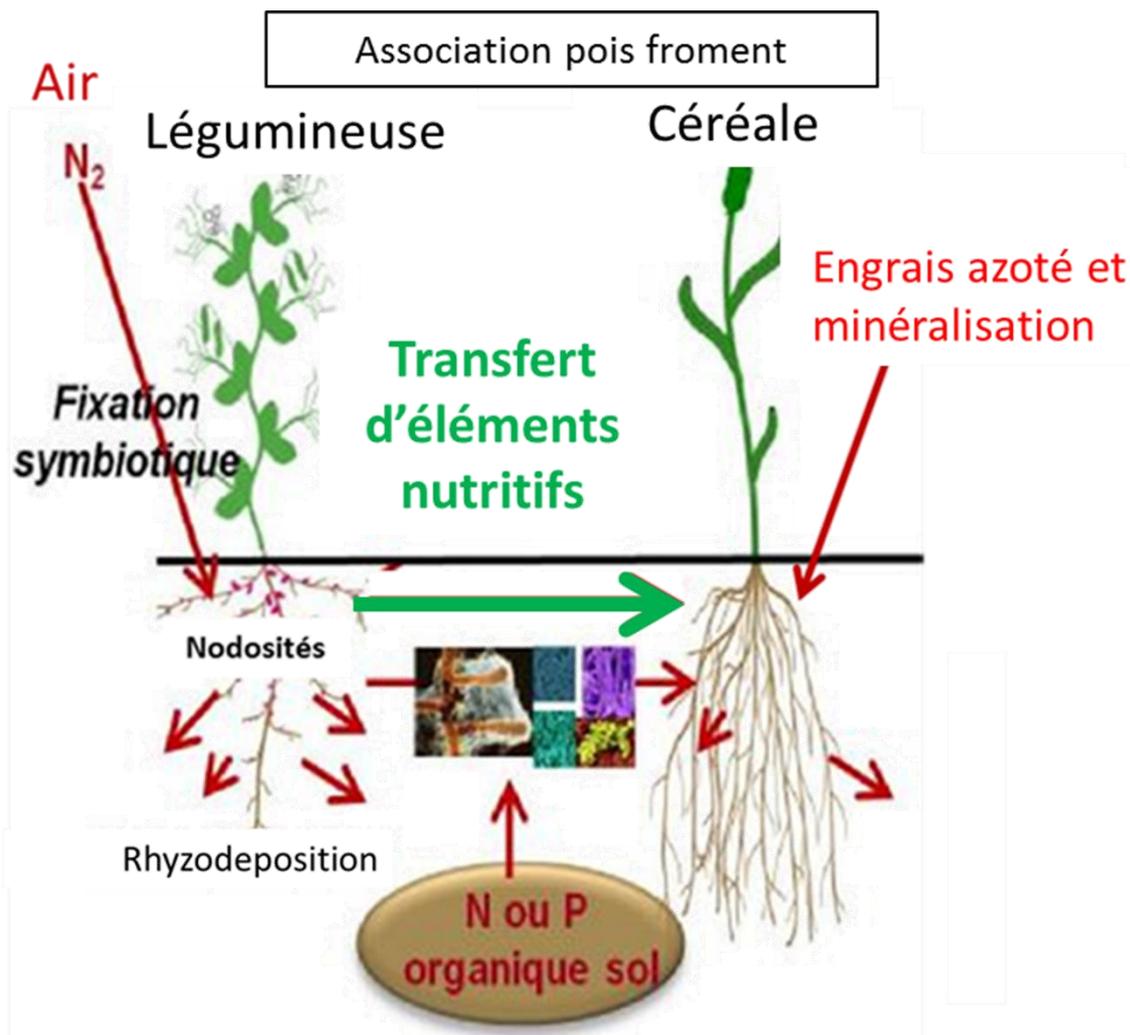


Figure 3.5 – Illustration des flux d'azote entre une légumineuse (le pois), une céréale (le froment), le sol et l'atmosphère. Source : présentation de J. Pierreux lors des visites des essais du CePiCOP en juin 2019.

## 5 La fertilisation azotée en Epeautre

Cette année, des essais en fumure sur la culture de l'épeautre n'ont pas été menés. Cependant, un conseil en fumure peut être réalisé suite aux travaux sur la fertilisation azotée qui ont été menés par Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège – Unité de Phytotechnie), 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 contractées.

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.

### 5.1 La fumure conseillée pour la saison 2020-2021

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 (Figure 9.5). Le conseil formulé dans cette étude participe à diminuer l'impact de la fertilisation azotée sur l'environnement.

### 3. Fertilisation azotée en froment-pois

---

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>